

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Trabajo de Investigación

**Diseño de herramienta de traba para segmentos
dentados de mandos finales de tractores en
cadena (Arequipa - Perú)**

Mario Cesar Dueñas Chevarria

Para optar el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Mecánica

Arequipa, 2020

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

Dedicatoria

Dedico este Trabajo de Investigación a mi amada esposa Esther, por su incansable apoyo y ánimo brindado día a día para alcanzar mis metas y objetivos, tanto profesionales como personales.

A mis adorados hijos Cesar Eduardo, María Fernanda y Joaquín Santiago, a quienes siempre amare y cuidaré para verlos realizados como personas capaces y que puedan valerse por sí mismos.

A mis padres y hermanos, quienes son mi fortaleza desde mi infancia brindándome su apoyo incondicional en todas las decisiones tomadas.

Agradecimiento

Primero agradecer a la Universidad Continental del Perú – Arequipa, por ser la casa de estudios de mi formación Profesional, y en especial a toda la plana docente, quienes me dieron la enseñanza necesaria para lograr metas y objetivos en mi formación universitaria, así como también con la realización de este trabajo de investigación.

Agradezco a mi amigo José Luis Quipe Nina por el apoyo y confianza, por las enseñanzas y experiencias adquiridas durante todos estos años. Por las incansables batallas en nuestro proyecto de vida y por el apoyo incondicional para la realización de mi carrera profesional universitaria.

Agradezco a mis compañeros y futuros colegas, por su amistad y permitirme ser parte de este gran equipo que conformamos todos estos años de incansable estudio, con quienes aprendimos a impartir y compartir conocimientos e innumerables experiencias que me servirán en muchos aspectos de mi vida y durante el desarrollo de nuevos retos como futuros Ingenieros Mecánicos.

Índice de Contenidos

Dedicatoria.....	iii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
Introducción	xi
CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Justificación e importancia	2
CAPÍTULO II.....	4
MARCO TEORICO.....	4
2.1 Antecedentes del problema	4
2.2 Bases teóricas.....	6
2.3 Definición de términos básicos	16
CAPÍTULO III.....	17
METODOLOGIA.....	17
3.1 Metodología aplicada para el desarrollo de la solución.....	17
CAPÍTULO IV.....	19
ANALISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCION	19
4.1 Identificación de requerimientos.....	19
CAPÍTULO V	30

CONSTRUCCION	30
5.1 Construcción	30
5.2 Pruebas y resultados.....	32
CONCLUSIONES	46
TRABAJOS FUTUROS	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
ANEXOS	49

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Ficha Técnica del Acero A-36.	31
Tabla 2 Diseño de elementos de máquinas II.	39
Tabla 3 Resistencia de Materiales.	40
Tabla 4 Diseño estructural del acero.	41

LISTA DE IMAGENES

Imagen 1. Tractor de cadena.....	8
Imagen 2. Mando final	9
Imagen 3. Segmento dentado	10
Imagen 4. Sprocket.	10
Imagen 5. Mando Final CAT D11T.	11
Imagen 6. La Palanca.....	13
Imagen 7. Polea Fija y Polea Movil.....	13
Imagen 8. La Cuña.	14
Imagen 9. Etiqueta de seguridad.	15

LISTA DE ESQUEMAS

Esquema 1. Clasificación de máquinas.	12
Esquema 2. Estructura de Diseño según Norma VDI2221.	18
Esquema 3. Lista de Exigencias.	20
Esquema 4. Secuencia de operaciones.	22
Esquema 5. Caja Negra.	23
Esquema 6. Matriz Morfológica.	24
Esquema 7. Evaluación Técnica.	26
Esquema 8. Evaluación Económica.	27
Esquema 9. Evaluación Técnica Económica.	28

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Perfiles y Placas de Acero Estructural.	49
Anexo 2. Características de los tractores Caterpillar y komatsu.	50
Anexo 3. Tabla de Torques.	51

Resumen

Este trabajo de investigación se realizó con el propósito de diseñar una herramienta que permita facilitar y optimizar las actividades en el cambio de segmentos dentados en los mandos finales de tractores de cadena ya que actualmente, en el mercado no existe este tipo de herramientas.

De acuerdo al diseño, esta herramienta sujetaría la cabeza del perno y se aprovecharía los dientes de los segmentos dentados para trabar el giro de los pernos, de esta manera se tendría una forma segura para realizar la tarea ya que el acceso a esta zona es limitado y la geometría del mando final no permite un fácil acceso.

Se realizaron cálculos matemáticos y con la ayuda de un programa de computadora Solidworks, se hizo el estudio y simulación de análisis estático, en los dos casos los resultados finales respaldan nuestro proyecto. con un Factor de Seguridad por encima de 1.27 este resultado es muy confiable y nos garantizó obtener excelentes resultados.

Es importante acotar que en la actualidad no se cuenta con este tipo de herramientas lo que hace que se ponga énfasis en la realización de este proyecto teniendo como principal atractivo el bajo costo de fabricación, fácil diseño, y que se puede fabricar para cualquier marca y modelo.

Abstract

This research work was carried out with the purpose of designing a tool that allows facilitating and optimizing activities in the change of toothed segments in the final drives of chain tractors, since currently, there are no such tools on the market.

According to the design, this tool would hold the head of the bolt and take advantage of the teeth of the toothed segments to lock the rotation of the bolts, in this way there would be a safe way to carry out the task since access to this area is limited and the geometry of the final drive does not allow easy access.

Mathematical calculations were made and with the help of a Solidworks computer program, the study and simulation of static analysis were made, in both cases the final results support our project. with a Safety Factor above 1.27 this result is very reliable and guaranteed us to obtain excellent results.

It is important to note that currently this type of tool is not available, which means that emphasis is placed on carrying out this project, the main attraction being the low cost of manufacturing, easy design, and that it can be manufactured for any brand and model.

Introducción

Esta iniciativa parte de la necesidad de desarrollar un mecanismo que permita facilitar y optimizar las actividades del cambio de segmentos dentados, ya que actualmente en Perú no existe este tipo de herramientas para realizar esta tarea, generalmente se realiza de forma manual, en donde el personal se expone a un peligro latente y un sobre esfuerzo para cumplir con el trabajo, para tener en claro las características y técnicas a desarrollar en el diseño de dicha herramienta de traba se detallan a continuación por capítulos.

En el capítulo I, nos enfocaremos en el planteamiento y formulación del problema los cuáles se enfocarán en las metas y objetivos trazados, así como la justificación para realizar el proyecto.

En el capítulo II, desarrollaremos el Marco Teórico, los antecedentes del problema y las bases teóricas donde se revisaremos investigaciones relacionadas a la problemática que implica la realización de este proyecto de investigación.

En el capítulo III Desarrollaremos la metodología aplicada al desarrollo de la solución y la estructura del diseño, sabiendo que este proyecto es de tipo tecnológico descriptivo.

En el capítulo IV, nos enfocaremos en el análisis y diseño de la solución para esto elaboraremos nuestra lista de exigencias. Secuencia de operaciones, esquema de caja negra, evaluación económica, evaluación técnica y el diseño.

En el capítulo V, nos enfocaremos en la construcción y diseño de la solución, donde realizaremos los cálculos necesarios, planos de fabricación además se desarrollará un análisis matemático y simularemos la herramienta en Solidworks para definir nuestros resultados, también se realizarán las conclusiones en base a todo el estudio del proyecto.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

¿Cómo diseñar una herramienta de traba para el armado y desarmado de segmentos dentados en los mandos finales de tractores de cadena?

El proyecto se realizó con el objetivo de mejorar un procedimiento en el mantenimiento preventivo de los tractores de cadena o también conocidos como tractores de orugas en todas las marcas y modelos.

Cuando se cambian los segmentos dentados de los mandos finales de los tractores de cadena se tienen demoras y riesgos de seguridad en la instalación correcta y torque de los pernos, porque no hay una herramienta para sujetar la cabeza del perno mientras se aprietan y se les da el torque a las tuercas.

Actualmente, para el procedimiento de ajuste de los pernos, se utiliza una palanca que descansa sobre el accionamiento final para sujetar la cabeza de los pernos esto expone al técnico a un posible accidente, y no asegura que se dé el torque correcto.

La instalación de los segmentos dentados del sprocket es una tarea en la que debemos tener especial cuidado al apretar los pernos y darle torque ya que tal falla podría causar un apagado no programado de la máquina y poner en riesgo la seguridad del personal técnico que realiza la tarea.

El diseño de investigación que utilizaremos en nuestro proyecto es de tipo Tecnológico Descriptivo porque desarrollaremos los cálculos necesarios de los sistemas y componentes

para posteriormente elaborar los planos de fabricación, prototipo y simulación con pruebas finales y sus respectivos resultados para esto utilizaremos el programa Solidworks.

1.2 Objetivos

✓ Objetivo general.

Diseñar una herramienta de traba para el armado y desarmado de segmentos dentados en los mandos finales de tractores de cadena.

✓ Objetivos específicos

- Mejorar la seguridad en la tarea
- Mejorar la aplicación del torque
- Reducir el tiempo de instalación de los segmentos dentados del mando final

1.3 Justificación e importancia

Este proyecto tiene como base la necesidad de incorporar un nuevo procedimiento que permita mejorar y facilitar el montaje de los segmentos dentados en los mandos finales de manera rápida y segura, en el Perú todavía no existen este tipo herramientas.

De acuerdo al diseño preliminar, esta herramienta sujetaría la cabeza del perno y se aprovecharía los dientes de los segmentos dentados para trabarlo, de esta manera se tendría una forma segura de traba ya que la entrada a esta zona es limitada y la geometría del mando final no permite un fácil acceso. También se reduce la exposición de los técnicos a posibles accidentes y garantiza el correcto torque de los pernos.

Es importante acotar que en la actualidad no se cuenta con este tipo de herramientas en el mercado lo que hace que se ponga énfasis en la realización de este proyecto teniendo como principal atractivo el bajo costo de fabricación, fácil diseño, y que se puede fabricar para todos los modelos y marcas.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes del problema

La importancia de realizar un correcto cambio de segmentos dentados en los mandos finales de los tractores de cadena garantiza mejorar los procesos y estándares de mantenimiento podemos ver algunos estudios previos que hacen referencia en temas relacionados a esta investigación.

- P.A Herrera Brito - 2020, en su trabajo de fin de grado titulado “Overhaul y trabajos de mantenimiento MMPP Cat 3618” Plantea en sus conclusiones, puedo decir que, en primer lugar, el tiempo de prácticas realizado tanto en el buque Benchijigua Express como en el buque Villa de Agaete ha supuesto un enriquecimiento profesional, debido a que por un lado son barcos distintos, con sistemas muy diferentes, como por ejemplo tanto los motores principales como auxiliares, en un caso son MTU experimentales, aunque ya van por la segunda generación de los mismos y los otros son CAT 3618, una serie de motores más que probada su fiabilidad durante años. Ambas marcas han demostrado ser sumamente fiables, con el consecuente seguimiento de los planes de mantenimiento establecidos por las marcas para los mismos. Los CAT 3618, que son los que nos atañen en cuestión han demostrado ser motores robustos y con un bajo índice de averías y en el tiempo que llevo en este barco nunca hasta el momento, no se han producido averías que hayan ocasionado que un propulsor se hubiera tenido que detener. Además, la marca cuenta con un taller que representa a la misma con personal sumamente profesional y conocedor de los motores al detalle. La compañía confía en ellos, para realizar los mantenimientos programados, y ha quedado demostrado a lo largo de todos estos años, en los que el barco ha estado navegando en líneas canarias. He

tenido la suerte profesional, de poder estar en el Overhaul, así como en la varada y reparación del buque durante tres meses, lo cual ha supuesto un enorme salto en cuanto a conocimiento del barco, así como de la máquina y sistemas del barco durante su puesta en dique seco.

- ZCE Wilhelm - 2012, en su Tesis de grado titulado “Mantenimiento preventivo por medio del programa Ritmo 5 para obtener Maquinas operativas en la empresa Ferreyros S.A.A.” Plantea como propósito buscar alternativas de mantenimiento dentro de las empresas que cuentan con maquinaria Caterpillar. En el actual parque de máquinas en minería y construcción es muy importante contar con procedimientos de mejora de servicios a las maquinas en cuanto a tiempos de operación se refiere. En la presente investigación se describe los mantenimientos preventivos de los equipos Caterpillar siendo elegidos como estudio 9 modelos como son: Cargadores de Bajo Perfil (R1600G y R1300G), Excavadoras, Motoniveladora, Mini cargadores, Cargador Frontal, Retroexcavadora, Tractor de cadenas, Rodillo compactador. Para tener una visión y comprensión a continuación se define en forma sintetizada y objetiva los capítulos que comprende dicho trabajo. En el primer capítulo trata del planteamiento de la tesis, el problema general, hipótesis, objetivos, justificación del problema, en el segundo capítulo XV trata del marco teórico, bases teóricas, conceptos del programa Ritmo 5, ET (ElectronicTechnician), análisis de aceite, Sis Cat, garantías, en el tercer capítulo trata sobre metodología de investigación, tipo y nivel de investigación, población y muestra, fuentes de información, materiales usados. en la investigación, en el cuarto capítulo trata sobre los resultados de investigación, análisis estadístico de resultados, prueba de hipótesis, en el quinto capítulo trata de la discusión e interpretación de resultados, comparación evaluación de resultados, observaciones y recomendaciones.

2.2 Bases teóricas

Como bases teóricas tomaremos como referencia los siguientes conceptos y definiciones de algunos procesos que referencian nuestro trabajo de investigación.

Diseño de Ingeniería.

Según (Ma San Zapata, 2013). “Es la creación de planos necesarios para que las máquinas, las estructuras, los sistemas o los procesos desarrollen las funciones deseadas”

“El diseño puede ser simple o enormemente complejo, fácil o difícil, matemático o no matemático, y puede implicar un problema trivial o uno de gran importancia” (Ma San Zapata, 2013).

“Un diccionario da las siguientes definiciones: esbozar, trazar o planear, como acción o trabajo para concebir, inventar, idear” (Ma San Zapata, 2013).

“El diseño de ingeniería es definido como: El proceso de aplicar las diversas técnicas y principios científicos con el objeto de determinar un dispositivo, un proceso o un sistema con detalles suficientes que permitan su realización” (Ma San Zapata, 2013).

✓ Diseño de herramientas.

Para el diseño de herramientas primero se realiza un estudio de la geometría del dispositivo que deseamos fabricar. Los parámetros anteriores se usan para definir las dimensiones de la herramienta. La longitud mayor se calcula teniendo en cuenta el alcance máximo de los dientes de los segmentos dentados en el mando final y la altura de los dientes con respecto a la cabeza del perno de sujeción. El diseño se realizará tomando en cuenta los

grandes esfuerzos radiales, el torque durante el desmontaje y montaje de los pernos de sujeción, la potencia de la pistola de impacto, y las dimensiones de la herramienta y el Torquímetro. Como parte funcional de la herramienta se ha considerado el encastre correcto con la cabeza del perno y el pin que se apoyara en uno de los dientes del sprocket ya que debido a su acción directa se produce la traba necesaria para contrarrestar la fuerza de giro de la pistola de impacto o el Torquímetro. Los parámetros de la herramienta de traba fueron diseñaron teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Las herramientas manuales usan la fuerza muscular humana.
- Las herramientas mecánicas usan fuentes de energía externa, como, por ejemplo, la energía hidráulica y neumática.

✓ **Tractores de cadena.**

El tractor de cadenas también conocido como tractor de oruga es una máquina de movimiento de tierra tal como se describe en la norma ISO 6165:2001 y está categorizada como un "tractor-dozer" (tractor topador).

Este es un tractor de cadenas autopulsado, que tiene como equipo un accesorio topador que corta, mueve y nivela el material mediante el movimiento en avance de la máquina o un accesorio montado que se utiliza para ejercer una fuerza de empuje o de tiro tal como un desgarrador o un cabrestante de remolque. Las aplicaciones adicionales incluyen el empuje de Traillas durante la carga y el tiro de equipos remolcados utilizando la barra de tiro.



Imagen 1. Tractor de cadena

Fuente: (Manual Cat, 2014).

✓ Mandos Finales

El mando final es un conjunto de mecanismos que al trabajar juntos pueden realizar tareas realmente pesadas, el mando final (final Drive) es el último sistema reductor de la máquina, ¿por qué reductor? esto significa que, al reducir la velocidad proveniente de la transmisión, aumenta el torque, y esto lo logra gracias a un conjunto de engranajes, este es llamado conjunto planetario. (Info-maquinarias.blogspot.com 2018).

Entre las funciones principales, tenemos:

- Transmitir la potencia proveniente de la transmisión a las ruedas motrices.
- Disminuir las revoluciones de las ruedas motrices y por ende aumentar el torque.

- Relaciones de transmisión diferentes incluso directa en el caso de engranajes planetarios. (info-maquinarias.blogspot.com 2018).



Imagen 2. Mando final CAT D11T

Fuente: (Manual CAT, 2014).

2.2.3 Sprocket

Un piñón o rueda dentada es una rueda perfilada con dientes o engranajes que engranan con una cadena, una pista u otro material perforado o indentado. El nombre "rueda dentada" se aplica generalmente a cualquier rueda sobre la cual se aplican proyecciones radiales que enganchan una cadena que pasa sobre ella. (www.educalingo .com).



Imagen 03. Segmento dentado
Fuente: (Manual Cat, 2014)

En los tractores de cadenas por lo general, los segmentos dentados están empernados mando final.

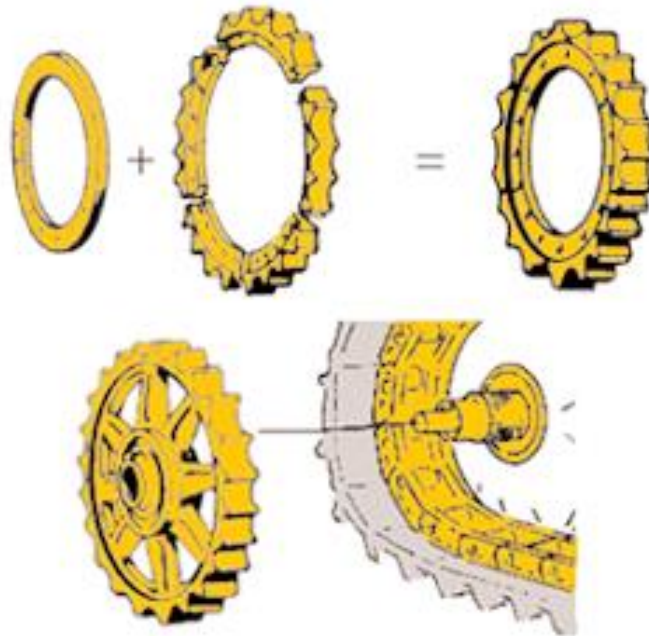


Imagen 04. Sprocket
Fuente: (Manual Cat, 2014)

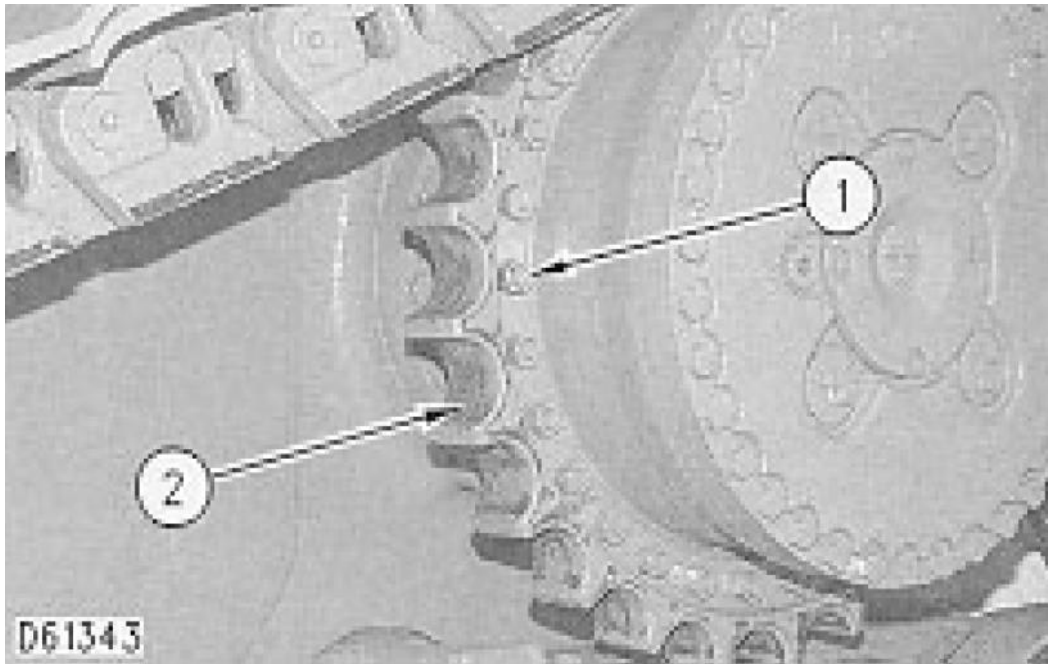


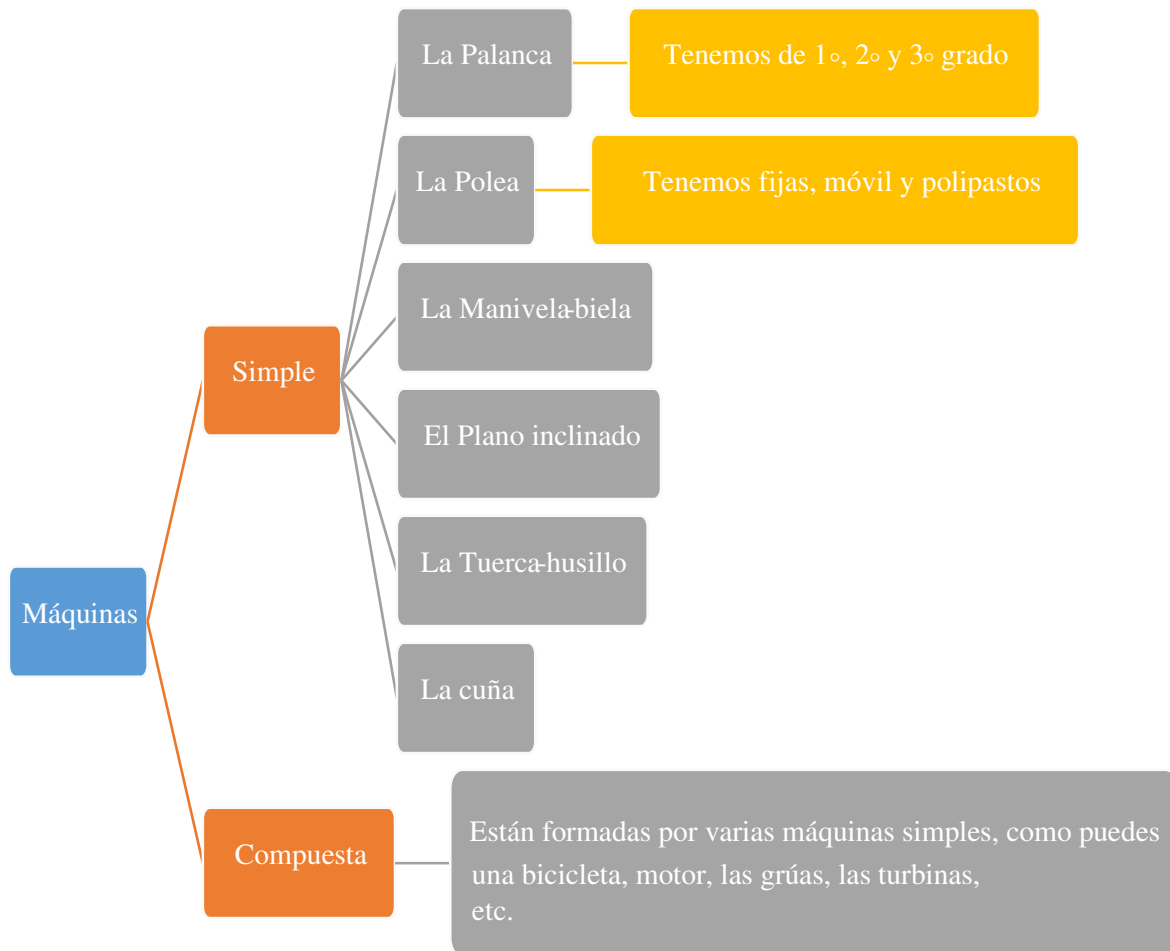
Imagen 5. Mando Final Cat.

Fuente: (Manual Cat, 2014)

✓ **Clasificación de Maquinas.**

Según (Roger Novoa, 2019). La pregunta ¿Cómo se clasifican las máquinas? Es muy compleja ya que se puede clasificar desde diferentes puntos de vista por cada autor. Como ya se mencionó no hay una forma específica de clasificar a las máquinas y no se podría afirmar una en especial, ya que va ligado directamente a las consideraciones o aspecto bajo el cual las considere el autor. (Roger Novoa, 2019).

La clasificación más frecuente es la presentada en el siguiente esquema. (Roger Novoa, 2019).



Esquema 1. Clasificación de Máquinas.

Fuente: (Roger Novoa, 2019).

✓ La Palanca

Las palancas están compuestas por una barra rígida, la cual está situada sobre un punto de apoyo llamado también fulcro, sobre este se ejercen dos fuerzas las cuales son denotadas como fuerza de potencia la cual es necesaria para que exista equilibrio y fuerza de resistencia la cual es ejercida en contra del movimiento” (Rodríguez, 2014).

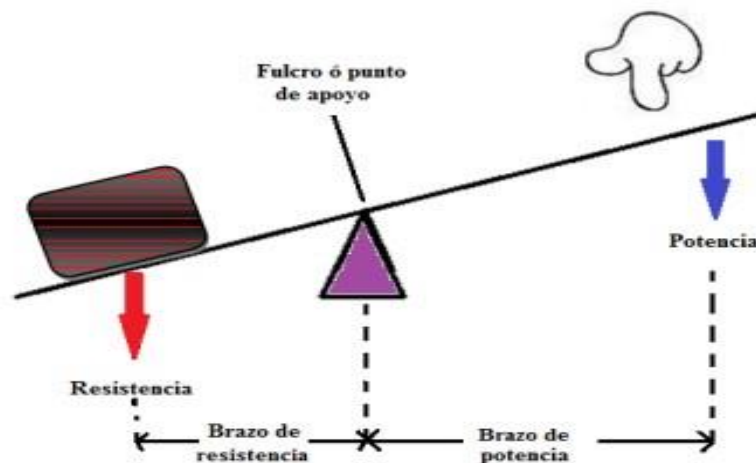


Imagen 6. La Palanca

Fuente: (Rodríguez, 2014).

✓ La Polea

Según (Roger Novoa, 2019). Las poleas se componen por una o varias ruedas las cuales tiene un canal que se encuentra en su borde (periferia) y gira en torno a un eje, estas permiten transmitir una fuerza y facilitar el levantamiento de objetos; mediante un lazo o cuerda que pasa por el canal y se conecta la carga que se desea elevar y la fuerza o esfuerzo, cada una de ellas tomada de un extremo de la cuerda permitiendo así levantar diferentes objetos realizando menos esfuerzo y ahorrado tiempo” (Rodríguez, 2014).

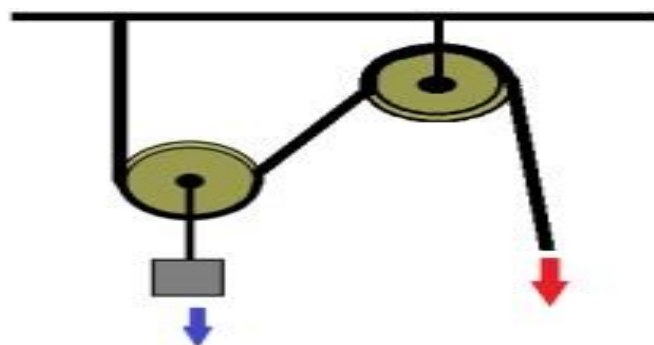


Imagen 7. Polea Fija y Polea Móvil

Fuente: (Rodríguez, 2014).

✓ La Cuña

Según (Roger Novoa, 2019). La cuña es un tipo de máquina simple, la cual puede estar elaborada de madera, acero, aluminio o de metal con forma de prisma y un ángulo muy agudo, esta sirve para dividir, ajustar o apretar algunos cuerpos sólidos, algunos ejemplos son: tajalápiz, corta uñas, abre latas, cremalleras, hachas, serruchos, fresas, entre otras. Este mecanismo provoca que la fuerza que se ejerce sobre la cuña produzca una fuerza horizontal mayor sobre el objeto expuesto. Por tanto, se puede denotar como un multiplicador de fuerzas, ya que convierte o transforma la fuerza aplicada sobre el ángulo agudo F en dos fuerzas perpendiculares a la arista $F_1 + F_2$, así la fuerza aplicada será igual a la suma vectorial de las fuerzas perpendiculares. (Rodríguez, 2014).

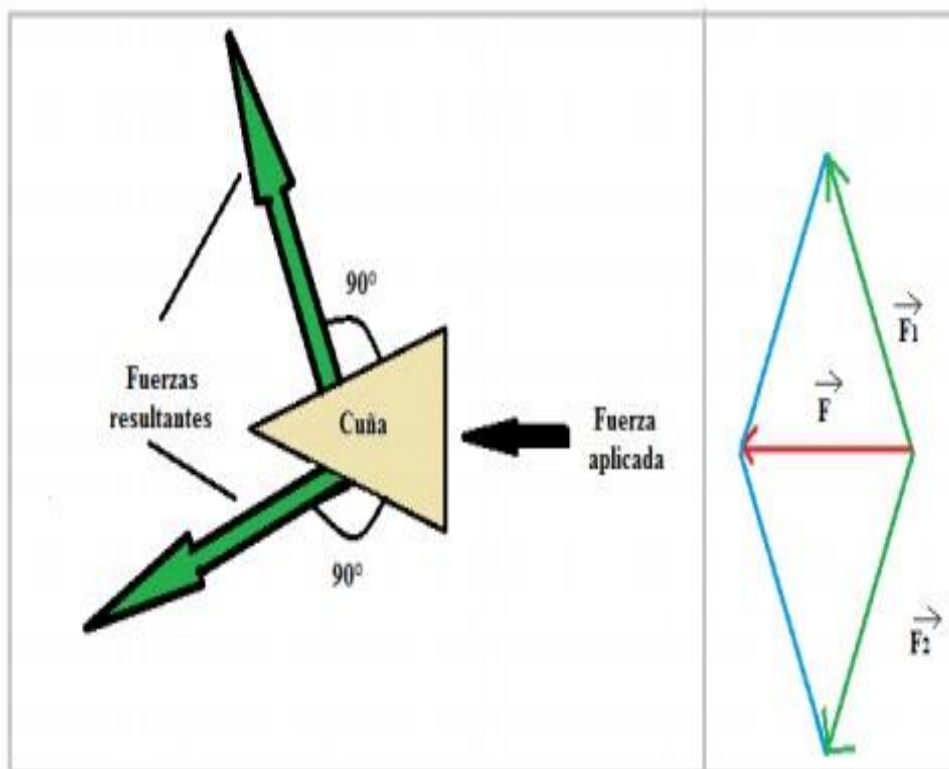


Imagen 08. La cuña
Fuente: (Rodríguez, 2014)

✓ **Aspectos de seguridad.**

La mayoría de los accidentes relacionados con la operación, el mantenimiento o la reparación de este producto se deben a que no se observan las precauciones y reglas básicas de seguridad. Con frecuencia, se puede evitar un accidente si se reconoce una situación que puede ser peligrosa antes de que ocurra el accidente. Todo el personal debe estar alerta a la posibilidad de peligros. Se debe tener la capacitación necesaria, los conocimientos y las herramientas para realizar estas funciones correctamente.

La operación, la lubricación, el mantenimiento y la reparación incorrectos de este producto pueden ser peligrosos y pueden resultar en accidentes graves y mortales.

No opere este producto ni realice ningún trabajo de lubricación, mantenimiento o reparación hasta que haya leído y entendido toda la información de operación, lubricación, mantenimiento y reparación.

Se proporcionan avisos y advertencias de seguridad en los manuales del fabricante. Si no se presta atención a estas advertencias de peligro, pueden ocurrir lesiones personales y mortales a usted o a otras personas.

Los peligros se identifican con el "Símbolo de Alerta de Seguridad", seguido por una palabra informativa como "PELIGRO", "ADVERTENCIA" o "PRECAUCION".

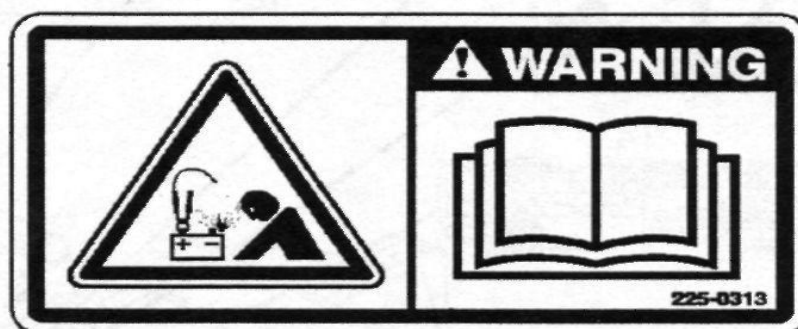


Imagen 09. Etiqueta de seguridad.

Fuente: (Manual Cat, 2014)

2.3 Definición de términos básicos.

- **Tractor de cadenas o también llamado tractor de orugas:** Es un dispositivo de tracción utilizado principalmente en vehículos pesados, como carros de combate y tractores, u otro tipo de vehículos. Consiste en un conjunto de eslabones modulares que permiten un desplazamiento estable aun en terrenos irregulares Cuando no se necesitan altas velocidades, pero si una buena tracción. (litart.eu 2014)
- **Mando final:** Es el sistema que transmite la fuerza directamente a las ruedas motrices o cadenas, directamente desde el sistema de transmisión, multiplicando muy eficientemente la fuerza para poder mover todo el equipo con su carga. (info-maquinarias.blogspot.com 2014)
- **Método:** Modo ordenado de reglas que se realiza para llegar a un objetivo.
- **Traílla:** Instrumento que sirve para pasar de una parte a otra la tierra con facilidad cuando se quiere allanar o igualar algún terreno.
- **Modelo:** Hace referencia a la guiarse de acuerdo a una forma ya establecida.
- **Técnica:** Aplicación de conocimientos y prácticas para desarrollar el proyecto
- **Metodología:** Estructura guía de cómo realizar el proyecto
- **Diseño:** Actividad que tiene como finalidad proyectar y diseñar objetos que sean útiles.
- **Máquina:** Mecanismo que usa energía para ayudar a una persona a realizar un trabajo.
- **Trabajo:** Acción de mover algo

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

3.1 Metodología aplicada para el desarrollo de la solución

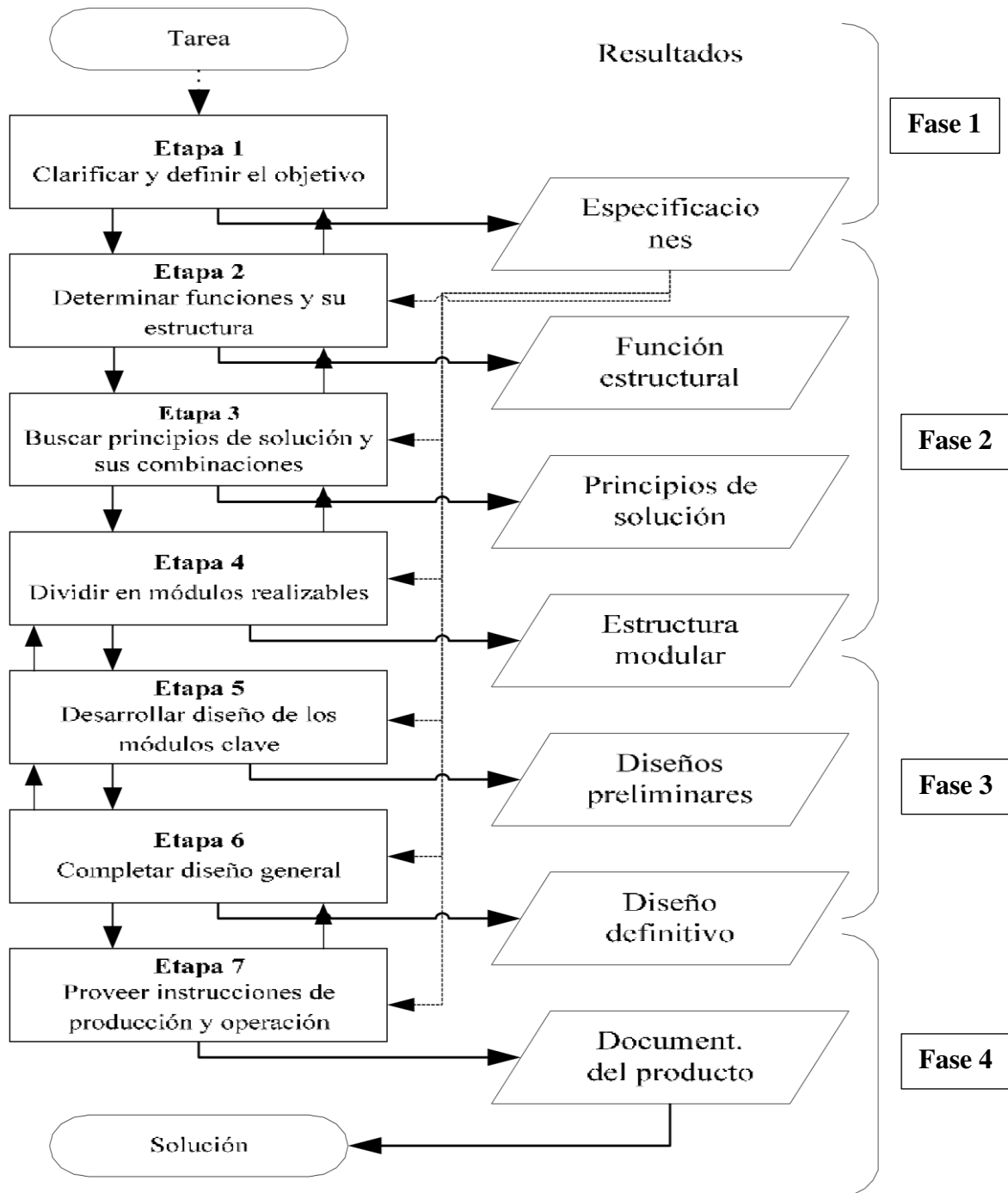
El tipo de diseño de investigación que utilizaremos en nuestro proyecto es de tipo **Tecnológico Descriptivo**, porque desarrollaremos los cálculos necesarios de los materiales y los esfuerzos para posteriormente elaborar los planos de fabricación, prototipo y simulación con pruebas finales con sus respectivos resultados para esto utilizaremos el programa Solidworks.

De acuerdo al diseño, esta herramienta sujetaría la cabeza del perno y se aprovecharía los dientes de los segmentos dentados para trabarlo de esta manera se tendría una forma segura de traba ya que el acceso a esta zona es limitado y la geometría del mando final no permite un fácil acceso. También se reduce la exposición de los técnicos a posibles accidentes y garantiza el correcto torque en los pernos. Es importante acotar que en la actualidad no se cuenta con este tipo de herramientas lo que hace que se ponga énfasis en la realización de este proyecto teniendo como principal atractivo el bajo costo de fabricación, fácil diseño, y que se puede fabricar para cada marca y modelo.

Los métodos de este diseño se implementarán en 4 Fases:

- Fase I: Definición del Problema.
- Fase II: Desarrollo de métodos para la solución.
- Fase III: Elaboración del diseño final.
- Fase IV: Pruebas y Resultados.

Estructura de Diseño según Norma VDI2221



Esquema 2. Estructura de Diseño según Norma VDI2221

Fuente: Norma VDI 2221. (1987).

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCION

4.1 Identificación de requerimientos

Para cumplir nuestro objetivo y obtener mejores resultados al momento de desarrollar el diseño y las pruebas, se elaborará la lista de exigencias y deseos la que nos dará referencias técnicas para el diseño final y la fabricación como trabajo futuro de la herramienta de traba para el armado y desarmado de segmentos dentados en los mandos finales de tractores de cadena.

En referencia a la lista de exigencia podremos comenzar con la elaboración de la memoria de cálculo para la elaboración de este proyecto.

LISTA DE EXIGENCIAS

LISTA DE EXIGENCIAS		EDICION	PAGINA
DISEÑO DE HERRAMIENTA DE TRABA PARA LA INSTALACION DE SEGMENTOS DENTADOS DE MANDOS FINALES EN TRACTORES DE CADENA.			
CAMBIO FECHA	D/E	DESCRIPCION	RESPONSABLES
20/02/ 2020	E	FUNCIÓN PRINCIPAL: Facilitar el armado y desarmado de segmentos dentados en los mandos finales de tractores de cadena.	M. Dueñas
21/02/ 2020	D	GEOMETRÍAL: La herramienta deberá ser lo suficientemente estable y fuerte para soportar el torque del pemo.	M. Dueñas
21/02/2020	E	ESTATICA: La herramienta tiene una posición fija.	M. Dueñas
22/02/ 2020	E	FUERZA: La herramienta deberá ser diseñada para soportar una fuerza de 600 N.M	M. Dueñas
23/02/ 2020	E	ENERGÍA: La herramienta será posicionada de manera manual para cada pemo del sprocket hasta el termino de la tarea.	M. Dueñas
24/02/ 2020	E	MATERIAL: La herramienta estará fabricada completamente de acero A36	M. Dueñas
20/02/ 2020	E	SEGURIDAD: La herramienta deberá ofrecer las medidas mínimas de seguridad cumpliendo los estándares de seguridad.	M. Dueñas
20/02/ 2020	E	MANTENIMIENTO: El diseño de la herramienta será versátil para facilitar el cambio de segmentos dentados en los mandos finales.	M. Dueñas
20/02/ 2020	E	TIEMPO: Con el diseño de esta herramienta se mejoraran los tiempos de cambio de segmentos dentados en los mandos finales.	M. Dueñas
20/02/ 2020	E	MONTAJE: Desde el interior de la rueda dentada, se coloca el extremo de mayor diámetro de la herramienta para sostener la cabeza del pemo con la herramienta	M. Dueñas

Esquema 3. Lista de exigencias.

(Elaboración propia)

4.2 Análisis de la solución.

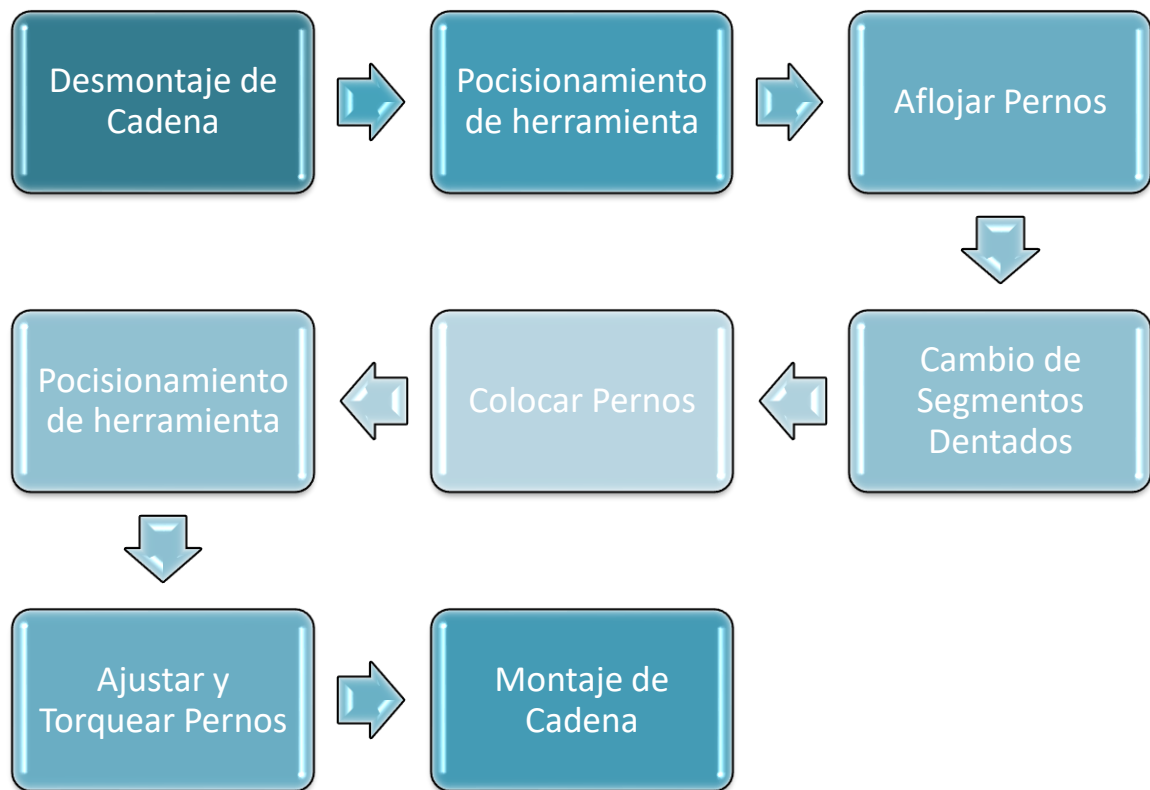
4.2.1 Secuencia de Operaciones.

Para desarrollar el principal objetivo en este proyecto, determinaremos la secuencia de operaciones los que enumeraremos a continuación:

Secuencia de Operaciones para el cambio de segmentos dentados de mando final de tractor de Cadena D11T Caterpillar.

- Desmontaje de Cadena de Tractor.
- Posicionamiento de la herramienta de traba.
- Aflojar Pernos. (Usados).
- Desmontaje de segmentos dentados. (Desgastados).
- Montaje de segmentos dentados. (Nuevos).
- Colocar Pernos. (Nuevos).
- Posicionamiento de herramienta de traba.
- Ajustar y torqupear pernos.
- Montaje de cadena de Tractor.

Secuencia de Operaciones



Esquema 4. Secuencia de Operaciones.

(Elaboración propia)

4.2.2 Parámetros de Sistema

El proceso técnico contiene tres parámetros primarios:

Parámetros de entrada.

Materia: Herramienta de traba, Pistola de Impacto, pernos usados y segmentos dentados.

Energía: Neumática y manual.

Señales: Desmontaje de Segmentos dentados desgastados y pernos de sujeción usados.

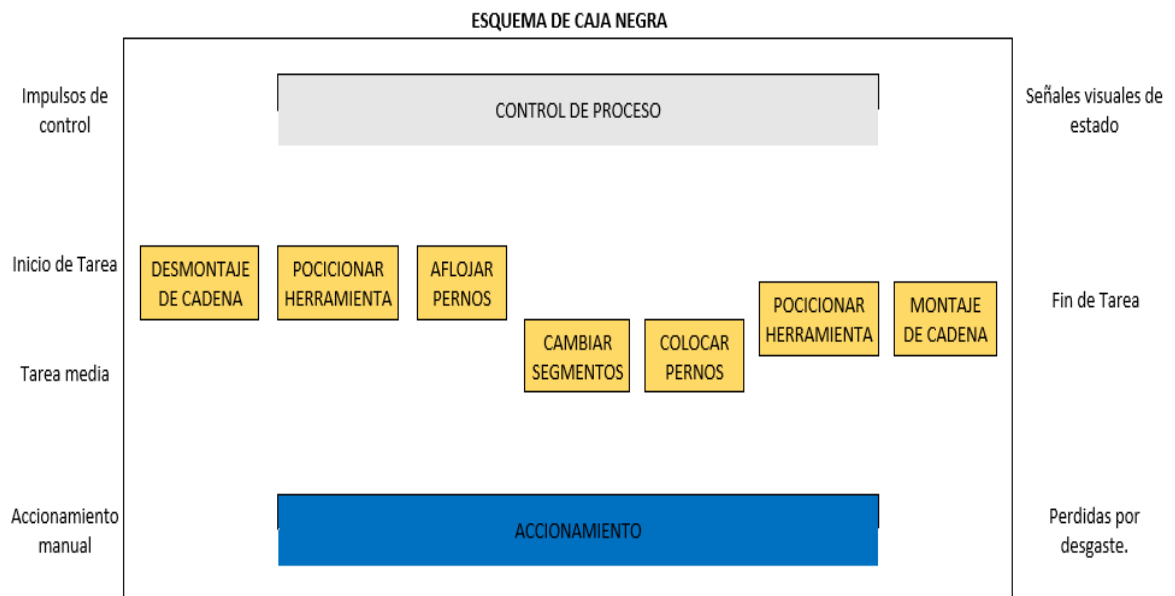
Parámetros de salida:

Materia: Herramienta de traba, Pistola de Impacto, pernos nuevos y segmentos dentados.

Energía: Neumática y manual.

Señales: Montaje de Segmentos dentados nuevos y pernos de sujeción nuevos.

4.2.3 Esquema de caja negra



Esquema 5. Caja Negra de Sistema.

(Elaboración propia)

4.2.4 Matriz Morfológica

Funciones	PORTADORES DE FUNCIONES (Alternativas de efectos y/o de principios de solución)			
1 Desmontaje de cadena	USO DE PUENTE GRUA	USO DE MONTACARGA		
2 Posicionamiento de herramienta	MANUAL			
3 Aflojar pernos	MANUAL	USO PISTOLA DE IMPACTO	CORTAR LOS PERNOS CON OXICORTE	
4 Cambio de segmentos dentados	MANUAL			
5 Colocar Pernos	MANUAL			
6 Posicionamiento de herramienta	MANUAL			
7 Ajustar y Torquear Pernos	MANUAL	USO DE LLAVES Y PALANCA	USO DE PISTOLA DE IMPACTO Y TORQUIMETRO	
8 Montaje de cadena	USO DE PUENTE GRUA	USO DE MONTACARGA		
	CONCEPTO DE SOLUCION N° 1	CONCEPTO DE SOLUCION N° 2	CONCEPTO DE SOLUCION N° 3	CONCEPTO DE SOLUCION N° 4

Esquema 6. Matriz Morfológica.

(Elaboración propia)

4.2.5 Evaluación Técnica

Diseño Mecánico Evaluación de Proyectos Valor Técnico (Xi)										Proyecto de Tesis
Proyecto: DISEÑO DE HERRAMIENTA DE TRABA PARA SEGMENTOS DENTADOS DE MANDOS FINALES EN TRACTORES DE CADENA										
P: Puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225) 0- No satisface, 1- Aceptable a las justa, 2- Suficiente, 3- Bien, 4- Muy bien(Ideal) g: Es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación.										
Criterios de evaluación para diseños en fase de conceptos o proyectos.										
Variantes de Conceptos/Proyectos			Solución 1 S1		Solución 2 S2		Solución 3 S3		Solución 4 S4	
Nº	Criterios de Evaluación	g	P	gp	P	Gp	p	gp	p	Gp
1	Buen uso de la fuerza o energía	4	4	16	3	12	4	16	4	16
2	Seguridad	4	4	16	4	16	4	16	4	16
3	Rapidez	4	3	12	2	8	4	16	4	16
4	Estabilidad	4	3	12	3	12	3	12	4	16
5	Rigidez	3	3	9	3	9	3	9	3	9
6	Manipulación	3	3	9	3	9	4	12	4	12
7	Confiabilidad	4	1	4	1	4	4	16	4	16
8	Complejidad	4	2	8	1	4	3	12	4	16
9	Automatización	4	4	16	3	12	4	16	4	16

4.2.5 Evaluación Técnica

Diseño Mecánico Evaluación de Proyectos Valor Técnico (Xi)									Proyecto de Tesis	
Proyecto: DISEÑO DE HERRAMIENTA DE TRABA PARA SEGMENTOS DENTADOS DE MANDOS FINALES EN TRACTORES DE CADENA										
P: Puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225) 0- No satisface, 1- Aceptable a las justas, 2- Suficiente, 3- Bien, 4- Muy bien(Ideal) g: Es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación.										
Criterios de evaluación para diseños en fase de conceptos o proyectos.										
Variantes de Conceptos/Proyectos			Solución 1 S1		Solución 2 S2		Solución 3 S3		Solución 4 S4	
Nº	Criterios de Evaluación	g	P	Gp	P	gp	P	gp	p	Gp
10	Fabricación	4	3	12	3	12	3	12	3	12
11	Mantenimiento	4	3	12	3	12	3	12	3	12
12	Montaje	4	3	12	3	12	3	12	3	12
13	Diseño	4	2	8	2	8	2	8	3	12
14	Ergonomía	4	3	12	3	12	3	12	3	12
15	Influencia del medio ambiente	4	2	8	2	8	2	8	3	12
Puntaje máximo $\sum p$ ó $\sum gp$		58	43	166	39	150	49	189	53	205
Valor Técnico Xi			0.72	0.72	0.65	0.65	0.82	0.81	0.88	0.88

Esquema 7. Evaluación Técnica.

(Elaboración propia)

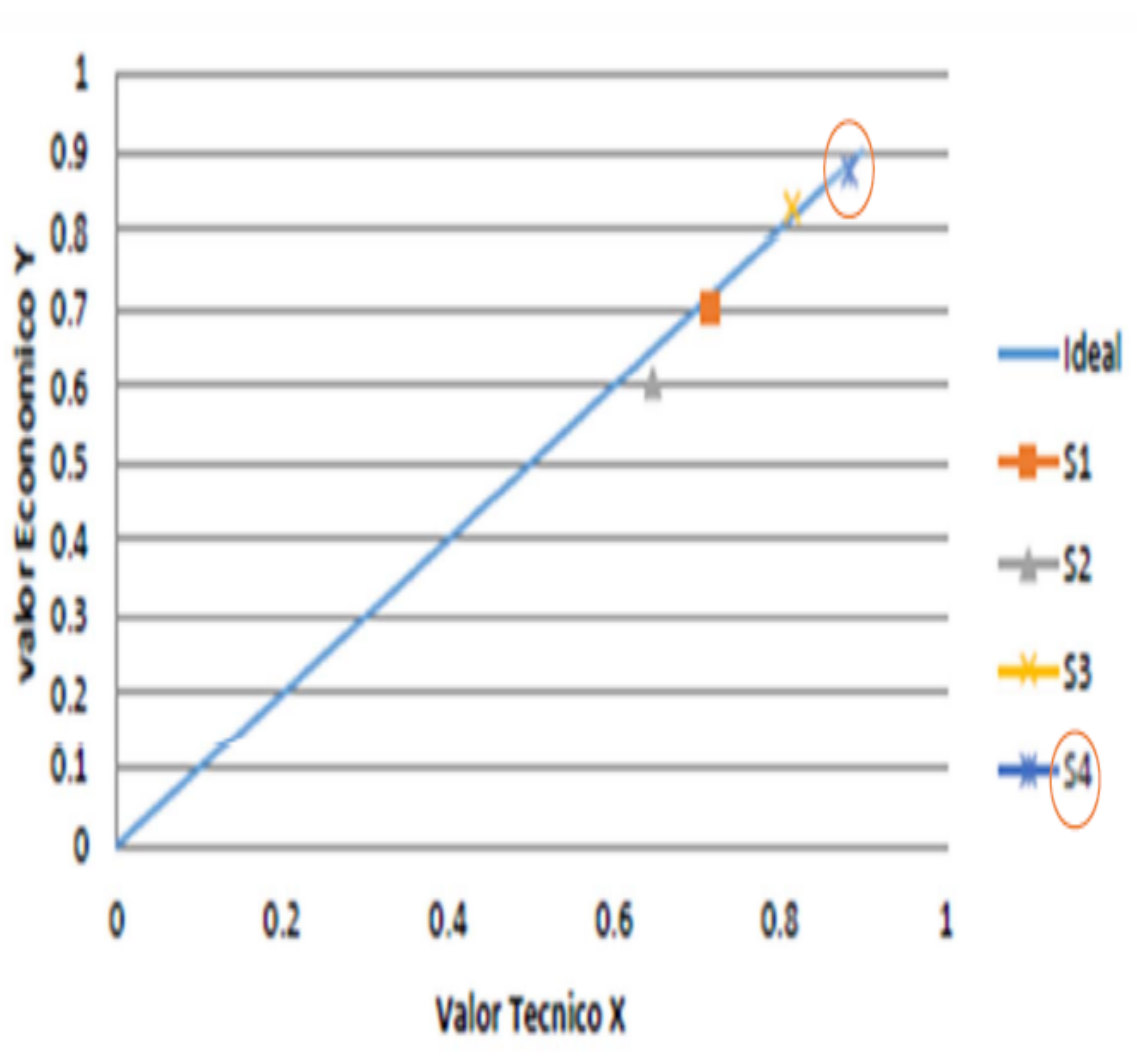
4.2.6 Evaluación Económica

Diseño Mecánico Evaluación de Proyectos Valor Técnico (Xi)									Proyecto de Tesis	
Proyecto: DISEÑO DE HERRAMIENTA DE TRABA PARA SEGMENTOS DENTADOS DE MANDOS FINALES EN TRACTORES DE CADENA										
P: Puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225) 0- No satisface, 1- Aceptable a las justa, 2- Suficiente, 3- Bien, 4- Muy bien(Ideal) g: Es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación.										
Criterios de evaluación para diseños en fase de conceptos o proyectos.										
Variantes de Conceptos/Proyectos			Solución 1 S1		Solución 2 S2		Solución 3 S3		Solución 4 S4	
Nº	Criterios de Evaluación	g	P	gp	P	gp	p	gp	p	gp
1	Número de Piezas	4	3	12	3	12	3	12	3	12
2	Fácil adquisición de materiales	4	2	8	1	4	4	16	4	16
3	Productividad	4	3	12	3	12	3	12	3	12
4	Costos diversos	4	2	8	2	8	3	12	3	12
5	Nº de operarios	4	4	16	4	16	4	16	4	16
6	Costo de tecnología	4	3	12	1	4	3	12	4	16
7	Fácil de montaje	4	3	12	3	12	3	12	3	12
8	Fácil mantenimiento	4	3	12	3	12	4	16	4	16
9	Costos de operación	3	3	9	2	6	3	9	4	12
10	Transporte	3	2	6	2	6	3	9	3	9
Puntaje máximo $\sum p$ ó $\sum gp$		58	43	166	39	150	49	189	53	205
Valor Técnico Yi			0.72	0.72	0.65	0.65	0.82	0.81	0.88	0.88

Esquema 8. Evaluación Económica.

(Elaboración propia)

4.2.7 Evaluación Técnico - Económica



Esquema 9. Evaluación Técnico - Económica.

Fuente: Elaboración propia, 2020

4.3 Diseño.

La fuerza de apriete que ejercerá reacciones en toda la herramienta que estará montada en el mando final, que serán analizadas para soportar la contra fuerza de giro para la extracción de los pernos que sujetan los Sprocket.

Para el diseño de la herramienta de traba comenzamos por analizar las cargas generadas por la fuerza de apriete de las tuercas, primero determinamos los puntos críticos en la herramienta como zonas de apoyo y cargas críticas que soportarán las diferentes cargas a la que estarán sometidas. Con el análisis estructural se utiliza el método de diseño por factores de cargas y resistencia para estructuras metálicas.

Usando este método se debe hallar un factor de seguridad que será representado como la carga extra, que quiere decir una carga que será sometida la herramienta de traba y será comparado con la resistencia de diseño que se analizara y donde la resistencia tendrá que ser mucho mayor a la última carga para garantizar que la herramienta no tenga fallas, luego se establecerá el tipo material en este caso partiremos con el uso un acero ASTM A36. Para poder seleccionar el tipo de acero que usaremos para la fabricación de la **“Herramienta de traba para el armado y desarmado de segmentos dentados en los mandos finales de tractores de cadena”**

CAPÍTULO V

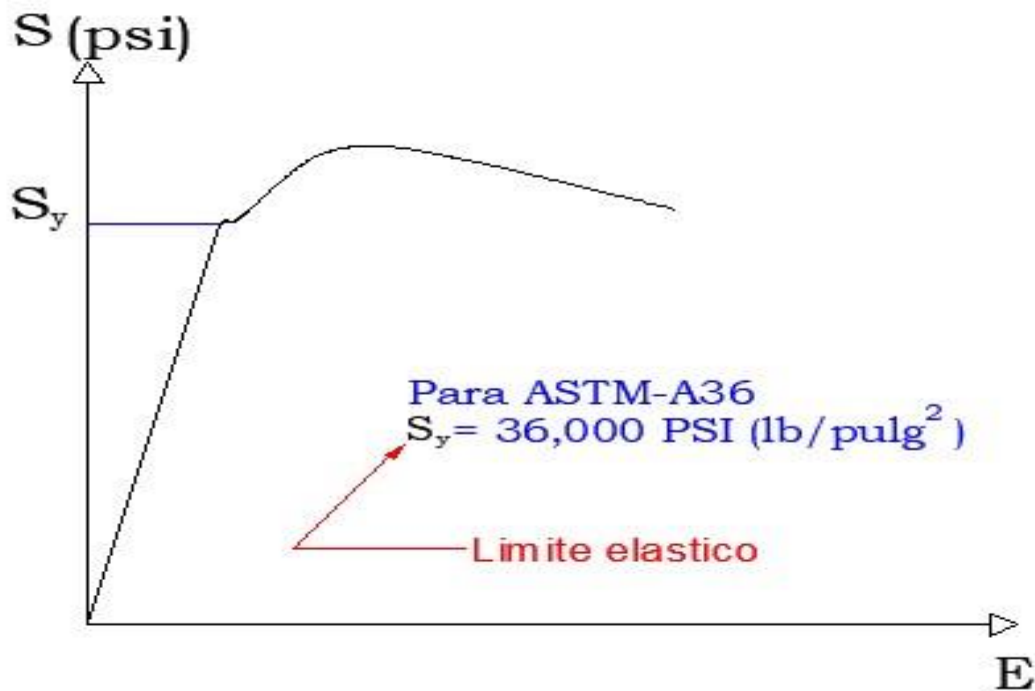
CONSTRUCCION

5.1 Construcción

Para la fabricación de la herramienta de traba usaremos Acero A36 Norma ASTM.

El acero ASTM A36 es un acero que tiene propiedades y características que lo han convertido en el acero más usado por la industria metal mecánica, el acero A-36 es el resultado de una composición química, donde el más importante es el hierro y el que tiene menos porcentaje es el carbono, ya que no supera el 1,2% de la composición, normalmente, tiene porcentajes de entre el 0,2% - 0,3%, esto facilita los procesos de moldeo y mecanizado de este acero.

El límite de la resistencia es cuando su valor es 36 KSI (36,000 PSI), que es el límite del comportamiento elástico para el ACERO ASTM- 1-36.



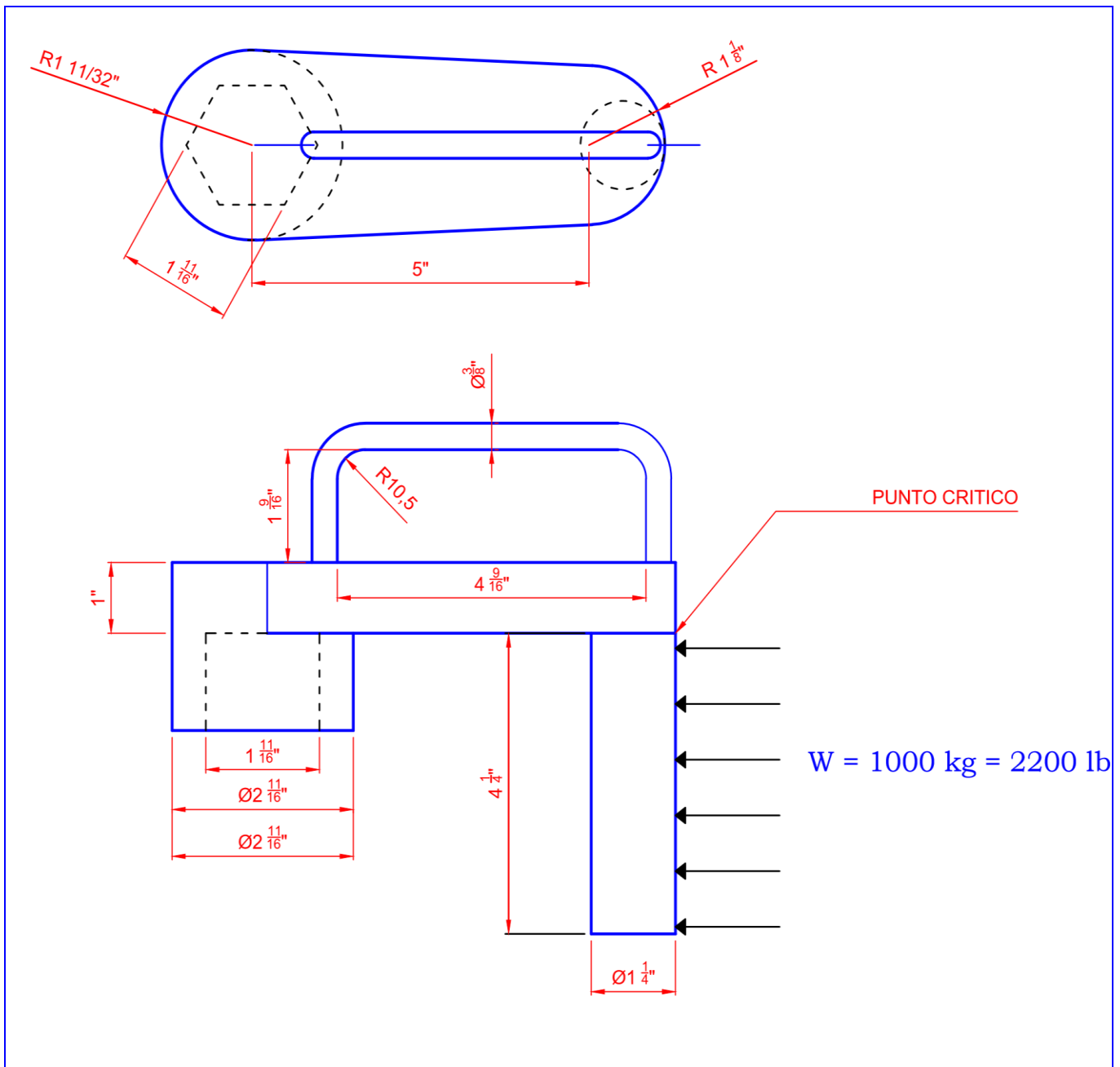
Propiedades mecánicas del acero A - 36

Propiedades Mecánicas		Notas
Resistencia a la tracción, MPa (psi)	400-550 (58-80)	Placas de acero, formas y barras
Limite elastico (Esfuerzo de fluencia), MPa (ksi), \geq	250 (36)	Espesor \leq 200mm (8 pulg.)
	220 (32)	Espesor de placas de acero > 200mm (8 pulg.)
Elongación, %, \geq	20	Placas y barras en 200 mm (8 pulg.)
	23	Placas y barras en 50 mm (2 pulg.)
Dureza Brinell, HBW	119-162	–
Módulo de elasticidad, GPa (ksi)	200 (29×10^3)	–
Módulo de corte, GPa (ksi)	79.3 (11.5×10^3)	–
Fy del acero A36 (Limite de fluencia), MPa (ksi), \geq	250 (36)	–

Tabla 1. Propiedades mecánicas del acero.

Fuente (Ingemecanica.com)

✓ Planos de fabricación.



CURSO: Taller de Investigación II

TITULO: Herramienta de traba para armado y desarmado de segmentos dentados.

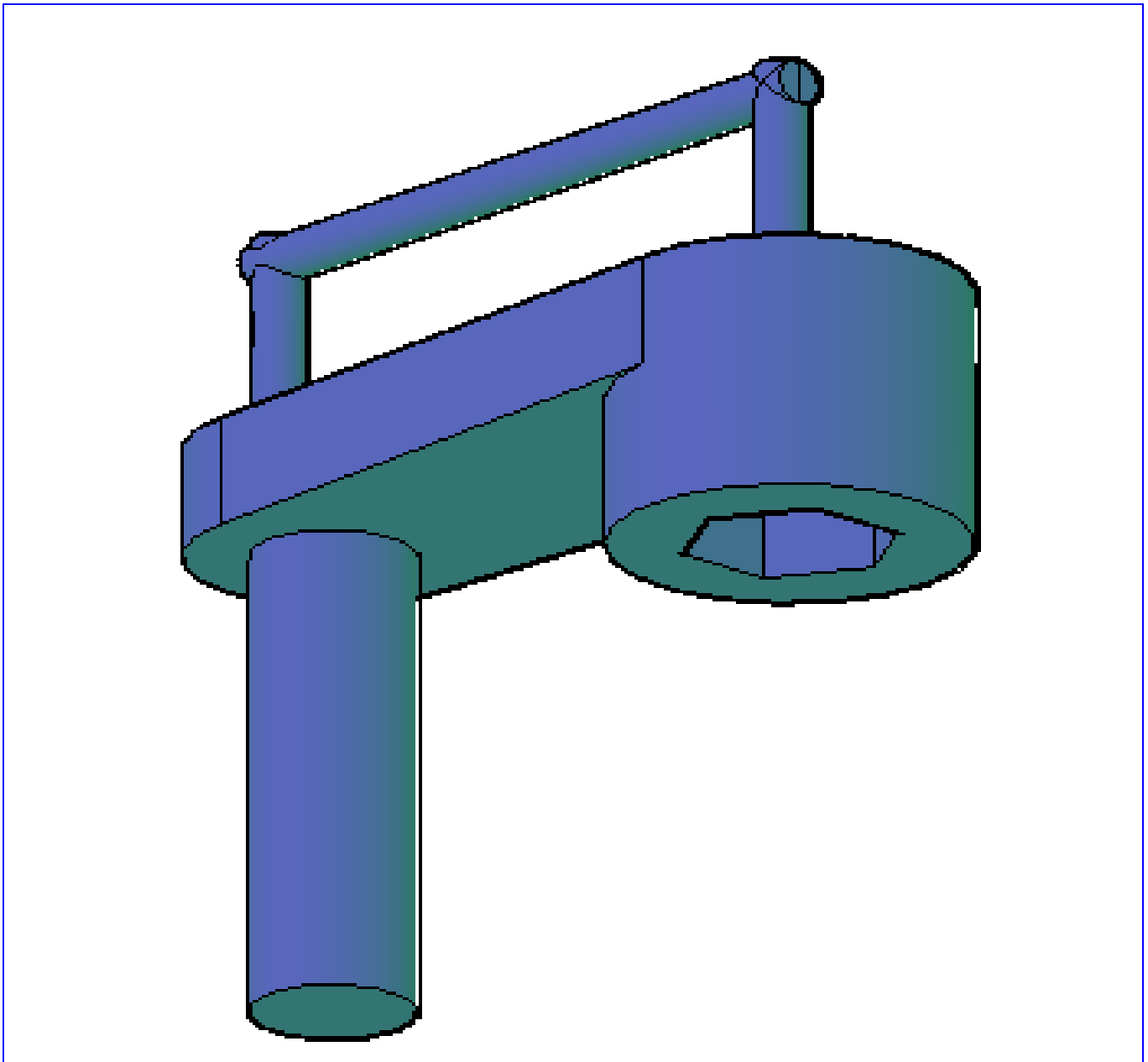
ALUMNO:
Mario Dueñas Chevarria

FECHA
Miércoles, 15 de julio del 2020

ESCALA
1 : 2.5

Plano de Fabricación.
Fuente (Elaboración propia)

✓ Plano 3D de herramienta de traba.



CURSO: Taller de Investigación II

TITULO: Herramienta de traba para armado y desarmado de segmentos dentados en mando final.

ALUMNO:
Mario Dueñas Chevarria

FECHA
Miércoles, 15 de julio del 2020

ESCALA
1 : 2.5

Plano 3D de herramienta de traba.
Fuente: (Elaboración propia).

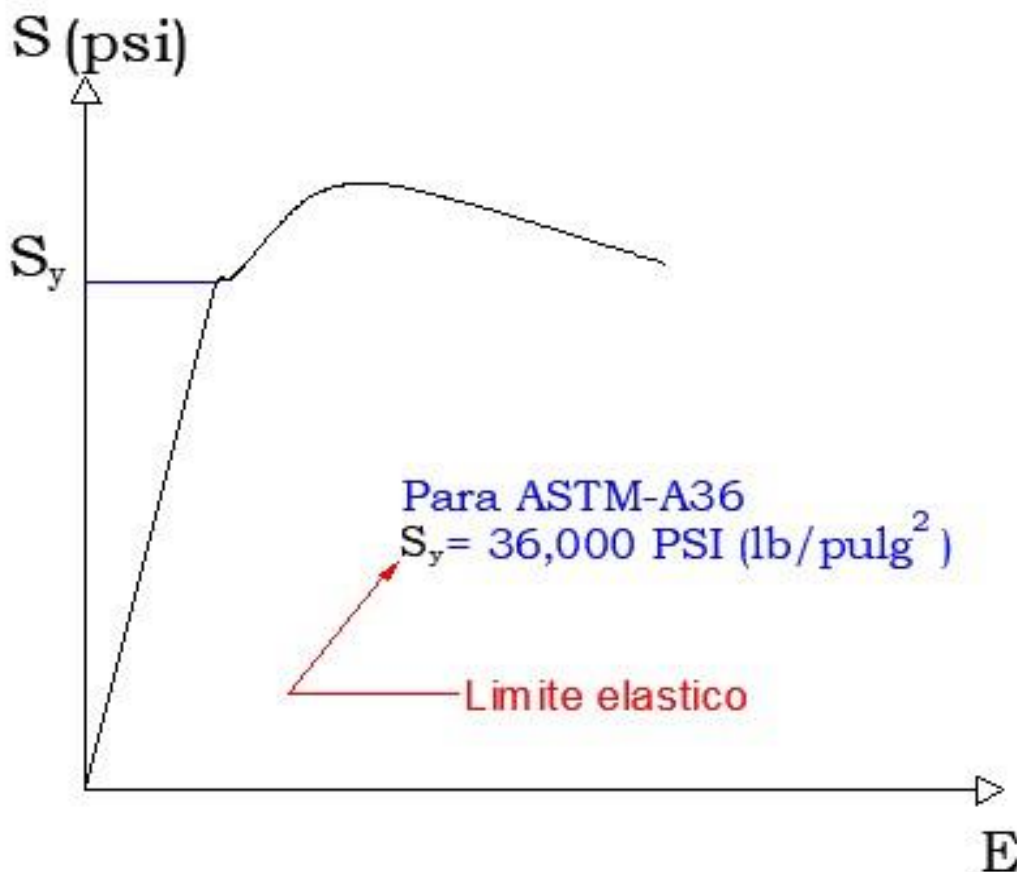
5.2 Pruebas y resultados

5.2.1 Cálculo matemático de resistencia para herramienta de traba.

El límite de la resistencia es cuando su valor es 36 KSI (36,000 PSI), que es el límite del comportamiento elástico para el ACERO ASTM- 1-36.

Cálculo matemático de resistencia para herramienta de traba.

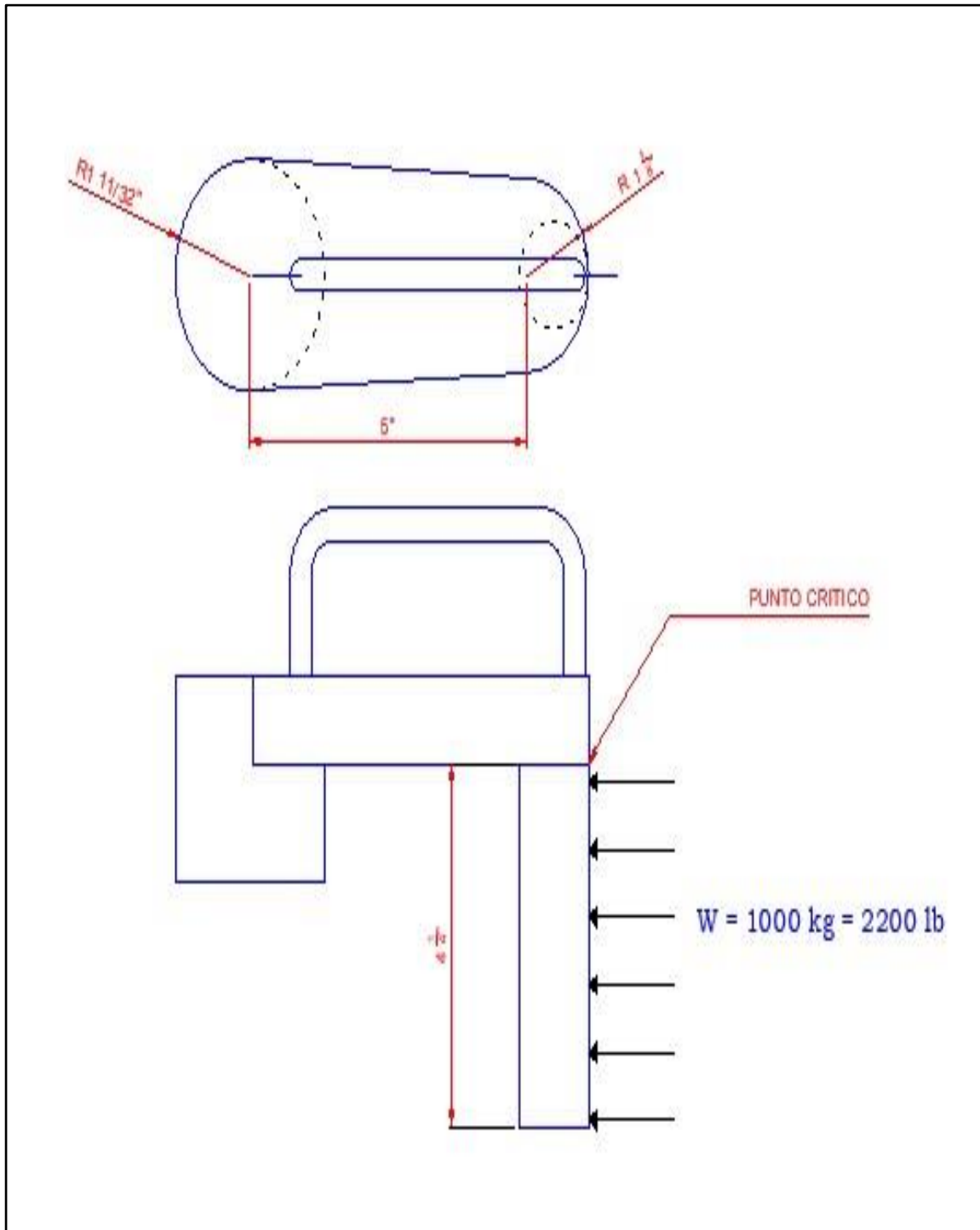
El límite de la resistencia es cuando su valor es 36 KSI (36,000 PSI), que es el límite del comportamiento elástico para el ACERO ASTM- 1-36.



Esquema 9. Limite elástico del acero A-36.

Fuente (Elaboración propia)

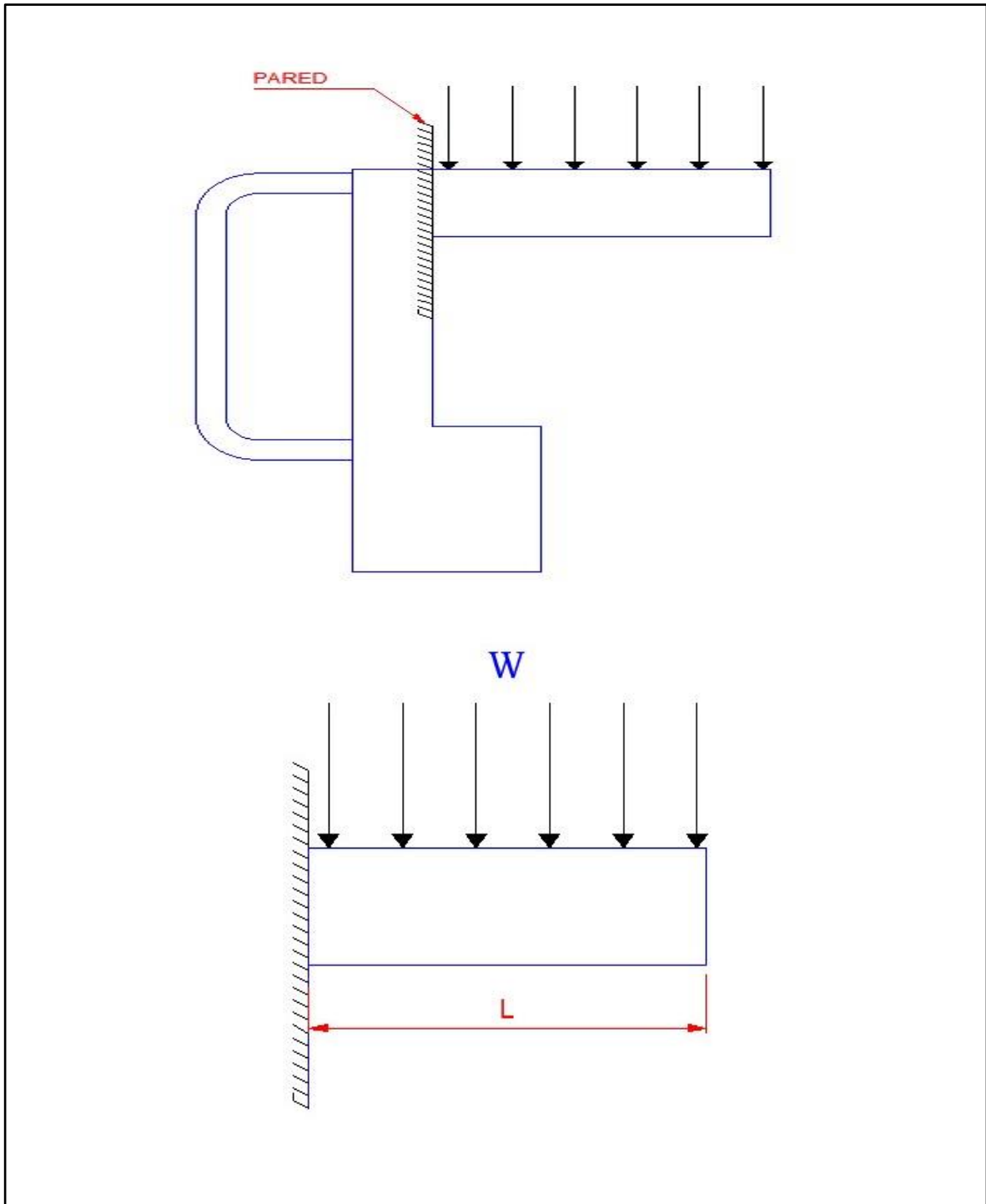
Por principio de transmisibilidad, consideremos las siguientes figuras.



Esquema 10. Principio de transmisibilidad

Fuente (Elaboración propia)

Tendríamos una viga empotrada con carga distribuida:



Esquema 10. Viga empotrada con carga distribuida.

Fuente (Elaboración propia)

Realizamos el cálculo:

$$S_y = 36,000 \text{ psi (36 KSI)}$$

$$L = 4 \frac{1}{4}''$$

$$W = 1000 \text{ kg-f} = 2,200 \text{ lb-f}$$

$$M = \text{momento (lb-f x pulg)}$$

Cálculo del momento:

$$M = \frac{W * L}{2}$$

Reemplazando datos:

$$M = \frac{2200 * 4.25}{2} = 4675 \text{ lb/pie}$$

Cálculo del esfuerzo:

$$S = \text{Esfuerzo en lb-f/pulg}^2$$

$$M = \text{momento en lb-f x pulg}$$

$$c = \text{Distancia del centro a la periferia (Igual al radio)} = 5/8''$$

$$I = \text{momento de inercia (pulg}^4)$$

$$D = 1 \frac{1}{4}''$$

$$S = \frac{M.c}{I} \quad I = \frac{\pi.D^4}{64}$$

Reemplazando datos:

$$I = \frac{\pi(1.25)^4}{64} = 0.1198 \text{ pulg}^4$$

$$S = \frac{4675 * 0.625}{0.11989} = 24398 \text{ psi}$$

Factor de Seguridad Fs:

Para prevenir fallas estructurales, las cargas a las que serán sometidas las estructuras tienen que ser mayores que las cargas que cuando entren en servicio.

La resistencia es la capacidad que tiene una estructura para resistir cargas, el concepto anterior se puede interpretar de la siguiente manera:

Fs = Factor de seguridad.

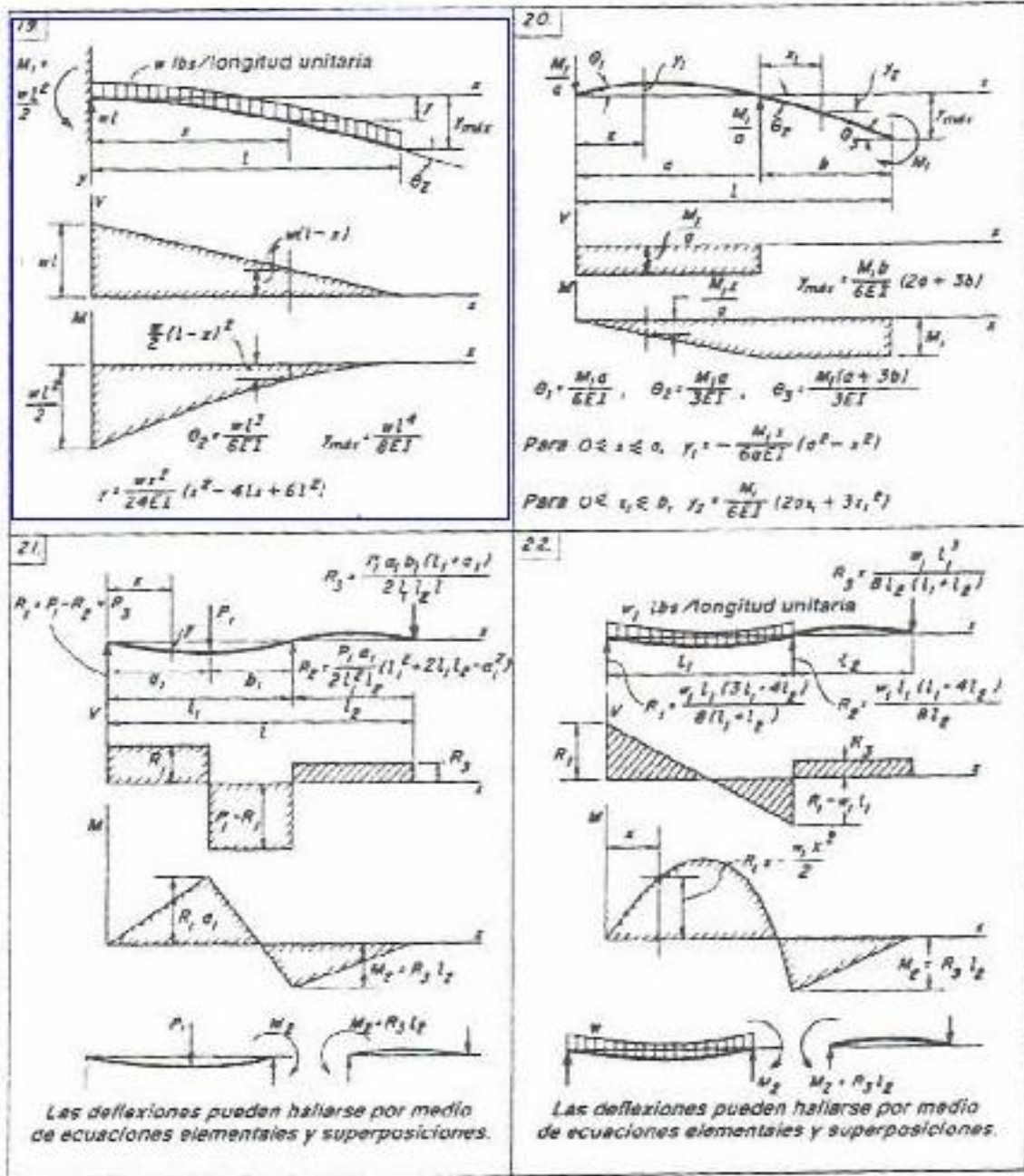
Sy = Resistencia real

S = Resistencia requerida

$$Fs = \frac{Sy}{S} = \frac{36000}{24398} = 1.47$$

En este caso y de acuerdo a los cálculos realizados tenemos un **Fs = 1.47** este resultado nos da luz verde para proceder con la fabricación de la herramienta.

Se adjuntan las figuras de los libros consultados. Los datos utilizados están en recuadros pintados de azul.



DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS II

Autor: Ing. Fortunato Alva Davila

FIGURA Nro 2

Fuerza cortante, momento flexionante y deflexión en vigas de sección transversal uniforme.

Tabla 2. Diseño de elementos de máquinas.

Fuente (Ing. Fortunato Alva)

TABLA XV
CENTROIDES, ÁREAS Y MOMENTOS DE INERCIA

FIGURA Nro 3

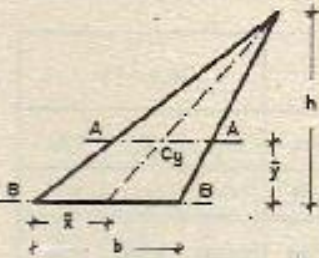
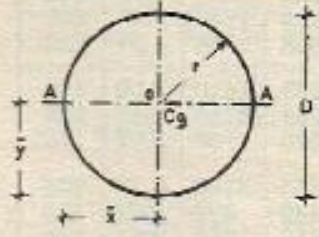
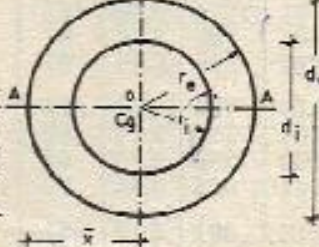
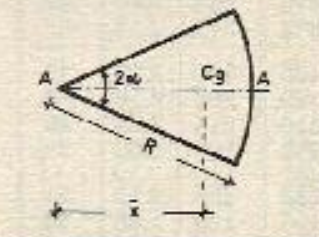
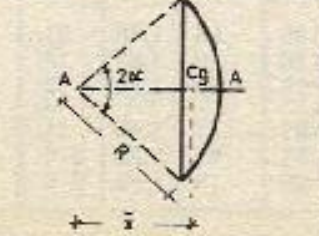
FIGURA	Coordenadas del centroide, Área (a) momento de Inercia (I) y radio de giro (K)
	$A = \frac{bh}{2} \quad I_{AA} = \frac{bh^3}{36} \quad K_{AA} = \frac{h}{\sqrt{18}} = 0.236 h$ $\bar{x} = \frac{b}{2} \quad I_{BB} = \frac{bh^3}{12} \quad K_{BB} = \frac{h}{\sqrt{6}} = 0.408 h$ $\bar{y} = h/3$
	$A = \pi r^2 = \pi D^2/4 \quad \bar{x} = \bar{y} = D/2 = r$ $I_{AA} = \pi r^4/4 = \pi D^4/64 = 0.0491 D^4 = 0.7854 r^4$ $I_o = \pi r^4/2 = \pi D^4/32$ $K_{AA} = D/4 = r/2$
	$A = \pi (r_o^2 - r_i^2) = (\pi/4) (d_o^2 - d_i^2)$ $\bar{x} = \bar{y} = r_o = d_o/2$ $I_{AA} = \pi (r_o^4 - r_i^4)/4 = (\pi/64) (d_o^4 - d_i^4) = 0.0491 (d_o^4 - d_i^4) = 0.7854 (r_o^4 - r_i^4)$ $K_{AA} = \sqrt{(d_o^2 + d_i^2)/4} = \sqrt{(r_o^2 + r_i^2)/2}$
	$A = R^2 \alpha = (1/4) D^2 \alpha$ $\bar{x} = (2/3) [(R \sin \alpha)/\alpha]$ $I_{AA} = (1/4) A R^2 [1 - (\sin \alpha \cos \alpha)/\alpha]$ $K_{AA} = \sqrt{I_{AA}/A}$
	$A = R^2 (\alpha - \sin 2\alpha)$ $\bar{x} = (2/3) [(r^3 \sin^3 \alpha)/A]$ $I_{AA} = \frac{1}{4} A R^2 \left(1 - \frac{2}{3} \frac{\sin^3 \alpha \cos \alpha}{\alpha - \sin \alpha \cos \alpha} \right)$ $K_{AA} = \sqrt{I_{AA}/A}$

Tabla 3. Resistencia de Materiales.

Fuente (Ing. Jorge Días)

FACTOR DE REDUCCION DE RIGIDEZ

$F_{cr,inelástico} / F_{cr,elástico}$

ACERO ASTM A36

$F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$

DISEÑO ESTRUCTURAL EN ACERO

Autor: Luis F. Zapata Baglietto

FIGURA Nro 4

$P_u / \phi A$		$F_{cr,i} / F_{cr,e}$	$P_u / \phi A$		$F_{cr,i} / F_{cr,e}$	$P_u / \phi A$		$F_{cr,i} / F_{cr,e}$
t/cm ²	ksi		t/cm ²	ksi		t/cm ²	ksi	
2.53	36.00	0.000	2.01	28.60	0.488	1.49	21.20	0.845
2.52	35.86	0.011	2.00	28.46	0.506	1.48	21.06	0.854
2.51	35.72	0.021	1.99	28.32	0.514	1.47	20.92	0.856
2.50	35.57	0.032	1.98	28.17	0.523	1.46	20.77	0.856
2.49	35.43	0.043	1.97	28.03	0.531	1.45	20.63	0.865
2.48	35.29	0.053	1.96	27.89	0.539	1.44	20.49	0.874
2.47	35.15	0.064	1.95	27.75	0.547	1.43	20.35	0.876
2.46	35.00	0.074	1.94	27.60	0.555	1.42	20.21	0.883
2.45	34.86	0.085	1.93	27.46	0.563	1.41	20.06	0.888
2.44	34.72	0.095	1.92	27.32	0.570	1.40	19.92	0.892
2.43	34.58	0.106	1.91	27.18	0.578	1.39	19.78	0.896
2.42	34.43	0.116	1.90	27.04	0.586	1.38	19.64	0.901
2.41	34.29	0.126	1.89	26.89	0.594	1.37	19.49	0.905
2.40	34.15	0.136	1.88	26.75	0.601	1.36	19.35	0.909
2.39	34.01	0.147	1.87	26.61	0.609	1.35	19.21	0.913
2.38	33.87	0.157	1.86	26.47	0.616	1.34	19.07	0.917
2.37	33.72	0.167	1.85	26.32	0.624	1.33	18.92	0.921
2.36	33.58	0.177	1.84	26.18	0.631	1.32	18.78	0.925
2.35	33.44	0.187	1.83	26.04	0.638	1.31	18.64	0.928
2.34	33.30	0.197	1.82	25.90	0.646	1.30	18.50	0.932
2.33	33.15	0.207	1.81	25.75	0.653	1.29	18.36	0.936
2.32	33.01	0.216	1.80	25.61	0.660	1.28	18.21	0.939
2.31	32.87	0.226	1.79	25.47	0.667	1.27	18.07	0.943
2.30	32.73	0.236	1.78	25.33	0.674	1.26	17.93	0.948
2.29	32.58	0.246	1.77	25.19	0.681	1.25	17.79	0.949
2.28	32.44	0.255	1.76	25.04	0.688	1.24	17.64	0.952
2.27	32.30	0.265	1.75	24.90	0.695	1.23	17.50	0.955
2.26	32.16	0.275	1.74	24.76	0.701	1.22	17.36	0.958
2.25	32.02	0.284	1.73	24.62	0.708	1.21	17.22	0.961
2.24	31.87	0.294	1.72	24.47	0.715	1.20	17.08	0.964
2.23	31.73	0.303	1.71	24.33	0.721	1.19	16.93	0.967
2.22	31.59	0.312	1.70	24.19	0.728	1.18	16.79	0.969
2.21	31.45	0.322	1.69	24.05	0.734	1.17	16.65	0.972
2.20	31.30	0.331	1.68	23.91	0.741	1.16	16.51	0.974
2.19	31.16	0.340	1.67	23.76	0.747	1.15	16.36	0.976
2.18	31.02	0.350	1.66	23.62	0.753	1.14	16.22	0.979
2.17	30.88	0.359	1.65	23.48	0.759	1.13	16.08	0.981
2.16	30.74	0.368	1.64	23.34	0.766	1.12	15.94	0.983
2.15	30.59	0.377	1.63	23.19	0.772	1.11	15.79	0.985
2.14	30.45	0.386	1.62	23.05	0.778	1.10	15.65	0.987
2.13	30.31	0.395	1.61	22.91	0.784	1.09	15.51	0.988
2.12	30.17	0.404	1.60	22.77	0.789	1.08	15.37	0.990
2.11	30.02	0.412	1.59	22.62	0.795	1.07	15.23	0.992
2.10	29.88	0.421	1.58	22.48	0.801	1.06	15.09	0.993
2.09	29.74	0.430	1.57	22.34	0.807	1.05	14.94	0.994
2.08	29.60	0.439	1.56	22.20	0.812	1.04	14.80	0.996
2.07	29.45	0.447	1.55	22.06	0.818	1.03	14.66	0.997
2.06	29.31	0.456	1.54	21.91	0.823	1.02	14.51	0.998
2.05	29.17	0.464	1.53	21.77	0.829	1.01	14.37	0.999
2.04	29.03	0.473	1.52	21.63	0.834	1.00	14.23	0.999
2.03	28.89	0.481	1.51	21.49	0.839	0.99	14.09	1.000
2.02	28.74	0.490	1.50	21.34	0.844			

Tabla 4. Diseño Estructural del acero.

Fuente (Luis Zapata

✓ **Simulación y análisis estático de herramienta de traba con Solidworks.**

Diseñador: Solidworks

Nombre del estudio: Análisis estático 4

Tipo de análisis: Análisis estático

Contenidos:

- Propiedades de estudio
- Unidades
- Propiedades de material
- Cargas y sujeciones
- Información de malla;**Error! Marcador no definido.**
- Fuerzas resultantes;**Error! Marcador no definido.**
- Resultados del estudio.


Propiedades del estudio:

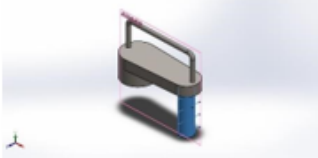
Nombre de estudio	Análisis estático 4
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS

Unidades

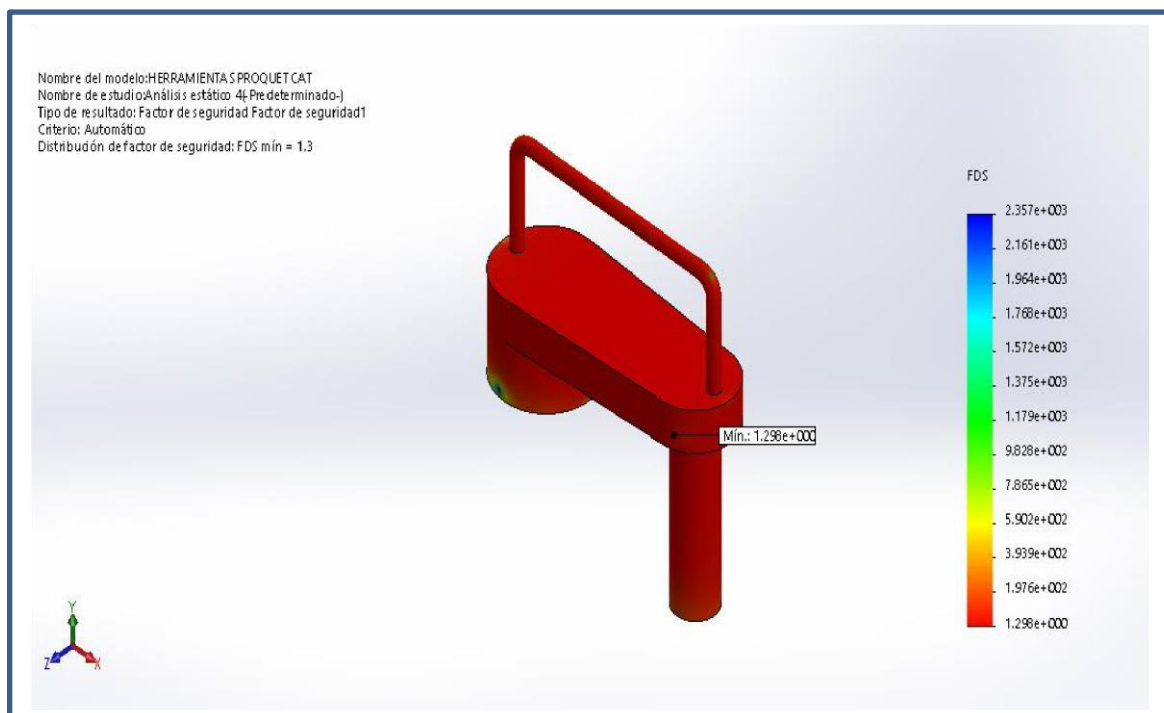
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material:

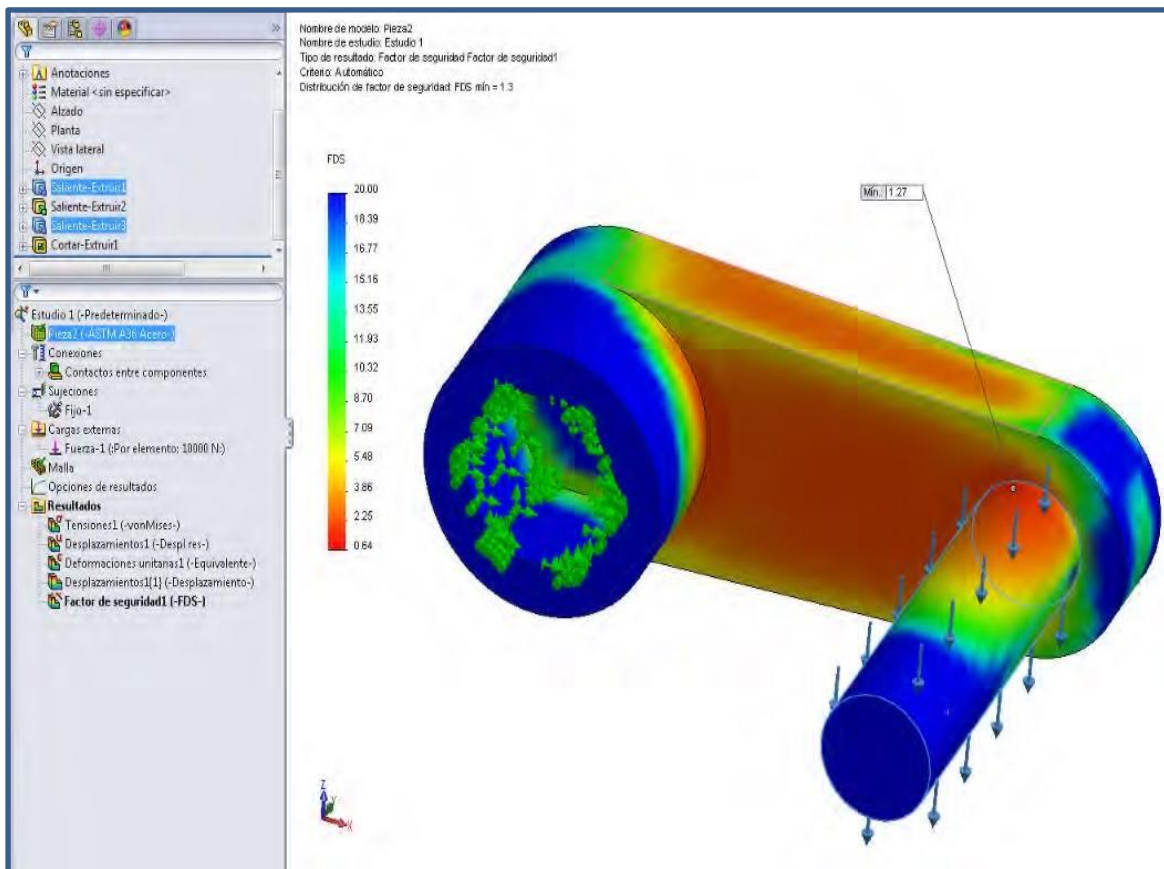
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: Tipo de modelo: ASTM A36 Acero</p> <p>Criterio de error predeterminado: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Límite elástico: 2.5e+008 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4e+008 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+011 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.26</p> <p>Densidad: 7850 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7.93e+010 N/m²</p>	Sólido 1(Saliente-Extruir3)(HERRAMIENTA SPROQUET CAT)
Datos de curva: N/A		

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s)</p> <p>Referencia: Alzado</p> <p>Tipo: Aplicar fuerza</p> <p>Valores: ---, ---, -10000 N</p>

Resultados del estudio:



Resultados del Estudio de Análisis de resistencia:



Análisis de resistencia; carga = 1 tonelada; FS = 1.2
Fuente, (Elaboración propia)

Resultados del Estudio.

Teniendo los resultados finales podemos volver a evaluar el modelo cambiado algunas de las condiciones de contorno.

Pero como podemos apreciar los resultados finales tanto en los cálculos matemáticos como el estudio de análisis estático en Solidworks son muy parecidos en este caso tenemos como **Factor de seguridad 1.27** estos resultados respaldan nuestro proyecto, es por esta razón que podemos afirmar que lo obtenido con este estudio nos da la garantía de obtener excelentes resultados y es muy confiable en temas de seguridad.

CONCLUSIONES

Con el diseño de la herramienta de traba para el armado y desarmado de segmentos dentados en los mandos finales de tractores de cadena se logró enfocar la importancia de utilizar herramientas específicas para determinadas tareas, de la misma forma cuando se investigó y recopiló información se notó las deficiencias de los procedimientos que se usan en la actualidad para realizar estas tareas es por esta razón que estamos convencidos que la realización de este proyecto nos otorgará muchos beneficios, ya que el trabajo será más sencillo, práctico y económico.

Con el uso de esta herramienta de traba, se podrá lograr con precisión lo que no se podía antes cuando se utilizaban métodos tradicionales, como sujetar los pernos con llaves mixtas a pesar de no tener un fácil acceso y la geometría del mando final no permita una adecuada sujeción por todo lo referido líneas arriba estos son algunos de los beneficios que se tendría al trabajar con esta herramienta.

- Mejora la seguridad de la tarea.
- Mejora la aplicación de torque.
- Reduce el tiempo de instalación de los segmentos de la rueda dentada.

Se estima que la fabricación de la herramienta será en su totalidad de Acero A-36, esta herramienta también tendría un mango para que el técnico pueda sostenerla cómodamente con la mano cuando la instala o la transporta y se podría fabricar para cada modelo y marca por su bajo costo.

TRABAJOS FUTUROS

Consideramos como trabajo futuro la realización de este proyecto “Fabricación de herramienta de traba para el armado y desarmado de segmentos dentados en los mandos finales de tractores de cadena” logrando por ejemplo la reducción de tiempo en la instalación de los segmentos dentados en el mando final.

También el desarrollo de un presupuesto mucho más detallado para tener una mayor exactitud en los resultados, los costos de este proyecto son cambiantes con el tiempo y depende de la estimación de precios actualizados a la fecha de la realización del proyecto.

En la actualidad tenemos una gran demanda por este tipo de soluciones ya que se ofrecen infinidad de productos de similares características, pero con resultados deficientes por lo que estamos convencidos que este proyecto tendrá una gran acogida no solo por su versatilidad sino también por su bajo costo, fácil fabricación y sobre todo porque se pueden fabricar para cualquier modelo y marca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MANUAL DE MANTENIMIENTO CATERPILLAR, Número de medio -ssbu8499-03
Fecha de publicación -01-06-2012 Fecha de actualización -19-07-2012
2. MA SAN ZAPATA, Jorge F. 2013. Diseño de Elementos de Máquinas I. Lima:
Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso, 2013. 978-84-15774-53-2.
3. BUYINAS, Richard G. 2012. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. México:
McGrawHill Interamericana de España, 2012. 9786071507716.
4. INGENIERIAREAL.COM, Tipos de tractores su uso y funcionamiento. 2014
5. ACEROS BOEHLER DEL PERÚ S.A. Manual de Aceros Especiales. Lima, [enero del
2020].
6. ANÁLISIS DE TENSIÓN LINEAL | Solidworks. [en línea]. [Consultado el 6 de febrero
de 2020]. Disponible en: <https://www.solidworks.es/sw/products/simulation/stress-analysis.htm>
7. LÓPEZ CASILLAS, Arcadio. “Máquinas - Cálculos de Taller.” España, 1997.
8. ASME/ASTM A53 - Phione Limited. en línea. (Consultado el 22 de enero 2020).
9. GMBH. GTZ, Matemática aplicada para técnica mecánica. 9na edición, 1985.
10. DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS, Robert L. Mott 2010
11. RODRIGUEZ, Adriana. 2014. Las máquinas simples, una propuesta de aula para
estudiantes. Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá, Bogotá: 2014.

ANEXOS

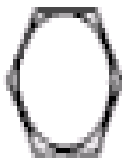




Aplicación de las especificaciones ASTM para varios elementos estructurales															
Tipo de Acero	Designación ASTM	Esfuerzo ^a Mínimo de fluencia Fy (ksi)	Resistencia ^a mínima a la Tracción Fu (ksi)	Aplicado a varias secciones											
				W	M	S	HP	C	MC	L	HSS		Tubo Acero		
											Rect.	Circular			
Carbon	A36	36	58-80 ^b												
	A53 Gr. B	35	60												
	A500	Gr. B	42	58											
			46	58											
	A500	Gr. C	46	62											
			50	62											
	A501	36	58												
	A529 ^e	Gr. 50	50	65-100											
Gr. 55		55	70-100												
De alta Resistencia y baja Aleación	A572	Gr. 42	42	60											
		Gr. 50	50	65 ^d											
		Gr. 55	55	70											
		Gr. 60 ^e	60	75											
		Gr. 65 ^e	65	80											
	A618 ^f	Gr. I & II	50 ^g	70 ^g											
		Gr. III	50	65											
	A913	50	50 ^h	60 ^h											
		60	60	75											
		65	65	80											
70		70	90												
A992	50-65 ⁱ	65 ⁱ													
De alta Resistencia y baja Aleación Resistente a la corrosión atmosférica	A242	42 ^j	63 ^j												
		46 ^k	67 ^k												
		50 ^l	70 ^l												
	A588	50	70												
A847 ^l	50	70													

= Preferentemente material especificado
 = Otro material especificado aplicable, la disponibilidad del cual puede ser confirmado anterior a lo especificado.
 = No se aplica el material especificado

Características de los tractores Caterpillar y komatsu

Modelo	Potencia en el Volante	Hojas Topadoras			Peso en Toneladas		
		Tipo	Longitud m.	Altura m.	Tractor sin Ripper Equipo	Hoja Topadora	
CAT.D.8	300 H.P.	Recta	3.93	1.52	24.8	5.3	4.8
		Angulable	4.72	1.12		5.3	
CAT.D.7	200 H.P.	Recta	3.65	1.27	15.2	3.2	3.0
		Angulable	4.29	0.96		3.1	
CAT. D-6	140 h.p:	Recta	3.20	1.13	11.8	2.1	1.5
		Angulable	3.86	0.91		2.3	
Komatsu D-155	320 H.P.	Recta	4.13	1.59	27.3	5.7	5.9
		Angulable	4.85	1.14		5.5	
Komatsu D-85	180 H:P:	Recta	3.62	1.28	18.2	3.7	3.6
		Angulable	4.26	1.06		3.6	

Tabla de Torques

Grado SAE	1 or 2	5	6	8	Competencia
					
Tamaño	Lb/Pie	Lb/Pie	Lb/Pie	Lb/Pie	Lb/Pie
1/4	5	7	10	10.5	11
5/16	9	14	19	22	24
3/8	15	25	34	37	40
7/16	24	40	55	60	65
1/2	37	60	85	92	97
9/16	53	88	120	132	141
5/8	74	120	167	180	192
3/4	120	220	280	286	316
7/8	190	302	440	473	503
1	282	466	660	714	771