



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**DISEÑO Y FABRICACION DE UN REFRENTADOR  
PORTÁTIL PARA TRABAJOS INSITU EN MAQUINARIA  
PESADA EN LA EMPRESA ESCO PERÚ, CAJAMARCA  
2017**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**AUTOR:**

SEGUNDO JAVIER PAZ VIGO.

**ASESOR:**

ING. JAMES SKINNER CELADA PADILLA.

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

DISEÑO DE MODELAMIETO Y SIMULACION DE SISTEMAS  
ELECTROMECHANICOS

**PERÚ - 2017**

## DEDICATORIA

En primer lugar agradecer a Dios por guiar mis pasos y permitirme llegar al final de esta carrera y brindarme salud para cumplir mis objetivos.

En segundo lugar a mis padres: José Javier Paz Poémape y Ramos Matilde Vigo Malca por el apoyo sincero y por haberme inculcado valores con los cuales tuve la responsabilidad de conseguir mis objetivos.

En tercer lugar a mi esposa Sandy Jackeline Velásquez Sarmiento por su tolerancia y comprensión que prefirió sacrificar su tiempo para que pudiera cumplir con mis objetivos, gracias por estar a mi lado te amo.

Y por último a mis hijos Luciana, Joaquín y Varek quienes me inspiran a superarme y a tener la fuerza necesaria para lograr mis objetivos que es la superación por ellos que son la razón de mi existir.

Segundo Paz

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar yo siempre agradezco a Dios todo poderoso por darme la vida y la salud también por iluminarme cada día y afrontar con convicción la vida.

Agradezco a mi esposa y a mis hijos que son quienes me motivan a vencer cualquier obstáculo a esforzarme al máximo para poder darles una mejor calidad de vida.

Agradezco a la Universidad Cesar Vallejo Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica por los conocimientos impartidos durante este periodo universitario que me servirán en adelante para afrontar este nuevo reto de ser un ingeniero.

la empresa ESCO PERU SRL por la oportunidad de realizarme como trabajador y así ver las necesidades y así realizar una tesis para mejorar los trabajos de refrentado.

**Segundo Paz**

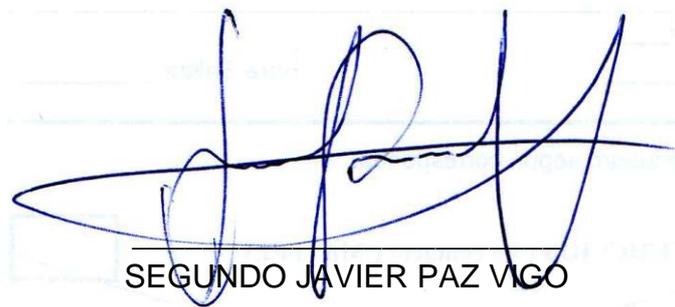
## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Segundo Javier Paz Vigo, con DNI N° 41257319, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también, bajo juramento, que todos los datos e información que se presenta en la presente Tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, diciembre del 2017



SEGUNDO JAVIER PAZ VIGO

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento de las normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo de Chiclayo, ponemos a vuestra disposición el presente trabajo titulado: **“DISEÑO Y FABRICACION DE UN REFRENTADOR PORTÁTIL PARA TRABAJOS INSITU EN MAQUINARIA PESADA EN LA EMPRESA ESCO PERÚ, CAJAMARCA 2017”**, el mismo, que no sólo representa la realización de un trabajo en virtud a los hechos vividos en dicho taller, durante mi permanencia en calidad de trabajador como Barrenador/Soldador en dicha empresa, sino de la coordinación y del esfuerzo realizado como estudiante en nuestras aulas Universitarias.

La presentación de este trabajo académico tiene como propósito demostrar una mejora en los trabajos de refrentado de caras, cuyo objetivo es proponerlo en práctica y así demostrar lo aprendido.

Por último, estimados miembros del jurado, quiero expresarles nuestro agradecimiento; así como a todos nuestros docentes, catedráticos de mucha valía; quienes de una u otra manera, han contribuido a vuestra formación profesional en una época inexorable de cambios tecnológicos y desafíos con escenarios cada vez más sorprendentes, donde las tecnologías e invenciones humanas van generando nuevos paradigmas, sobre todo en el ámbito ingenieril y de la seguridad y salud ocupacional.

**El autor**

## INDICE

PÁGINA DEL JURADO .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
INDICE.....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	10
1.1 Realidad Problemática .....	10
1.2 Trabajos previos .....	13
1.3 Teorías relacionadas al tema .....	15
1.4 Formulación del problema.....	25
1.5 Justificación del estudio .....	25
1.6 Hipótesis .....	26
1.7 Objetivos.....	26
II. MÉTODO.....	28
2.1 Diseño de investigación .....	28
2.2 BVariables .....	28
2.3 Población y muestra .....	30
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	30
2.5 Métodos de análisis de datos.....	32
2.6 Aspectos éticos.....	32
III. RESULTADOS.....	33
IV. DISCUSIÓN.....	95
V. CONCLUSIÓN.....	96
VI. RECOMENDACIONES.....	97
VII. REFERENCIAS .....	98
ANEXOS .....	100

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación contiene el diseño de un dispositivo de refrentado basándose en las situaciones, necesidades y problemas encontrados en la empresa ESCO Cajamarca, dispositivo que resolvió la problemática que existía en la empresa, superando los objetivos trazados.

Consta de una descripción de la situación existente, un modelo de búsqueda e identificación de los problemas mediante la aplicación de entrevistas al personal encargado de realizar los trabajos de barrenado y refrentado de los componentes de maquinaria pesada, una revisión documental e inspecciones de campo de donde se extrajo toda la información para determinar los problemas, identificar las necesidades y trazar los objetivos a desarrollar.

Una vez identificados los problemas y necesidades se desarrolló un diseño que cumple con los requisitos, el mismo que cuenta con planos de fabricación, procedimiento de operación y recomendaciones para el mantenimiento.

Se buscó un diseño con características de trabajo similares a los refrentadores importados, pero fabricado con tecnología nacional a un menor costo de producción y con materiales disponibles en el mercado local, dando así lugar a una rápida reparación o remplazo de alguna de sus partes.

Tratando de asegurar la correcta operación del dispositivo se elaboró un manual de operación indicando cada paso a tener en consideración para aprovechar al máximo las ventajas de este dispositivo y mejorar significativamente los trabajos Insitu de refrentado de caras en componentes de maquinaria pesada.

Al finalizar se presenta la estimación de los beneficios económicos del diseño propuesto producto de este trabajo investigación, estimación que supera ampliamente el objetivo trazado.

Palabras claves: fabricación, maquinaria pesada

## **ABSTRACT**

The present research work contains the design of a facing device based on the situations, needs and problems found in the company ESCO Cajamarca, device that solved the problems that existed in the company, exceeding the objectives set.

It consists of a description of the existing situation, a model of search and identification of the problems through the application of interviews to the personnel in charge of carrying out the drilling and facing works of the heavy machinery components, a documentary review and field inspections from which all the information was extracted to determine the problems, identify the needs and trace the objectives to be developed.

Once the problems and needs were identified, a design that meets the requirements was developed, which has manufacturing plans, operating procedures and recommendations for maintenance.

We looked for a design with working characteristics similar to the imported facer, but manufactured with national technology at a lower production cost and with materials available in the local market, thus giving rise to a quick repair or replacement of some of its parts.

Trying to ensure the correct operation of the device, an operation manual was elaborated, indicating each step to be taken into consideration in order to take full advantage of this device and significantly improve the Insitu work of facing faces in heavy machinery components.

At the end, the estimation of the economic benefits of the proposed design product of this research work is presented, an estimate that far exceeds the objective outlined.

Keywords: manufacturing, heavy machinery

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Realidad Problemática**

#### **A nivel Internacional:**

En el mundo, las compañías mineras, juegan un papel importante en la economía de los países del mundo, siendo las operaciones realizadas a tajo abierto, para la cual utilizan maquinaria pesada especializada en labores de extracción de grandes cantidades de tierra, máquinas que están expuestas a constante desgaste, a pesar de los cumplimientos de planes mantenimiento.

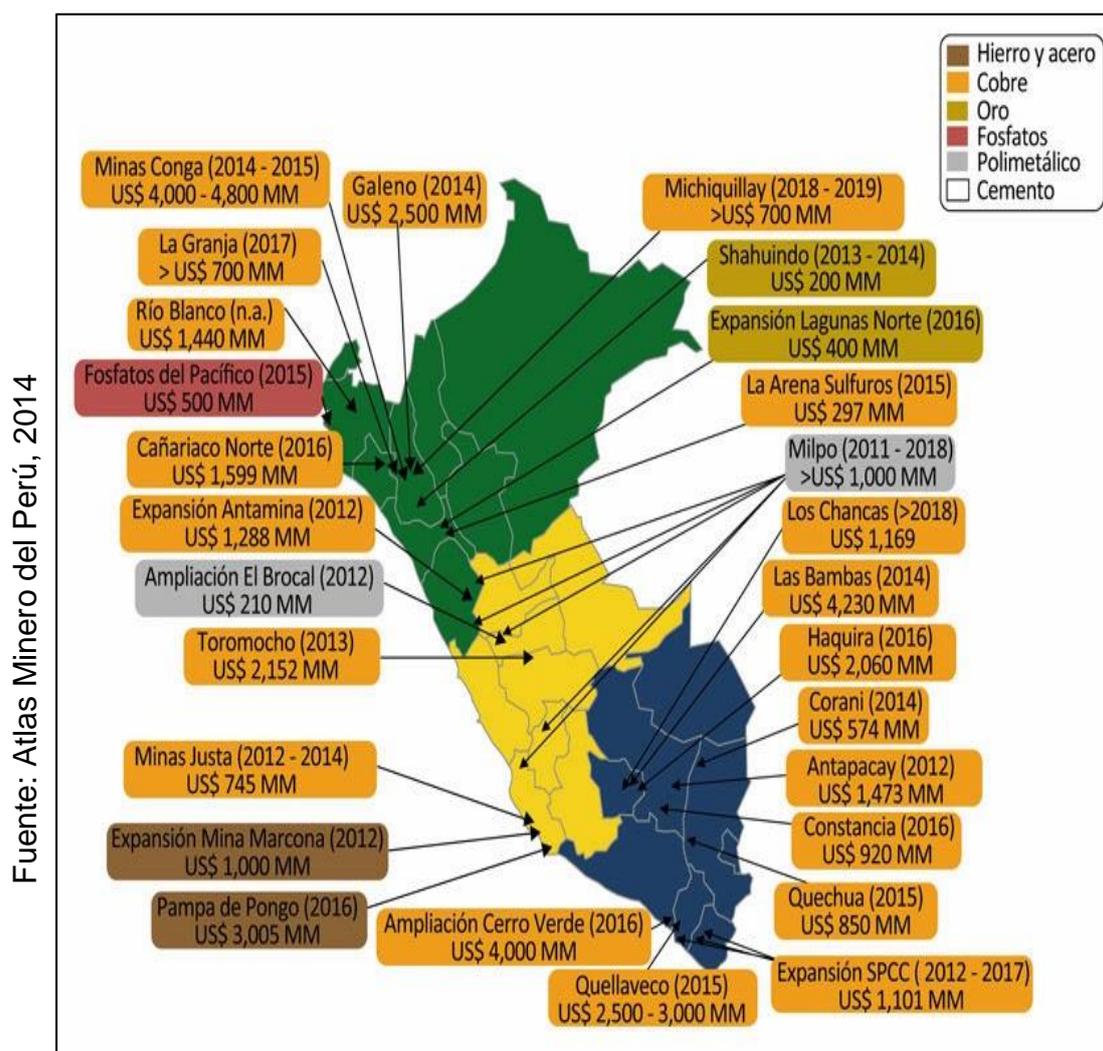
En países, en donde las condiciones climatológicas son complejas, como en los Alpes, o en el Africa, con condiciones infrahumanas, donde la temperatura es variable, desde valores debajo de cero grados centígrados, hasta valores superiores a los 40 grados centígrados inclusive; las labores de mantenimiento y reparación de las máquinas excavadoras, o de servicio de transporte de carga, se hacen cada vez más dificultosas, en muchos casos, la máquina, o una parte de ésta, no es posible su traslado hacia el taller más cercano.

Se ha observado, que en muchas empresas mineras, las operaciones de mantenimiento se realizan siempre en el taller, debido a que las máquinas herramientas que se requieren, son máquinas fijas y su traslado hacia el lugar de trabajo de las máquinas excavadoras se hace complejo y tedioso, con altos costos para su ejecución. (Principales empresas mineras, 2014)

#### **A nivel nacional:**

Las actividades mineras, están dispersas en el País, en diferentes regiones, tanto en la costa, sierra y selva, así como en el Norte, Centro y Sur, por lo cual los centros mineros tienen sus labores de mantenimiento en el propio lugar donde están las máquinas, tal como se muestra en la figura 1, en el cual se muestran los principales proyectos mineros que existen en el País, con los minerales que extrae, así como las inversiones que se han realizado. (Principales empresas mineras, 2014).

## IMAGEN 1: Principales Empresas Mineras en el Perú



El Perú, un País Minero, en donde las actividades de mantenimiento y reparación se realizan netamente en los talleres y no en el lugar donde ocurre el problema.

El Perú se ha vuelto un país donde se realizan trabajos de minería a tajo abierto por lo cual es necesario realizar estos trabajos con maquinaria pesada que realizan trabajos de carguío y acarreo en las marcas de Caterpillar, Komatsu, Hitachi las que sufren desgastes en sus articulaciones por abrasión y fricción y consigo trae paradas y tiempos muertos a la producción (Principales empresas mineras, 2014).

## **A nivel local**

En la ciudad de Cajamarca vienen trabajando empresas mineras a tajo abierto las cuales por su gran demanda utilizan para su carguío y acarreo maquinaria pesada de gran tamaño en las marcas Caterpillar, Komatsu, Hitachi las que sufren en sus articulaciones desgastes por fricción y abrasión y consigo trae paradas y tiempos muertos a la producción.

En el año 2012 se realizó la instalación de una planta de la empresa ESCO en la ciudad de Cajamarca, la misma que permitió ampliar su participación en el mercado del norte del Perú.

Actualmente, la empresa ESCO Perú realiza trabajos de fabricación y reparación de componentes de maquinaria pesada por medio de alineamiento soldadura y maquinado en los talleres instalados en la ciudad de Cajamarca y trabajos realizados dentro de las operaciones mineras.

En proceso de maquinado se realiza trabajos en campo en el mismo componente de la maquina ya que al ser de gran tamaño es difícil desmontar y llevarlo a reparar en una máquina herramienta convencional y por eso se repara siguiendo los siguientes pasos.

Primero rellenando con soldadura los alojamientos y las caras que se encuentran desgastadas luego se alinea una maquina barrenadora portátil y se empieza a redondear los alojamientos y finalmente se maquina las caras con refrentadores portátiles que se acoplan a la maquina barrenadora, en el refrentado se están teniendo problemas al momento de refrentar las caras, la empresa cuenta solamente con dos refrentadores a un elevado costo y los adquirió en el 2012 de la tienda Clímax.

En este cuarto año de trabajo se encuentran en mal estado y esto trae consigo demoras al momento de ejecutar los refrentados de las caras, aparte de generar retrasos en la entrega de los componentes reparados, genera tiempos muertos en la producción, mano de obra retrasada en sus labores, trayendo como consecuencia una reducción en las horas efectivas de la planta y por ende, los niveles de producción se ven severamente comprometidos. (Fuente propia estadísticas de trabajos de barrenados en la ciudad de Cajamarca 2016 – 2017)

## **1.2 Trabajos previos**

### **A nivel internacional**

Champetas, Morales (2013,p.18)en su tesis titulada “Diseño y construcción de un dispositivo para mandrinar en sitio los alojamientos del eje porta balancín de las llantas de las camabajas” nos dice para la fabricación de una maquina mandrinadora es necesario establecer adecuadamente los parámetros de diseño ya que, de esto depende el eficaz funcionamiento de la máquina y también se deben garantizar que satisfaga con los requerimientos establecidos.

Y tiene como objetivo principal y dar beneficios a las personas que realizan este tipo de reparaciones ya que pueden, garantizar su trabajo y así entender la vida útil de los alojamientos del eje porta balancín de los alojamientos de las plataformas de los camiones de carga pesada.

En éste proyecto analizado, se realizó los cálculos, para la construcción de un mecanismo, capaz de mandrinear, los ejes de los porta balancines de las llantas de las camabajas, encargadas de llevar unidades vehiculares.

Realiza los cálculos, con análisis de esfuerzos en sus diferentes situaciones, es decir los esfuerzos por tracción, los esfuerzos por compresión, esfuerzos por torsión, y otros, realizando el análisis dinámico, con la determinación de las velocidades de giro, el torque mecánico y la potencia.

Kerstin (2010,p.18) en su tesis "Análisis de la factibilidad técnica y económica para la fabricación de piezas en el taller central del mejorador de petropiar" analiza que el refrentado es una operación especial del torneado en el cual la herramienta se mueve atrvez de la pieza en una dirección al eje de rotación, en lugar de hacerlo paralelamente. El resultado es la obtención de una superficie plana en lugar de un cilindrado.

Existen diferentes diseños de refrentadores de variados tamaños y diferentes capacidades, los mismos que tienen un costo elevado y tiempo de entregas muy largo, puesto que estos son importados y de poca demanda en el mercado nacional, por su aplicación que es especial para reparación de componentes de maquinaria pesada mayoritariamente del rubro de minería, movimiento de tierras y construcción.

Los diseños de dichos refrentadores depende mucho del tipo de maquina barrenadora portátil a utilizar, de las mismas que de igual manera existe una gran variedad de marcas y diseños y aplicaciones.

Los refrentadores mencionados no son compatibles entre marcas por lo que se hace necesario un diseño que pueda ser fabricado con tecnología nacional que cuente con materiales y repuestos disponibles en el mercado peruano, que tenga la capacidad de realizar el mismo trabajo con características similares o mejores que los refrentadores existentes en el mercado, y por supuesto a un bajo costo de producción.

Ramírez (2008.p. 03). En su tesis titulada “dispositivo para barrenado de cuerpos de bridas para soldar o roscar”. Instituto politécnico nacional, escuela superior de ingeniería mecánica eléctrica unidad profesional Azcapotzalco – México DF.

En su tesis, realiza definiciones sobre el mecanizado por arranque de viruta de material como el conjunto de operaciones que partiendo de una pieza en bruto y eliminando o arrancando parte del material que la compone se obtiene una pieza de la forma y dimensiones deseadas.

Por lo tanto, en este tipo de proceso, por definición, no se produce aporte de material, ni se le da forma por doblado ni estiramiento. El material es arrancado o cortado por una herramienta dando lugar a viruta. La herramienta generalmente consta de uno o varios filos o cuchillas que separan la viruta de la pieza en cada pasada.

En el mecanizado por arranque de viruta se dan dos procesos: el de desbaste (eliminación de mucho material con poca precisión; proceso intermedio) y el de acabado (eliminación de poco material con mucha precisión; para dejar terminada la pieza). Además indica la existencia de dos movimientos en el mecanizado: el movimiento de corte, por el cual la herramienta corta el material y el movimiento de avance, por el cual la herramienta encuentra nuevo material para cortar.

Champutiz y morales (julio, 2008. P. 15), en su tesis titulada “Diseño y construcción de un dispositivo para mandrinar en sitio los alojamientos del eje

porta balancín de las llantas de las cama bajas y altas”. Escuela politécnica nacional, facultad de ingeniería mecánica. Quito – Ecuador.

Tienen como misión diseñar y construir un dispositivo para mandrinar las bocinas y bases de pines de los balancines (sistema de suspensión) de las plataformas de los remolques de un tracto camión, para lo cual, se presentan diferentes alternativas de diseño del dispositivo para mandrinar los alojamientos del eje porta balancín y se desarrolla un proceso de selección de la mejor alternativa para cumplir con la reparación de los alojamientos, considerando los parámetros de diseño y funcionales. Su diseño y construcción del dispositivo estará dirigido a las plataformas de cama alta y baja del transporte de carga pesada, en los cuales se presenta un desgaste en el alojamiento del eje porta balancín del sistema de suspensión, debido a la conjugación del eje con su alojamiento.

### **1.3 Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1 Barrenadora portátil.**

Las barrenadoras portátiles son máquinas que permiten realizar trabajos en terreno, con una capacidad para mecanizar diámetros de alojamientos en condiciones donde el uso de equipos convencionales se hace imposible. Estas máquinas ofrecen un alto grado de versatilidad para alineamiento de concentricidad, paralelismo y perpendicularidad de gran precisión, sus revoluciones pueden ser accionadas por motores neumáticos, eléctricos o hidráulicos.

Cuenta con accesorios que permiten refrentar, perforar, roscar interiores y en algunos casos rellenar con soldadura con procesos automáticos como MIG, MAG, para aplicaciones como rellenado y rectificado de alojamientos de equipo pesado de minería u otros rubros de la construcción como palas, cargadores frontales tractores de orugas, camiones de carguío, perforadoras, en general reparación de turbinas de centrales hidroeléctricas y termoeléctricas, rectificado de motores navales, entre otros.

### **1.3.2 Herramientas De Tornear.**

Para el refrentado de caras se utiliza las mismas herramientas de torneado como es el trabajo de refrentado en el torno se utiliza cuchillas triangulares o laterales según la dirección del corte a mecanizar entre estas tenemos:

**Cuchillas de acero rápido:** Es un material que se obtiene de un acero, con un contenido mayor o igual al 5% de wolframio (tungsteno), luego de recibir un tratamiento térmico que puede soportar una temperatura de 650 °C, el cobalto permite incrementar la resistencia al desgaste, el cromo facilita el temple y reduce la oxidación en caliente, el Mo disminuye la fragilidad después del revenido.

La dureza de estas cuchillas es de 90 a 110 Kg/mm<sup>2</sup> y el avance entre 0.2 a 3.2 mm por vuelta con una velocidad de 18 a 6 m/min<sup>2</sup>.

La principal características de las cuchillas de acero rápido es que pueden trabajar a altas velocidades por las ventajas de los elementos que la constituyen. (Morales, 2008, págs. 36-37).

#### **Cuchillas de metal duro o plaquitas de metal duro:**

Son materiales con base en los carburos de tántalo (TaC), Carburo de Titanio (TiC) y Carburo de Wolframio (WC), los cuales se unen por medio del Co y el Ni, previamente molidos (polvos metalúrgicos). La cohesión se obtiene por el proceso de sinterizado.

La ventaja principal que se obtiene con este tipo de cuchillas es que se puede dar una mayor profundidad de corte en cada pase, y a mayor velocidad de corte. (Arrizabalaga, 2001, pág. 482)

### **1.3.3 Velocidad de avance y de corte.**

La velocidad a la cual gira la herramienta de corte es un factor importante y puede influir en el volumen de producción y en la duración de la herramienta de corte. Una velocidad muy baja ocasionará pérdidas de tiempo; una velocidad muy alta hará que la herramienta se desafilé muy pronto y se perderá tiempo para volver a afilarla. Por ello, la velocidad y el avance correctos son importantes según el material de la pieza y el tipo de herramienta de corte que se utilice.

## Velocidad de corte (VC)

La velocidad de corte es la distancia que la periferia de la pieza, recorre en un minuto.

En realidad es la longitud, de la viruta arrancada medida en metros por minuto.

En el torneado, velocidad de corte, prácticamente es la longitud desarrollada de la viruta desprendida en un minuto.

La superficie de la pieza pasa a una velocidad determinada por la punta de la herramienta, ésta velocidad se llama velocidad “tangencial”.

La fórmula que determine la velocidad de corte en el sistema métrico es:

$$VC = \frac{\phi \cdot D \cdot N}{1000}$$

**Dónde:**

VC: Velocidad de corte, en m/s. (metros por segundo)

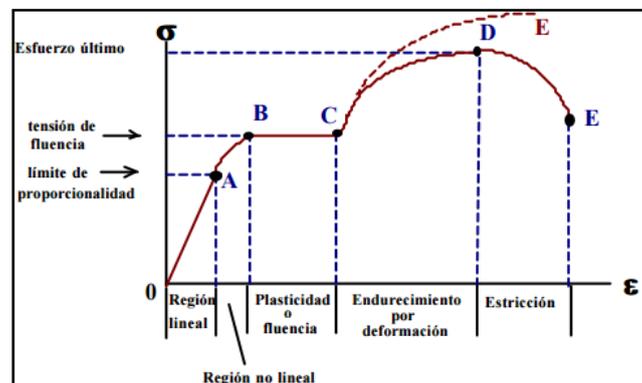
$\phi$ : Diámetro de la broca en metros

N: Velocidad en RPM (Revoluciones por minuto)

### 1.3.4 Teorías Científicas.

#### Esfuerzo - Deformación

**IMAGEN 2: Diagrama Esfuerzo – Deformación.**



En el diagrama esfuerzo – deformación, se analiza el comportamiento de los materiales ante la acción de las fuerzas, en donde se analiza las zonas elástica

y plástica, pasando por el denominado límite de fluencia, así como también las zonas de endurecimiento por deformación y finalmente la estricción.

### Cálculos de torsión.

Definición de torsión son las que hacen que una pieza tienda a retrocederse sobre su eje central. Están sometidos a esfuerzo de torsión los ejes que giran, las manivelas, los cigüeñales, etc.

La ecuación obtenida muestra que, mientras el punto de fluencia (o el límite de proporcionalidad) no sea excedido en ninguna parte de un eje circular, el esfuerzo cortante en el árbol varia linealmente con la distancia  $\rho$  medida desde el eje del árbol.

$$T = \frac{\rho}{c} T_{\max}$$

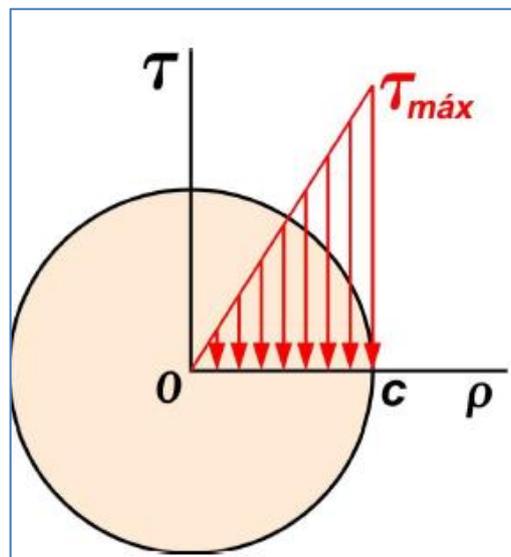
### Dónde:

T: Esfuerzo por Torsion, en MPa.

$\rho$ : Radio de giro, en m

C: Línea de referencia.

**IMAGEN 3: Esfuerzos por Torsión**



### Aceros

Aceros De Alta Resistencia (ALE)- (Aceros Para Mecanismos De Maquinaria Pesada)

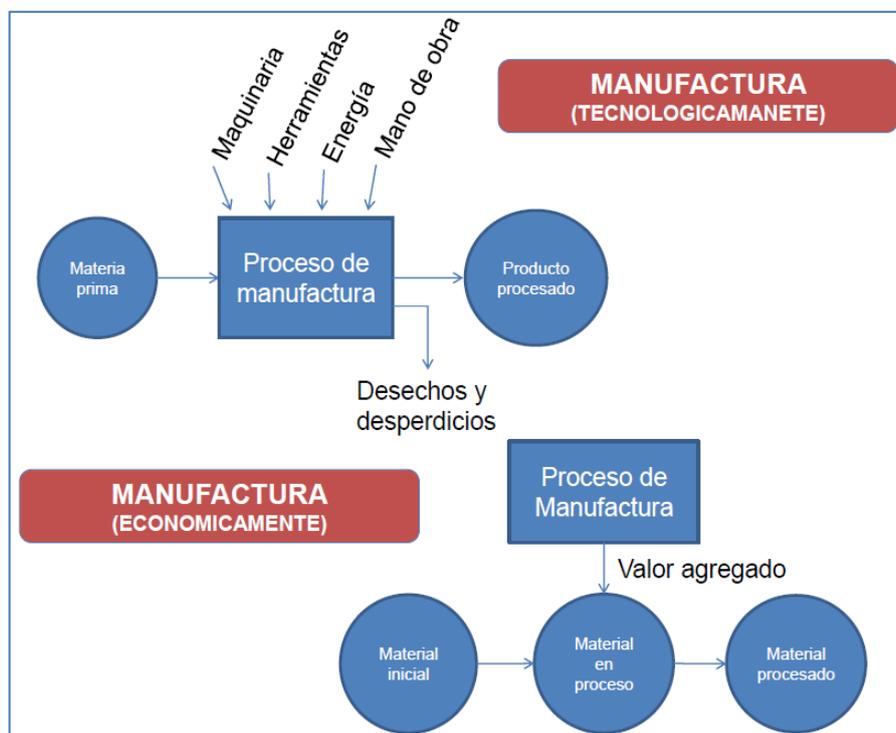
“Estos aceros de alto límite elástico se caracterizan por tener una estructura de grano fino, bajo contenido en carbono y unas excelentes propiedades mecánicas, entre las que destacan: alta resistencia a la tracción, buena resistencia al choque (resiliencia) y alta resistencia a la fatiga; poseen además buenas características de conformabilidad y una buena soldabilidad.

### 1.3.5 Procesos de Manufactura.

Los procesos de manufactura, en los diferentes sectores industriales, en los cuales se analiza desde el proceso de la materia prima hasta tener el material procesado por completo.

Los procesos de manufactura, normalmente son por maquinado, fundición y forja.

**IMAGEN 4: procesos de manufactura**



### 1.3.6 El diseño:

Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema.

Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse.

El diseño es un proceso innovador y altamente iterativo. También es un proceso de toma de decisiones. Algunas veces estas deben tomarse con muy poca información parcialmente contradictoria. Algunas veces las decisiones se toman de manera tentativa, por lo cual es conveniente reservarse el derecho de hacer ajustes a medidas que se obtengan más datos. Lo importante es que el diseñador en ingeniería debe sentirse personalmente cómodo cuando ejerce la función de toma de decisiones y de resolución de problemas.

El diseño es una actividad de intensa comunicación en la cual se usan tanto palabras como imágenes y se emplean las formas escritas y orales. Los ingenieros deben comunicarse en forma eficaz y trabajar con gente de muchas disciplinas.

Las herramientas de la ingeniería ( como las matemáticas, la estadística, la computación, las gráficas y el lenguaje) se combinan para producir un plan, que cuando se lleva a cabo crea un producto funcional, seguro, confiable competitivo, útil, que se pueda fabricar y comercializar, sin importar quien lo construya o lo use.(Diseño en ingeniería mecánica de Shigley,2008 ,pp 5).

### **Consideraciones del diseño:**

Algunas veces la resistencia que requiere un elemento de un sistema significa un factor importante para determinar su geometría y dimensiones.

En esa situación se dice que la resistencia es una consideración de diseño importante. Cuando se emplea la expresión consideración de diseño se involucra de manera directa alguna característica que influye en el diseño del elemento, o tal vez en todo el sistema. A menudo se deben considerar muchas de esas características en una situación de diseño dada. Entre las más importantes se pueden mencionar (no necesariamente en orden de importancia):

<b>1</b>	<b>Funcionalidad</b>	<b>14</b>	<b>Ruido</b>
<b>2</b>	Resistencia/ esfuerzo	15	Estilo
<b>3</b>	Distorsión/de flexión/rigidez	16	Forma
<b>4</b>	Desgaste	17	Tamaño
<b>5</b>	Corrosión	18	Control
<b>6</b>	Seguridad	19	Propiedades térmicas

7	Confiabilidad	20	Superficie
8	Manufacturabilidad	21	Lubricación
9	Utilidad	22	Comercialización
10	Costo	23	Mantenimiento
11	Fricción	24	Volumen
12	Peso	25	Responsabilidad legal
13	Vida	26	Capacidad de reciclado

Algunas de estas propiedades se relacionan de manera directa con las dimensiones, el material, el procesamiento y la unión de los elementos del sistema. Algunas características pueden estar interrelacionadas, lo que afecta la configuración del sistema total (Shigley, 2008, pág. 8).

### **1.3.7 Herramientas y recursos de diseño:**

En la actualidad, el ingeniero tiene una gran variedad de herramientas y recursos disponibles que le ayudan a solucionar problemas de diseño. Las microcomputadoras poco caras y los paquetes robustos de software proporcionan herramientas de gran capacidad para diseñar, analizar y simular componentes mecánicos. Además de estas herramientas, el ingeniero siempre necesita información técnica, ya sea en forma de desempeño básico en ciencias/ingeniería o las características de componentes especiales recién lanzados. En este caso, los recursos pueden ir desde libros de ciencia/ingeniería hasta folletos o catálogos de los fabricantes. También la computadora puede jugar un papel importante en la recolección de la información (Shigley, 2008, pág. 8).

### **1.3.8 Herramientas computacionales:**

El software para el diseño asistido por computadora (CAD) permite el desarrollo de diseños tridimensionales (3D) a partir de los cuales Pueden producirse vistas ortográficas convencionales en dos dimensiones con dimensionamiento automático. Las trayectorias de las herramientas pueden generarse a partir de los modelos 3D y, en algunos casos, Las partes pueden crearse directamente desde una base de datos 3D mediante el uso de un método para la creación rápida de prototipos y manufactura (estereolitografía): ¡Manufacturas sin papeles! Otra ventaja de este tipo de base de datos es que permite cálculos rápidos y exactos de ciertas propiedades como la masa, la localización del centro de gravedad y los momentos de inercia de masa. Del mismo modo,

pueden obtenerse con facilidad otras propiedades como áreas y distancias entre puntos. Existe una gran cantidad de software de CAD disponible como: Aries, Auto CAD, Cadkey, I-deas, Unigraphics, Solid Works y ProEngineer, solo por mencionar algunos (Shigley, 2008, pág. 8).

### **1.3.9 Fuerza de corte (f):**

En el maquinado de metales, una apreciación de los fundamentos y una buena comprensión de los hechos empíricos concernientes a la maquinabilidad, se combinan para permitir que los problemas de maquinado puedan manipularse sobre una base de ingeniería. Aunque el conocimiento en ninguno de estos campos es completo, muchos de los hechos esenciales son ya conocidos. La fórmula para el éxito en su empleo es aplicarlos con una mente abierta y complementarlos con un justo criterio ingenieril. (G.F.Micheletti, 1980).

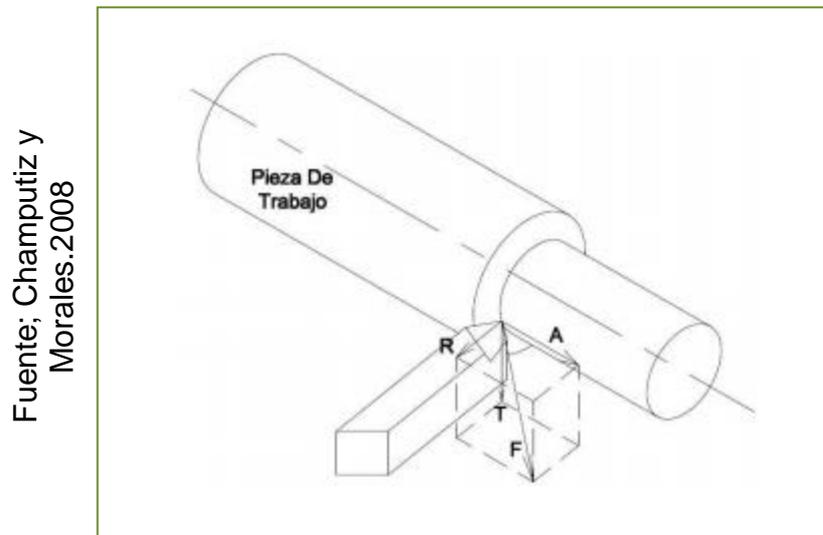
### **1.3.10 Cálculo de la potencia de corte**

En el proceso de mecanizado se generan varias fuerzas que se transmiten a la herramienta, el resultado de estas fuerzas se denomina fuerza de corte.

Por el gran número de factores se pueden intervenir en su valoración, esta fuerza se puede calcular aproximadamente, Para dimensionar las cuchillas, soportes, órganos de accionamientos de la máquina y además poder calcular la potencia necesaria para el movimiento de todos los elementos.

La Fuerza de corte total que es preciso aplicar a la cuchilla para el arranque de materia, es ligeramente mayor y de sentido contrario a la reacción del material sobre la cuchilla. Esta Reacción es la resultante de las tres fuerzas componentes que se originan al oponerse al material a la penetración de la herramienta en tres direcciones. Ver figura siguiente (Morales, 2008, pág. 39).

### IMAGEN 5: Fuerza de corte



### Fuerza de corte

En dirección tangencial la componente T, que es la resistencia que se opone la material al ser cortado, al desplazarse o girar la herramienta o la pieza. El vencer esta resistencia es lo que consume más potencia (Morales, 2008, pág. 39).

En dirección axial, componente A, es la relación del material al avance de la herramienta. Absorbe poca potencia, ya que el desplazamiento de la cuchilla tiene lugar a la velocidad pequeña en relación con el de la pieza (Morales, 2008, pág. 39).

En dirección radial, el componente R, es la que se opone a la penetración de la herramienta, profundidad. Esta fuerza es de naturaleza estática pero no interviene prácticamente en el consumo de la potencia (Morales, 2008, pág. 39).

La valoración de estos tres componentes se realiza experimentalmente aplicando a las cuchillas aparatos de medidas, que miden los valores de fuerza total de corte o de cada una de los componentes, principalmente la tangencial T (Morales, 2008, pág. 39).

La fuerza de corte dada en kilogramos es la siguiente:

$$F = k_s * A$$

Dónde:

$k_s$  = Fuerza específica de corte.

$A$  = Sección de viruta.

La sección de viruta está dada en  $\text{mm}^2$ :

$$A = s * a$$

Dónde:

$s$  = Avance (mm/rev).

$a$  = Profundidad (mm).

Reemplazamos los valores y obtenemos la siguiente fórmula de fuerza de corte:

$$F = a * s * k_s$$

Dónde:

$F$  = Fuerza de corte.

$a$  = Profundidad de viruta en mm.

$k_s$  = Fuerza específica de corte.

$s$  = Avance en mm/Rev.

Se debe recordar la ecuación para hallar la sección de la viruta, para lo cual se requiere tener datos dados por las tablas, el avance ( $s$ ), véase anexo--- y la profundidad de corte anexo---.

### 1.3.11 Fuerza específica de corte

La fuerza específica de corte ( $k_s$ ) se define como fuerza por unidad de sección de viruta cortada del material que se desea mecanizar, Este valor depende de los siguientes factores:

- Material de la pieza.
- Geometría de la pieza.
- Angulo de posición.
- Espesor de viruta y velocidad de corte.

(Morales, 2008, pág. 57)

### **1.3.12 Avance**

Constituye una base fundamental para el presente diseño ya que provee los valores referenciales de velocidad de corte y ángulos de corte y fuerza específica de corte para los diferentes tipos de materiales que se desee mecanizar, y con los cuales se realiza el cálculo de la fuerza de corte para el refrentado de las caras.

Considerando que el presente diseño es un dispositivo el cual el avance tiene que ver con el paso del esparrago roscado a dimensionar.

El avance de corte esta expresado en mm/Rev., se presenta por la letra (*s*).

### **1.4 Formulación del problema**

¿Cómo diseñar un dispositivo de refrentado para trabajos in situ en componentes de maquinaria pesada con tecnología nacional?

### **1.5 Justificación del estudio**

#### **Técnica:**

Este presente proyecto es conveniente porque busca satisfacer una necesidad específica de la empresa como es la calidad de mecanizado de las caras de los componentes, la misma que se traduce en una mayor aceptación y confianza de sus clientes.

#### **Social:**

Este proyecto de investigación es punto de partida para proponer un nuevo diseño de refrentador que cuente con las mismas características técnicas de los refrentadores importados, pero fabricado con tecnología nacional a un menor costo de producción y sirva en adelante para la fabricación de otros dispositivos y así generar trabajos en mi localidad.

#### **Económica:**

Aplicando la ingeniería mecánica, diseño mecánico, costos y presupuestos, procesos de manufactura, gestión de la calidad, ajustes y tolerancia, lograremos demostrar la viabilidad del presente proyecto de investigación.

Este proyecto de investigación pretende contribuir a un significativo ahorro de costos y a la reducción de tiempos muertos en el proceso de reparación de componentes.

### **Ambiental:**

Este presente proyecto es conveniente porque al realizar el maquinado de las caras no exponemos al personal a la inhalación de partículas sólidas generadas por el esmeril al momento de dar el acabado a las caras que se encuentren rellenadas por soldadura tampoco contaminando el medio ambiente en el momento de esmerilar las caras las partículas desprendidas en forma de humos metálicos rodean el ambiente de trabajo contaminándolo.

### **1.6 Hipótesis**

El diseño y fabricación de un refrentador portátil con tecnología nacional, permitirá mejorar el tiempo de refrentado de los trabajos in situ de componentes de maquinaria pesada e incrementar la calidad de los trabajos y la productividad de la empresa.

### **1.7 Objetivos**

#### **General.**

Diseñar y fabricar un refrentador portátil con tecnología nacional enfocado a reducir el tiempo de los trabajos in situ de componentes de gran tamaño de maquinaria pesada.

#### **Específicos.**

- Realizar un diagnóstico de la situación actual tanto de los trabajos de refrentado como de las características del refrentador.
- Determinar el tamaño del dispositivo portátil, de acuerdo a las características de los trabajos a realizar, así como la maniobrabilidad in situ.
- Diseñar y fabricar el Refrentador Portátil, de acuerdo a los requerimientos de los trabajos de refrentado.

- Elaborar un manual de operación para asegurar el correcto uso del dispositivo.
- Realizar el análisis económico y financiero del proyecto, y relación Beneficio Económico.

## **II. MÉTODO**

### **2.1 Diseño de investigación**

El diseño de la presente investigación será experimental, de prueba previa y posterior, para la cual se deberá contar con la fabricación de un prototipo, el mismo que será sometido a las sollicitaciones mecánicas requeridas en campo y comparado con los refrentadores existentes.

### **2.2 BVariables**

#### **Variable independiente.**

Diseño y Fabricación de un Refrentador Portátil con tecnología nacional.

#### **Variables dependientes.**

- Tiempo de refrentado de los trabajos in situ de componentes de maquinaria pesada.
- Calidad de los trabajos y la productividad de la empresa

### Operacionalización de las variables.

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA DE MEDICION
INDEPENDIENTE	Diseño y Fabricación de un Refrentador Portátil con tecnología nacional.	Consiste en la aplicación de un conjunto de procedimientos, normas técnicas, métodos de diseño e investigación de repuestos disponibles en el mercado, para obtener un dispositivo 100% nacional.	Estudia la posibilidad de diseñar y fabricar un refrentador portátil con características similares de trabajo, a bajo costo y con materiales y accesorios disponibles en el mercado nacional.	Costo de fabricación en soles	Registro de cálculo de costos	De razón o proporción.
	Tiempo de refrentado de caras de componentes de maquinaria pesada.	Es el tiempo que se emplea en el refrentado de caras de los componentes, utilizando diferentes métodos o procesos de maquinado.	Estudia la posibilidad de optimizar el tiempo de refrentado de las caras de los componentes, obteniendo el mismo acabado superficial.	Tiempo de refrentado medido en horas  Acabado superficial medido en micras	Ficha de registro	De intervalo.
DEPENDIENTES	Calidad de los trabajos y la productividad de la empresa.	Se refiere a la utilización de estándares, normas y procedimientos que ayudan al control de la producción de la empresa.	Trabajos ejecutados y en el tiempo óptimo y al menor costo producidos por un trabajador en una jornada.	Mano de obra  Costo de producción en soles	Ficha de registro	De razón o proporción.

## **2.3 Población y muestra**

### **Población:**

La empresa ESCO Perú que realiza trabajos de fabricación y reparación de componentes de maquinaria pesada en los talleres instalados en las ciudades de Cajamarca.

### **Muestra:**

En el presente estudio se aplica el muestreo no probabilístico (muestreo accidental o por conveniencia) tomando en consideración el 100% de los dispositivos, puesto que la empresa solo cuenta con dos refrentadores de marcas importadas.

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **Técnicas de recolección de datos.**

#### **Entrevistas no estructuradas.**

Se realizaron entrevistas no estructuradas con el objetivo de recoger información que no está plasmada en documentos y que solo el personal encargado de realizar los trabajos nos puede brindar de acuerdo a la experiencia que tiene realizando dichos trabajos, para lo cual se formularon preguntas genéricas sobre el trabajo de barrenado, preguntas que nos facilitarían el manejo adecuado de la información recogida, para este fin se seleccionó al personal encargado de realizar trabajos de barrenado y trabajos afines de acuerdo a sus cargos, grados y categorías.

Teniendo en consideración la importancia de la información que se obtendría se seleccionó al siguiente personal:

Supervisores, Barrenadores, Torneros, Fresadores y Soldadores.

#### **Revisión documental.**

Se aplicó esta técnica para poder recolectar la información que se encontraba plasmada en los manuales de los refrentadores que existen en el mercado en las diferentes marcas y modelos como: clímax, EFCO, Mactech, etc.

Se recolecto información de los procedimientos de refrentado que utiliza la empresa.

Se revisó el historial de trabajos de refrentado para analizar la frecuencia con que se desarrolla esta actividad datos que fueron obtenidos de los archivos de la empresa previa autorización.

Se realizó el análisis de los costos que se emplean para realizar este trabajo.

Se navegó en la web en busca de información de otras marcas y modelos de refrentadores para analizar su aplicación, ventajas y desventajas.

### **Observación directa.**

Se realizaron inspecciones de campo para obtener datos la correcta aplicación de los procedimientos, medidas de seguridad y estándares de la empresa, así como medir el tiempo real de los trabajos de refrentado, herramientas que se usan en el proceso, medidas ergonómicas adoptadas, acabado superficial, oportunidades existentes, etc.

### **Instrumentos de recolección de datos.**

#### **Cuestionario de opinión al personal encargado de los trabajos.**

Consta de un formato electrónico en Word el mismo que fue llenado en el momento de la entrevista con la información brindada por el personal seleccionado para este fin.

#### **Procedimiento de recolección de datos.**

El procesamiento de la información de la información documental se realizó a través de programas informáticos, tales como el Word 2010, Excel 2010, Power point 2010, Microsoft project 2013. Para lo cual se ejecutó el siguiente procedimiento:

1. Análisis y revisión de referencias bibliográficas.
2. Recopilación de información utilizando las fuentes como manuales, procedimientos, internet, intranet de la empresa, etc.
3. Definición de tareas críticas.
4. Definición de objetivos y políticas de la empresa.

5. Diseño de un sistema documental.
6. Elaboración de conclusiones y recomendaciones.

### **Registro de eventos.**

Se utilizó un formato electrónico Word en el mismo que se redactó todos los eventos ocurridos durante las inspecciones de campo para evaluar la forma adecuada de gestionarlos.

### **Registro de inspecciones de campo**

Se diseñó un formato de inspección para recolectar la información necesaria el mismo que fue llenado en las diferentes inspecciones realizadas

## **2.5 Métodos de análisis de datos**

- Hoja de control.
- Diagrama de Pareto.
- Diagramas de dispersión.
- Gráficos de control.
- Diagramas causa efecto.
- Diagramas de flujo.
- Diagrama Gantt.

## **2.6 Aspectos éticos**

La recolección de información se realizó contando con formatos diseñados para obtener la información pertinente para el desarrollo del presente proyecto, los mismos que se adjuntan en los anexos correspondientes para su posterior consulta.

La información de manuales, catálogos, páginas web de las diferentes marcas de dispositivos existentes, se consultó en la medida que el proyecto lo ameritó, la misma que deberá registrarse en las referencias bibliográficas.

Los registros de eventos y notas de campo se transcribieron a formato electrónico guardando el mismo detalle con los que fueron obtenidos, y adjuntados a los anexos correspondientes.

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Realizar un diagnóstico de la situación actual tanto de los trabajos de refrentado como de las características del refrentador.

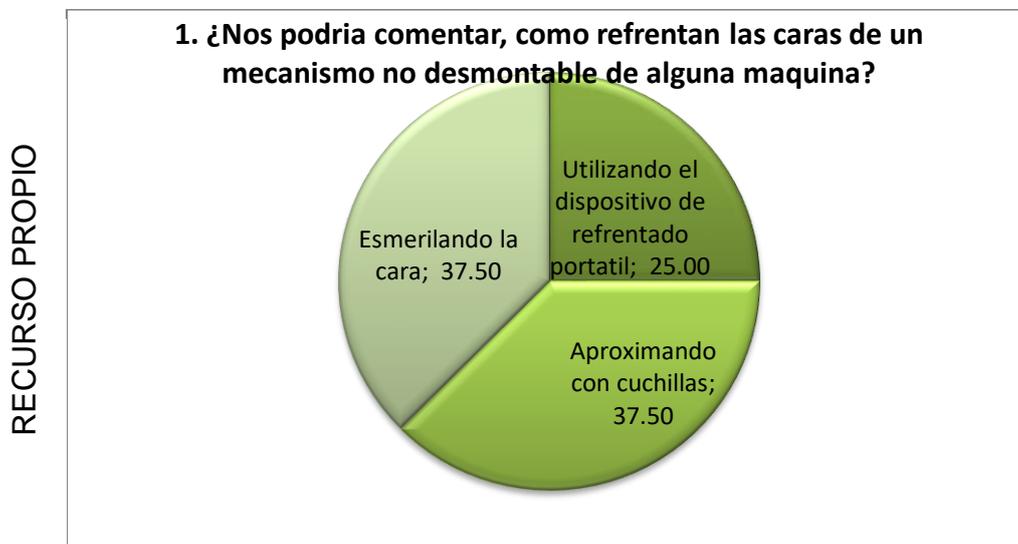
##### Descripción de los trabajos de refrentado.

Actualmente los trabajos de refrentado se vienen realizando utilizando tres procesos diferentes dependiendo de la situación se decide aplicar uno u otro proceso para obtener información clara y precisa se realizó la siguiente entrevista al personal que desarrolla dicha labor.

**TABLA 1: Modo de refrentar caras**

RECURSO PROPIO	1. ¿Nos podría comentar, como refrentan las caras de un mecanismo no desmontable de alguna maquina?		
	RESPUESTAS	N	%
	Utilizando el dispositivo de refrentado portátil	2	25.00
	Aproximando con cuchillas	3	37.50
	Esmerilando la cara	3	37.50
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>100.00</b>	

**DIAGRAMA 1: Modo de refrentar caras**



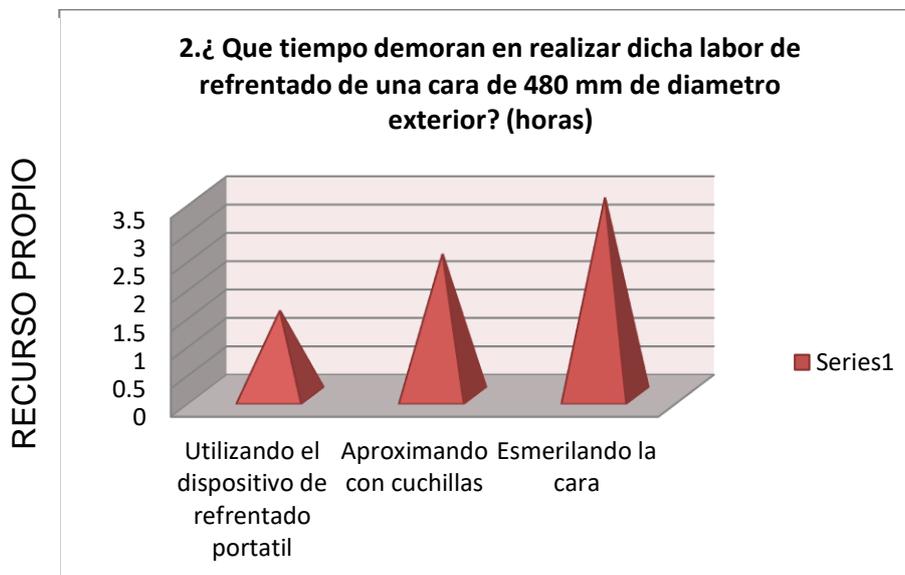
### Procesos de refrentado las caras:

La tabla nos muestra que el 38% esmerilan lo cual causa contaminación al ambiente y un gran esfuerzo físico y ergonómico para el trabajador, el 37% lo aproximan con cuchillas lo cual no garantiza el buen acabado del trabajo de refrentado, el 25% de los barrenadores utilizan el dispositivo de barrenado el cual no se tiene mucha oportunidad por ser costoso no le dejan operarlo a cualquier trabajador que no tenga experiencia.

**TABLA 2: Tiempo que se demora en el refrentado de caras**

2.¿ Qué tiempo demoran en realizar dicha labor de refrentado de una cara de 480 mm de diámetro exterior? (horas)		
RESPUESTAS	Horas	%
Utilizando el dispositivo de refrentado portátil	1.5	20.00
Aproximando con cuchillas	2.5	33.33
Esmerilando la cara	3.5	46.67
<b>TOTAL</b>	<b>7.5</b>	<b>100.00</b>

**DIAGRAMA 2: Tiempo que se demora en el refrentado de caras**



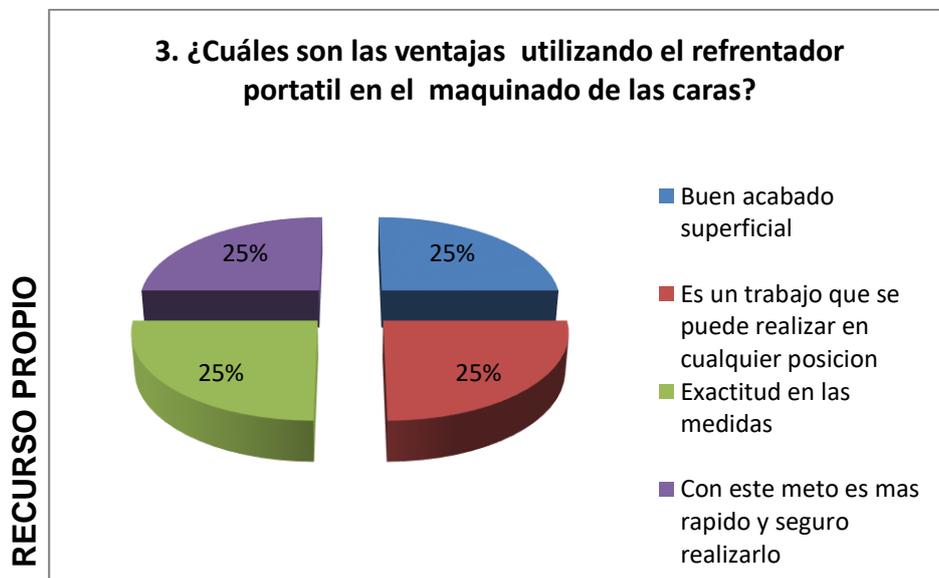
**Tiempo que se demora en el refrentado de caras:**

La tabla nos muestra que el 46.67% lo realizan con esmeril aparte de la contaminación y problemas económicos les toma más tiempo realizar dicha labor de refrentado y no quedando con un buen acabo, con superficies discontinuas, el 33.33% del tiempo lo realizan aproximando con cuchillas es un trabajo que toma también su tiempo aparte de la vibración y roturas de la plaquitas de corte no deja un buen acabado superficial de la cara y el 20% del tiempo lo realiza utilizando el refrentador portátil este si dejando un buen acabado y en menos tiempo.

**TABLA 3: Ventajas utilizando el refrentador**

3. ¿Cuáles son las ventajas utilizando el refrentador portátil en el maquinado de las caras?		
RESPUESTAS	N	%
Buen acabado superficial	12	25.00
Es un trabajo que se puede realizar en cualquier posición	12	25.00
Exactitud en las medidas	12	25.00
Con este meto es más rápido y seguro realizarlo	12	25.00
<b>TOTAL</b>	<b>48</b>	<b>100.00</b>

**DIAGRAMA 3: Ventajas utilizando el refrentador**



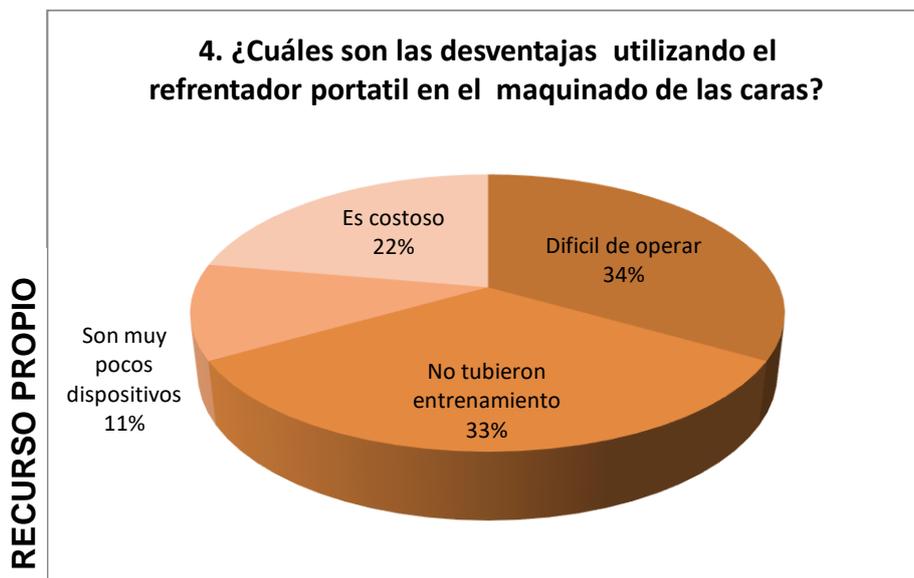
## Ventajas

En este cuadro coincidieron tanto los barrenadores como los supervisores que al usar el dispositivo refrentador se obtiene mejores resultados tanto en los acabados como en las medidas son más exactas y más rápido de realizarlas.

**TABLA 4: Desventajas utilizando el refrentador**

RECURSO PROPIO	4. ¿Cuáles son las desventajas utilizando el refrentador portátil en el maquinado de las caras?		
	RESPUESTAS	N	%
	Difícil de operar	6	33.33
	No tuvieron entrenamiento	6	33.33
	Son muy pocos dispositivos	2	11.11
	Es costoso	4	22.22
	TOTAL	18	100.00

**DIAGRAMA 4: Desventajas utilizando el refrentador**



## Desventajas

La tabla nos muestra que el 50% no tuvieron entrenamiento por eso no saben operarla el 17% son los dos barrenadores de experiencia que saben operar el refrentador y no pueden avanzar porque son muy pocos y el 33% que son los supervisores dicen que es costoso adquirir otro dispositivo para dicha labor.

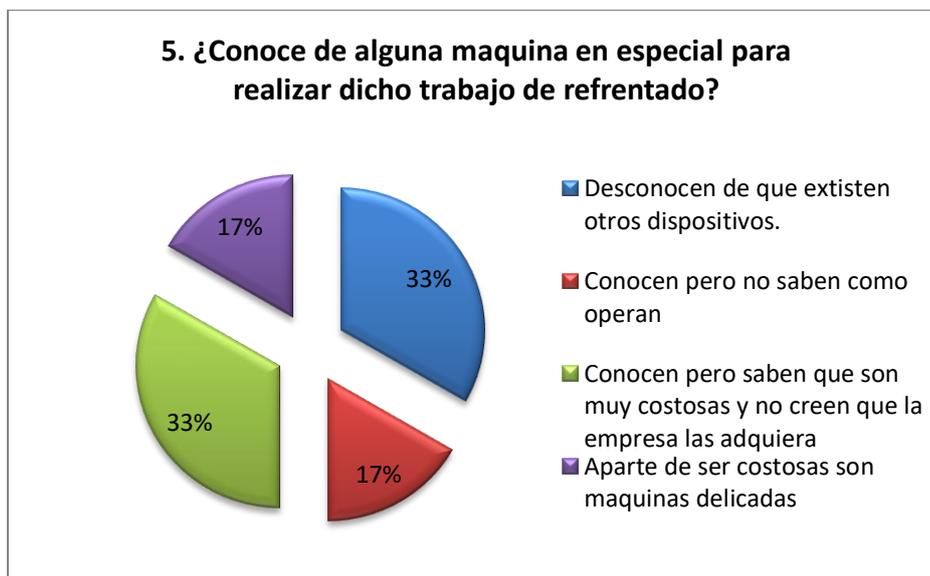
**TABLA 5: Conocen otra máquina similar**

5. ¿Conoce de alguna maquina en especial para realizar dicho trabajo de refrentado?		
RESPUESTAS	N	%
Desconocen de que existen otros dispositivos	4	33.33
Conocen pero no saben cómo operan	2	16.67
Conocen pero saben que son muy costosas y no creen que la empresa las adquiera	4	33.33
Aparte de ser costosas son máquinas delicadas	2	16.67
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>100.00</b>

RECURSO PROPIO

Conocen otra máquina similar

**DIAGRAMA 5: Conocen otra máquina similar**



RECURSO PROPIO

Conoce otra máquina similar

La tabla nos muestra que el 33% de los barrenadores desconocen de que haiga otra máquina, el otro 33% de los supervisores conocen pero saben de qué son muy costosas y no creen de que la empresa las compre, hay un 17% de que saben que hay esas máquinas pero no saben cómo operan, y el otro

17% dicen de que no las usarían porque como son costosas piensan las puedan dañar.

### 1.- ¿Cuánto tiempo demoran en refrentar una cara?

El tiempo depende principalmente de los diámetros interiores del alojamiento que vendría a ser el inicio de la cara a refrentar y el diámetro exterior de la cara, del buen filo de la cuchilla a utilizar.

Daremos ejemplos de algunos trabajos de refrentado realizados en componentes de maquinaria pesada reparados en la empresa ESCO Perú:

Maquinado de cara de alojamiento de mandíbula de pala Hitachi EX 5500 que tiene las siguientes medidas: Diámetro interior de 250mm y diámetro exterior de 550mm la cual utilizando el dispositivo para refrentar, una cara rellenada con soldadura con sobre medida de 5mm se maquina con 5 pasadas de un milímetro de corte por pasada, donde de 8 a 10 minutos por cada pasada en 5 pasadas de 10 minutos saldrá 50 minutos el tiempo total de refrentado.

IMAGEN 6: Cara rellenada de la mandíbula



Maquinado de cara de alojamiento de cucharón de cargador frontal 994G que tiene las siguientes medidas: Diámetro interior 204mm y diámetro exterior de 400mm la cual usando el dispositivo de refrentar, una cara rellenada con soldadura con sobre medida de 5mm se maquina con 5 pasadas de 1mm de corte por pasada, donde 4 a 5 minutos por cada pasada donde en 5 mm de espesor a refrentar sería 25 minutos de refrentado por cara.

**IMAGEN 7: Cara maquinada con el refrentador**

RECURSO PROPIO



## **2. ¿Qué tan disponibles están en el mercado?**

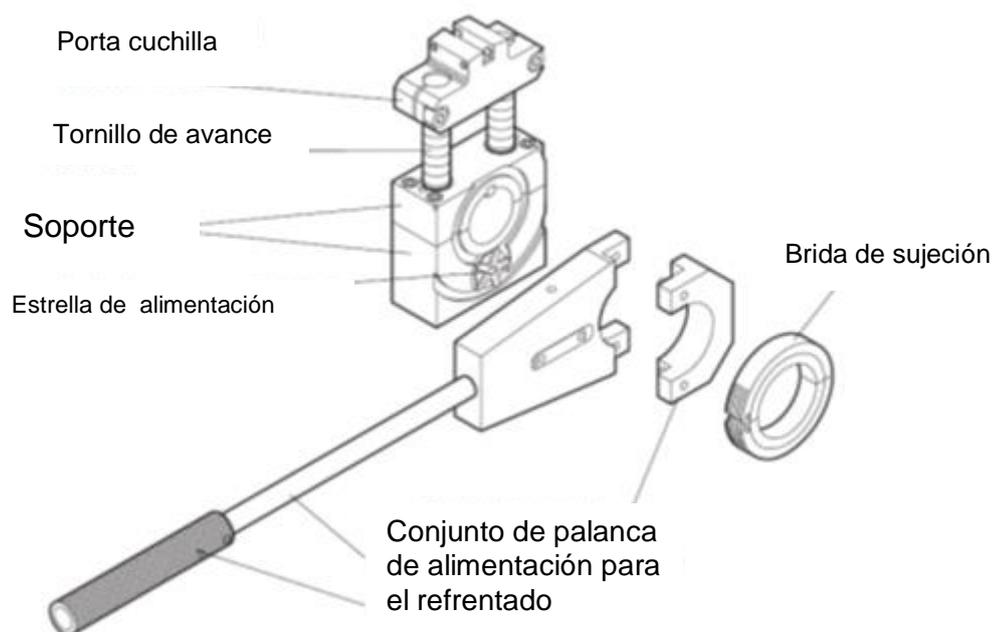
Para requerir estos equipos hay que solicitarlos 30 días hábiles porque demora un mes 15 días en la entrega después de haber hecho el depósito a la cuenta del proveedor. En este caso sería Clímax que es una tienda de marca internacional.

## **3. ¿Cuánto cuesta el mantenimiento de los refrentadores?**

El mantenimiento del dispositivo refrentador se realiza terminando con los trabajos de refrentados del o de los componentes reparados para así tenerlos en buen estado al momento de realizar otro trabajo de maquinado de las caras.

Esto lo hacemos con el fin de conservar los bienes productivos en condiciones seguras y en operatividad.

## ENSAMBLE DEL DISPOSITIVO REFRENTADOR REFRENTADOR



**TABLA 6: Costo de reparación**

N°	Parte del dispositivo a reparar	Costo de reparación
1	Porta cuchilla	S/.20.00
2	Conjunto de palanca de alimentación	S/.25.00
3	Soporte del refrentador	S/.20.00
4	Estrella de alimentación	S/.100.00
5	Brida de sujeción	S/.15.00
6	Tornillo de avance	S/.50.00
<b>TOTAL</b>		<b>S/.230.00</b>

### **Observación directa:**

Análisis según fotografías tomadas según los trabajos de maquinado de caras en un componente de maquinaria pesada (trabajo de barrenado en punta de brazo de la pala 5500 en yanacocha campo)

El análisis nos da como resultado que los trabajos de refrentado de las caras en los componentes de maquinaria anterior mente se venían realizando con el refrentador FACING HEAD de código 30044 según un procedimiento de trabajo.

En primer lugar se desmonta el componente por falla de desgaste y desalineamiento y se solicita a la empresa ESCO para la reparación en minera Yanacocha en la ciudad de Cajamarca, se inspecciona el estado del componente y se programa las tareas a ejecutar:

Primero se inspecciona los alojamientos y sus caras que se encuentren libre de fisuras aplicando tintes penetrantes (El método por líquidos penetrantes se basa en el principio de capilaridad y se aplica en la detección de discontinuidades abiertas a la superficie como fisuras o poros, en metales ferrosos y no ferrosos.

**IMAGEN 8: Alojamiento y cara inspeccionada por NDT**



Luego al no encontrarse fisuras se procede a rellenar los alojamientos y las caras aplicando soldadura tenacito 110 que es un electrodo revestido de tipo básico con una gran resistencia a la tracción, contiene hierro en polvo en su revestimiento. Sus depósitos son de bajo hidrógeno, con alta resistencia a la tracción a una temperaturas bajo cero. Trabaja muy bien en distintas posiciones, presenta muy buena estabilidad de arco y poco chisporroteo.

**IMAGEN 9: Soldador realizando el relleno de las partes a reparar**



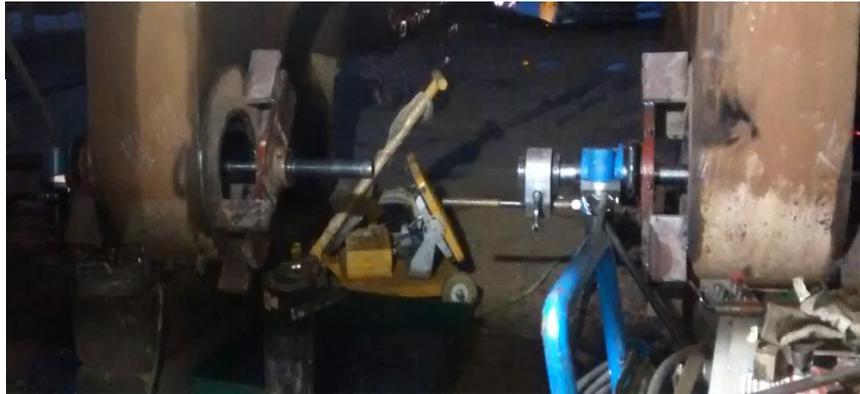
**IMAGEN 10: Rellenado del alojamiento con electrodo tenacito 110**



Luego se procede a alinear las barras y soldar los soportes de chumaceras.

**IMAGEN 11: Alineamiento y se suelda los soportes de chumacera**

RECURSO



Seguidamente se maquinan los alojamientos dejando a la medida recomendado según plano de metrología

**IMAGEN 12: Maquinado de alojamiento**

RECURSO



**IMAGEN 13: Alojamiento terminado**

RECURSO



Acabando de maquinar los alojamientos se procede al refrentado de caras utilizando el refrentador de la empresa. Ahí se pudo observar los problemas al momento de utilizar el refrentador:

Primero al montar el dispositivo es dificultoso por lo complejo de sus partes son muchas piezas, los trabajadores recomendaron un dispositivo más fácil de montar.

**IMAGEN 14: Dispositivo refrentador**



RECURSO

Al momento del refrentado ocurrieron otros problemas el dispositivo empezó a trabarse por cada pasada se probó con un corte de 1.5mm y no aguantaba el dispositivo, los pincitos de la palanca se rompieron, se retrasó el trabajo hasta reparar el dispositivo.

Después de arreglado el inconveniente se continuó con el refrentado con cortes de 0.5mm por pasada para no tener el problema y así terminar con el maquinado de la cara.

El trabajo se terminó a pesar de los inconvenientes y retrasos con 0.3mm de corte se dio medida y acabado dejando un buen acabado.

Se tuvo un retraso de ocho horas por motivos del refrentado por una falla mecánica dejando con un desazón a los clientes en este caso fue la minera YANACOCKA de la ciudad de Cajamarca.

Se le planteo a la empresa ESCO Perú el diseño de un dispositivo que cumpla la misma función de refrentado pero con un sistema más sencillo de fabricación, que no sea costosa su fabricación, y así sea un prototipo para la fabricación en serie de este dispositivo y entrenar a más personal para que ayuden en el trabajo de maquinado de las caras.

**IMAGEN 15: Refrentado de cara**



Terminando los trabajos se procede a desmontar los soportes de chumaceras y dar acabado a toda la superficie dañada.

**IMAGEN 16: Trabajo concluido**



### **Diagnóstico de la situación actual.**

En la tabla 1 se evidencia la necesidad de contar con un dispositivo más versátil, de bajo costo y con repuestos de fácil adquisición en el mercado nacional

En las tablas 2 y 3 se puede apreciar que los dispositivos de refrentado que se utilizan logran un buen acabado superficial y perpendicularidad, asegurando así la calidad de los trabajos a menor tiempo.

En la tabla 4 nos da información de la falta de entrenamiento de los trabajadores, y que se operan los dispositivos basados en la experiencia.

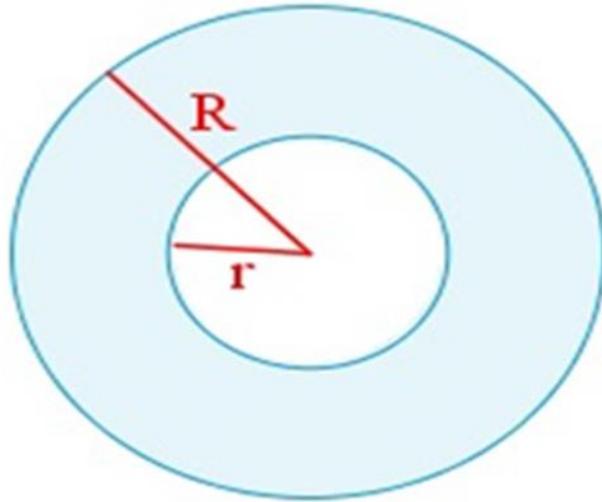
En la tabla 5 se puede apreciar que se conocen dispositivos pero a precios muy elevados y se hace necesario la capacitación del personal para su operación.

Basados en la información recogida podemos hacer una propuesta para solucionar la problemática existente, la misma que empieza por diseñar un dispositivo de refrentado con materiales y repuestos disponibles en el mercado local, que cumpla las mismas funciones que uno importado, el mismo que deberá contar con un manual de operación y mantenimiento, teniendo la información disponible para su rápido mantenimiento y reparación.

### **3.2 Determinar el tamaño del dispositivo portátil, de acuerdo a las características de los trabajos a realizar, así como la maniobrabilidad in situ.**

De acuerdo a la operatividad del dispositivo refrentador se realiza el dimensionamiento teniendo en cuenta los trabajos más comunes realizados en la empresa ESCO Perú SRL para eso hemos dimensionado según el radio de trabajo el cual sería el largo total del dispositivo, que sea fácil de maniobrar ya que estos trabajos se realizan en la misma maquina o componente que se encuentra por reparar para ello hemos considerado las siguientes medidas:

IMAGEN 17: Radio de refrentado



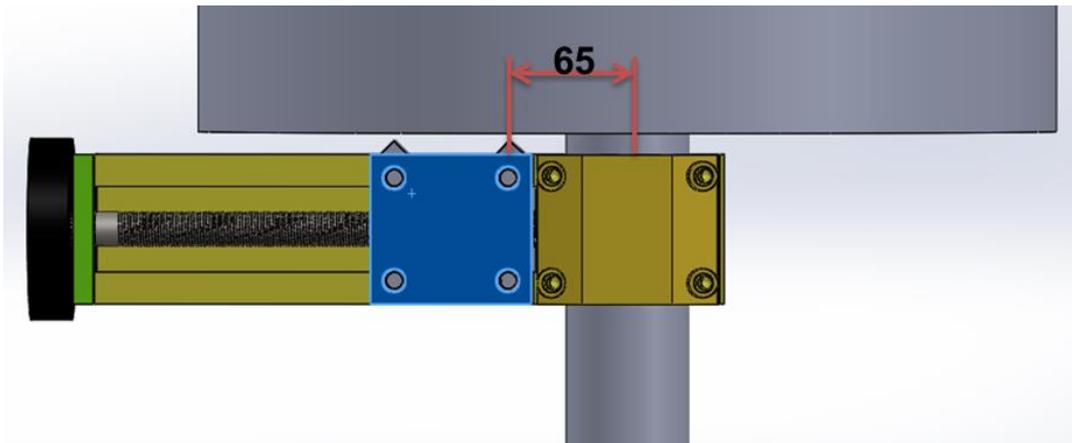
En la imagen 17 mostramos el radio interior ( $r$ ) y el radio exterior ( $R$ ) esquematizando una cara, lo de celeste es el área a mecanizar o refrentar en un componente de gran magnitud.

**TABLA 7: Cuadro estadístico de los trabajos más comunes realizados en el taller de ESCO Perú sucursal Cajamarca**

<b>TRABAJO DE REFRENTADO DE CARAS EN LOS DISTINTOS COMPONENTES DE MAQUINARIA PESADA REALIZADOS EN LA EMPRESA ESCO EN CAJAMARCA</b>				
ITEM	PARTES A MAQUINAR	CANTIDAD DE CARAS A REFRENTAR	UNIDAD MEDIDA	DIAMETROS mm
<b>TAPA DE BUCKET EX5500</b>				
1	Alojamiento $\phi$ 320 mm	4	Unidad	R= 250 x r= 170
2	Alojamiento $\phi$ 260 mm	4	Unidad	R= 220 x r= 130
3	Alojamiento $\phi$ 250 mm	4	Unidad	R= 210 x r= 125
4	Alojamiento $\phi$ 170 mm	4	Unidad	R= 158 x r= 85
<b>MANDIBULA DE BUCKET EX5500</b>				
5	Alojamiento $\phi$ 250 mm	4	Unidad	R= 210 x r= 125
6	Alojamiento $\phi$ 200 mm	4	Unidad	R= 170 x r= 100
<b>BUCKET DE CARGADOR FRONTAL CAT 994 G</b>				
7	Alojamiento $\phi$ 204 mm	4	Unidad	R= 200 x r= 102
8	Alojamiento $\phi$ 198 mm	4	Unidad	R= 190 x r= 97
<b>BUCKET HITACHI EX 2500</b>				
9	Alojamiento $\phi$ 210 mm	4	Unidad	R= 190 x r= 105
10	Alojamiento $\phi$ 190 mm	4	Unidad	R= 150 x r= 95
<b>TAPA PC 4000</b>				
11	Alojamiento $\phi$ 230 mm	4	Unidad	R= 200 x r= 115
12	Alojamiento $\phi$ 200 mm	4	Unidad	R= 200 x r= 100
13	Alojamiento $\phi$ 140 mm	4	Unidad	R= 140 x r= 70
14	Alojamiento $\phi$ 120 mm	4	Unidad	R= 130 x r= 60
<b>MANDIBULA KOMATSU DE BUCKET PC 4000</b>				
15	Alojamiento $\phi$ 170 mm	4	Unidad	R= 130 x r= 85
16	Alojamiento $\phi$ 120 mm	4	Unidad	R= 130 x r= 60
<b>BUCKET DE CARGADOR FRONTAL KOMATSU 1200</b>				
17	Alojamiento $\phi$ 300 mm	4	Unidad	R= 230 x r= 150
18	Alojamiento $\phi$ 220 mm	4	Unidad	R= 200 x r= 110

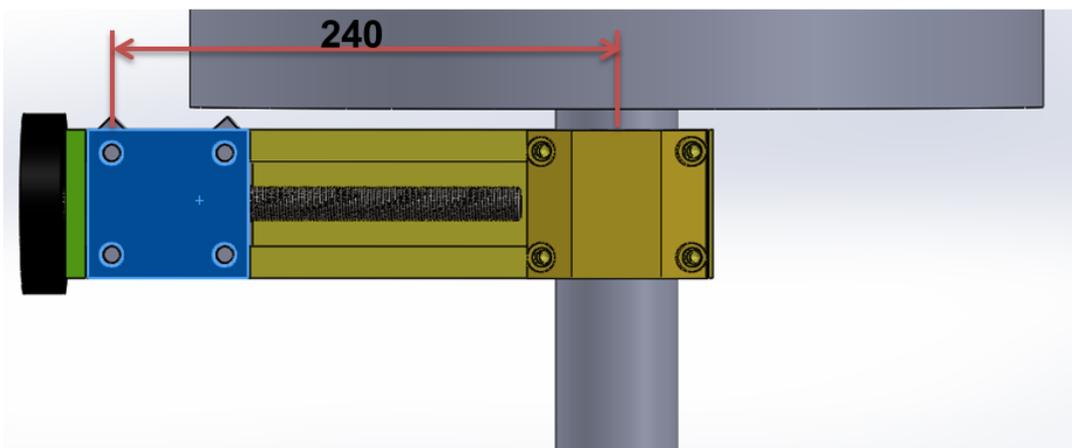
En la tabla 7 tenemos un cuadro estadístico de los trabajos más comunes realizados en el taller de ESCO Perú sucursal Cajamarca para esto hemos preparado un cuadro mostrando los radios de los distintos componentes de maquinaria pesada.

**IMAGEN 18: Radio mínimo del dispositivo**



En la imagen 18 vemos que la herramienta de corte se encuentra a una distancia de 65 mm que parte del eje de la barra que sería el radio de la cara a maquinar o 130 mm que el diámetro mínimo a maquinar.

**IMAGEN 19: Radio máximo del dispositivo**



En la imagen 19 vemos que la herramienta de corte se encuentra a una distancia de 240 mm que parte del eje de la barra que sería el radio de la cara a maquinar o 580 mm que el diámetro máximo a maquinar.

### 3.3 Diseñar y fabricar el Refrentador Portátil, de acuerdo a los requerimientos de los trabajos de refrentado.

Para realizar los cálculos que nos permitan diseñar las partes de nuestro refrentador para esto encontramos la siguiente información.

#### Hallar la fuerza de corte (f) en el refrentado de una cara:

Para calcular la fuerza de corte en el refrentado de las caras tomamos en cuenta un material similar o con las mismas características a maquinar en el refrentado como es el DIN CK45 (H1045), utilizando como herramientas de corte plaquitas de metal duro, que son las indicadas para trabajos de maquinado a altas velocidades de RPM. Empezamos con el cálculo en desbaste, ya es esta operación en la que sufre más la maquina por la gran potencia que actúa al arrancar mayor cantidad de sección de viruta.

Tenemos los siguientes datos según tabla tomada de acuerdo al material a mecanizar:

Se refrenta una cara de un componente de pala con un diámetro exterior de 480 mm y diámetro interior de 250 mm, con una profundidad corte de viruta de 1.5 mm y con un avance de 0.8 mm, donde su fuerza especifica de corte para un acero aleado en el desbaste seria 1850 N/mm<sup>2</sup>, aplicamos la fórmula para hallar la fuerza de corte:

$$F = ?$$

$$a = 1.5 \text{ mm}$$

$$s = 0.8 \text{ mm}$$

$$k_s = 1850 \text{ N/mm}^2$$

$$F = a * s * k_s$$

$$F = 1.5 \text{ mm} * 0.8 \text{ mm} * 1850 \text{ N/mm}^2$$

$$F = 2220 \text{ N}$$

### Hallamos el momento flector del refrentador:

Donde la fuerza de corte es la fuerza distribuida en todo el brazo del dispositivo.

Aplicamos la siguiente formula:

1° Al inicio se aplica la fuerza a 80 mm del eje

$$M_o = F * d$$

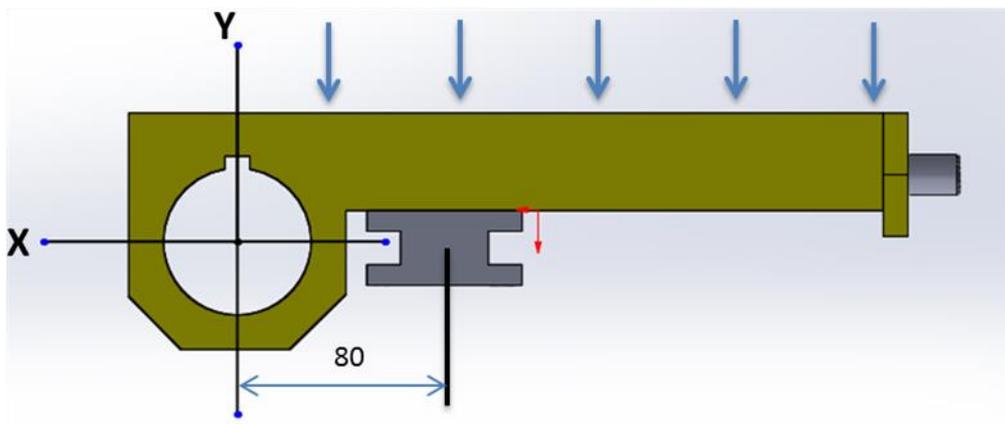
Dónde:

$$M_o = ?$$

$F = 2220 \text{ N}$  fue hallada anterior mente con la fuerza de corte

$$d = 80 \text{ mm}$$

**IMAGEN 20: Momento flector del refrentador (d = 80 mm)**



$$M_o = F * d$$

$$M_o = 2220 \text{ N} * 80 \text{ mm}$$

$$M_o = 177.6 \text{ Nm}$$

2° Se aplica la fuerza del centro al eje que es de: 146 mm

$$M_o = F * d$$

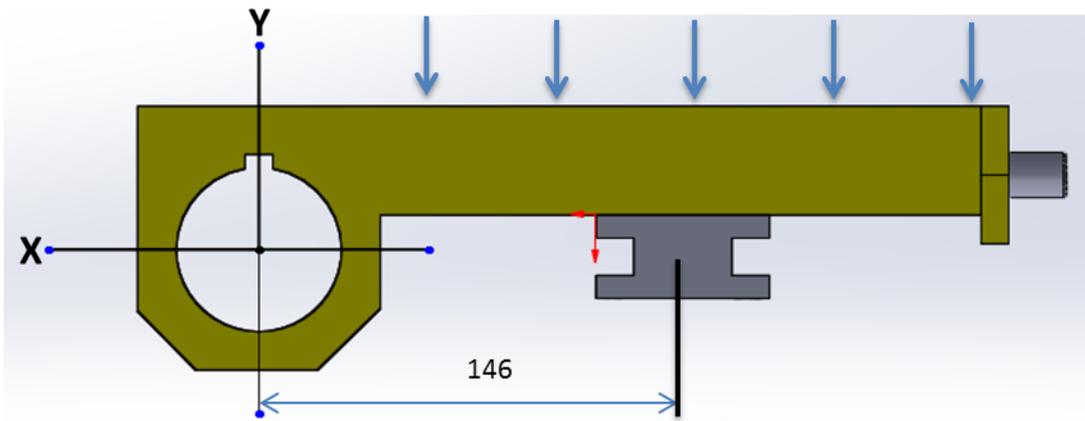
Dónde:

$$M_o = ?$$

$F = 2220 \text{ N}$  fue hallada anterior mente con la fuerza de corte

$$d = 146 \text{ mm}$$

**IMAGEN 21: Momento flector del refrentador (d = 146 mm)**



$$M_o = F * d$$

$$M_o = 2220 \text{ N} * 146 \text{ mm}$$

$$M_o = 324.12 \text{ Nm}$$

3° La fuerza se aplica del eje a 210 mm del eje.

$$M_o = F * d$$

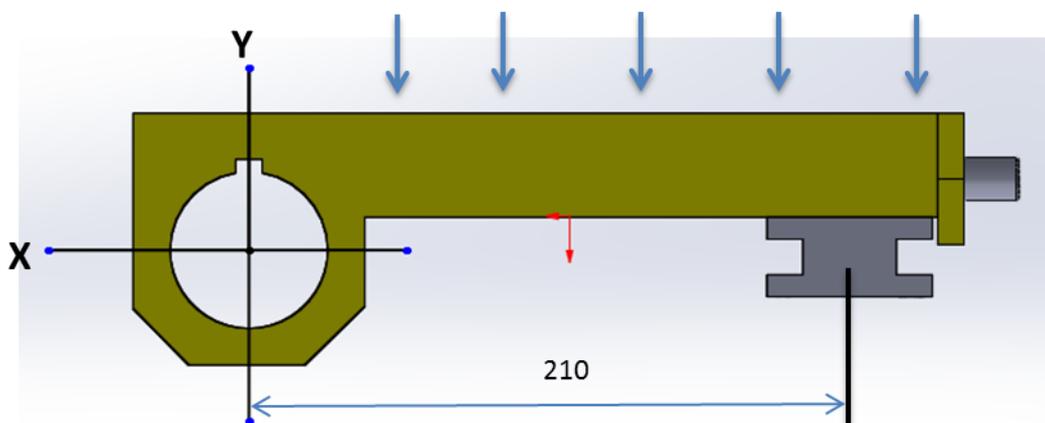
Dónde:

$M_o = ?$

$F = 2220 \text{ N}$  fue hallada anterior mente con la fuerza de corte

$d = 210 \text{ mm}$

**IMAGEN 22: Momento flector del refrentador (d = 210 mm)**



$$M_o = F * d$$

$$M_o = 2220 \text{ N} * 210 \text{ mm}$$

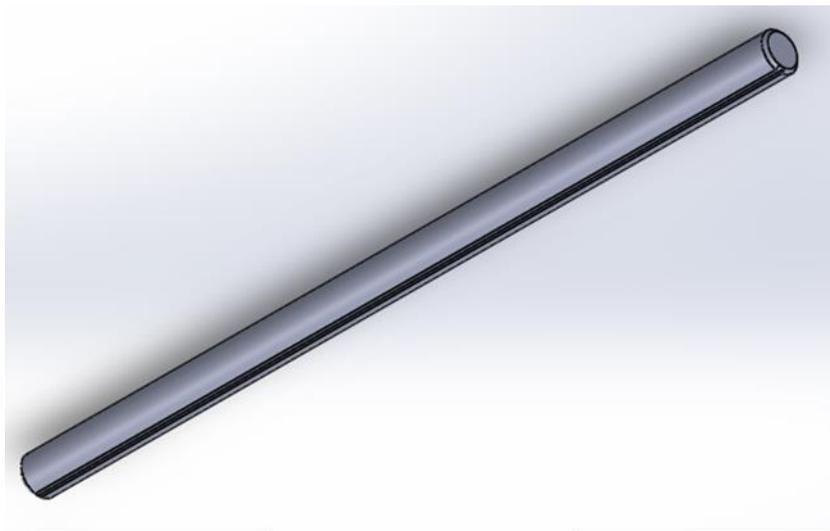
$$M_o = 466.2 Nm$$

### **Calculo de la carga estática del eje del refrentador:**

La carga estática es una acción estacionaria de una fuerza o un momento causado por una fuerza sobre cierto objetivo. Para que una fuerza o un momento sean estacionarios o estáticos, deben poseer magnitud, dirección y punto de aplicación que sean invariables (Shigley J. E., 1985, págs. 231-232).

Una carga estática puede ser tensión o compresión axial, fuerza cortante, momento de flexión o de torsión, o cualquier combinación de estas acciones. No obstante, la carga no debe experimentar alteración alguna para que sea considerada como estática. A veces se supone estática a una carga aunque se sabe que es de esperar que sufra alguna variación. Esta consideración, por lo general, se hace para obtener una idea aproximada de las dimensiones de la pieza o componente, y para simplificar los cálculos de diseño cuando las variaciones en las cargas son pocas o de pequeña magnitud (Shigley J. E., 1985, págs. 231-232).

### **IMAGEN 23: Barra de barrenado**



Barra de barrenado

Con lo antes mencionado para hallar la resistencia de la barra de diámetro 2 ¼" se considera un diseño por resistencia estática ya que las cargas se consideran como estáticas.

El esfuerzo máximo que resiste el eje es:

$$\sigma_{\max} = \frac{MC}{I} + \frac{P}{A}$$

(Shigley J. E., 1985, págs. 231-232)

Dónde:

M = Momento

C = Distancia de las fibras externas

I = Momento polar de inercia

P = carga axial ( $F_t$ )

A = Área de sección Transversal

Por lo tanto:

$$\sigma_{\max} = \frac{MC}{I} + \frac{P}{A}$$

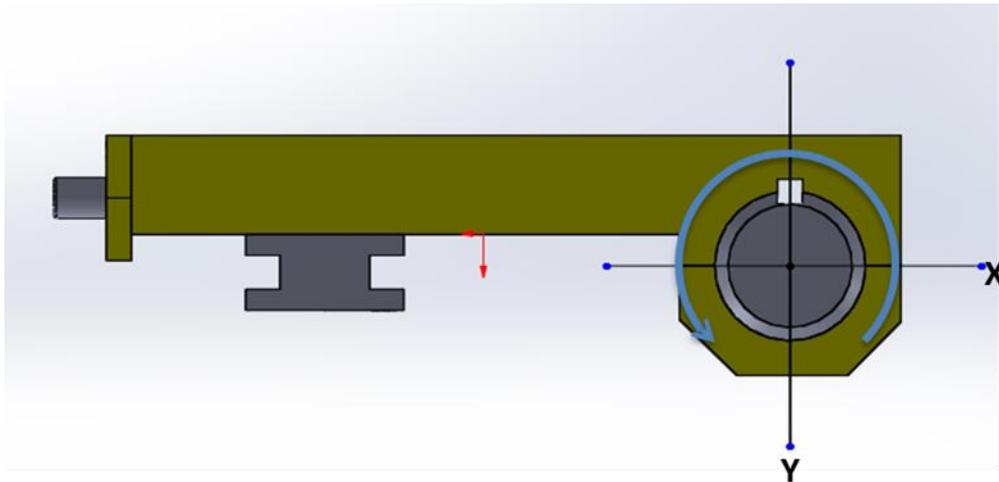
$$\sigma_{\max} = \frac{M \cdot \frac{d}{2}}{\frac{\pi \cdot d^4}{64}} + \frac{F_t}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{32 * M}{\pi * d^3} + \frac{4 * F}{\pi * d^2}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{32 * 426.2 \text{ Nm}}{\pi * (57.15 \text{ mm})^3} + \frac{4 * 2220 \text{ N}}{\pi * (57.15 \text{ mm})^2}$$

$$\sigma_{\max} = 145.21 \text{ N}$$

**IMAGEN 24: Resistencia de la barra de diámetro 2 ¼"**



El esfuerzo permisible se define por la siguiente ecuación:

$$\sigma_m = \frac{S_y}{n}$$

Dónde:

$S_y$  = Es el límite de frecuencia del material.

$n$  = Factor de seguridad

(Morales, 2008, págs. 70-71)

Para los cálculos siguientes se considera el acero ASTM A36 que tiene un límite de frecuencia de  $S_y = 36$  KSI, también por las facilidades de adquisición que existe en el país de este acero.

Para el factor de seguridad  $n$ , se considera un factor de  $n_L = 1.4$  que nos indica una confiabilidad de 99%, también se considera un factor de  $n_F = 1.5$  que influye la seguridad de las personas y las incertidumbres en la resistencia.

Por lo tanto el factor de seguridad es:

$$n = n_L * n_F$$

$$n = 1.4 * 1.5$$

$$n = 2$$

(Shigley J. E., 1985, págs. 243-244-245)

Reemplazando los valores del factor de seguridad  $n$  y  $S_y$  en la ecuación del esfuerzo permisible es:

$$\sigma_m = \frac{36 \text{ KPSI}}{2}$$

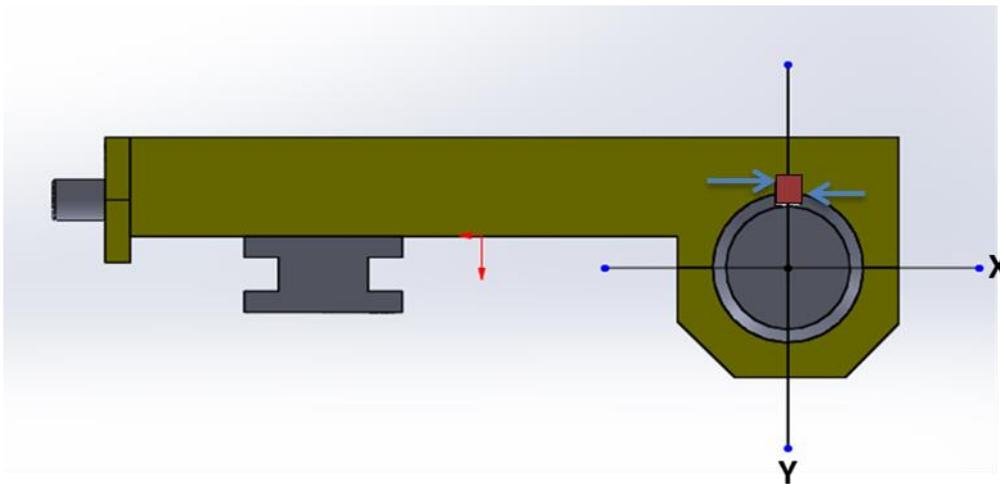
$$\sigma_m = 18 \text{ KPSI}$$

Para que el elemento no falle es necesario que el esfuerzo producido por el momento máximo sea menor al esfuerzo permisible, lo que se representa en la ecuación.

$$\sigma_{\max} \leq \sigma_m$$

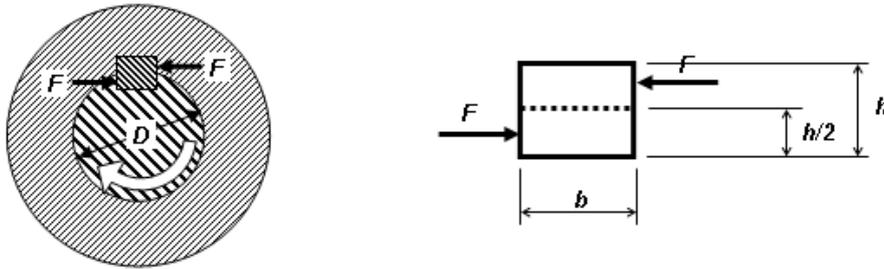
**Fuerza de corte o fallo por cizallamiento de la chaveta o cuña:**

**IMAGEN 25: Fuerza de fallo por cizallamiento de la chaveta**



Las chavetas o cuñas se utilizan sobre ejes para fijar elementos rotativos, como engranajes, poleas o ruedas. Las chavetas se emplean para permitir la transmisión del par de torsión del eje al elemento que soporta (Shigley, 2008, pág. 378).

**IMAGEN 26: Fallo por cizallamiento de la chaveta**



**TABLA 8: Tabla de chavetas y cuñas**

(Shigley, 2008, pág. 379)

Diámetro del eje		Tamaño de la cuña		Profundidad del cuñero
Más de	Hasta (inclusive)	w	h	
$\frac{5}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{64}$
$\frac{7}{16}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{64}$
		$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{9}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
		$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{32}$
$\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{32}$
		$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
		$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{32}$
$1\frac{3}{8}$	$1\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
		$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$
$1\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$
		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
$2\frac{1}{4}$	$2\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{7}{32}$
		$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{16}$
$2\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
		$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$

**Dimensionamiento de chavetas y cuñas**

Hallamos la fuerza de corte F sobre la chaveta, debida al momento M que se transmite será:

$$F = \frac{2 * M}{D}$$

Donde:

F = Fuerza de corte sobre la chaveta

M = Momento flector del dispositivo refrentador  
( $M_o = 466.2 \text{ Nm}$ )

D = Diámetro del eje de la barrenadora (2 ¼") (57.15 mm)

$$F = \frac{2 * 466.2 \text{ Nm}}{57.15 \text{ mm}}$$

$$F = \frac{2 * 466.2 \text{ Nm}}{57.15 \text{ mm}}$$

$$F = 16315 \text{ N}$$

Con lo que las tensiones en la sección de corte:

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$\tau = \frac{16315 \text{ N}}{(9.25)^2}$$

$$\tau = 190.68 \text{ N/m}$$

### Diseño del tornillo de potencia:

El tornillo de potencia en el dispositivo sirve para el control de avance, para el diseño del tornillo se considera el peso de 167.5 lb (Morales, 2008, pág. 111).

FIG. 3

IMAGEN 27: Terminología de las roscas

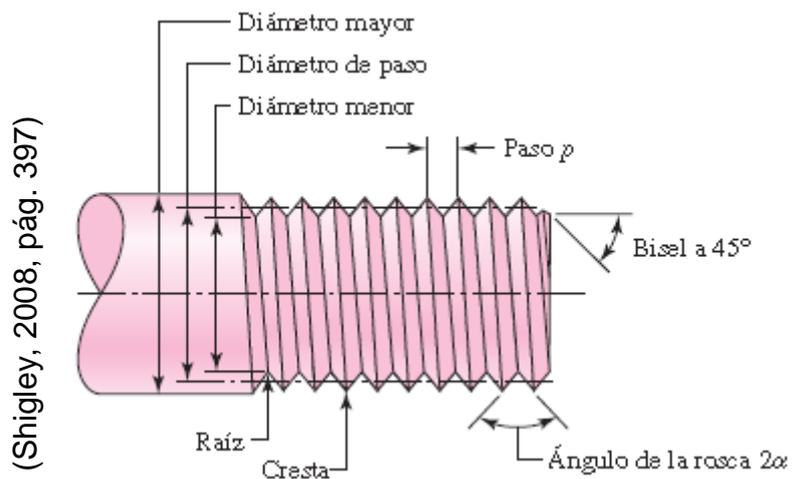
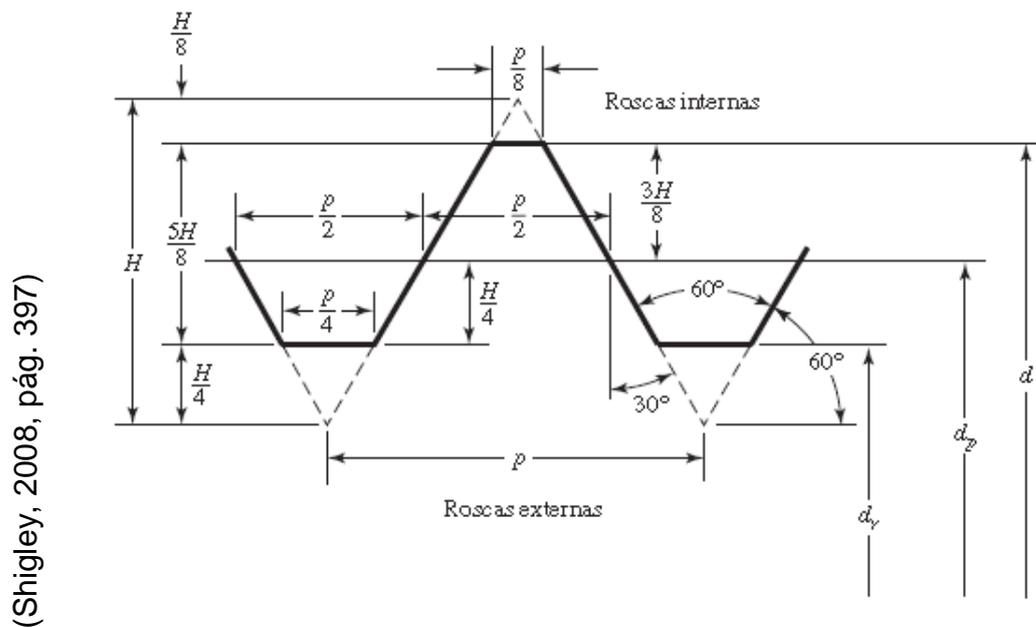


IMAGEN 28: Perfil básico de las roscas en v



**DONDE:**

$d$  = diámetro mayor

$d_r$  = diámetro menor

$d_p$  = diámetro de paso

$p$  = paso

$$H = \frac{\sqrt{3}}{2} p$$

Hacemos el cálculo con nuestro esparrago diseñado en donde tenemos los siguientes datos:

$d = 5/8"$  (15.875 mm)

$p = 0.055555$  (1.41 mm)

$\mu = 0.35$

$n = 18$  hilos/pulgada (rosca fina UNF)

Para saber si es auto bloqueante hallamos la altura del diente:

$$\text{Prof} = \frac{p}{2}$$

$$\text{Prof} = \frac{0.0556"}{2}$$

$$\text{Prof} = 0.027775"$$

Diámetro medio

$$d_m = d - d_{\text{prof}}$$

$$d_m = 0.625" - 0.027775"$$

$$d_m = 0.597"$$

Diámetro menor:

$$d_r = d - p$$

$$d_r = 0.625" - 0.055556$$

$$d_r = 0.5695"$$

Aplicamos la fórmula:

$$\tan \delta = \frac{p}{\pi * d_m}$$

$$\tan\delta = \frac{0.05555''}{\pi * 0.597''}$$

$$\tan\delta = 0.0296$$

$\mu > \tan\delta$  entonces es auto bloqueante.

**Torque de subida:**

$$T_s = \frac{Fdm(p + \mu * \pi * dm)}{2(\pi * dm - \mu * p)}$$

$$T_s = \frac{167.5 * 0.597(0.056 + 0.35 * \pi * 0.597)}{2(\pi * 0.597 - \mu * 0.056)}$$

$$T_s = \frac{99.699(0.056 + 0.66)}{2(1.88 - 0.0195)}$$

$$T_s = \frac{5.543362 + 65.80134}{3.76 - 0.039}$$

$$T_s = 19.17 \text{ lb - pulg.}$$

**Torque de bajada:**

$$T_s = \frac{Fdm(\mu * \pi * dm - p)}{2(\pi * dm + \mu * p)}$$

$$T_s = \frac{167.5 * 0.597(0.35 * \pi * 0.597 - 0.056)}{2(\pi * 0.597 + 0.35 * 0.056)}$$

$$T_s = \frac{99.699(0.66 - 0.056)}{2(1.88 + 0.0196)}$$

$$T_s = \frac{65.80134 - 5.583}{3.76 + 0.0392}$$

$$T_s = 15.93 \text{ lb - pulg}$$

**TABLA 9: Diámetros y área de roscas unificadas de tornillo unc y unf**

Diámetros y área de roscas unificadas de tornillo UNC y UNF\*

Designación de tamaño	Diámetro mayor nominal pulg	Serie gruesa-UNC			Serie fina-UNF		
		Roscas por pulgada, N	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ , pulg <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_r$ , pulg <sup>2</sup>	Roscas por pulgada, N	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ , pulg <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_r$ , pulg <sup>2</sup>
0	0.0600				80	0.001 80	0.001 51
1	0.0730	64	0.002 63	0.002 18	72	0.002 78	0.002 37
2	0.0860	56	0.003 70	0.003 10	64	0.003 94	0.003 39
3	0.0990	48	0.004 87	0.004 06	56	0.005 23	0.004 51
4	0.1120	40	0.006 04	0.004 96	48	0.006 61	0.005 66
5	0.1250	40	0.007 96	0.006 72	44	0.008 80	0.007 16
6	0.1380	32	0.009 09	0.007 45	40	0.010 15	0.008 74
8	0.1640	32	0.014 0	0.011 96	36	0.014 74	0.012 85
10	0.1900	24	0.017 5	0.014 50	32	0.020 0	0.017 5
12	0.2160	24	0.024 2	0.020 6	28	0.025 8	0.022 6
$\frac{1}{4}$	0.2500	20	0.031 8	0.026 9	28	0.036 4	0.032 6
$\frac{5}{16}$	0.3125	18	0.052 4	0.045 4	24	0.058 0	0.052 4
$\frac{3}{8}$	0.3750	16	0.077 5	0.067 8	24	0.087 8	0.080 9
$\frac{7}{16}$	0.4375	14	0.106 3	0.093 3	20	0.118 7	0.109 0
$\frac{1}{2}$	0.5000	13	0.141 9	0.125 7	20	0.159 9	0.148 6
$\frac{9}{16}$	0.5625	12	0.182	0.162	18	0.203	0.189
$\frac{5}{8}$	0.6250	11	0.226	0.202	18	0.256	0.240
$\frac{3}{4}$	0.7500	10	0.334	0.302	16	0.373	0.351
$\frac{7}{8}$	0.8750	9	0.462	0.419	14	0.509	0.480
1	1.0000	8	0.606	0.551	12	0.663	0.625
$1\frac{1}{4}$	1.2500	7	0.969	0.890	12	1.073	1.024
$1\frac{1}{2}$	1.5000	6	1.405	1.294	12	1.581	1.521

(Shigley, 2008, pág.

### **Selección de materiales:**

Como se estableció antes, la selección de un material para construir una parte de maquina o un elemento estructural es una de las decisiones más importantes que debe tomar el diseñador. Hasta este punto, se encuentran distintas propiedades y características de los materiales de ingeniería típicos y diferentes procesos de producción de materiales.

La selección real de un material para una aplicación de diseño particular puede ser fácil, por ejemplo, con base en aplicaciones previas (el acero SAE 1020 siempre es un buen candidato debido a sus múltiples atributos positivos), o el proceso de selección puede ser tan complicado y desalentador como cualquier problema de diseño con la evaluación de muchos parámetros físicos, económicos y de procesamiento del material.

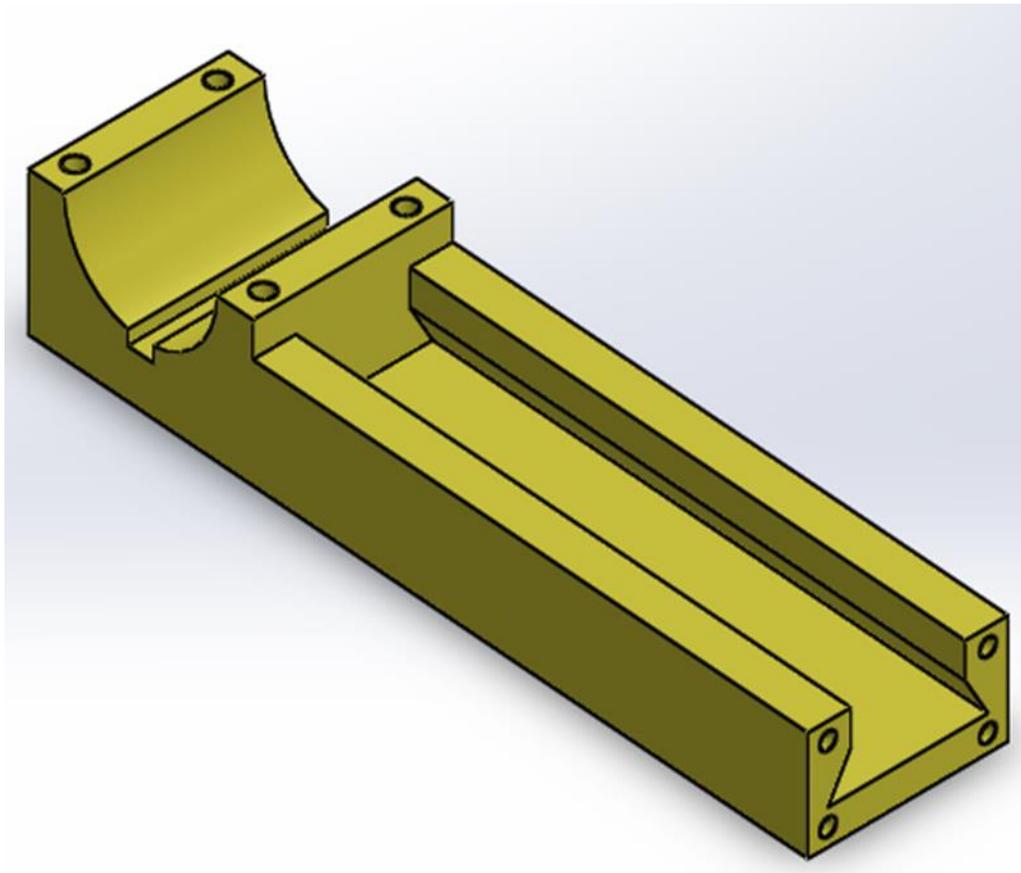
Existen enfoques sistemáticos y de optimización para seleccionar el material. Con propósitos ilustrativos como resistencia rigidez y costo. Esto puede priorizarse usando una medida de ponderación que dependerá de cuales propiedades son más importantes que otras. Enseguida, para cada propiedad, se hace una lista de todos los materiales disponibles y se ordenan de acuerdo con cuál de ellos es el mejor material (Shigley, 2008, pág. 57).

TABLA 10: Aceros al carbono

<b>ACEROS AL CARBÓN</b>					
<b>SAE Número</b>	<b>C</b>	<b>Mn</b>	<b>P Max</b>	<b>S Max</b>	<b>AISI Número</b>
-----	0.08 max	0.35 max	0.040	0.050	C1005
1006	0.08 max	0.25-0.40	0.040	0.050	C1006
1008	0.10 max	0.25-0.50	0.040	0.050	C1008
1010	0.08-0.13	0.30-0.60	0.040	0.050	C1010
-----	0.10-0.15	0.30-0.60	0.040	0.050	C1012
-----	0.11-0.16	0.50-0.80	0.040	0.050	C1013
1015	0.13-0.18	0.30-0.60	0.040	0.050	C1015
1016	0.13-0.18	0.60-0.90	0.040	0.050	C1016
1017	0.15-0.20	0.30-0.60	0.040	0.050	C1017
1018	0.15-0.20	0.60-0.90	0.040	0.050	C1018
1019	0.15-0.20	0.70-1.00	0.040	0.050	C1019
1020	0.18-0.23	0.30-0.60	0.040	0.050	C1020
----	0.18-0.23	0.60-0.90	0.040	0.050	C1021
1022	0.18-0.23	0.70-1.00	0.040	0.050	C1022
----	0.20-0.25	0.30-0.60	0.040	0.050	C1023
1024	0.19-0.25	1.35-1.65	0.040	0.050	C1024
1025	0.22-0.28	0.30-0.60	0.040	0.050	C1025
-----	0.22-0.28	0.60-0.90	0.040	0.050	C1026
1027	0.22-0.29	1.20-1.50	0.040	0.050	C1027
-----	0.25-0.31	0.60-0.90	0.040	0.050	C1029
1030	0.28-0.34	0.60-0.90	0.040	0.050	C1030
1033	0.30-0.36	0.70-1.00	0.040	0.050	C1033
1034	0.32-0.38	0.50-0.80	0.040	0.050	C1034
1035	0.32-0.38	0.60-0.90	0.040	0.050	C1035
1036	0.30-0.37	1.20-1.50	0.040	0.050	C1036
1038	0.35-0.42	0.60-0.90	0.040	0.050	C1038
-----	0.37-0.44	0.70-1.00	0.040	0.050	C1039
1040	0.37-0.44	0.60-0.90	0.040	0.050	C1040
1041	0.36-0.44	1.35-1.65	0.040	0.050	C1041
1042	0.40-0.47	0.60-0.90	0.040	0.050	C1042
1043	0.40-0.47	0.70-1.00	0.040	0.050	C1043
1045	0.43-0.50	0.60-0.90	0.040	0.050	C1045
1046	0.43-0.50	0.70-1.00	0.040	0.050	C1046
1050	0.48-0.55	0.60-0.90	0.040	0.050	C1050
-----	0.45-0.56	0.85-1.15	0.040	0.050	C1051
1052	0.47-0.55	1.20-1.50	0.040	0.050	C1052
-----	0.50-0.60	0.50-0.80	0.040	0.050	C1054
1055	0.50-0.60	0.60-0.90	0.040	0.050	C1055
-----	0.50-0.61	0.85-1.15	0.040	0.050	C1057
-----	0.55-0.65	0.50-0.80	0.040	0.050	C1059
1060	0.55-0.65	0.60-0.90	0.040	0.050	C1060
-----	0.54-0.65	0.75-1.05	0.040	0.050	C1061
1062	0.54-0.65	0.85-1.15	0.040	0.050	C1062
1064	0.60-0.70	0.50-0.80	0.040	0.050	C1064
1065	0.60-0.70	0.60-0.90	0.040	0.050	C1065
1066	0.60-0.71	0.85-1.15	0.040	0.050	C1066
-----	0.65-0.75	0.40-0.70	0.040	0.050	C1069
1070	0.65-0.75	0.60-0.90	0.040	0.050	C1070
-----	0.65-0.76	0.75-1.05	0.040	0.050	C1071
1074	0.70-0.80	0.50-0.80	0.040	0.050	C1074

M.F. Ashby, Materials Selection in Mechanical Design, 3<sup>a</sup> ed, Elsevier butterworth-Heinem Ann, Oxford, 2005.

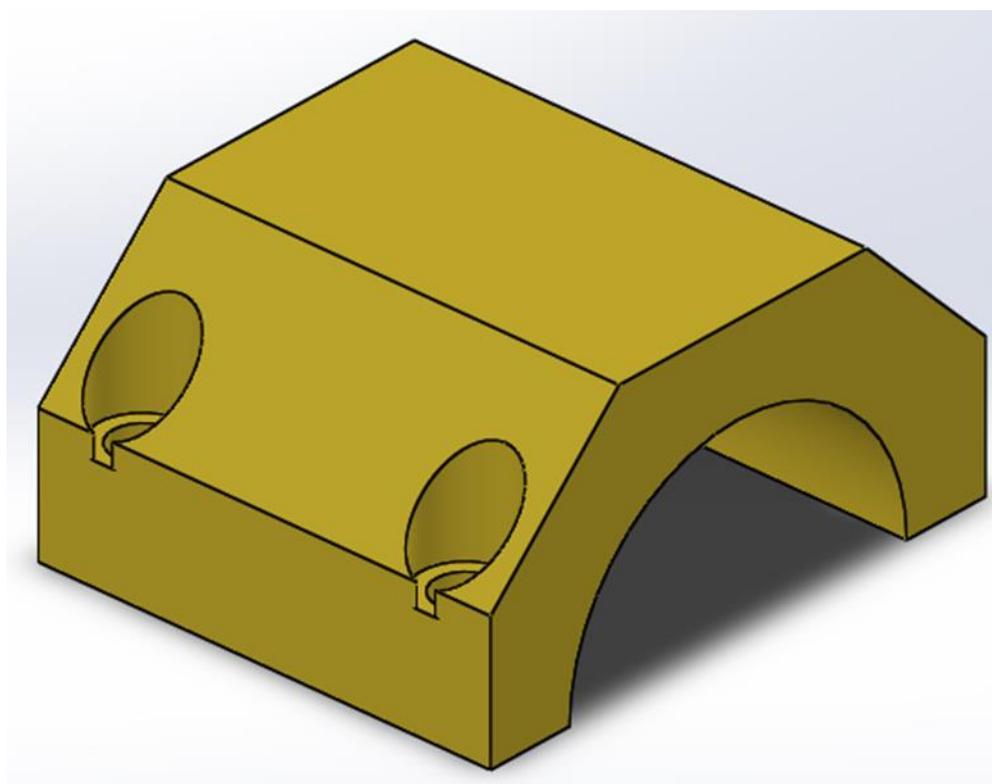
**BASE DEL DISPOSITIVO REFRENTADOR**



<b>CANTIDAD:</b> 01	<b>FORMADO POR:</b>  CANAL CHAVETERO DE 3/8" AGUJEROS ROSCADOS DE 5/16" UNC Y 1/4" UNC	<b>LARGO:</b> 292 mm
<b>MATERIAL:</b> SAE 1020		<b>ANCHO:</b> 70 mm
		<b>ESPESOR:</b> 50 mm

CANAL MILANO PARA EL FACIL DESPLAZAMIENTO DEL PORTA CUCHILLA	<b>PESO: 8.02 Kg.</b>	<b>PIEZA 01</b>
---	-----------------------	-----------------

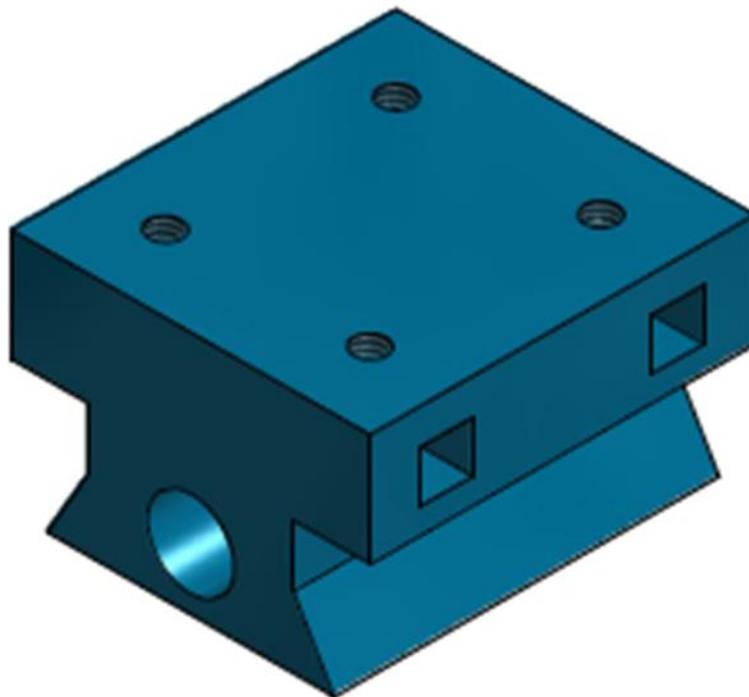
**BRIDA PARTIDA SUJETADORA**



<b>CANTIDAD: 01</b>		<b>LARGO: 84 mm</b>
---------------------	--	---------------------

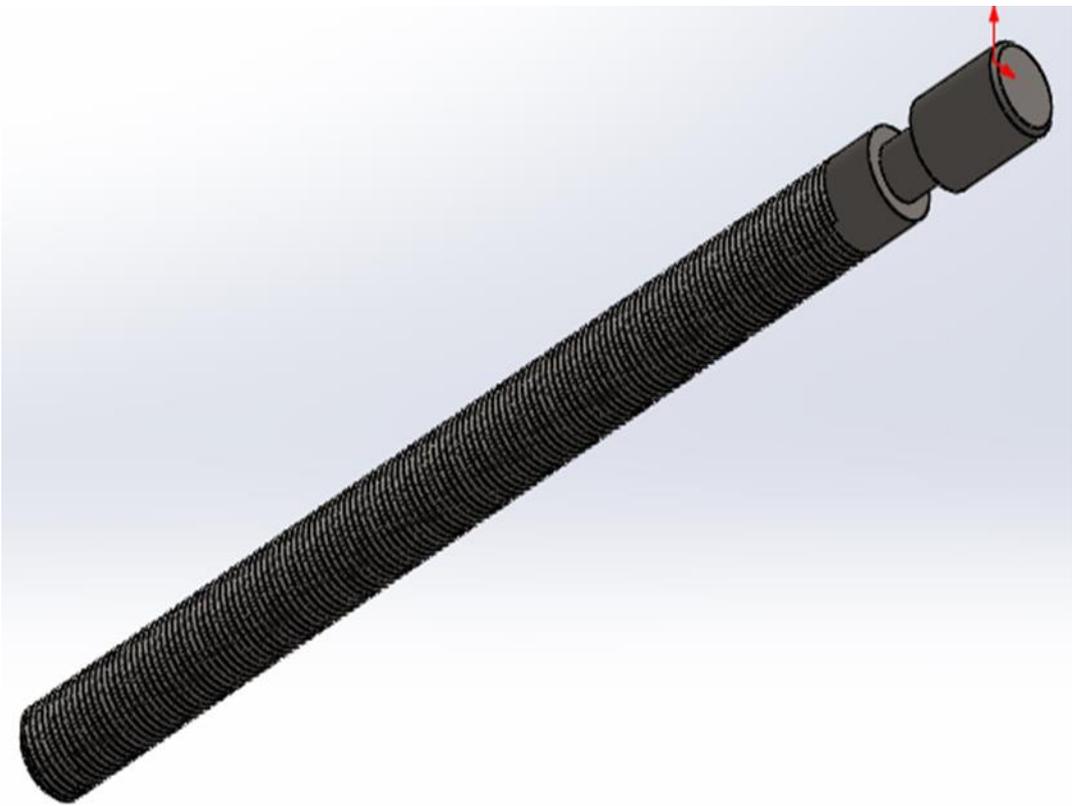
<b>MATERIAL:</b> SAE 1020	<b>FORMADO POR:</b>	<b>ANCHO:</b> 70 mm
	04 AGUJEROS PASANTES DE 9.5 MM Y CUATRO AGUJEROS AVELLANADOS	<b>ESPESOR:</b> 42 mm
BRIDA SUJETADORA PARA EL ACOPLADO Y DESACOPLO CON LA BASE	<b>PESO:</b> 1.94 Kg.	<b>PIEZA 02</b>

**PORTA CUCHILLA DESLIZABLE**



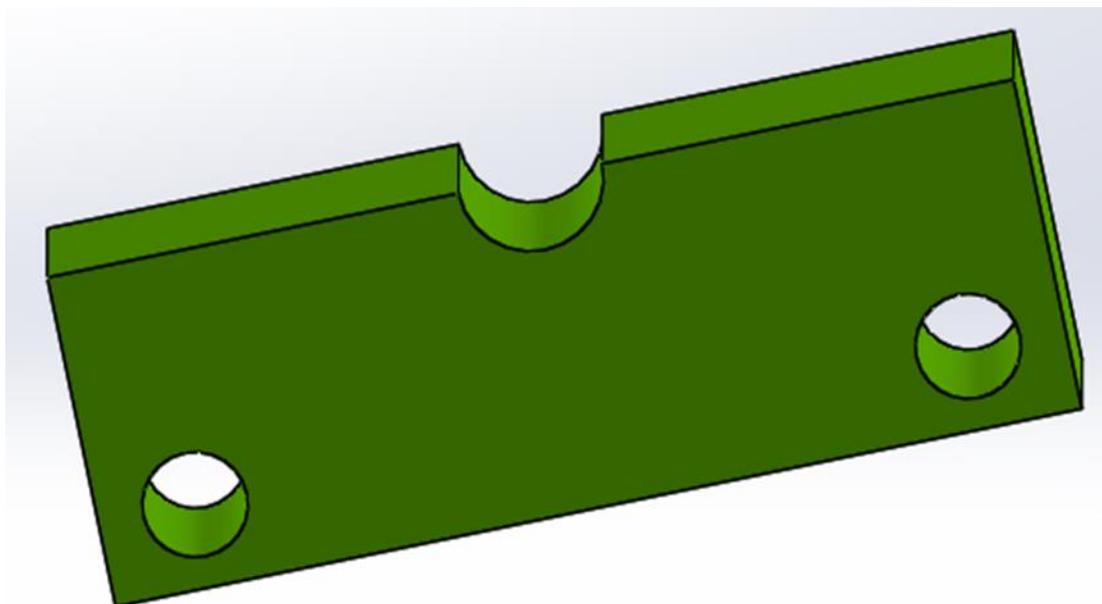
<b>CANTIDAD:</b> 01	<b>FORMADO POR:</b>	<b>LARGO:</b> 70 mm
<b>MATERIAL:</b> SAE 1020	CANAL MILANO	<b>ANCHO:</b> 60 mm
	AGUJEROS ROSCADOS DE 5/16"- 18 UNC	<b>ESPESOR:</b> 55.8 mm
CANAL PARA LA CUCHILLA		
CANAL MILANO PARA EL FACIL DESLIZAMIENTO DEL PORTA CUCHILLA	<b>PESO:</b> 1.85 Kg.	<b>PIEZA 03</b>

**ESPARRAGO**



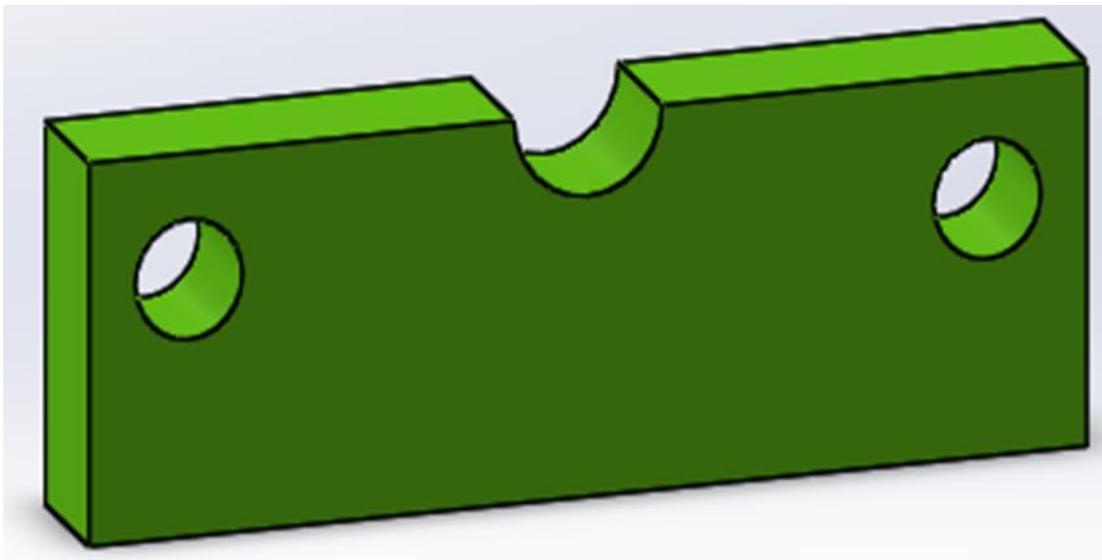
<b>CANTIDAD:</b> 01	<b>FORMADO POR:</b>  CANAL CHAVETERO DE 3/8" AGUJEROS ROSCADOS DE 5/16" UNC Y 1/4" UNC	<b>LARGO:</b> 233 mm
<b>MATERIAL:</b> SAE 1070		<b>DIAMETRO :</b> 5/8" UNF
		<b>LONG.    ROSCADA:</b> 190 mm
CON UN REBAJE DE 10 mm PARA QUE EFECTUE SU ROTACION	<b>PESO:</b> 0.37 Kg	<b>PIEZA 04</b>

**TAPA POSTERIOR**



<b>CANTIDAD:</b> 01	<b>FORMADO POR:</b>  02 AGUJEROS PASANTES DE DIAMETRO 7.5 mm	<b>LARGO:</b> 70 mm
<b>MATERIAL:</b> SAE 1020		<b>ANCHO:</b> 24 mm
		<b>ESPESOR:</b> 9.5 mm
CON UN SEGMENTO CIRCULAR DE 5.2 mm DE RADIO	<b>PESO:</b> 0.13 Kg.	<b>PIEZA 05</b>

**TAPA ANTERIOR**



<b>CANTIDAD:</b> 01	<b>FORMADO POR:</b>  02 AGUJEROS PASANTES DE DIAMETRO 7.5 mm	<b>LARGO:</b> 70 mm
<b>MATERIAL:</b> SAE 1020		<b>ANCHO:</b> 24 mm
		<b>ESPESOR:</b> 9.5 mm
CON UN SEGMENTO CIRCULAR DE 5.2 mm DE RADIO	<b>PESO:</b> 0.13 Kg.	<b>PIEZA 06</b>

**RUEDA DE JEBE**



<b>CANTIDAD:</b> 01	<b>FORMADO POR:</b>	<b>DIAMETRO EXT:</b> 85mm
<b>MATERIAL:</b> JEBE	JEBE VULCANIZADO	<b>DIAMETRO INT:</b> 15.8 mm
	CANAL CHAVETERO DE 5 mm	<b>ESPESOR:</b> 19 mm
CANAL CHAVETERO	<b>PESO:</b> 1.02 Kg.	<b>PIEZA 07</b>

**Después de hallar el material verificamos el peso de cada una de sus piezas y obtenemos:**

Hallamos la suma del peso de todas las partes o piezas del refrentador, hallamos que el peso del refrentador es de 13.46 Kg, por lo cual verificamos que el peso del dispositivo refrentador es bien liviano y no dificultaría su uso por el bajo peso que presenta.

**TABLA 11: Tabla de pesos del refrentador**

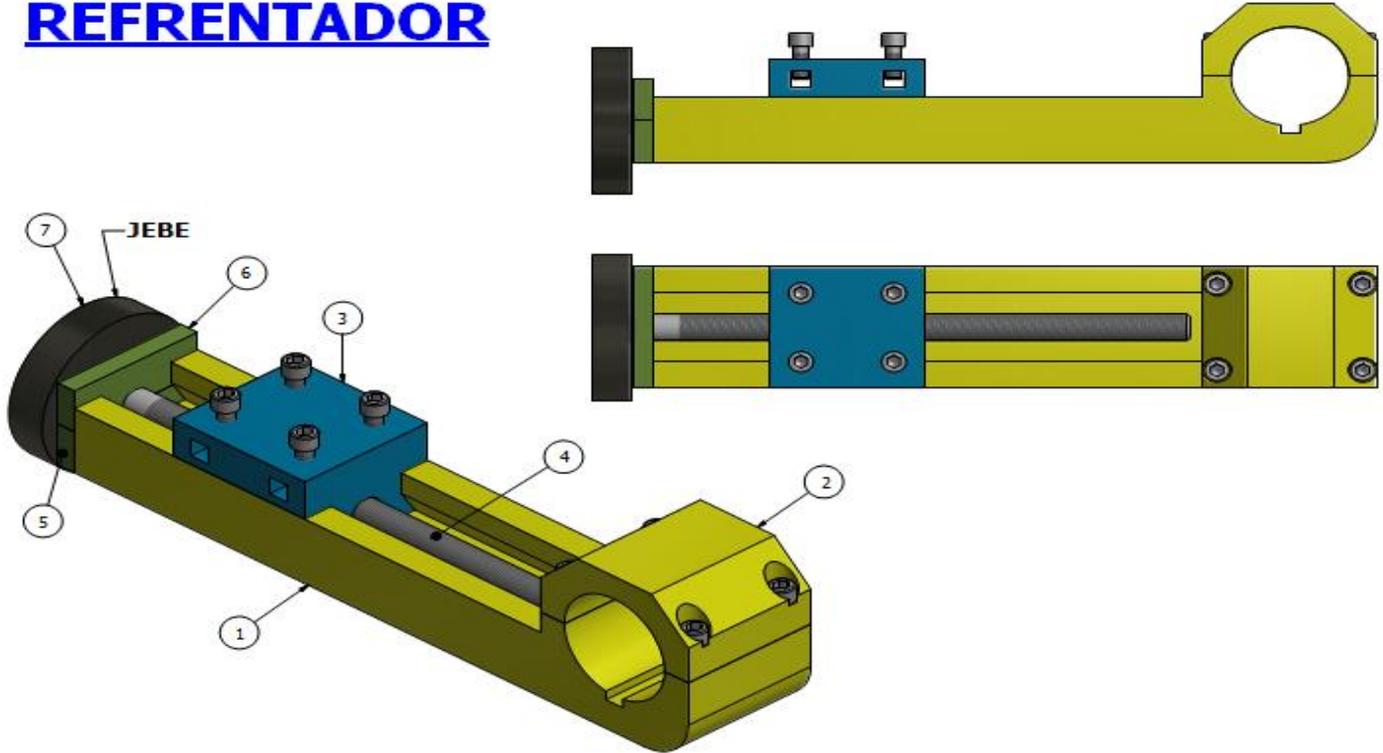
<b>N°</b>	<b>PIEZAS</b>	<b>PESOS</b>
1	BASE	8.02 Kg
2	BRIDA PARTIDA	1.94 Kg
3	PORTA CUCHILLA	1.85 Kg
4	ESPARRAGO	0.37 Kg
5	TAPA POSTERIOR	0.13 Kg
6	TAPA ANTERIOR	0.13 Kg
7	RUEDA DE JEBE	1.02 Kg
<b>PESO TOTAL</b>		<b>13.46 Kg</b>

### **Planos de fabricación del refrentador.**

Se realizó el diseño de las piezas para el dispositivo de refrentado tomando en consideración las solicitudes mecánicas y requerimientos necesarios para una operación eficiente y duradera.

PLANO 1: Ensamble de refrentador portátil

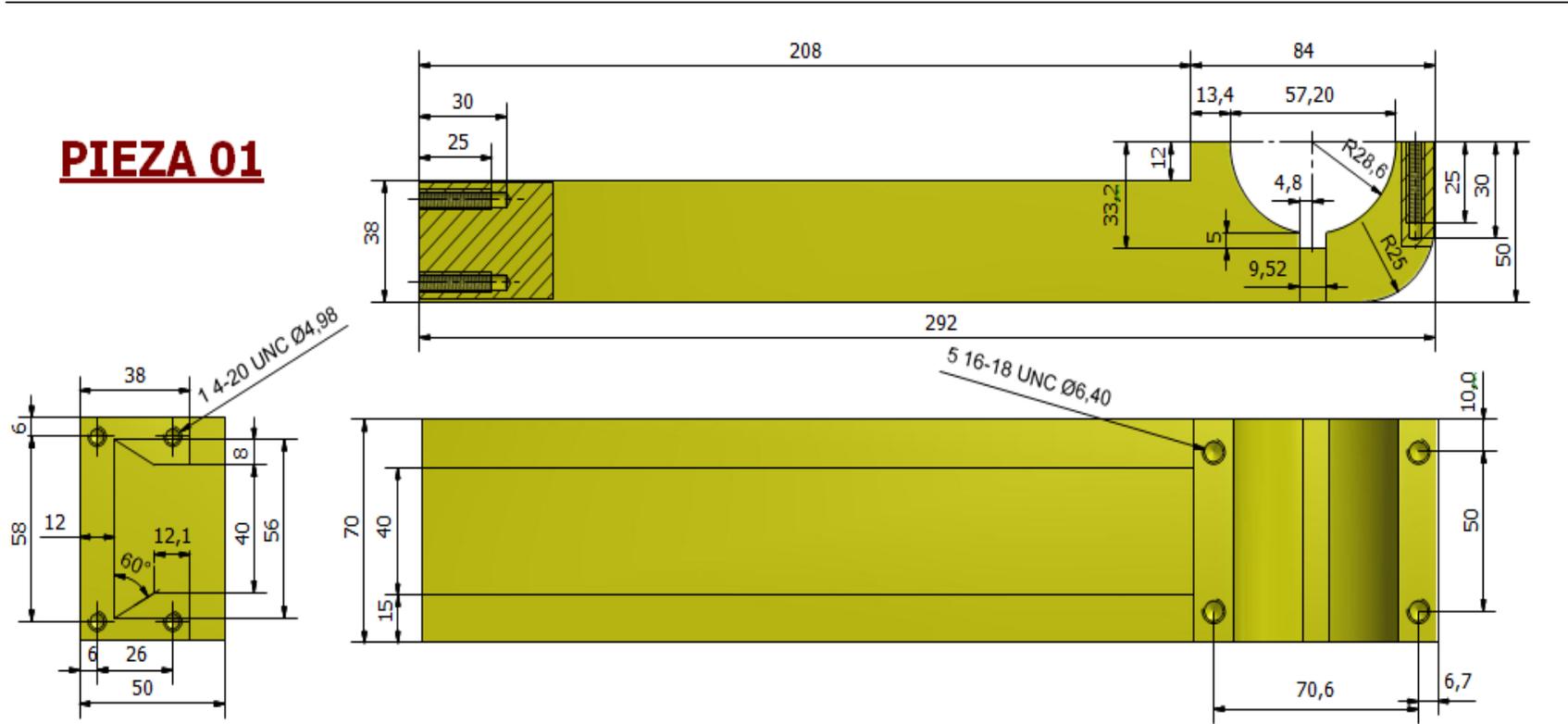
**REFRENTADOR**



0	1	Ensamble de piezas	SAE 1020	230x50x70	13.46 Kg	mm
N°	Cant.	Descripcion	Material	Dimensiones	Peso	U.M.
Observaciones	Nombre Proyecto					
	<b>REFRENTADOR PORTATIL</b>					
	Dibujado Por:	Revizaso por:	Fecha	Escala		
	Paz Vigo Javier		01/09/2017	1 - 1.25		

PLANO 2: Base

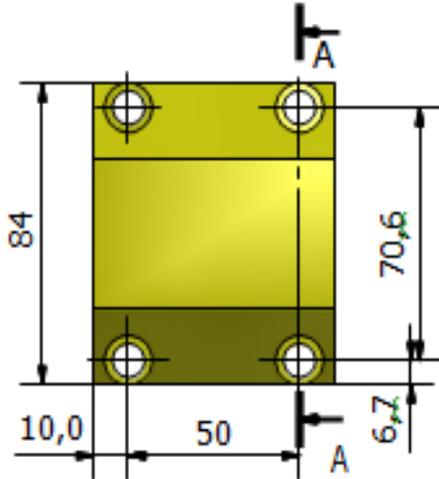
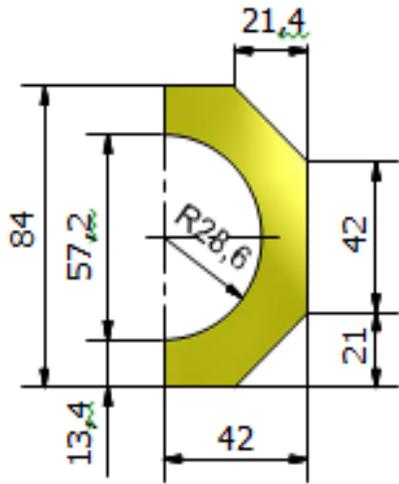
**PIEZA 01**



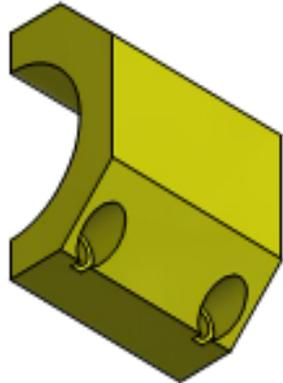
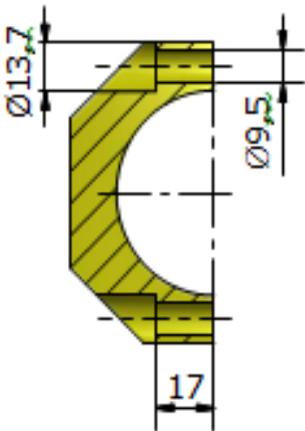
1	1	Pieza 01	SAE 1020	292x70x50	8.2 Kg	mm
N°	Cant.	Descripcion	Material	Dimensiones	Peso	U.M.
Observaciones			Nombre Proyecto			
			<b>BASE</b>			
	Dibujado Por:	Revizaso por:	Fecha	Escala		
	Paz Vigo Javier		01/09/2017	1 - 1.25		

PLANO 3: Brida sujetadora

**PIEZA 02**



DETALLE A-A



2	1	Pieza 02	SAE 1020	84x70x42	1.94 Kg	mm
N°	Cant.	Descripcion	Material	Dimensiones	Peso	U.M.
Observaciones			Nombre Proyecto			
			<b>BRIDA SUJETADORA</b>			
		Dibujado Por:	Revizado por:	Fecha	Escala	
		Paz Vigo Javier		01/09/2017	1 - 1.25	

**PLANO 4: porta cuchillas**

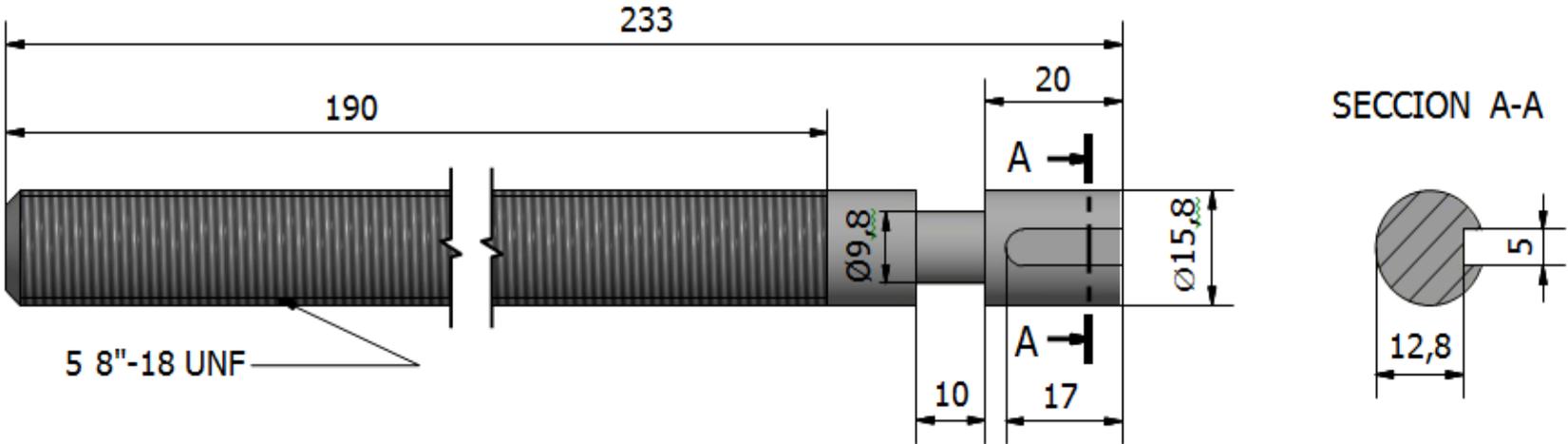
**PIEZA 03**

INCERTAR UNA TUERCA DE 5/8" HILO FINO

3	1	Pieza 03	SAE 1020	75x70x48	1.85 Kg	mm
N°	Cant.	Descripción	Material	Dimensiones	Peso	U.M.
Observaciones			Nombre Proyecto			
			PORTA CUCHILLA			
		Dibujado Por:	Revizado por:	Fecha	Escala	
		Paz Vigo Javier		01/09/2017	1 - 1.25	

PLANO 5: Esparrago

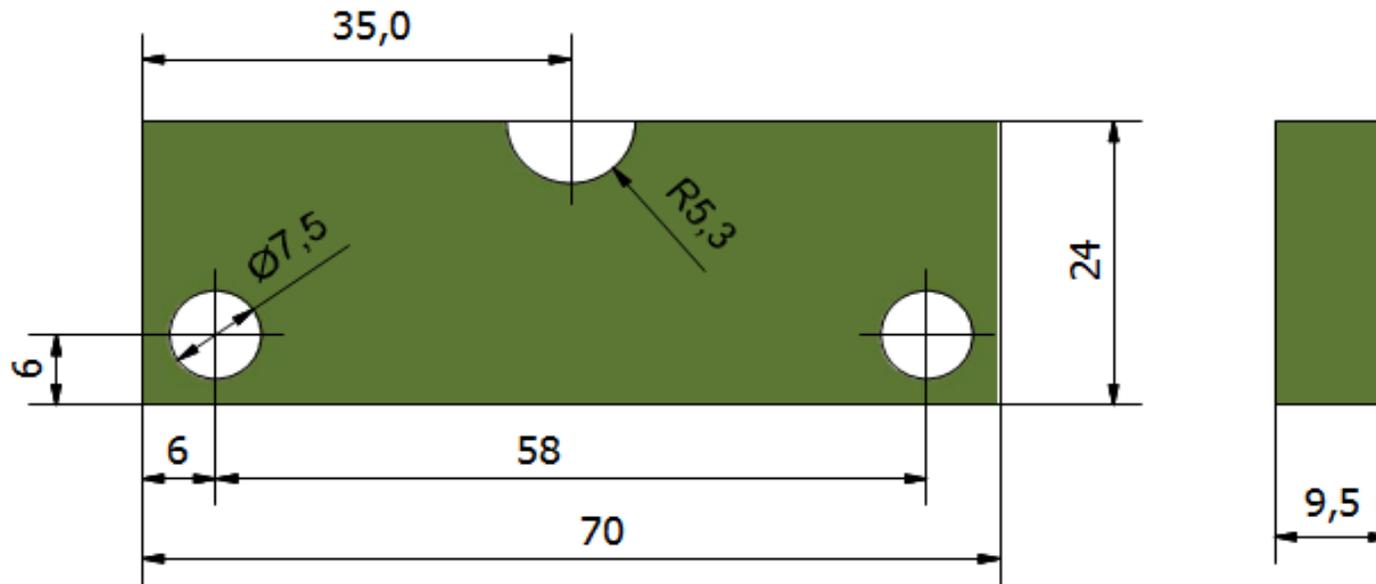
# PIEZA 04



4	1	Pieza 04	SAE 1070	233x15.8	0.37 Kg	mm
N°	Cant.	Descripcion	Material	Dimensiones	Peso	U.M.
Observaciones			Nombre Proyecto			
			<b>ESPARRAGO</b>			
	Dibujado Por:	Revizaso por:	Fecha	Escala		
	Paz Vigo Javier		01/09/2017	1 - 1.25		

PLANO 6: Tapa posterior

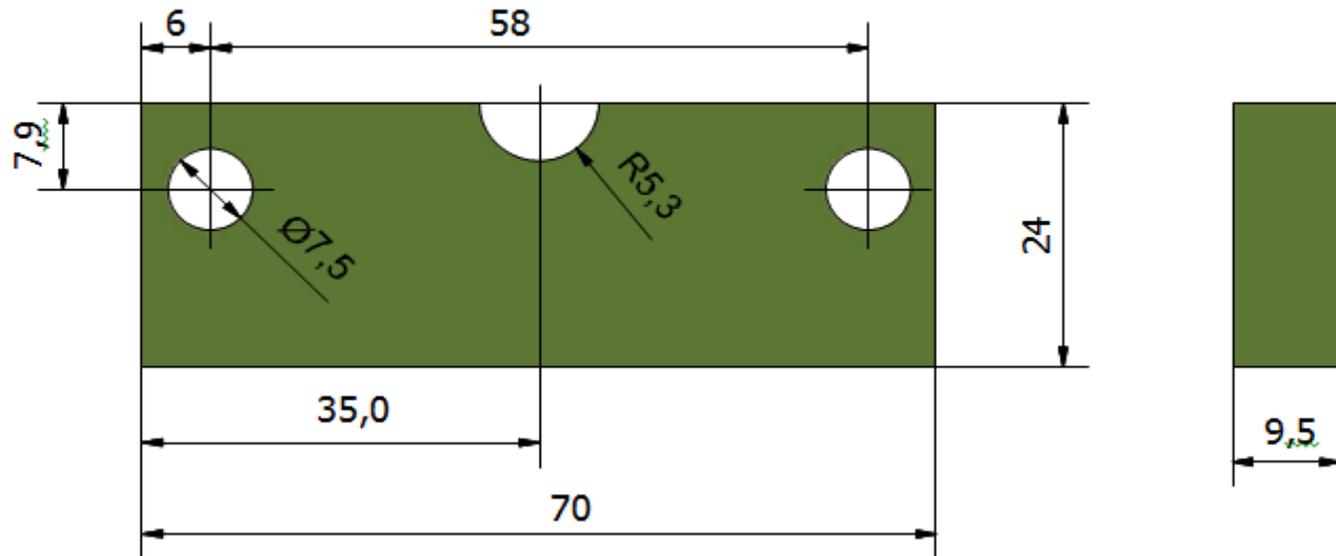
# PIEZA 05



5	1	Pieza 05	SAE 1020	70x24x9.5	0.13 Kg	mm
N°	Cant.	Descripcion	Material	Dimensiones	Peso	U.M.
Observaciones			Nombre Proyecto			
			<b>TAPA POSTERIOR</b>			
Dibujado Por:			Revizaso por:	Fecha	Escala	
Paz Vigo Javier				01/09/2017	1 - 1.25	

PLANO 7: Tapa anterior

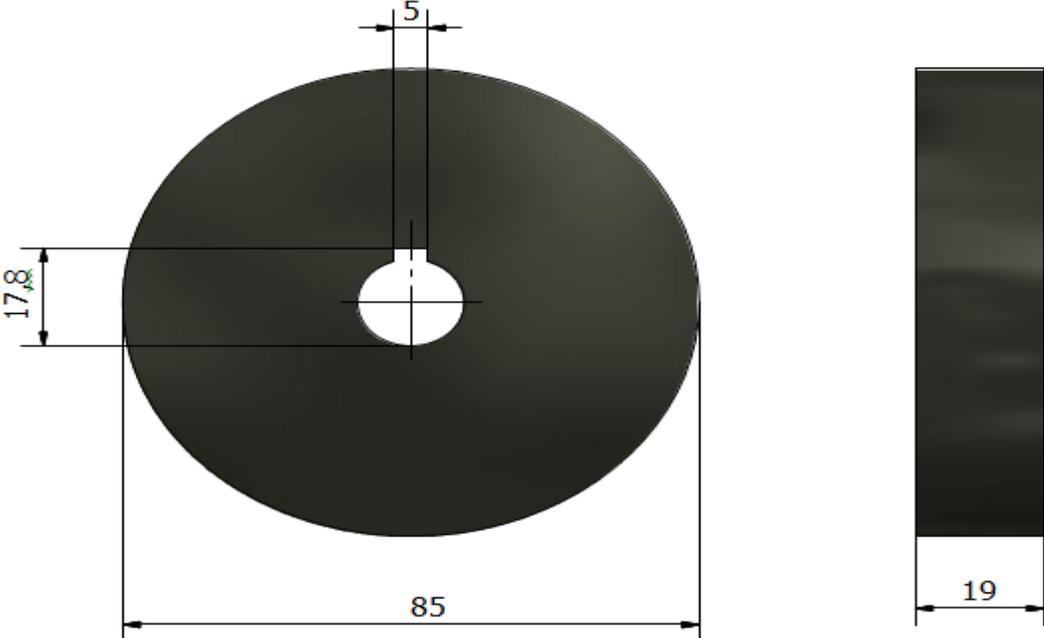
# PIEZA 06



6	1	Pieza 06	SAE 1020	70x24x9.5	0.13 Kg	mm
N°	Cant.	Descripcion	Material	Dimensiones	Peso	U.M.
Observaciones			Nombre Proyecto			
			<b>TAPA ANTERIOR</b>			
	Dibujado Por:	Revizaso por:	Fecha	Escala		
	Paz Vigo Javier		01/09/2017	1 - 1.25		

PLANO 8: Rueda de jebe con lona

**PIEZA 07**



7	1	Pieza 07	Jebe	85x19	1.02 Kg	mm
N°	Cant.	Descripcion	Material	Dimensiones	Peso	U.M.
Observaciones			Nombre Proyecto			
			<b>RUEDA DE JEBE CON LONA</b>			
		Dibujado Por: Paz Vigo Javier	Revizaso por:	Fecha	Escala	
				01/09/2017	1 - 1.25	

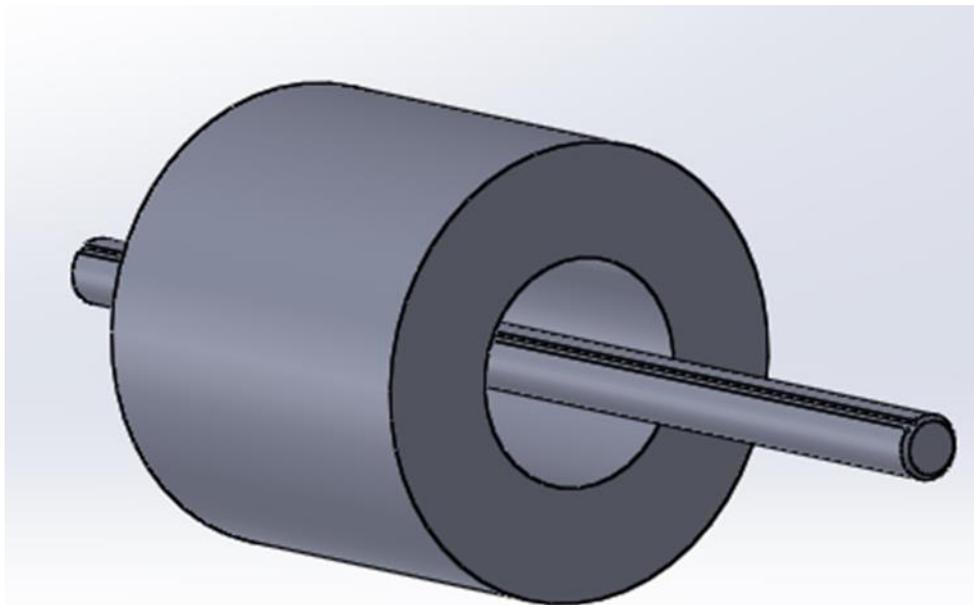
### 3.2 Elaborar un manual de operación para asegurar el correcto uso del dispositivo.

Se procedió a elaborar un manual de operación siguiendo paso a paso la instalación y operación del dispositivo de refrentar, y así capacitar al personal de berrendo para que realice dichos trabajos de refrentado de caras y no tengan problemas en los trabajos de campo ya que es en donde ocurren los problemas y retrasos e incomodidades de los clientes por eso se elabora un manual que se acomode a la operación del dispositivo, tenemos esta los siguientes pasos:



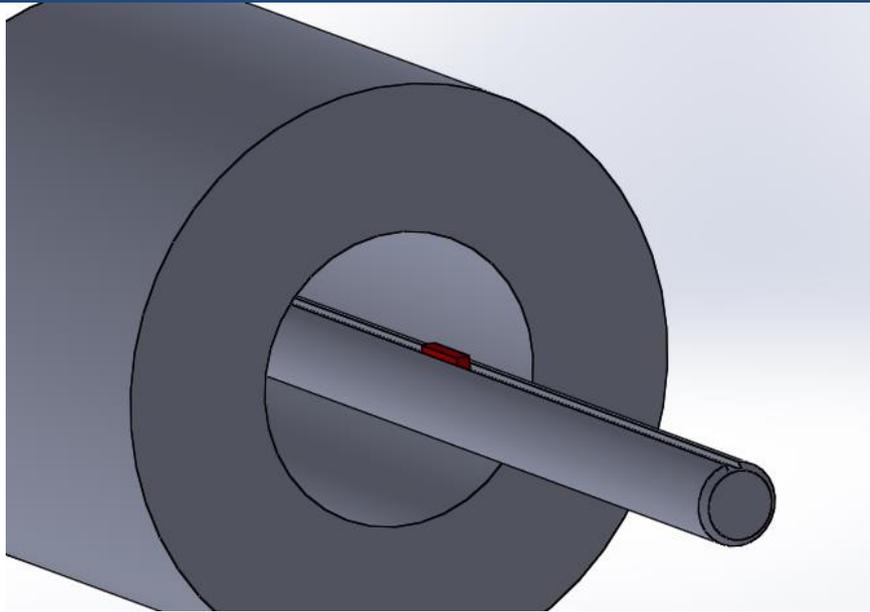
Después de que se concluya los trabajos de maquinado de los alojamientos.

- Verificar que la maquina se encuentre apagada para evitar cualquier accidente con el giro de la barra.
- Se procede a montar el dispositivo de refrentado de caras siguiendo los siguientes pasos:



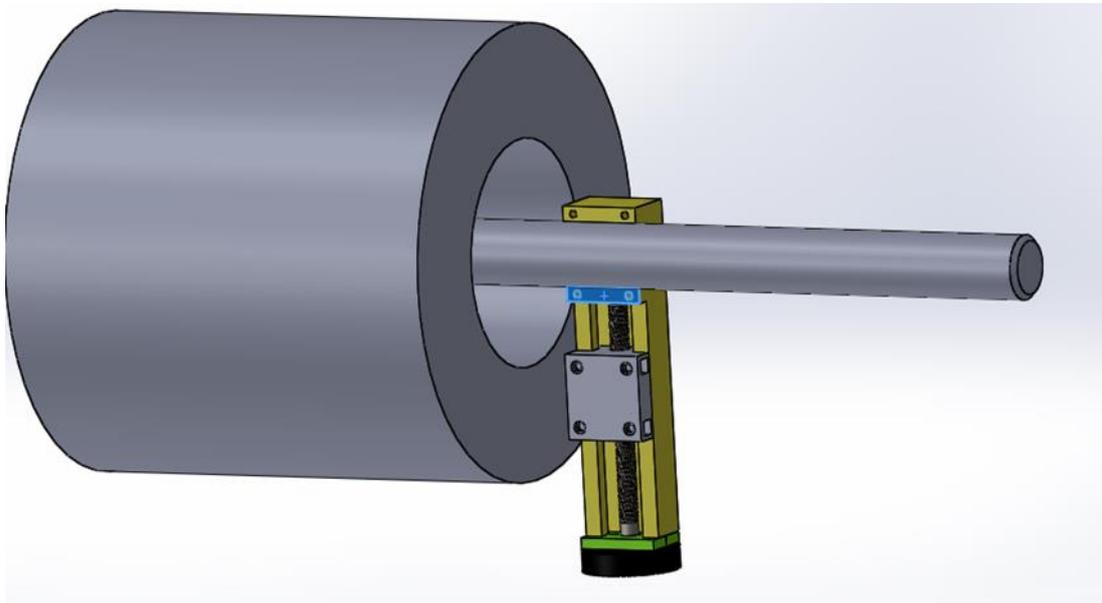
**1° PASO:**

- Coloque la chaveta en el canal de la barra.



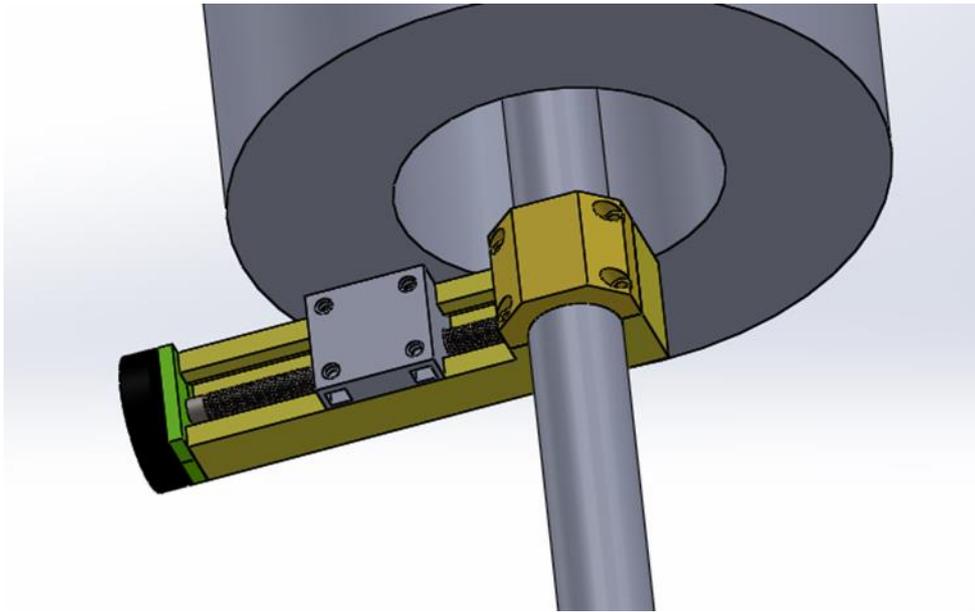
**2° PASO:**

- Coloque la base del dispositivo refrentador.
- Asegúrese de hacer coincidir la chaveta con el canal chavetero de la base.



**3° PASO:**

- Luego monte la brida partida.
- Asegúrelo con los pernos soquets de 5/16" unc 18 hilos / pulgada.
- Asegúrese de que los pernos estén bien ajustados.



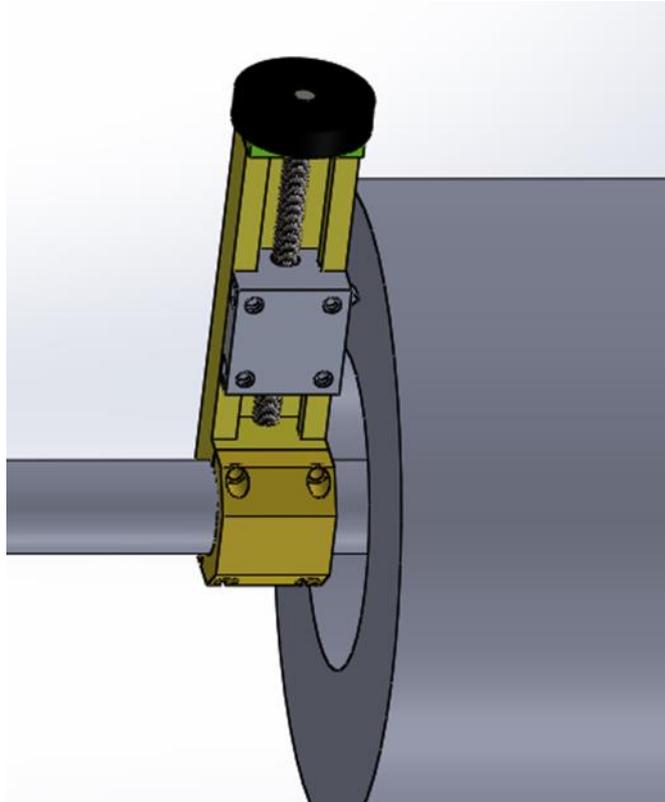
**4° PASO:**

- Encender la máquina barrenadora y regular las velocidades de giro de la barra.

**5° PASO:**

- Instalar la herramienta de corte.

- Verificar en vacío el giro del dispositivo refrentador para evitar una mala maniobra y dañar la herramienta de corte.



#### **6° PASO:**

- Según tablas de velocidades de corte y número de revoluciones por minuto ver la profundidad de corte o sección de viruta para el refrentado.
- Según el plano de metrología del componente a refrentar verificar las distancias a refrentar para calcular los pases de maquinado.

#### **7° PASO:**

- Luego de terminado el trabajo de refrentado verificar las medidas y continuamente procedemos a desmontar y guardar el dispositivo refrentador.

### **3.3 Realizar el análisis económico y financiero del proyecto, y relación Beneficio Economico.**

En este último objetivo específico realizaremos una evaluación económica del diseño de nuestro dispositivo de refrentar, ya que se hizo un estudio y un análisis de acuerdo a su rentabilidad restando los tiempos de parada.

También se realizó una evaluación de los datos estadísticos tanto de los ingresos como de los egresos, como también del costo del dispositivo refrentador.

Para ello se realizó el análisis de costo según los ingresos de la empresa tomando como referencia solo los trabajos de refrentado de caras en el periodo de Junio del 2016 al periodo de Julio del 2017.

#### **Análisis de costos:**

El análisis de costo lo realizamos con el fin de establecer el costo total de construcción del dispositivo refrentador y dar el costo total o un estimado del costo para su fabricación para la empresa ESCO Perú en la ciudad de Cajamarca o para las personas interesadas en realizar la construcción del dispositivo.

#### **Costos directos**

Para analizar los costos directos se considera el valor de fabricación tomando el costo de cada uno de sus mecanismos del dispositivo refrentador y así sumando el costo total.

## Costo de los elementos del dispositivo refrentador

En la siguiente tabla presentamos la cotización de la fabricación de cada una de las partes que tienen que mecanizarse y así ensamblamos los elementos para formar nuestro dispositivo refrentador:

TABLA 12: Costo de los elementos del dispositivo refrentador

COSTO DE RECURSOS PARA FABRICACION DE DISPOSITIVO REFRENTADOR				
ITEN	DESCRIPCION	VALOR UNID S/.	CANTIDAD	SUB TOTAL S/.
1	Cuerpo principal el plancha de acero SAE 1020 de 350x38x70 mm, con (04) agujeros roscados para tapa sujetadora $\phi$ 5/16"	S/. 750.00	1	S/. 750.00
2	Tapa sujetadora hexagonal de 84x50 mm con (04) agujeros pasantes de $\phi$ 13.7 mm incluye pernos	S/. 150.00	1	S/. 150.00
3	Porta cuchilla deslizante en plancha de acero SAE 1020 de 75x48x75 mm, con dos agujeros cuadrados de 1/2" (04) Agujeros roscados y un agujero de $\phi$ 17 mm	S/. 550.00	1	S/. 550.00
4	Tapa rectangular en plancha SAE 1020 de 70x24x9.5 mm, con dos agujeros pasantes de $\phi$ 7.5 mm y 1/2 luna de radio 5.3	S/. 150.00	1	S/. 150.00
5	Tapa rectangular en plancha SAE 1020 de 70x24x9.5 mm, con dos agujeros pasantes de $\phi$ 7.5 mm y 1/2 luna de radio 5.3	S/. 150.00	1	S/. 150.00
6	Tornillo $\phi$ 5/8 UNF x 290 mm de largo, de acero VCL con tope de $\phi$ 15.8 x 20 mm, con canal chavetero de 5 x 17 mm	S/. 250.00	1	S/. 250.00
7	Amortiguador de jebe con lona de $\phi$ 85 x 19 mm de espesor, con (01) agujero central de 17.8 mm	S/. 50.00	1	S/. 50.00
			<b>Total</b>	<b>S/. 2,050.00</b>

Pecios expresados en dólares en la conversión a moneda nacional saldría:

$\$/. 2050 \times 3.5 = S/. 7175$  soles sale la fabricación en moneda nacional.

### **Costo de ingeniería:**

Aquí se evalúa el costo del diseño que se estaría estimando como por el levantamientos de los planos para su fabricación, el costo de los cálculos para la selección de los materiales a utilizar, lo cual se obviaría por este caso que el diseño y los cálculos se realizaron por fuente propia según los conocimientos adquiridos en esta universidad.

El tiempo en la realización del diseño del dispositivo refrentador será de dos meses.

El tiempo necesario para la fabricación será de 20 días hábiles después de hacer el contrato con la empresa metalmecánica o de maestranza dedicada a los trabajos de manufactura.

### **Costos adicionales:**

Los costos adicionales tienen que ver con la movilización al momento de las entrevistas y al contrato del taller de maestranza para la fabricación, el cual tiene un costo.

TABLA 13: Costos adicionales:

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	
Diseño de planos	S/. 200.00
Impresión de los planos	S/. 20.00
Movilidad	S/. 50.00
Utiles de oficina	S/. 60.00
<b>Total</b>	<b>S/. 330.00</b>

### **Costo total:**

El costo total del dispositivo de refrentado lo sacamos sumando los costos directos y los costos indirectos así tenemos:

**TABLA 14: Costo total:**

<b>COSTO TOTAL</b>	
<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>S/. 7,175.00</b>
<b>COSTO INDIRECTO</b>	<b>S/. 330.00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>S/. 7,505.00</b>

**Ingresos de la empresa en los trabajos de refrentado de caras:**

La empresa ESCO Perú SRL sede en la ciudad de Cajamarca realiza trabajos de fabricación y reparación de componentes de gran magnitud por ello se realiza distintos tipos de trabajos en las distintas áreas como:

- Área de soldadura.
- Área de corte.
- Área de armado.
- Área de maquinado.

En esta última área se desempeñan los trabajos de maquinado que son los siguientes:

- Taladrado
- Alineamiento laser.
- Barrenado.
- Refrentado.

Estos trabajos son realizados por los barrenadores de la empresa son el personal capacitado para dichos trabajos de maquinado de campo, en ese último hemos realizado los cálculos de costos por producción. Para ello se realizó el análisis de costo según los ingresos de la empresa tomando como referencia solo los trabajos de refrentado de caras en el periodo de Junio del 2016 al periodo de Julio del 2017.

**TABLA 15: Costos por órdenes de trabajo de julio - diciembre (2016)**

<b>ESCO Perú SRL CAJAMARCA</b>			
<b>COSTOS POR ORDENES DE TRABAJO DE JULIO - DICIEMBRE (2016):</b>			
<b>Departamento de Maquinado:</b>			
<b>OT 07CJ2016-E : REPARACION DE MANDIBULA HITACHI EX5500</b>			
<b>FECHA: JULIO 2016</b>	<b>N° horas</b>	<b>Presupuesto unitario</b>	<b>TOTAL</b>
Alojamiento ø250 mm (04 CARAS)	8	S/. 214.70	S/. 1,717.60
Alojamiento ø200 mm (04 CARAS)	6	S/. 190.00	S/. 1,140.02
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>2,857.62</b>
<b>OT 08CJ2016-E : REPARACION DE TAPA HITACHI EX5500</b>			
<b>FECHA: AGOSTO 2016</b>	<b>N° horas</b>	<b>Presupuesto unitario</b>	<b>TOTAL</b>
Alojamiento ø320 mm (04 CARAS)	9.2	S/. 220.29	S/. 2,026.67
Alojamiento ø260 mm (04 CARAS)	8	S/. 237.51	S/. 1,900.08
Alojamiento ø250 mm (04 CARAS)	8	S/. 214.70	S/. 1,717.60
Alojamiento ø170 mm (04 CARAS)	5	S/. 214.00	S/. 1,070.00
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>6,714.35</b>
<b>OT 09CJ2016-E : REPARACION DE BUCKET DE CARGADOR FRONTAL CAT 994-G</b>			
<b>FECHA: SETIEMBRE 2016</b>	<b>N° horas</b>	<b>Presupuesto unitario</b>	<b>TOTAL</b>
Alojamiento ø204 mm (04 CARAS)	8	S/. 223.15	S/. 1,785.20
Alojamiento ø198 mm (04 CARAS)	8	S/. 201.25	S/. 1,610.00
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>3,395.20</b>
<b>OT 10CJ2016-E : REPARACION DE MANDIBULA HITACHI EX5500</b>			
<b>FECHA: OCTUBRE 2016</b>	<b>N° horas</b>	<b>Presupuesto unitario</b>	<b>TOTAL</b>
Alojamiento ø250 mm (04 CARAS)	8	S/. 214.70	S/. 1,717.60
Alojamiento ø200 mm (04 CARAS)	6	S/. 190.00	S/. 1,140.02
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>2,857.62</b>
<b>OT 11CJ2016-E : REPARACION DE BUCKET HITACHI EX2500</b>			
<b>FECHA: NOVIEMBRE 2016</b>	<b>N° horas</b>	<b>Presupuesto unitario</b>	<b>TOTAL</b>
Alojamiento ø210 mm (04 CARAS)	8	S/. 189.06	S/. 1,512.48
Alojamiento ø190 mm (04 CARAS)	6	S/. 135.50	S/. 813.00
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>2,325.48</b>
<b>OT 12CJ2016-E : REPARACION DE MANDIBULA KOMATSU PC4000</b>			
<b>FECHA: DICIEMBRE 2016</b>	<b>N° horas</b>	<b>Presupuesto unitario</b>	<b>TOTAL</b>
Alojamiento ø170 mm (04 CARAS)	6	S/. 97.30	S/. 583.80
Alojamiento ø120 mm (04 CARAS)	6	S/. 133.71	S/. 802.26
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>1,386.06</b>

**TABLA 16: Costos por órdenes de trabajo de enero - junio (2017)**

<b>ESCO Perú SRL CAJAMARCA</b>			
<b>COSTOS POR ORDENES DE TRABAJO DE ENERO - JUNIO (2017)</b>			
<b>Departamento de Maquinado</b>			
<b>OT 01CJ2017-E : REPARACION DE TAPA KOMATSU PC 4000</b>			
<b>FECHA: ENERO 2017</b>	<b>N° horas</b>	<b>Presupuesto unitario</b>	<b>TOTAL</b>
Alojamiento ø230 mm (04 CARAS)	8	S/. 201.88	S/. 1,615.04
Alojamiento ø200 mm (04 CARAS)	8	S/. 226.20	S/. 1,809.60
Alojamiento ø140 mm (04 CARAS)	8	S/. 110.83	S/. 886.64
Alojamiento ø120 mm (04 CARAS)	6	S/. 133.71	S/. 802.26
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>5,113.54</b>
<b>OT 02CJ2017-E : REPARACION DE BUCKET DE CARGADOR FRONTAL CAT 994-G</b>			
<b>FECHA: FEBRERO 2017</b>	<b>N° horas</b>	<b>Presupuesto unitario</b>	<b>TOTAL</b>
Alojamiento ø204 mm (04 CARAS)	8	S/. 223.15	S/. 1,785.20
Alojamiento ø198 mm (04 CARAS)	8	S/. 201.25	S/. 1,610.00
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>3,395.20</b>
<b>OT 03CJ2017-E : REPARACION DE BUCKET DE CARGADOR FRONTAL KOMATSU WA-1200</b>			
<b>FECHA: MARZO 2017</b>	<b>N° horas</b>	<b>Presupuesto unitario</b>	<b>TOTAL</b>
Alojamiento ø300 mm (04 CARAS)	8	S/. 229.21	S/. 1,833.68
Alojamiento ø220 mm (04 CARAS)	8	S/. 210.36	S/. 1,682.88
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>3,516.56</b>
<b>OT 04CJ2017-E : REPARACION DE PUNTA DE BRAZO DE PALA EX 5500</b>			
<b>FECHA: ABRIL 2017 (Trabajo de campo en mina)</b>	<b>N° horas</b>	<b>Presupuesto unitario</b>	<b>TOTAL</b>
Alojamiento ø320 mm (04 CARAS)	10	S/. 350.21	S/. 3,502.09
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>3,502.09</b>
<b>OT 05CJ2017-E : REPARACION DE TAPA HITACHI EX5500</b>			
<b>FECHA: MAYO 2017</b>	<b>N° horas</b>	<b>Presupuesto unitario</b>	<b>TOTAL</b>
Alojamiento ø320 mm (04 CARAS)	9.2	S/. 220.29	S/. 2,026.67
Alojamiento ø260 mm (04 CARAS)	8	S/. 237.51	S/. 1,900.08
Alojamiento ø250 mm (04 CARAS)	8	S/. 214.70	S/. 1,717.60
Alojamiento ø170 mm (04 CARAS)	5	S/. 214.00	S/. 1,070.00
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>6,714.35</b>
<b>OT 06CJ2017-E : REPARACION DE BUCKET HITACHI EX2500</b>			
<b>FECHA: JUNIO 2017</b>	<b>N° horas</b>	<b>Presupuesto unitario</b>	<b>TOTAL</b>
Alojamiento ø210 mm (04 CARAS)	8	S/. 189.06	S/. 1,512.48
Alojamiento ø190 mm (04 CARAS)	6	S/. 135.50	S/. 813.00
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>2,325.48</b>

Con lo cual verificando los trabajos más resaltantes en el periodo de Julio del 2016 al periodo Junio 2017 vemos que las ganancias más resaltantes en los trabajos de refrentados fueron los siguientes:

**TABLA 17: ingresos de la empresa ESCO Perú en los trabajos de refrentado**

<b>INGRESOS DE LA EMPRESA ESCO Perú EN LOS TRABAJOS DE REFRENTADOS</b>		
<b>ITEM</b>	<b>PERIODO</b>	<b>SUB TOTAL</b>
1	jul-16	S/. 2,857.62
2	ago-16	S/. 6,714.35
3	sep-16	S/. 3,395.20
4	oct-16	S/. 2,857.62
5	nov-16	S/. 2,325.48
6	dic-16	S/. 1,386.06
7	ene-17	S/. 5,113.54
8	feb-17	S/. 3,395.20
9	mar-17	S/. 3,516.56
10	abr-17	S/. 3,502.09
11	may-17	S/. 6,714.35
12	jun-17	S/. 2,325.48
<b>TOTAL</b>		<b>S/. 44,103.55</b>

El costo de un beneficio económico se da optimizando los tiempos de refrentado en este caso:

- Reduciendo las paradas inesperadas por alguna falla del dispositivo.
- Reduciendo el tiempo de montaje en la barra de la barrenadora.
- Una mejor firmeza en el momento que realiza el maquinado.
- Reduciendo las vibraciones.

## Calculo del costo del dispositivo de refrentado

Descripción	Costo
Diseño de planos y otros gastos	S/. 330
Materiales	S/. 2000
Mano de obra	S/. 5175
Costo total	S/. 7505

## Beneficio económico

**TABLA 18 Tabla Comparativa**

Descripción	Refrentador importado climax	Refrentador propuesto (diseñado)	diferencia	Beneficio
<b>Precio del dispositivo en soles</b>	S/. 26,658.66	S/. 7,505	S/. 19,153.66	S/. 19,153.66
<b>Mantenimientos al año</b>	4	1	3	S/. 900
<b>Costo por mantenimiento</b>	S/. 300	S/. 50	S/. 250	S/. 250
<b>Vida útil en horas</b>	14600	30000	S/. 15400	
<b>Costo por hora</b>	S/. 1.83	S/. 0.25	S/. 1.58	
<b>Tiempo de refrentado de una cara de 480 mm</b>	2.5	1.5	1	
<b>Beneficio total</b>				S/. 20303.66

#### **IV. DISCUSIÓN**

Este dispositivo ha sido diseñado para el refrentado de caras de maquinaria pesada, no obstante puede ser usado en la industria como la industria naval, agrícola, agroindustrial. Plantas de procesamiento, etc.

Se plantea la búsqueda o diseño de un sistema automático regulable para poder obtener un mejor acabado superficial y un sistema de penetración de corte para poder controlar la medida y profundidad de corte.

**IMAGEN 29: Vista lateral del refrentador fabricado**



**IMAGEN 30: Vista frontal del refrentador fabricado**



## **V. CONCLUSIÓN**

Se realizó el diseño del dispositivo de refrentado basándose en las situaciones, necesidades y problemas encontrados en la situación actual, dispositivo que resolvió la problemática que existía en la empresa.

Basándonos en los resultados obtenidos se concluye, que para mejorar significativamente los trabajos Insitu y sobre todo el proceso de refrentado de caras de los componentes de maquinaria pesada, era necesario el diseño de un dispositivo que cuente con características de trabajo similares a los refrentadores importados, pero fabricado con tecnología nacional a un menor costo de producción y con materiales disponibles en el mercado local.

Se elaboró un manual de operación con el fin de asegurar la correcta operación del dispositivo de refrentado, y aprovechar al máximo las ventajas que nos da su diseño con el fin de obtener mayor beneficio para la empresa.

Se estima que los beneficios alcanzados superan ampliamente los objetivos trazados traduciéndose en una utilidad de S/. 44,103.55 soles al año y un mejor ambiente de trabajo.

Se realizó el análisis de beneficio económico el mismo que se determina ahorrando en los tiempos por paradas inesperadas y mantenimiento del dispositivo el ahorro esta en S/. 20303.66 según la tabla 18 comparativa donde vemos los costos de fabricación y mantenimiento al año tenemos un ahorro significativo.

## **VI. RECOMENDACIONES**

El dispositivo diseñado (refrentador) requiere personal con conocimiento en máquinas herramientas para su operación, y tenga completo conocimiento del manual de operación diseñado para dicho propósito.

El diseño de este dispositivo necesita un mantenimiento adecuado de acuerdo a su uso, dejándolo libre de virutas, polvo, escorias, etc. engrasando las partes móviles y los espárragos, almacenarlo dentro de una caja protegido de golpes accidentales o caída de objetos.

Se recomienda evitar trabar el dispositivo cuando se está refrentando, puesto que esto podría generar deformaciones o fisuras internas en algunas partes del dispositivo y generar accidentes en una futura manipulación.

Se recomienda inspeccionar el dispositivo para identificar alguna pieza deteriorada y si fuera el caso reemplazarla inmediatamente.

## VII. REFERENCIAS

MARTINEZ, María. Mantenimiento, preparación y manejo de tractores. España, Málaga. 2014. Pp. 212. ISBN: 978-84-8364-919-0

ÀGUEDA, Eduardo; GRACIA, Joaquín; GOMEZ, Tomas; NAVARRO, José; GARCIA, José. Mecanizado y soldadura. España, Madrid. 2014. Pp. 160. ISBN: 978-84-283-3581-2

SOLBES, Raúl. Automatismos industriales (contenidos conceptuales y procedimiento). Instalaciones eléctricas y automáticas. España, valencia. 2014. Pp. 298. ISBN 13: 978-84-7642-920-4

MILLAN, Simón. Fabricación por arranque de viruta. España, Madrid. 2012. Pp. 456. ISBN: 978-84-9732-883-8

GARCÌA, José María; URDA, Pedro. Mecanizado básico. 1ra ed. España, Madrid. 2009. Pp. 272. ISBN: 978-84-9732-693-3

BUQUÈ, Francesc. Manuales prácticos de refrigeración. Tomo IV. España, Barcelona. 2008. Pp. 208. ISBN: 978-84-267-1465-7

MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas. 4ª ed. México, 2006. Pp. 944. ISBN: 970-26-0812-0

GINJAUME, Albert; TORRE, Felipe. Realización de proyectos y piezas en las maquinas herramientas. España, Madrid. 2005. Pp. 263. ISBN:849732353

GERLING, Heinrich. Alrededor de las maquinas – herramientas. 3ª ed. España, Barcelona: 2002. Pp 269. ISBN: 84-291-6049-3

GROOVER, Mikell P. fundamentos de manufactura moderna. Materiales, procesos y sistemas. México, 1997. ISBN:968-880-846-6

APOPOLD, Hans; FEILER, Kurt; REINHARD, Alfred; SCHMIDT, Paul.  
Tecnología de los metales. España, Barcelona: 1985. Pp. ISBN: 84-  
291-6014-0

BARTSCH, Walter. Herramientas, maquinas trabajo. España, Barcelona:  
san Maguin. 1973 Pp. ISBN: 84-291-6021-3

SHIGLEY, J; Diseño en Ingeniería Mecánica, Editorial Mc Graw Hill,  
Octava Edición; México; 2008.

SHIGLEY, J; Diseño en Ingeniería Mecánica, Editorial Mc Graw Hill,  
Sexta Edición; México; 2002.

#### **CONSULTAS WEB**

<http://www.coromant.sandvik.com>

<http://www.cpmt.com>

<http://www.yorkmachine.com>

## ANEXOS

### Anexo1

#### ENTREVISTA N°1

Cuestionario:

1. ¿Nos podría comentar, como refrentan las caras de un mecanismo no desmontable de alguna maquina?

---

---

2. ¿Qué tiempo demoran en realizar dicha labor de refrentado de una cara de 480mm de diámetro exterior?(horas)

---

---

3. ¿Cuáles son las ventajas utilizando el refrentador portátil en el maquinado de las caras?

---

---

4. ¿Cuáles son las desventajas utilizando el refrentador portátil en el maquinado de las caras?

---

---

5. ¿Conoce de alguna maquina especial para realizar dicho trabajo de refrentado?

---

---

6. ¿Cuánto tiempo demoran en refrentar una cara?

---

---

## Entrevista n° 2

OBJETIVO: Conocer acerca de las experiencias de los operadores de máquinas herramientas portátiles de refrentar en la empresa ESCO Perú SRL, sobre el refrentado de las caras en los distintos componentes reparados.

NOMBRE DEL ENTREVISTADO: José Alberto Pastor Villavicencio

DNI: 43751335

¿Ventajas y desventajas de los refrentadores?

### **Ventajas:**

Dan perpendicularidad a la cara con respecto al alojamiento.

Deja un buen acabado superficial que realizándolo con otro método como es el esmeril.

Es un trabajo que se puede realizar en cualquier posición.

Es un dispositivo fácil de montar en la barra de la barrenadora.

Se puede controlar con más exactitud las medidas de las caras y así dejarlas según su plano de fabricación.

Usando un refrentador es más rápido y seguro realizar el maquinado de las caras porque con el método de esmerilado se produce contaminación al ambiente y problemas ergonómicos por el peso del esmeril y la posición de esmerilado.

### **Desventajas:**

Difícil de operar, cualquier persona no podría operarlo sin una capacitación.

Las capacitaciones también serían complicadas que al ser máquinas fabricadas en el extranjero no tendrían personal capacitado en Perú.

Para el montado lo dificultoso porque son varias piezas del dispositivo por eso se necesita dejar un espacio de 120mm entre cara rellena y soporte de chumacera.

Es costoso por tal motivo la empresa no cuenta con muchos dispositivos refrentadores.

1. Cuánto tiempo demoran en refrentar una cara?

---

---

2. ¿Cuánto cuesta un refrentador?

---

---

3. ¿Qué tan disponibles están en el mercado?

---

---

4. ¿Cuánto cuesta el mantenimiento de los refrentadores?

---

---

5. ¿Cuántas personas lo operan?

---

---

6. ¿Qué herramientas de corte usan?

---

---

7. ¿Cuánto cuesta un refrentador?

Los refrentadores varían según su tamaño, diseño y la capacidad que tiene el dispositivo dentro de estos tenemos algunos de los siguientes refrentadores:

## Anexo2

### M3) 36936 Refrentador de caras planas < 12 " y ranurador



Usado para refrentar las partes planas y perpendiculares al eje de la barra. Avance radial regulable. Trabaja en ambos lados y permite hacer las ranuras para anillos Seeger y Snap Rings.

Diámetro mínimo de refrentado:.....63.5 mm  
 Diámetro mínimo de ranurado:.....101.6 mm  
 Diámetro máximo de refrentado y/o ranurado:.....304.8 mm  
 Diámetro de giro: .....342.9 mm

Costo del refrentador, código 36936 ..... US\$ 7,518.87

### M4) 36954 Refrentador de caras planas < 19 " y ranurador

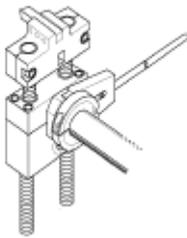


Usado para refrentar las partes planas y perpendiculares al eje de la barra. Avance radial regulable. Trabaja en ambos lados y permite hacer las ranuras para anillos Seeger y Snap Rings.

Diámetro mínimo de refrentado:.....63.5 mm  
 Diámetro mínimo de ranurado:.....101.6 mm  
 Diámetro máximo de refrentado y/o ranurado:.....482.6 mm  
 Diámetro de giro: .....515.6 mm

Costo del refrentador, código 36954 ..... US\$ 7,726.68

### M5) 30044 Refrentador de caras planas < 18 "

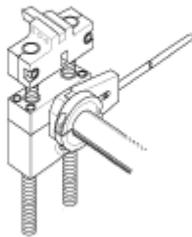


Usado para refrentar las partes planas y perpendiculares al eje de la barra de 2.1/4 de diámetro. Trabaja en ambos lados. No apto para hacer las ranuras para anillos Seeger y Snap Rings (en ese caso, usar los refrentadores 36936 y 36954).

Diámetro mínimo de refrentado:.....63.5 mm  
 Diámetro máximo de refrentado (no ranurado):.....457.2 mm  
 Diámetro mínimo de giro: .....254.0 mm  
 Diámetro máximo de giro: .....472.4 mm

Costo del refrentador, código 30044 ..... US\$ 7,616.76

### M5b) 31412 Refrentador de caras planas < 12 "

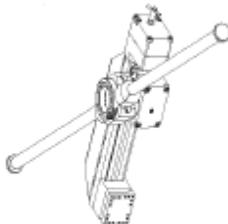


Usado para refrentar las partes planas y perpendiculares al eje de la barra de 1.1/4 de diámetro. Trabaja en ambos lados. No apto para hacer las ranuras para anillos Seeger y Snap Rings (en ese caso, usar los refrentadores 36936 y 36954).

Diámetro mínimo de refrentado:.....53.3 mm  
 Diámetro máximo de refrentado (no ranurado):.....223.5 mm  
 Diámetro mínimo de giro: .....167.6 mm  
 Diámetro máximo de giro: .....238.8 mm

Costo del refrentador, código 31421 ..... US\$ 5,848.84

### M6) 45040 Refrentador de caras planas < 24 " (para servicio pesado)



Herramienta de gran rendimiento, remueve grandes cantidades de material en muy poco tiempo en las partes planas y perpendiculares al eje de la barra. Trabaja en ambos lados.

Ideal para las barenadoras accionadas con motores hidráulicos. A diferencia de los refrentadores 36936 y 36954, tiene mayor capacidad de trabajo para hacer las ranuras para anillos Seeger y Snap Rings.

Diámetro mínimo de refrentado:.....57.2 mm  
 Diámetro máximo de refrentado (no ranurado):.....609.6 mm  
 Diámetro mínimo de giro: .....510.5 mm  
 Diámetro máximo de giro: .....642.6 mm

Costo del refrentador, código 45040 ..... US\$ 21,845.84

## Anexo3

	<b>FACTORIA INDUSTRIAL S.A.C</b>	
	<b>CAJAMARCA</b> Av. Via de Evamiento N° 2418 Telef.: (076) 368481 - 369756 Telefax: (076) 369763 E-mail: fiacca@fiacperu.com	<b>TRUJILLO</b> Panamericana Norte Km. 557 Telef.: (044) 248042- 283237 Fax: (044) 283256 E-mail: fiactru@fiacperu.com
<b>RUC N° 20131609371</b>		
<b>COTIZACIÓN: N° 005-0019395</b>		
<b>Cliente:</b> Javier Paz Vigo	<b>Equipo:</b> Barrenador	
<b>R.U.C. Cliente: DNI</b> 41257319	<b>Componente:</b> Refrentador	
<b>Atención:</b> Javier Paz Vigo	<b>Fecha:</b> 07-nov-17	

Mediante la presente alcanzamos nuestra cotización por lo siguiente:

FABRICAR REFRENTADOR PARA EQUIPO DE BARRENADO					
Item	Descripción	V. Unit US.\$	Observación	Cant.	Sub total US.\$
01	Cuerpo principal en plancha de acero A-514 de 350 x 38 x 70 mm, con (04) agujeros roscados para tapa sujetadora Ø 5/16".	750.00		1	750.00
02	Tapa sujetadora hexagonal de de 84 x 50 mm con (04) agujeros pasantes Ø 13.7 mm incluye pernos.	150.00		1	150.00
03	Porta cuchilla deslizante en plancha de acero A-514 x 75 x 48 x 75 mm, con (02) agujeros cuadrados de 10 mm, (01) agujeros roscado Ø 17 mm, incluye pernos.	550.00		1	550.00
04	Tapa rectoangular en plancha de acero A-514 de 70 x 24 x 9,5 mm de espesor, con (02) agujeros pasantes Ø 7.5 mm y 1/2 luna de radio 5.3.	150.00		1	150.00
05	Tomillo Ø M18 UNF x 290 mm de largo, con tope Ø 15.8 x 20 mm, con canal chavetero de 5 x 17 mm.	250.00		1	250.00
06	Amortiguador de jebe con lona Ø 85 x 19 mm, con (01) agujero central de 17.8 mm.	50.00		1	50.00

<b>TOTAL US \$</b>	<b>1,900.00</b>
--------------------	-----------------

### Nota Importante:

- + Los precios expresados en Dólares Americanos
- + Los precios no incluyen IGV.
- + (10) Días hábiles de plazo de ejecución, en ambos casos.

Atentamente,

**Rodrigo Carranza Mercado**  
**GERENTE ADMINISTRATIVO**  
[rodrigo.carranza@factoriaindustrial.com](mailto:rodrigo.carranza@factoriaindustrial.com)  
[www.factoriaindustrial.com](http://www.factoriaindustrial.com)  
 044-248042 / 076-368481