SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

TRABAJO PROFESIONAL

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO

QUE PRESENTA:

FRANCISCO JAVIER ESPINOZA ORTIZ

CON EL TEMA:

“DISEÑO DE UN SISTEMA MECANICO DE MEDICION PARA LA INSPECCION DE CUCHILLAS”

MEDIANTE :

OPCION I
(TESIS PROFESIONAL)

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS **JUNIO 2019**

INTRODUCCIÓN

A continuación, en este documento se redactarán las actividades que se llevaran a cabo en la empresa que lleva por nombre Grupo Delmex S.A. de C.V., se describirá a detalle cada una de las actividades realizadas durante el proyecto de residencia profesional.

Grupo Delmex es una empresa del giro industrial, que se dedica a la fabricación de piezas por el método de forja en frio y en caliente. Actualmente Grupo Delmex se encuentra produciendo piezas para empresas de diferentes sectores.

Durante la estancia en la empresa, se desarrollará un proyecto que tiene como finalidad dar solución a un problema con el que se cuenta, que es la inspección de piezas, en específico una. El proyecto a desarrollar consiste en el diseño y fabricación de un sistema mecánico de medición para la inspección de cuchillas.

Estas cuchillas también se conocen como bar blade, y pertenecen a una de las principales empresas a nivel mundial en la fabricación de maquinarias e implementos agrícolas. La empresa mencionada, es una reciente adquisición de la cartera de clientes de Grupo Delmex. Al ser una empresa líder, como era de esperarse tiene controles de calidad muy estrictos. La finalidad del desarrollo de este gage es disminuir el tiempo de inspección por pieza al igual que disminuir el personal en esa área, ya que debido a que varias piezas no cumplen con los estándares y tolerancias pedidos por el cliente, se ha duplicado el personal en esta área, por lo que se buscara reducir costos por mano de obra y hacer más eficiente el proceso de medición.

Contenido

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO 1

1.1.- JUSTIFICACIÓN 1
1.2.- OBJETIVOS 1
1.2.1.-OBJETIVO GENERAL 1
1.2.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS 1
1.3.- EMPRESA 2
1.3.1.- HISTORIA DE LA EMPRESA 2
1.3.2.- POLITICA DE LA EMPRESA 3
1.3.3.- MISION 3
1.3.4.- VISION 4
1.3.5.- OBJETIVOS DE LA EMPRESA 4
1.3.6.-SECTORES DE LA INDUSTRIA DE LA EMPRESA 5
1.3.7.- UBICACIÓN Y LOCALIZACION 5
1.4.- AREA DE TRABAJO ASIGNADA 6
1.5.- PROBLEMA A RESOLVER 7
1.5.1.- ALCANCES 8
1.5.2.- LIMITACIONES 8

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO 8

2.1.- EL DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA 8
2.1.1.-FASES E INTERACCIONES DEL PROCESO DE DISEÑO 9
2.1.2.- CONSIDERACIONES DE DISEÑO 10
2.2.- FORJA 11
2.3.- POR LAS CONDICIONES DEL PROCESO 14
2.3.1.- FORJA EN FRIO 14
2.3.3.- FORJA EN CALIENTE 16
2.4.- POR LAS CARACTERISTICAS DE LAS HERRAMIENTAS 17
2.4.1.- MATRIZ ABIERTA 17
2.4.2.- MATRIZ CERRADA 18
2.4.3.- FORJA CON RODILLOS 20
2.5.- EQUIPO PARA FORJA; MARTIILLOS Y PRENSAS 21
2.5.1.- MARTILLOS USADOS EN LA FORJA 21
2.5.2.- PRENSAS USADAS EN LA FORJA 25
2.6.- CONCEPTOS GENERALES 28
2.7.- INSTRUMENTOS DE MEDICION 30
2.8.- TRATAMIENTO TERMICO 33

CAPÍTULO 3. DESARROLLO 35

3.1.- INTRODUCCIÓN Y CONOCIMIENTO AL ÁREA Y DEL PROCESO: 35
3.2.- RECOLECCIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN 37
3.3.- DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL GAGE EN SOLIDWORKS 38
3.4.- SELECCIÓN DE MATERIALES A UTILIZAR 52
3.5.- FABRICACIÓN DEL GAGE 53
3.6.- AJUSTES 60

CAPITULO 4. RESULTADOS 62

CAPITULO 5. CONCLUSIONES 65

CAPITULO 6.- COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS 66

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Ubicación de la empresa, vista desde google maps 5
Fig. 2 Fases del proceso de diseño que reconocen múltiples retroalimentaciones e iteraciones 10
Fig. 3 Prensa hidráulica usada en la forja 12
Fig. 4 Martillo usado en la forja 13
Fig. 5 Descripción del proceso de forja en frio 15
Fig. 6 Pieza forjada en caliente 17
Fig. 7 Diferentes operaciones de forjado en dado abierto: a) Con dados planos, operación por secciones y b) Operación con dados con forma (cóncavos) 17
Fig. 8 Deformación homogénea de una pieza cilíndrica entre dos dados planos 18
Fig. 9 Secuencia en el forjado con dado impresor 19
Fig. 10 Proceso de forjado con rodillo 20
Fig. 11 Componentes de un martillo de caída libre 22
Fig. 12 Componentes de martillo accionado por energía 23
Fig. 13 Componentes de un martillo de contragolpe vertical 24
Fig. 14 Componentes de un martillo de gran potencia 25
Fig. 15 Componentes de prensa mecánica excéntrica 26
Fig. 16 Prensa hidráulica de 4 columnas 27
Fig. 17 Tipos comunes de prensa de tornillo. a) Unidad de fricción b) unidad de accionamiento eléctrico directo. 28
Fig. 18 Micrómetro de exteriores 32
Fig. 19 Reloj indicador analógico 33
Fig. 20 Resumen esquematico de los tratamientos termicos simples para: a) Hipoeutectoides y b) aceros hipereutectoides 34
Fig. 21 Efecto del carbono y del tratamiento térmico en las propiedades de acero a bajo carbono 34
Fig. 22 Vista isométrica del bar blade en solidworks 38
Fig. 23 Vista isométrica de la base del gage en solidworks 39
Fig. 24 Vista isométrica del buje macho en solidworks 40
Fig. 25 Vista isométrica del buje macho que ira en el centro de la placa en solidworks .. 41
Fig. 26 Vista isométrica del seguro en solidworks 42
Fig. 27 Vista isométrica del buje hembra o casquillo 43
Fig. 28 Vista isométrica del ensamble del buje macho y hembra 43
Fig. 29 Vista isométrica de la base fija en solidworks 44
Fig. 30 Vista isométrica de soporte solido en solidworks 45
Fig. 31 Vista isométrica con líneas ocultas de soporte solido en solidworks 45
Fig. 32 Vista isométrica del ensamble del soporte móvil en solidworks 46
Fig. 33 Soporte móvil a 30° mostrado en solidworks 47
Fig. 34 Soporte móvil a 28° mostrado en solidworks 47
Fig. 35 Soporte móvil a 32° mostrado en solidworks 48
Fig. 36 Vista isométrica del consumible en solidworks 49
Fig. 37 Vista isométrica del bloque en solidworks 50
Fig. 38 Vista isométrica del ensamble del gage en solidworks 50
Fig. 39 Apreciación del correcto funcionamiento del gage en la medición del ángulo 51

Fig. 40 En la imagen se puede apreciar la medición del ancho del bar blade 52
Fig. 41 Buje hembra (o casquillos) fabricados..... 53
Fig. 42 Consumibles fabricados..... 54
Fig. 43 Bloque fabricado..... 55
Fig. 44 Soporte solido fabricado y ensamblado en la base del gage..... 55
Fig. 45 Fabricación de la base del gage..... 56
Fig. 46 Base fija fabricada y ensamblada con el consumible y la base del gage..... 57
Fig. 47 Base movible fabricada y ensamblada con el consumible..... 58
Fig. 48 Resortes usados entre los bujes machos y hembras 59
Fig. 49 Bar blade montado sobre el gage 60
Fig. 50 Ajuste de los bujes a la misma altura..... 61
Fig. 51 Verificación del nivel del gage..... 62
Fig. 52 vista frontal del gage..... 63
Fig. 53 Vista isométrica del gage. 64

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de la forja 14

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1.- JUSTIFICACIÓN

La implementación de un sistema mecánico de medición para la inspección de cuchillas, parte de la problemática con la que cuenta actualmente la empresa en el proceso de inspección de las medidas de las cuchillas, por lo que; el diseño y fabricación de este gage traerá grandes ventajas a la empresa.

Este proyecto tendrá un impacto económico ya que se reducirán gastos por mano de obra en el área, hoy en día en toda empresa busca reducir gastos y generar más ganancias, por supuesto sin afectar la calidad del producto.

El impacto social que traerá consigo la implementación de este proyecto, es el probable despido o reubicación de personal en otras áreas, ya que en esta área para la medición de cada pieza se requiere al menos 9 personas. Con el gage solo se va a requerir de dos personas.

1.2.- OBJETIVOS

1.2.1.-OBJETIVO GENERAL

Diseñar y fabricar un sistema mecánico de medición para la inspección de cuchillas, con el fin de hacer más eficiente el proceso de selección de piezas que pasan los estándares mínimos de calidad necesarios.

1.2.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Introducción y conocimiento del área y del proceso
- Recolección de datos e información
- Diseño y simulación del gage en Solidworks
- Selección de materiales e instrumentos a utilizar
- fabricación del gage
- Ajustes

- Entrega de resultados a la empresa

1.3.- EMPRESA

Grupo Delmex es una empresa mexicana enfocada en la fabricación y comercialización de productos de acero para la industria metalmecánica y de la construcción ligera.

El rápido crecimiento de Grupo Delmex, es el resultado de una gran flexibilidad para el desarrollo de productos metálicos, apoyado por un equipo humano dispuesto a ajustarse a los estrictos requerimientos de excelencia que el servicio nacional e internacional lo demande.

Con nuestras diversas sucursales en la República Mexicana estamos seguros que podemos brindarle el servicio y atención que usted se merece, ofreciendo productos con los más altos estándares de calidad, servicio y precio.

1.3.1.- HISTORIA DE LA EMPRESA

Grupo Delmex S.A. de C.V., empresa que en sus inicios pertenecía al Grupo Industrial Vitro, con el nombre de Fabricación de Máquinas (FAMA), en el mes de septiembre del año 2010 es adquirida por empresarios Mexicanos, quienes determinan y continúan sus actividades operativas dentro del mismo grupo, pero ahora con el nombre de Techno Forge S.A. de C.V.

A finales del año 2011 y viendo la necesidad de independizarse para continuar una etapa de crecimiento, transfieren sus operaciones a una nueva locación, conscientes de que el mercado es cada vez más exigente, se forma un grupo solido de trabajo donde directivos, soporte técnico y personal operativo, analizan, desarrollan y adecuan las necesidades en materia de forja que el cliente demanda.

Así mismo, los directivos de la organización han decidido realizar esfuerzos e inversiones necesarias para mejorar de manera continua y ofrecer a los clientes productos de mejor calidad a precios competitivos.

Techno Forge, S.A. de C.V. ha desarrollado la manufactura de forja en caliente en los procesos de prensa y martillo, coordinando todas sus actividades subsecuentes como son:

- Interpretación de especificaciones y dibujos establecidos por el cliente.
- Desarrollo de la ingeniería de los procesos.
- Planeación de la Calidad del producto.

Asegurar la adquisición de insumos, servicios y materiales para la fabricación de los productos.

De esta forma Techno Forge se establece para forjar soluciones con cada uno de sus clientes y crear un lazo de negociación estable con el único objetivo de aumentar la competitividad de la organización dentro del mercado.

Techno Forge tuvo la llegada de un nuevo inversionista, y este a su vez cuenta con otras industrias de tipo metal mecánica, de esta manera hubo la necesidad de cambiar de nombre a Grupo Delmex S.A. de C.V.

1.3.2.- POLITICA DE LA EMPRESA

Grupo Delmex S.A. de C.V. es una empresa mexicana dedicada a la producción de piezas forjadas y maquinadas. Nuestro compromiso es la satisfacción total de nuestros clientes, manteniendo altos niveles de calidad.

Soportamos nuestras actividades en los lineamientos y mejora continua de nuestro sistema de gestión de calidad.

1.3.3.- MISION

Ser líder en el mercado de fabricación y comercialización de productos en acero, tomando como base los siguientes principios:

- Contribuir al desarrollo de México.

- Contar con personal altamente capacitado.
- Operar con los márgenes establecidos como resultado de la adquisición oportuna de materiales.
- Ofrecer a la comunidad una fuente de trabajo estable.
- Tener un costo competitivo que permita el cumplimiento de programas de venta y la recuperación optima de la cartera.
- Ser eficientes en la entrega oportuna del material.

1.3.4.- VISION

Ser una empresa líder en la fabricación y comercialización de productos derivados del acero a través de servicios de mejor calidad en la industria metalmecánica y de la construcción

1.3.5.- OBJETIVOS DE LA EMPRESA

Procesar y comercializar productos de acero que garantice ser la mejor opción en calidad, tiempo de entrega y precio.

Entrega de productos en inventario 24 horas o menos (dentro del área metropolitana de Monterrey)

Operar con 1 máximo de desperdicio de materiales en los procesos de manufactura.

Operar con 30 días máximo de inventario de producto terminado.

Sistema de administración de calidad ISO 9001-2015 en operación

Tener implementado las 5s orientadas a la productividad y calidad.

1.3.6.-SECTORES DE LA INDUSTRIA DE LA EMPRESA

- Industria petrolera
- Industria minera
- Industria eléctrica
- Industria automotriz
- Industria agrícola

1.3.7.- UBICACIÓN Y LOCALIZACION

Delmex S.A. de C.V

Privada Sin Nombre No. 101. Colonia Torres de Santo Domingo. San Nicolás de los Garza, N.L. México.

Tel: (81) 19 30 00 53

e-mail: ventas10@delmex.mx

Fig. 1 Ubicación de la empresa, vista desde google maps

1.4.- AREA DE TRABAJO ASIGNADA

Me encuentro en el área de ajustes y maquinados, además, cuando se requiere, rolo turnos en el área de ingeniería del producto. Ajustes y maquinados juega un papel importante dentro de la empresa ya que de aquí depende que la planta se encuentre en producción y la calidad de esta.
Ajustes y maquinados se encuentra ligada con el área de ingeniería del producto (diseño), ya que los trabajos que llegan aquí dependen de esta área.

En el área de ajustes y maquinados, nos encontramos verificando constantemente el estado de los herramentales de diferentes piezas para su fabricación, además de los equipos de corte, que de igual manera se tienen que estar verificando, estos deben estar bien ajustados, ya que si el herramental se encuentra en buen estado pero el equipo de corte no, a la hora de quitar el sobrante de la pieza forjada, el punzón quitara parte de la forma de la pieza, lo que conlleva a que estas no cumplirán con los estándares de calidad necesarios y será rechazada, lo que implica pérdidas para la empresa, tanto en materia prima como en mano de obra.

El monitoreo del estado de los herramentales se lleva de la siguiente manera.
Primero se tienen que pulir los herramentales, para posteriormente realizar un vaciado de yeso con ultracal, la ultracal sirve para que a la hora de realizar el vaciado, el yeso no se seque rápido y se puedan mover los dados para realizar la alineación, este proceso se repite para los diferentes herramentales, posteriormente son mandados al área de calidad, aquí se toman las medidas del yeso llenando un reporte donde se especifican las medidas críticas y las tolerancias, y si este yeso es aprobado, lo que faltaría es grabar la fecha que se va a producir y el dado está listo para ser mandado a producción, de lo contrario, habría que ver qué medida no cumple las tolerancias y reparar esa parte, la reparación puede ir desde la aplicación de soldadura y posteriormente rebajar material con turbinas de aire hasta la forma deseada o puede que la solución a este problema sea un poco más compleja y requiera del maquinado del dado en la fresa copiadora o ya sea la elaboración de

otro herramental, esta segunda solución se lleva a cabo en las fresas CNC con las que cuenta la empresa.

Cuando el área de ingeniería del producto (diseño) se encuentra con mucho trabajo se tiene que apoyar, realizando planos o ya sea a elaborar propuestas para el rediseño de algún herramental, esto es posible debido a que en el área de ajustes se pueden y maquinados, es el lugar donde se presentan los problemas con los diseños y es aquí donde se hacen las modificaciones o ajustes permanentes, lo que se busca con el rediseño de herramentales es aumentar la vida útil de estos y la calidad en la fabricación. Grupo Delmex tiene dentro de su cartera de clientes empresas líderes, por lo tanto, se tiene que estar muy atento a la calidad de las piezas producidas.

Ingeniería del producto también juega un papel importante dentro de la empresa ya que cuando se busca la adquisición de un nuevo cliente, aquí se tiene que elaborar la propuesta y el diseño de lo que el cliente necesita para satisfacer sus necesidades.

1.5.- PROBLEMA A RESOLVER

Debido a la falta de control en el proceso de forjado de piezas, en especial las cuchillas (bar Blade), se ha presentado frecuentemente problemas en las medidas críticas de esta pieza. Para comenzar no se tiene un monitoreo constante de la temperatura del material en el horno, idealmente se requiere que el material a forjar se encuentre a una temperatura de 700°C.

Como consecuencia de esta falta de control en el proceso, se han estado produciendo un número considerable de piezas defectuosas, por lo que se tuvo que aumentar drásticamente el personal en el área de calidad, trayendo consigo más gasto para la empresa. Lo que se pretende es desarrollar un sistema mecánico de medición, que sirva para verificar de una manera más rápida, eficiente y con menos personal, las medidas críticas pedidas por el cliente de las cuchillas.

1.5.1.- ALCANCES

El proyecto pretende acelerar el proceso de inspección de cuchillas disminuyendo personal en el área, este gage funcionara para la inspección de las 12 diferentes cuchillas que actualmente produce la empresa.

1.5.2.- LIMITACIONES

Se implementará para la inspección de una pieza en específico (bar blade), esperando contar con la aceptación de la empresa, posteriormente se diseñaría otro gage para inspeccionar otra pieza diferente, que de igual manera tenga mucha demanda y problemas en su verificación.

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1.- EL DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Los ingenieros mecánicos están relacionados con la producción y el procesamiento de energía y el consumismo de los medios de producción, las herramientas de transporte y las técnicas de automatización. Las bases de su capacidad y conocimiento son extensas. Entre las bases disciplinarias se encuentran la mecánica de sólidos, de fluidos, la transferencia de masa y momento, los procesos de manufactura y las teorías de la electricidad y de la información. El diseño en ingeniería mecánica involucra todas las áreas que componen esta disciplina. Los problemas reales se resisten a la especialización. El diseño de un simple cojinete involucra flujo de fluidos, transferencia de calor, fricción, transporte de energía, selección de materiales, tratamientos termomecánicos, descripciones estadísticas, etc. Un edificio debe estar controlado ambientalmente, las consideraciones de calefacción, ventilación y de acondicionamiento del aire son tan especializadas que

algunos hablan del diseño de la calefacción, ventilación y del acondicionamiento del aire como si estuvieran separados y fueran distintos del diseño en ingeniería mecánica. En forma similar, algunas veces se considera el diseño de motores de combustión interna, de turbomaquinarÍa y de motores de reacción como entidades separadas. La serie de adjetivos que siguen a la palabra diseño sólo es una ayuda para describir el producto. De manera similar, hay frases como diseño de máquinas, diseño de elementos de máquinas, diseño de componentes de máquinas, diseño de sistemas y diseño de sistemas de potencia hidráulica. Todas ellas son ejemplos un poco más enfocados del diseño en ingeniería mecánica. Se basan en las mismas fuentes de conocimiento, se organizan en forma similar y requieren habilidades semejantes.

2.1.1.-FASES E INTERACCIONES DEL PROCESO DE DISEÑO

Comienza con la identificación de una necesidad y la decisión de resolverla, después de muchas iteraciones, termina con la presentación de los planes para satisfacerla. De acuerdo con la naturaleza de la tarea de diseño, algunas fases se repiten durante la vida del producto, desde la concepción hasta la terminación.

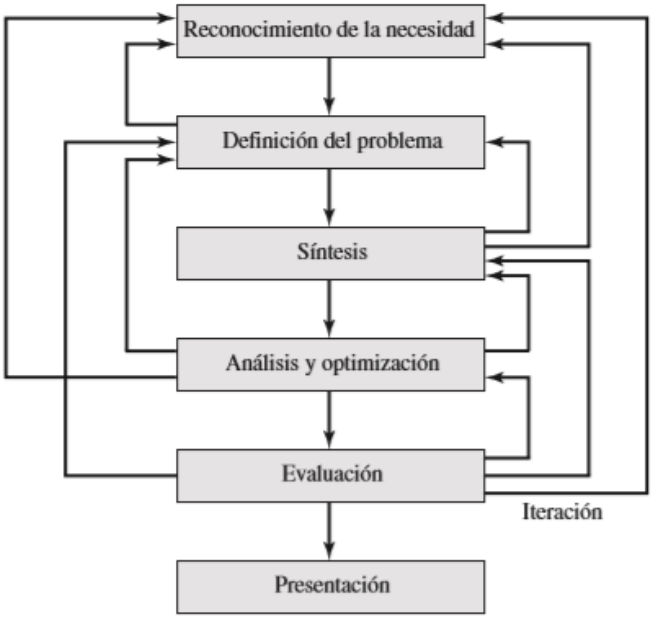

Fig. 2 Fases del proceso de diseño que reconocen múltiples retroalimentaciones e iteraciones

2.1.2.- CONSIDERACIONES DE 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 mencionan:

1. Funcionalidad
2. Resistencia/esfuerzo
3. Distorsión/deflexión/rigidez
4. Desgaste
5. Corrosión
6. Seguridad
7. Confiabilidad

8. Facilidad de manufactura
9. Utilidad
10. Costo
11. Fricción
12. Peso
13. Vida
14. Ruido
15. Estilo
16. Forma
17. Tamaño
18. Control
19. Propiedades térmicas
20. Superficie
21. Lubricación
22. Comercialización
23. Mantenimiento
24. Volumen
25. Responsabilidad legar
26. Capacidad de ciclado/recuperación de recursos

Algunas de estas propiedades se relacionan de manera directa con las dimensiones, el material, el procesamiento y la unión de los elementos del sistema. Ciertas características pueden estar interrelacionadas, lo que afecta la configuración del sistema total. (G. Budynas & Keith Nisbett, 2012).

2.2.- FORJA

La forja, es el método más antiguo de conformado de metal. Es un proceso que puede realizarse en frío o en caliente, según se realice por debajo o por encima de la temperatura de recristalización del material.

Es un proceso donde el profesional modela o deforma de manera controlada el material hasta lograr la forma deseada, mediante la aplicación de fuerzas de compresión, de forma intermitente o de forma continua. Por este motivo, la forja precisa de dos tipos de herramientas: las prensas y los martillos. Las prensas pueden ser mecánicas e hidráulicas. Los martillos funcionan mediante la caída por gravedad o la caída activada.

Fig. 3 Prensa hidráulica usada en la forja

Fig. 4 Martillo usado en la forja

Los productos forjados tienen unas características concretas. La forja posibilita la producción de un gran número de productos iguales. Presentan unas buenas propiedades mecánicas, como son la resistencia a la corrosión y la fatiga, y una gran tenacidad y ductilidad. Por los costes y medios de producción necesarios, la forja es una opción adecuada para la fabricación de un número elevado de piezas. Por otro lado, tras su elaboración, las superficies necesitan un tratamiento posterior. El diseño no es libre, tiene sus limitaciones, por lo que no se puede utilizar para todo tipo de piezas.

En la siguiente tabla se muestra la clasificación y subclasificacion de la forja:

FORJA	Por las condiciones del proceso	Frío Caliente
	Por las características de las herramientas	Matriz abierta Matriz cerrada Forja con rodillos

Tabla 1 Clasificación de la forja

2.3.- POR LAS CONDICIONES DEL PROCESO

2.3.1.- FORJA EN FRIO

La forja en frío es un proceso de metalúrgica por el cual el material en bruto es deformado a temperatura ambiente. Las piezas forjadas en frío pueden fabricarse usando una o más prensas mecánicas o prensas hidráulicas verticales o bien, en máquinas automatizadas de mecanizado en frío donde la pieza preformada se transfiere de una sección a otra de la máquina a gran velocidad, realizando cada sección un proceso de formación específico.

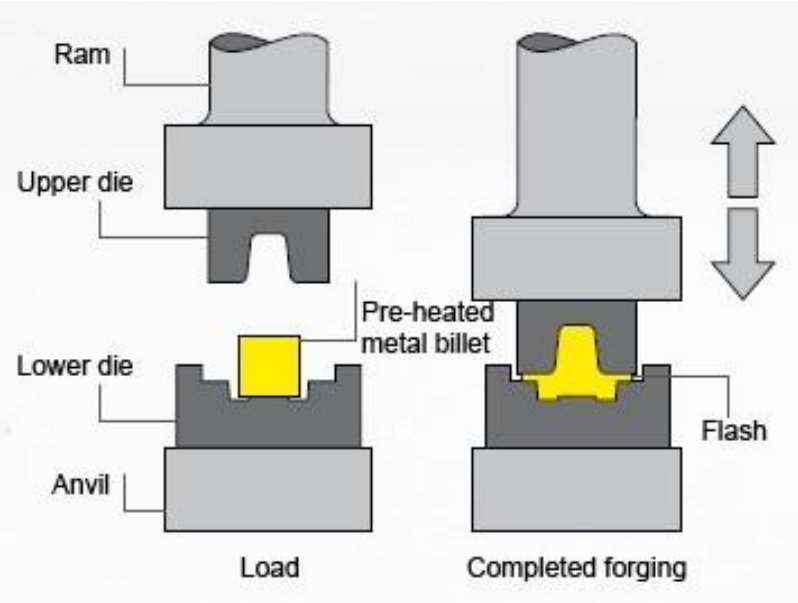

Fig. 5 Descripción del proceso de forja en frio

Los procesos de conformado en frío no causan cambios estructurales en el metal, el cual mantiene todas sus características mecánicas y de resistencia a la tracción originales. Respecto a otros métodos, la forja en frío es un proceso muy rentable para la fabricación en serie.

La forja en frío es una opción ideal para aquellos fabricantes que necesitan un alto nivel de precisión. De esta forma, el sector de automoción es el mayor consumidor de productos de forja en frío y, de hecho, este proceso ha ido evolucionando y progresando con la prosperidad de este sector.

Ventajas del forjado en frio sobre el forjado en caliente:

- Alta productividad
- Aumento del control dimensional
- Rentable
- Mejora de las propiedades mecánicas
- Excelente bidimensionalidad y calidad superficial
- Baja repercusión medio ambiental

2.3.3.- FORJA EN CALIENTE

El metal de trabajo en forma de barra o lingote es calentado hasta la temperatura óptima para mejorar su ductilidad. Entonces el material se comprime o martillea en una serie de matrices para conseguir la forma deseada. Como parte del proceso, se produce un exceso de material (rebabas) que deben ser eliminadas en un paso final de acabado, además, las piezas producidas por este método generalmente requieren un proceso de mecanizado.

Hay una amplia variedad de procesos que pueden clasificarse dentro de la definición de forja en caliente, algunos de esos procesos son forja libre o de matriz abierta, forja cerrada, laminación de anillos, forja en templado y forjado isotérmico. El forjado isotérmico es un proceso especial de forjado donde el material y los troqueles son calentados a la misma temperatura.

Ventajas de la forja en caliente sobre la forja en frio

- Eliminación de impurezas químicas
- Mejora de la ductilidad
- Mejora de la homogeneización
- Precisión en el moldeo
- Resistencia al agrietamiento
- Permite fabricar partes pesadas y de gran volumen.

Fig. 6 Pieza forjada en caliente

2.4.- POR LAS CARACTERISTICAS DE LAS HERRAMIENTAS

2.4.1.- MATRIZ ABIERTA

Es el proceso más sencillo, consiste en comprimir una pieza de trabajo entre dos dados planos o dados con forma, con una serie de impactos de compresión.

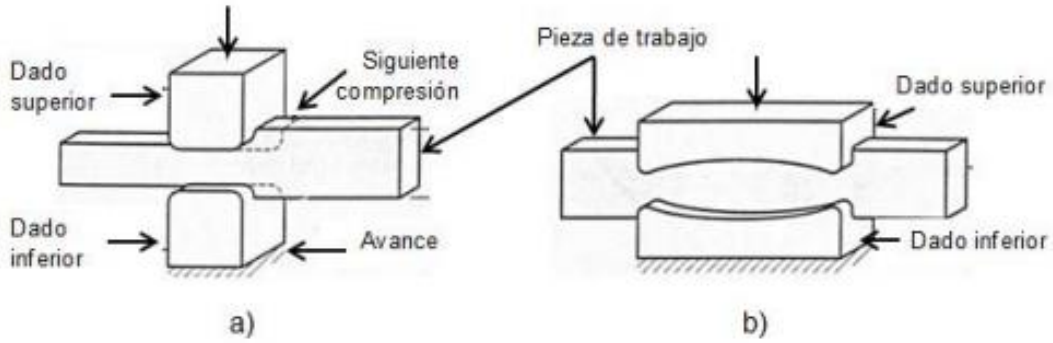

Fig. 7 Diferentes operaciones de forjado en dado abierto: a) Con dados planos, operación por secciones y b) Operación con dados con forma (cóncavos)

Esta operación de forjado conocida como recalcado o forjado para recalcar, reduce la altura de la pieza de trabajo e incrementa su diámetro. Si el forjado en dado abierto se lleva a cabo bajo condiciones ideales, sin fricción entre la pieza de trabajo y la superficie del dado, ocurre una deformación homogénea y el flujo radial de material es uniforme a lo largo de su altura.

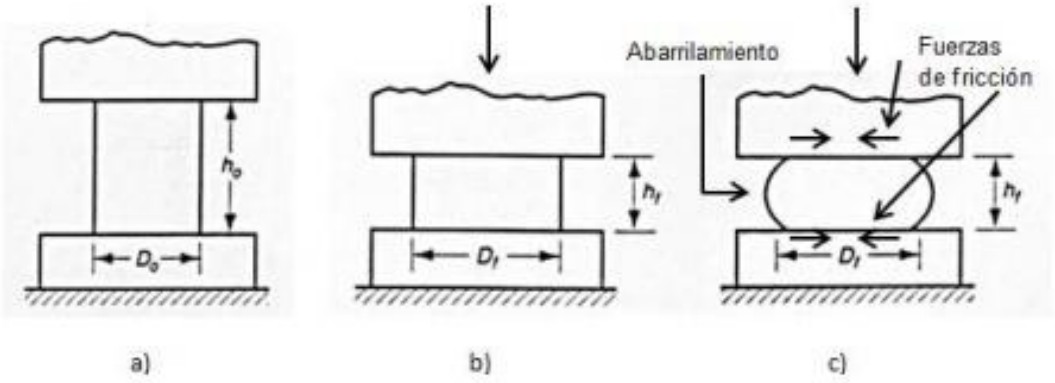

Fig. 8 Deformación homogénea de una pieza cilíndrica entre dos dados planos

a) Inicio del proceso con la pieza de trabajo a su altura (h0) y diámetro (D0) originales.
b) Deformación uniforme del material sin fricción.
c) Deformación con fricción, obsérvese el abarrilamiento de la pieza causado por las fuerzas de fricción en las interfaces entre la pieza de trabajo y la matriz.

Este efecto de abarrilamiento se puede reducir al mínimo con el uso de un lubricante eficaz y con el calentamiento de los dados; además de poder utilizar barreras térmicas, como por ejemplo tela de fibra de vidrio en el contacto entre el dado y la pieza.

2.4.2.- MATRIZ CERRADA

Llamado algunas veces forjado con dado impresor, se realiza con dados que tienen la forma inversa de la requerida para la parte. La pieza de trabajo inicial generalmente es cilíndrica o cuadrada, la cual se corta a una longitud para proporcionar el volumen de metal necesario para llenar las cavidades de los dados.

Al cerrarse el dado y llegar a su posición final, el metal fluye más allá de la cavidad del dado y forma una rebaba en la pequeña abertura entre las superficies del dado. Aunque la rebaba se corta posteriormente, tiene una función importante en el forjado por impresión, ya que cuando esta empieza a formarse, la fricción se opone a que el metal siga fluyendo hacia la abertura, y de esta manera fuerza al material de trabajo a permanecer en la cavidad.

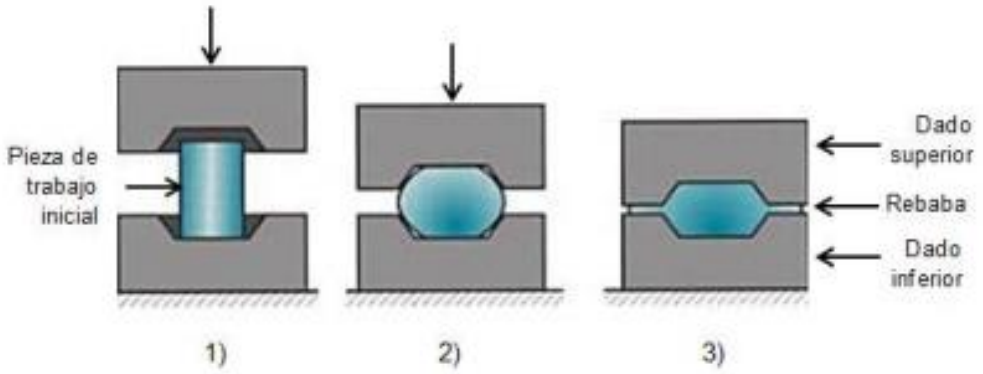

Fig. 9 Secuencia en el forjado con dado impresor

1) Posición inicial antes del contacto con la pieza de trabajo.
2) Compresión parcial.
3) Cierre de los dados, ocasionando la formación de rebaba entre los dados.

Con frecuencia se requieren varios pasos de formado en el forjado con dado impresor para transformar el metal en la forma inicial y posteriormente en la forma final. Para cada paso se necesitan cavidades separadas. Los pasos iniciales se diseñan para redistribuir el metal en la parte de trabajo y conseguir así una deformación uniforme y la estructura metálica requerida en las etapas siguientes.

El proceso de forjado con dado impresor no tiene tolerancias estrechas de trabajo y frecuentemente se requiere el maquinado para lograr la precisión necesaria. El proceso de forjado genera la geometría básica de la parte y el maquinado realiza los acabados de precisión que se requieren en algunas porciones de la parte, por ejemplo, perforaciones, cuerdas y superficies que deben coincidir con otros componentes. Las ventajas del forjado sobre el 30 maquinado completo de la parte

son: velocidades de producción más alta, conservación del metal, mayor resistencia y orientación más favorable de los granos del metal.

2.4.3.- FORJA CON RODILLOS

Es un proceso de deformación que se usa para reducir la sección transversal de una pieza de trabajo cilíndrica (o rectangular), esta pasa a través de una serie de rodillos opuestos con canales que igualan la forma requerida por la parte final. Los rodillos no giran continuamente, sino solamente a través de una porción de revolución que corresponde a la deformación que requiere la parte. Las partes forjadas con rodillos son generalmente más fuertes y poseen una estructura granular favorable con respecto a otros procesos competidores, como el maquinado, que puede usarse para producir estas mismas parte. (Contreras Hernandez, 2013).

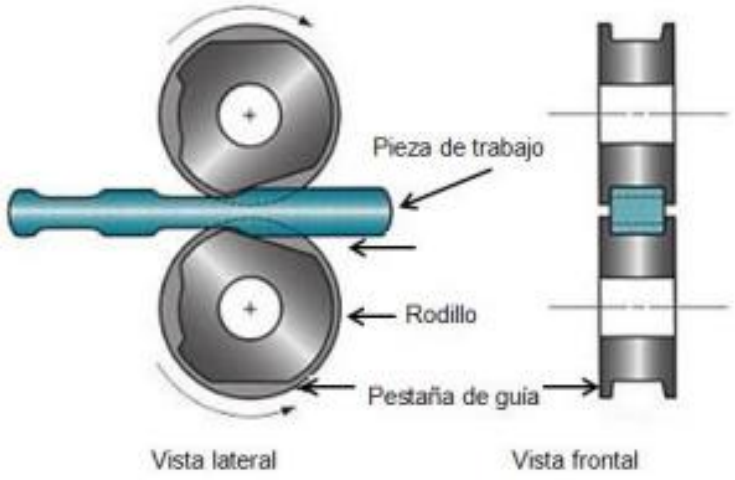

Fig. 10 Proceso de forjado con rodillo

2.5.- EQUIPO PARA FORJA; MARTIILLOS Y PRENSAS

2.5.1.- MARTILLOS USADOS EN LA FORJA

Los martillos obtienen su energía de la energía potencial del ariete, que a su vez se convierte en energía cinética. A diferencia de las prensas hidráulicas, éstos trabajan con grandes velocidades, y el tiempo de conformación minimiza el enfriamiento del proceso de forjado en caliente. Las bajas velocidades de enfriamiento permiten forjar formas más complicadas, en especial las que tienen cavidades profundas. Para completar el forjado se suelen dar varios golpes sucesivos en el dado mismo. Los martillos pueden tener varios diseños; son los más versátiles y menos costosos entre los equipos de forjado. Los martillos se usan con mayor frecuencia para forjado con dado impresor y se clasifican generalmente de la siguiente manera:

- De gravedad.
- Accionado por energía.
- De contragolpe.
- De gran potencia.

De gravedad (Caída libre): En la operación de este martillo, la energía se obtiene de la caída libre del ariete. El dado superior se fija al ariete y el dado inferior al yunque. La pieza de trabajo se coloca en el dado inferior, el ariete se eleva y luego se deja caer sobre el material. Cuando el dado superior golpea la pieza, la energía del impacto ocasiona que la pieza tome la forma de la cavidad del dado inferior. Se necesitan varios golpes de martillo para lograr el cambio deseado de forma.

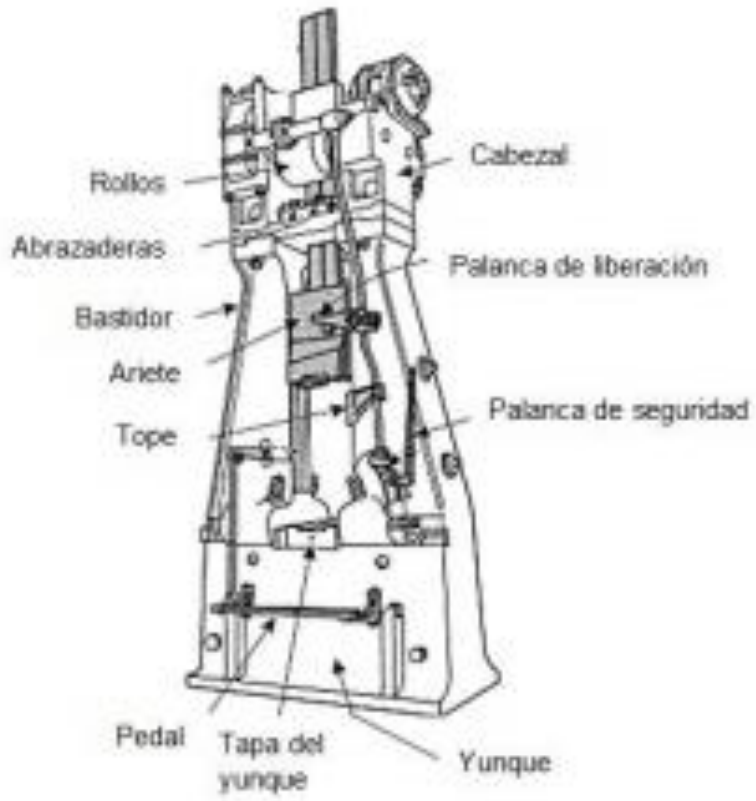

Fig. 11 Componentes de un martillo de caída libre

Accionado por energía: En estas máquinas la carrera del ariete hacia abajo se acelera con vapor, aire o presión hidráulica, a unos 750KPa (100 psi). El peso del ariete varía de 225Kg a 22,5000Kg (500 a 50,000 lb), y las capacidades de energía son hasta de 1,150 KJ (850,000 pies-lb).

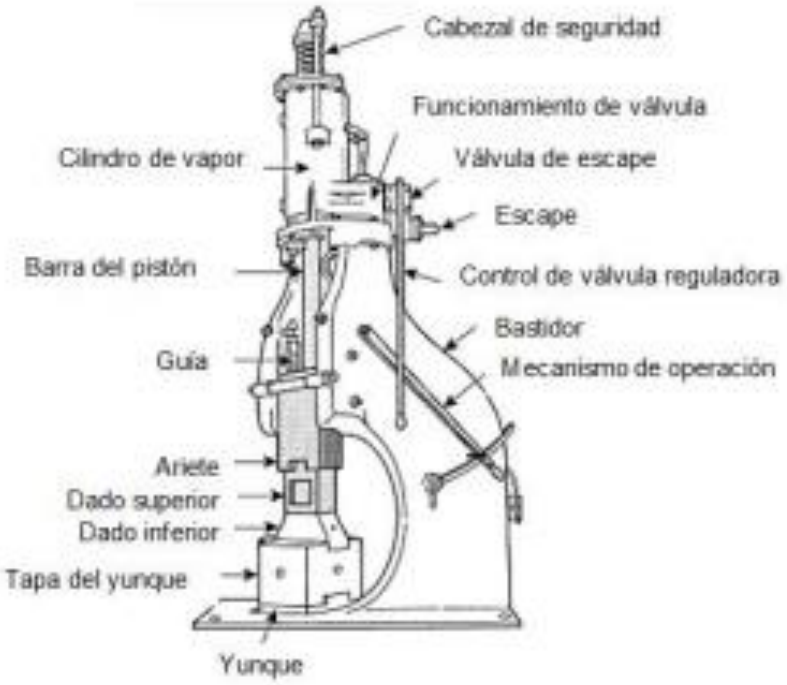

Fig. 12 Componentes de martillo accionado por energía

De contragolpe: Este martillo tiene dos arietes que se acercan entre sí, en forma simultánea, en dirección horizontal o vertical, para forjar la pieza. Como en las operaciones de forjado con dado abierto, puede girar la pieza de trabajo entre los golpes, para conformarla bien durante el proceso de forjado. Los martinetes de contragolpe trabajan a grandes velocidades y transmiten menos vibración a sus cimientos. Sus capacidades llegan hasta 1,200 KJ (900,000 pies-lb).

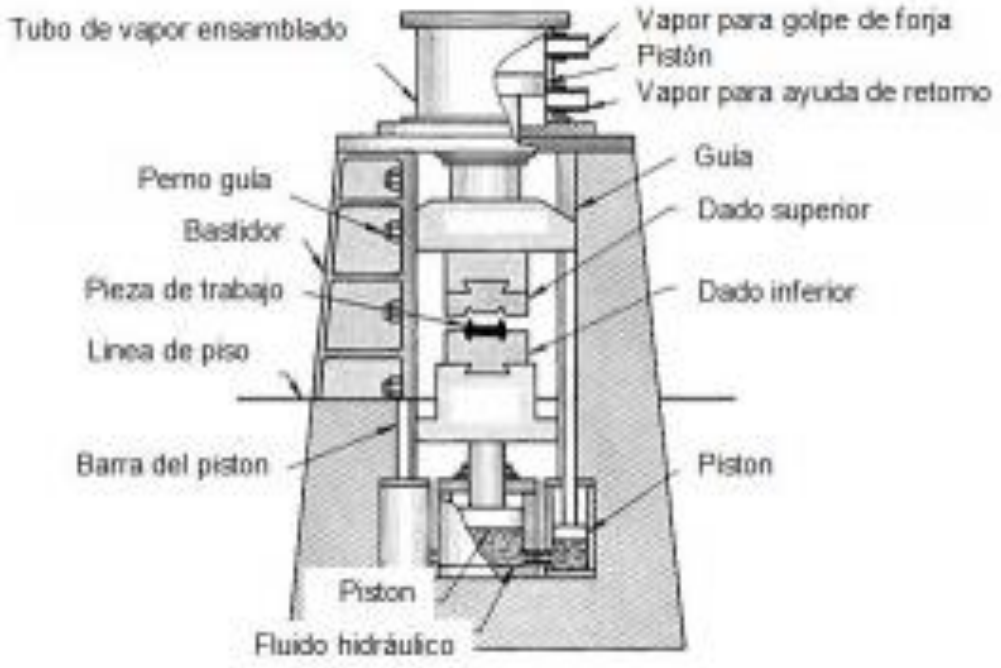

Fig. 13 Componentes de un martillo de contragolpe vertical

Martillo de gran potencia: En una máquina de gran potencia, el ariete se acelera mediante un gas inerte a alta presión, y la pieza se forja en un golpe a muy alta velocidad.

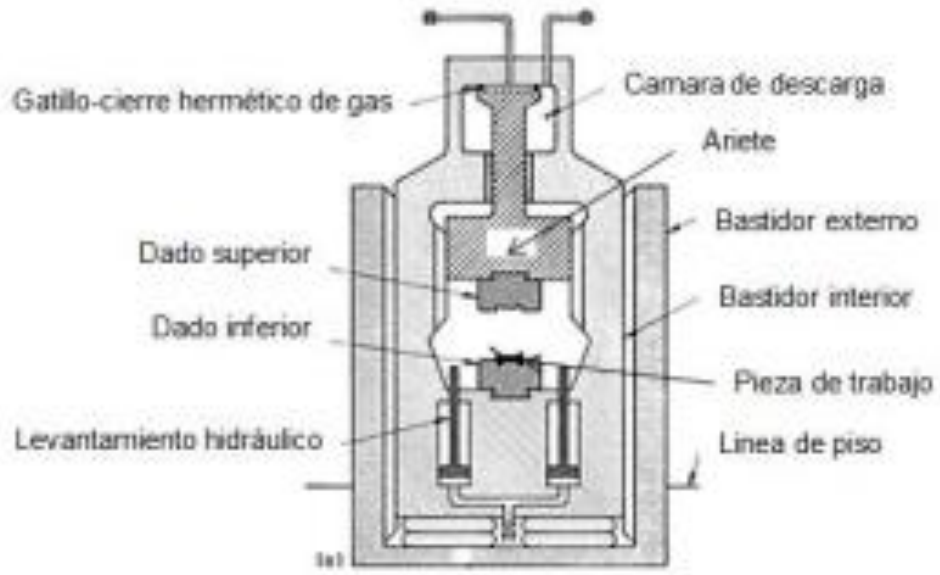

Fig. 14 Componentes de un martillo de gran potencia

2.5.2.- PRENSAS USADAS EN LA FORJA

Las prensas aplican una presión gradual, en lugar de impactos repentinos para realizar las operaciones de forja. Las prensas de forjado incluyen:

- Mecánicas.
- Hidráulicas.
- De tornillo.

Mecánicas: Funcionan por medio de excéntricos, manivelas y juntas o articulaciones de bisagras. Su velocidad varía desde un máximo al centro de la carrera hasta cero, en el término de la carrera, por lo que están limitadas por la carrera. En una prensa mecánica se genera la energía mediante un gran volante, accionado por un motor eléctrico; un embrague acopla al volante con un eje excéntrico; y una biela transforma el movimiento reciprocante en movimiento lineal alternativo.

La fuerza disponible en una prensa mecánica depende de la posición en la carrera; es muy alta en el fondo del recorrido de forjado. Por este motivo, es esencial la preparación adecuada, para evitar que se rompan los dados o las piezas del equipo.

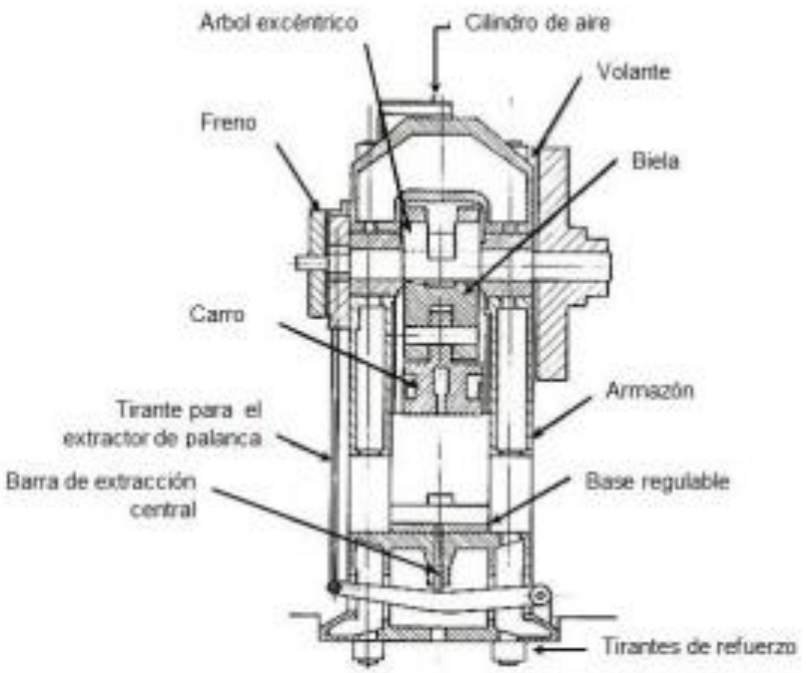

Fig. 15 Componentes de prensa mecánica excéntrica

Prensas hidráulicas: Una prensa hidráulica consiste, normalmente, en un marco de carga con dos a cuatro columnas, pistones, cilindros, arietes y bombas hidráulicas impulsadas por motores eléctricos.

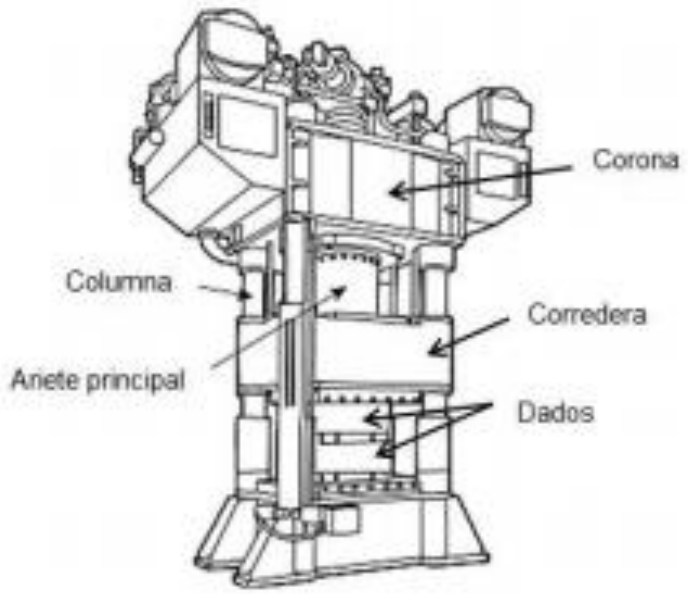

Fig. 16 Prensa hidráulica de 4 columnas

Prensas de tornillo: Obtienen su energía de un volante, por lo que son de energía limitada. La carga de forjado se transmite por un tornillo vertical y el ariete es para cuando se disipa la energía del volante. Si no se cierran los dados al final del ciclo, se repite la operación hasta que se termina el forjado.

Tanto las prensas de tornillo como las hidráulicas operan a velocidades bajas del ariete y pueden suministrar una fuerza constante a través de la carrera. Por 46 tanto, estas máquinas son apropiadas para las operaciones de forjado y otras operaciones de formado que requieren grandes carreras.

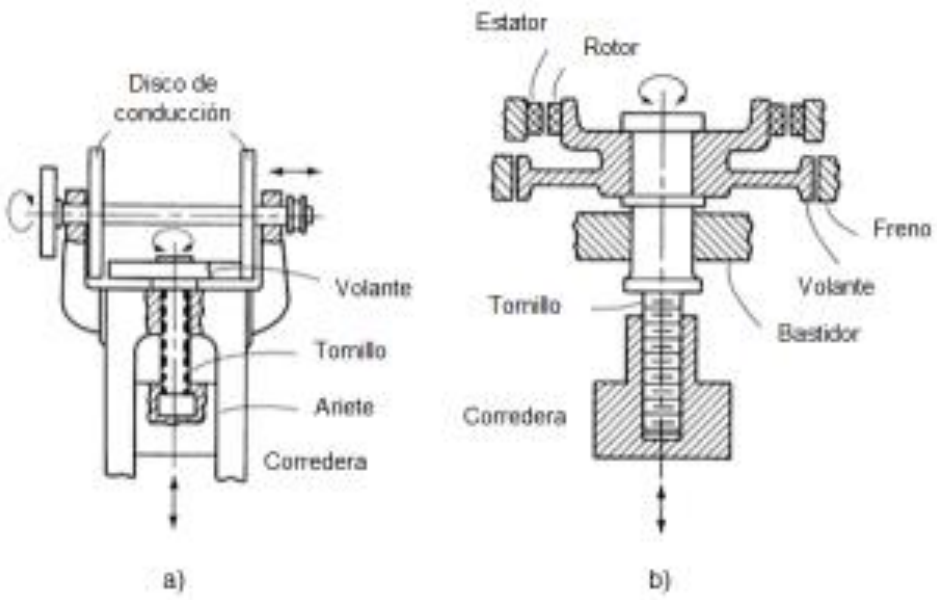

Fig. 17 Tipos comunes de prensa de tornillo. a) Unidad de fricción b) unidad de accionamiento eléctrico directo.

2.6.- CONCEPTOS GENERALES

Medición

La medición es un proceso básico de la ciencia que se basa en comparar una unidad de medida seleccionada con el objeto o fenómeno cuya magnitud física se desea medir, para averiguar cuántas veces la unidad está contenido en esa magnitud.

Medición industrial

La medición industrial de piezas permite filtrar, clasificar la producción y activar bucles de ajuste automático de máquinas y herramientas. Es una información imprescindible en las fases de diseño y producción de preseries de piezas, así como en la comparación de medición de piezas entre fabricante y comprador.
La intervención de un laboratorio independiente para la realización de medición de piezas es un recurso eficaz para absorber puntas de trabajo, contar con equipos de alta precisión y disponer de una evaluación independiente realizada por una tercera parte.

Metrología

Metrología. Es la ciencia de las mediciones. Deriva del griego “metrón” medida y “logos” lógica. Sus elementos clave son:

- El establecimiento de estándares de medición que sean internacionalmente aceptados y definidos
- El uso de equipo de medición para correlacionar la extensión que los datos del producto y proceso están conforme a especificaciones
- La calibración regular de equipos de medición, rastreables a estándares internacionales establecidos

Errores de medición

Hay muchas razones para que un equipo de medición genere variaciones por error, incluyendo las categorías siguientes:

- Variación por el operador
- Variación de operador a operador
- Variación del equipo
- Variación de los materiales
- Variación en procedimientos
- Variación en el software
- Variación de laboratorio a laboratorio

Tolerancias de medición

Es la variación máxima que puede tener la medida de la pieza. Viene dada por la diferencia entre las medidas límites y coincide con la diferencia entre las desviaciones superior e inferior.

Dentro de las tolerancias de medición encontraremos que se dividen en dos:

Tolerancia dimensional: Mediante estas se establece un límite superior y otro inferior, dentro de los cuales tienen que estar las piezas buenas. Según este criterio, todas las dimensiones deseadas, llamadas también dimensiones nominales, tienen

que ir acompañadas de unos límites, que les definen un campo de tolerancia. Muchas cotas de los planos llevan estos límites explícitos, a continuación del valor nominal. (Bencomo, 2008).

Tolerancia geométrica: Las tolerancias geométricas se especifican para aquellas piezas que han de cumplir funciones importantes en un conjunto, de las que depende la fiabilidad del producto. Estas tolerancias pueden controlar formas individuales o definir relaciones entre distintas formas. Es usual la siguiente clasificación de estas tolerancias:

- Formas primitivas: rectitud, planicidad, redondez, cilindricidad
- Formas complejas: perfil, superficie
- Orientación: paralelismo, perpendicularidad, inclinación
- Ubicación: concentricidad, posición
- Oscilación: circular radial, axial o total

Valorar el cumplimento de estas exigencias, complementarias a las tolerancias dimensionales, requiere medios metrológicos y métodos de medición complejos. (Najera Nuñez, 2009).

2.7.- INSTRUMENTOS DE MEDICION

Gage

Gages o escantillones por atributos, son gages fijos para inspección pasa no – pasa. Por ejemplo, gages maestros, plug gages, gages de contorno, thread gages, gages de límite de longitud, gages de ensamble. Sólo indican si el producto es bueno o malo.

Gage por variables

Proporcionan una dimensión física. Por ejemplo, reglas lineales, calibradores verniers, micrómetros, indicadores de profundidad, indicadores de excentricidad,

etc. Indican si el producto es bueno o malo respecto a las especificaciones para capacidad.

Gage diseñado con laser

El haz de luz Laser se transmite a un receptor del lado puesto del gage. Las mediciones se realizan cuando el haz es obstaculizado por un objeto y el receptor registra esta dimensión.

Calibradores

- Los calibradores se utilizan para medir dimensiones de longitud, internas, externas, de altura, o profundidad.
- Son de los siguientes tipos: Calibradores de resorte, calibradores de reloj, vernier y calibradores, calibradores digitales

Calibradores vernier

Usan una escala para indicar la medición de longitud. Ahora se han reemplazados con reloj o indicador digital.

Calibradores de resorte

Los calibradores proporcionan una exactitud de aproximadamente 1/16” al transferir a una regla de acero.

Calibradores digitales

Usan un display digital con lectura en pulgadas o en milímetros y un cero que puede ser puesto en cualquier punto del viaje. La resolución es del orden de 0.0005.

Comparadores ópticos

- Usan un haz de luz dirigido hacia la parte a ser inspeccionada, y la sombra resultante es amplificada y proyectada en una pantalla.
- La imagen puede medirse al comparar con una plantilla maestra o medir la silueta en la pantalla o tomando las lecturas. Para pasar la inspección, la silueta de la sombra debe encontrarse entre los límites de tolerancia predeterminados.

Micrómetros

- Los “mics” se pueden adquirir con tamaños de cuerpo para 0.5” a 48”. La mayoría tiene una exactitud de 0.001” y con un vernier o indicador puede llegar a 0.0001”.
- Pueden hacer mediciones de interiores, exteriores, profundidad, cuerdas, etc.

Fig. 18 Micrómetro de exteriores

Indicadores de reloj

Son instrumentos mecánicos para medir variaciones de distancia. Muchos indicadores de reloj amplifican la lectura de un punto de contacto por medio de un mecanismo interno de engranes. Tienen resoluciones de 0.00002” a 0.001” con un rango amplio de mediciones.

Fig. 19 Reloj indicador analógico

2.8.- TRATAMIENTO TERMICO

Por lo general se usan 4 tratamientos térmicos simples para aceros: recocido del proceso, recocido, normalización y esferoidización. Estos tratamientos térmicos se utilizan para lograr unos de los 3 propósitos:

1) Eliminar los efectos del trabajo en frio
2) Controlar el endurecimiento por dispersión
3) Mejorar la maquinabilidad

RECOCIDO DE PROCESO; ELIMINACION DEL TRABAJO EN FRIO

El tratamiento térmico de recristalización empleado para eliminar el efecto de trabajo en frio, en aceros con menos de alrededor de 0.25% de C, recibe el nombre de recocido del proceso. Este tratamiento se hace de 80-170 °C por debajo de la temperatura A1. La intención del tratamiento de recocido de proceso para aceros es similar al recocido de vidrios orgánicos, en el que la idea principal es reducir de manera importante o eliminar los esfuerzos residuales.

RECOCIDO Y NORMALIZACION; ENDURECIMIENTO POR DISPERSION

Los aceros pueden ser endurecidos por dispersión al controlar la finura de su perlita.

El acero se calienta inicialmente para producir una austenita homogénea, paso llamado austentización. El recocido, o recocido completo, permite que el acero se enfrié lentamente en un horno, produciendo perlita gruesa. La normalización permite que el acero se enfrié con más rapidez, el aire, produciendo perlita fina.

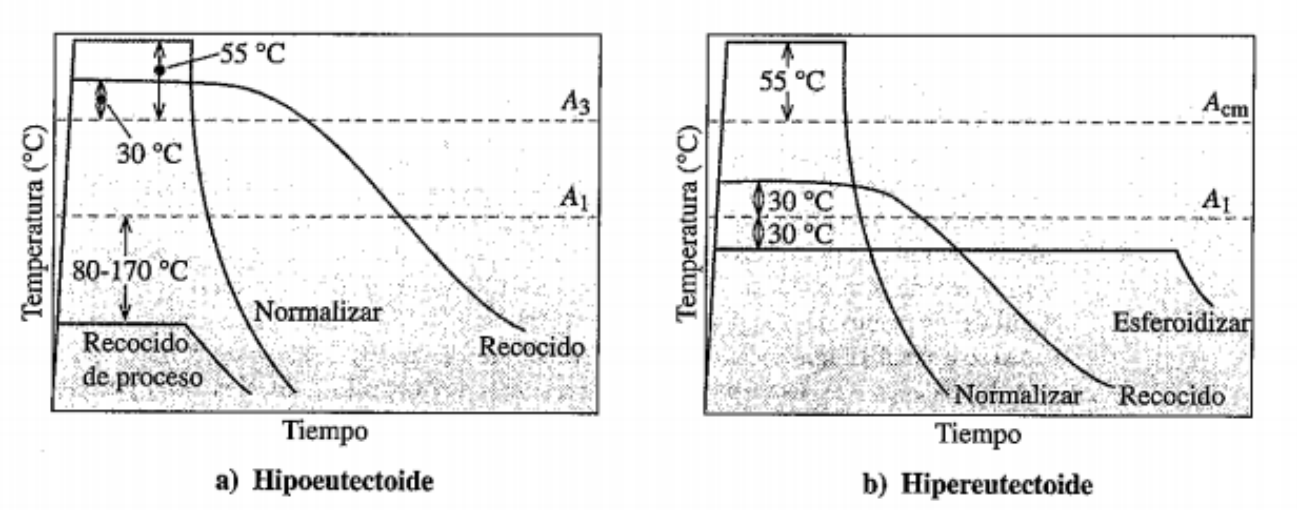

Fig. 20 Resumen esquematico de los tratamientos termicos simples para: a) Hipoeutectoides y b) aceros hipereutectoides

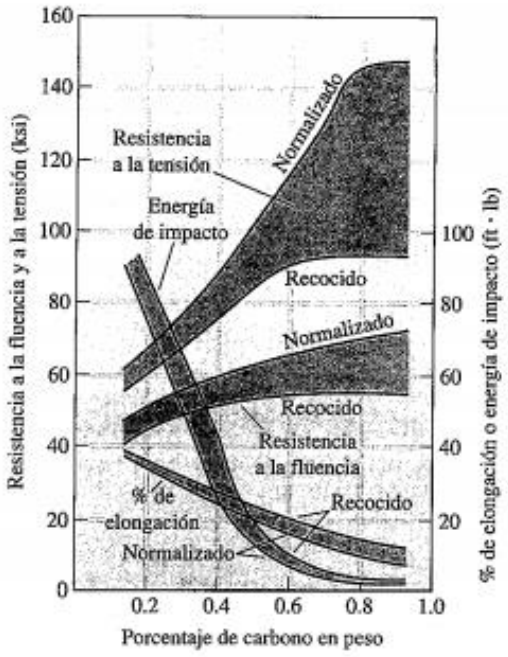

Fig. 21 Efecto del carbono y del tratamiento térmico en las propiedades de acero a bajo carbono

Esferoidización

Los aceros que contienen una gran cantidad de Fe_3C tienen malas características de maquinabilidad. Es posible modificar su morfología del Fe_3C mediante la esferoidizacion. Durante este tratamiento se requiere de varias horas a unos 30°C por debajo de A1, cambia la morfología de la fase Fe_3C a partículas esféricas grandes para reducir el área de límite. La microestructura conocida como esferoidita tiene una matriz continua de ferrita suave, que se puede maquinar. Después del maquinado, el acero recibe un tratamiento térmico más refinado para obtener las propiedades requeridas. (R. Askeland, P. Fulay, & J. Wright, 2012).

CAPÍTULO 3. DESARROLLO

3.1.- INTRODUCCIÓN Y CONOCIMIENTO AL ÁREA Y DEL PROCESO:

Durante mi primera semana en la empresa me dedique a verificar de qué manera se estaba llevando a cabo la inspección de las cuchillas, con qué instrumentos de medición contaba la empresa y cuáles utilizaban para la inspección de las cuchillas.

Procedimiento del proceso de inspección final para Bar Blade:

1. El material de inspección llega al área de calidad después de haber salido del proceso de limpieza realizado por la granalladora de tapiz para ser pulida sobre todo el contorno de su superficie para continuar con el proceso de inspección.
2. Una vez terminado con el pulido de la pieza se lleva a la mesa de trabajo donde se procede a verificar los siguientes parámetros:

- Repartido: Se realiza con un compás de 12 pulgadas y la medida se toma desde la abertura del ángulo de 30° grados hasta el extremo de las alas del bar Blade.
- Ancho: La toma de medidas se realiza con un vernier donde se toman 3 medidas como mínimo en cualquier modelo. Para las piezas de modelo de 4

in las tolerancias van de 3.965 in a 4.035 in ($\pm.035$) y para las de 4 ¾ son de 4.715 in a 4.812 in como máxima.

- Longitud: Esta característica del bar Blade se mide con un flexómetro, tomándola de extremo a extremo.

  Nota: Una vez completado la inspección de estos 3 parámetros, se señaliza en el bar Blade con una flecha en la parte central para dar a entender que la pieza se encuentra dentro de las tolerancias especificadas.

3. Pasando al siguiente paso de inspección a continuación se miden los últimos dos parámetros:

- Altura: Esta característica conlleva las siguientes acciones; la primera se realiza girando la pieza 180° grados de tal forma que la parte central del bar Blade sea la que tenga contacto con la mesa de trabajo, estando en esa posición el inspector procede a realizar un checking con una laina de ajuste de espesor de 1 mm siendo esta una tolerancia para aprobar esa característica de la pieza, de no cumplir la pieza con esta especificación se traslada al proceso de reforjar. Pasando este punto de inspección se procede a medir la altura de las alas en la posición actual donde el proceso de la siguiente manera:

  I. Con el pie de rey se fija un punto en la parte del centro del bar Blade y se toma el cero como referencia en ese mismo punto por lo consiguiente se lleva el instrumento de medición al extremo de dicha pieza donde se revisan 5 puntos, estos tendrán la tolerancia de altura de 40 ± 2.5 mm. Esto se realiza en ambos extremos.

  II. Otra característica revisada dentro de la característica de la altura es el paralelismo que existe entre ambas alas del bar Blade, esta se inspecciona colocando el pie de rey entre unos 10 a 15 cm del extremo del ala poniendo como referencia el punto cero, como siguiente acción el inspector procede a inspeccionar otros 4 puntos en el ala donde la tolerancia es de ± 2 mm.

  Nota: De no cumplir esta tolerancia anterior especificada se procede a trasladarse al proceso de reforjar la pieza para tratar de corregir este

problema en la pieza de trabajo. Fuese el caso contrario en la pieza de trabajo se identifica con un punto en el centro de la pieza dibujado con gis para identificar que la pieza paso esa parte de la inspección final.

- Perfil: Este último parámetro se inspecciona con un pie de rey de caratula con palpador, situando a la pieza de trabajo sobre dos bloques patrón de forma vertical para revisar el perfil, las tolerancias para este parámetro son de ± 1.8 mm y se revisan como mínimo 3 puntos. De no encontrarse dentro de este parámetro especificado el inspector tendrá que señalizar la cantidad a maquinar para poner dentro de este rango el perfil deseado.

Cumpliendo todos estos parámetros la pieza se identifica por último con una flecha sobre la parte del perfil de la pieza de trabajo y como paso final del proceso el inspector traslada la pieza a la tarima donde posteriormente se recubrirá para su embarque al cliente.

3.2.- RECOLECCIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN

Después de haber realizado el conocimiento del área y del proceso, se hizo una recolección de datos e información, esto con la intensión de identificar las medidas críticas establecidas por el cliente para la aceptación de las cuchillas.

Aquí obtuvimos que los parámetros críticos a medir eran 3: paralelismo, planicidad y altura, además del ángulo que tiene una parte de la pieza.

Cabe mencionar que, al ser una pieza nueva, hubo muchos detalles en el proceso de fabricación, por lo que se tienen que verificar todas las piezas producidas.

A continuación, se muestra la imagen del bar blade (o cuchilla) a inspeccionar:

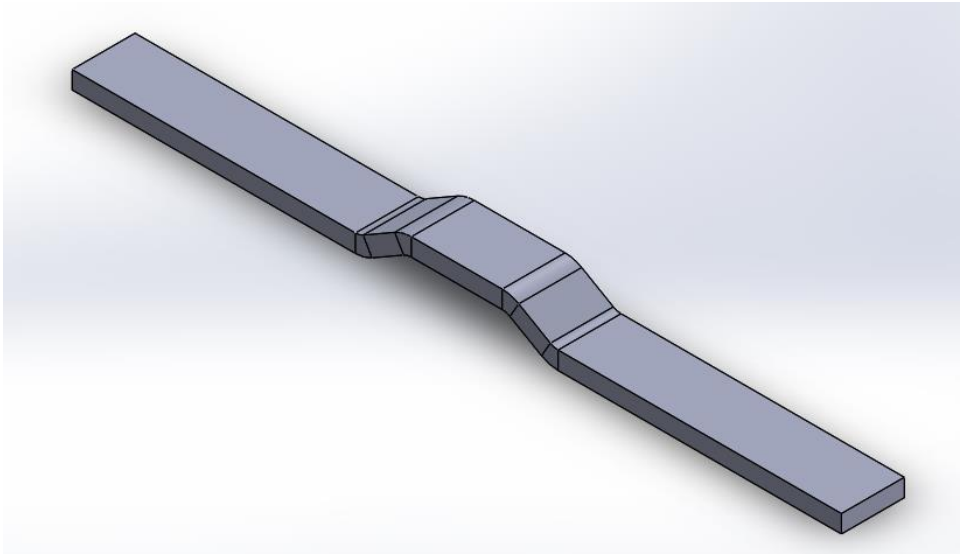

Fig. 22 Vista isométrica del bar blade en solidworks

Consideraciones a tomar en el diseño:

- El ángulo de la pieza debe medir 30°, pero tiene una tolerancia de $\pm$2°
- La planicidad en la parte más alta de la pieza tiene una tolerancia de 1mm y esta se mide con una laina de ese espesor.
- El ancho tiene una tolerancia de $\pm$1.8mm, y para la medición de esta se necesita de la medición de mínimamente 3 puntos.
- La altura medida del centro de la pieza hacia las “alas”, tiene una tolerancia de $\pm$2.5mm

3.3.- DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL GAGE EN SOLIDWORKS

Con los parámetros críticos a medir se continuó con el diseño del gage en solidworks. Lo primero que se diseño fue la base, que como se mencionó en un principio el gage tiene que funcionar para los 12 bar blade de diferentes tamaños que se producen actualmente en la empresa.

Nuestro diseño parte de una base de ½ pulgada de espesor, a lo largo de esta base se distribuyeron un total de 28 orificios; para la colocación de estos se tomó en

consideración que se necesitan medir mínimamente 4 puntos, espaciados de la parte final del bar blade hacia el centro de la pieza 15 cm aproximadamente.

La base juega un papel importante en el gage, ya que todas las piezas del gage irán ensambladas en ella; por lo que esta placa debe estar bien rectificada y las perforaciones deben ir en donde lo marque el plano, con las tolerancias dimensionales y geométricas especificadas. En cada perforación tendrán consigo, otra perforación con un diámetro mayor (formando un tipo de “caja”) y una profundidad de 1 mm aproximadamente, que es donde se asentaran los bujes para que no se muevan libremente de un lado a otro.

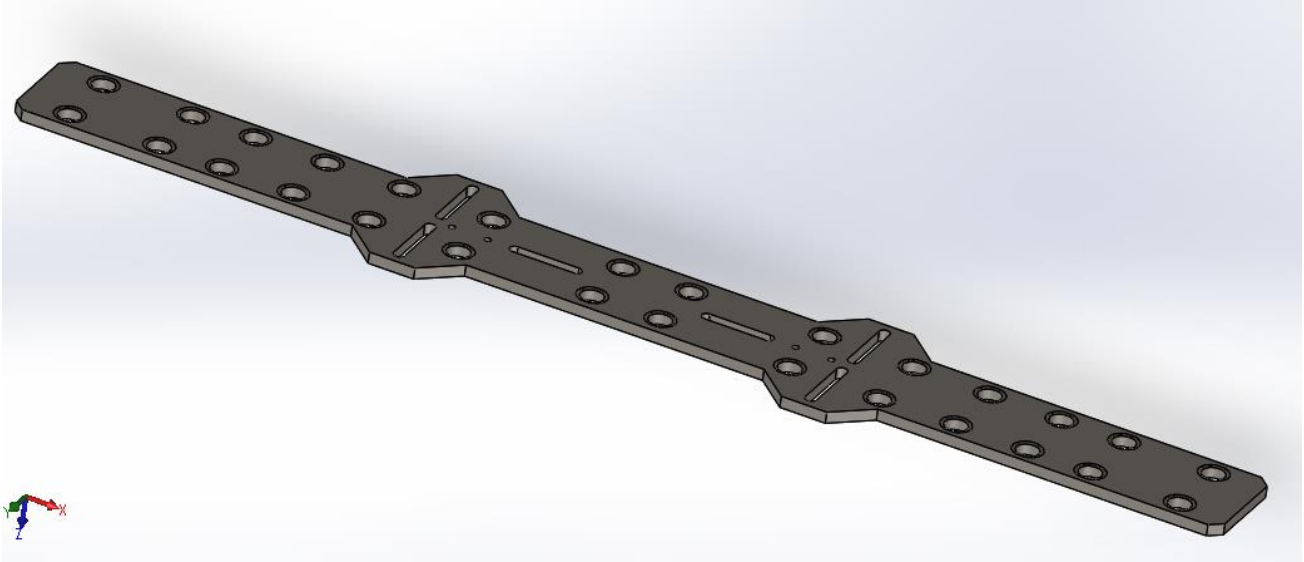

Fig. 23 Vista isométrica de la base del gage en solidworks

Diseño del buje macho: los bujes jugaran un papel importante en este gage de medición, ya que, en conjunto con un resorte entre el buje y un casquillo, guiados por un tornillo entre en centro de ambas, se encargarán de que a la hora que se coloque la pieza a inspeccionar bajen al mismo nivel los 4 bujes que estarán en contacto con la pieza.

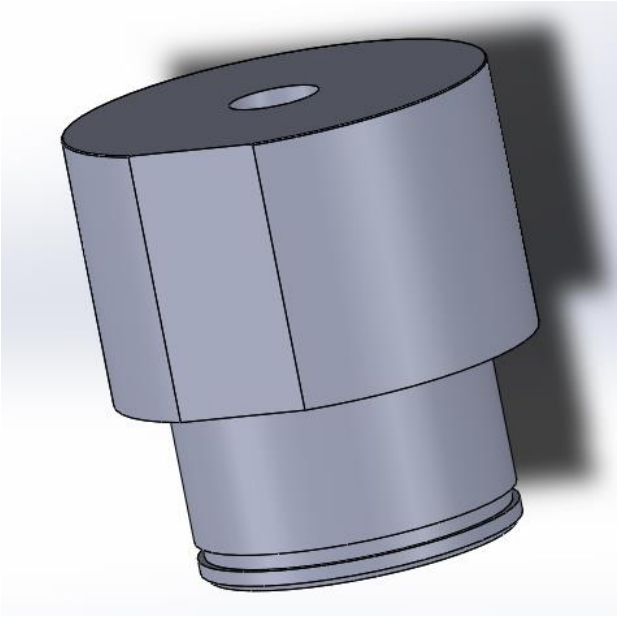

Fig. 24 Vista isométrica del buje macho en solidworks

Como se puede apreciar, tangente al diámetro mayor tiene un corte plano, este servirá para que, al ensamblar el buje en la base, este no de vueltas libremente, ya que topara con la “caja” que se le hizo a la base, además de que en ese espacio se colocara unas etiquetas de medición, que a la hora de comprimirse el casquillo hembra, mostrara que tanto se comprimió cada buje.

Se fabricarán 12 bujes del mismo tamaño y 4 serán de las mimas dimensiones en sus diámetros y en el corte plano, lo que va a cambiar es la altura, ya que estos 4 bujes irán en el centro de la placa y debido a la forma de la pieza, el centro es la parte más alta bar blade.

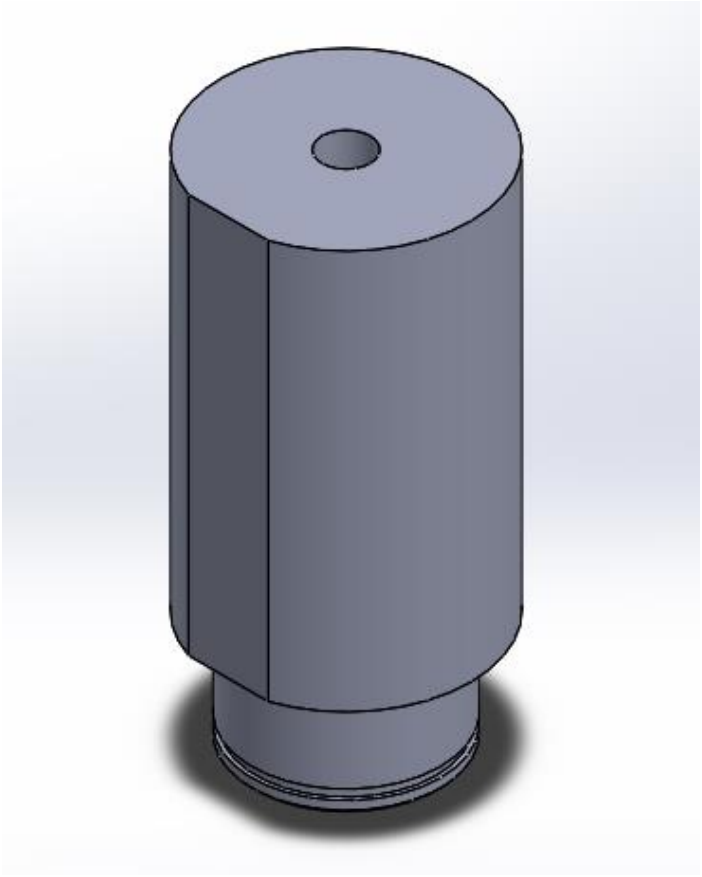

Fig. 25 Vista isométrica del buje macho que ira en el centro de la placa en solidworks

La ranura que se puede apreciar en la parte final del buje se hizo con la finalidad de colocar unos seguros, estos se pondrán para asegurar que no se desensamble el buje de la placa.

Fig. 26 Vista isométrica del seguro en solidworks

Diseño del buje hembra (o casquillo): el buje tendrá una perforación en el centro, que es donde entrara un tornillo M6, para este caso se seleccionó el uso de tornillos avellanados, por lo que en el diseño del buje tendrá que incluirse la forma de la cabeza de tonillo, por lo que se creara una caja para esconder la cabeza del tornillo.

Al igual que en el caso de los bujes machos, aquí se construirán dos bujes de dos medidas diferentes, cambiando solo la altura, los otros parámetros serán exactamente los mismos.

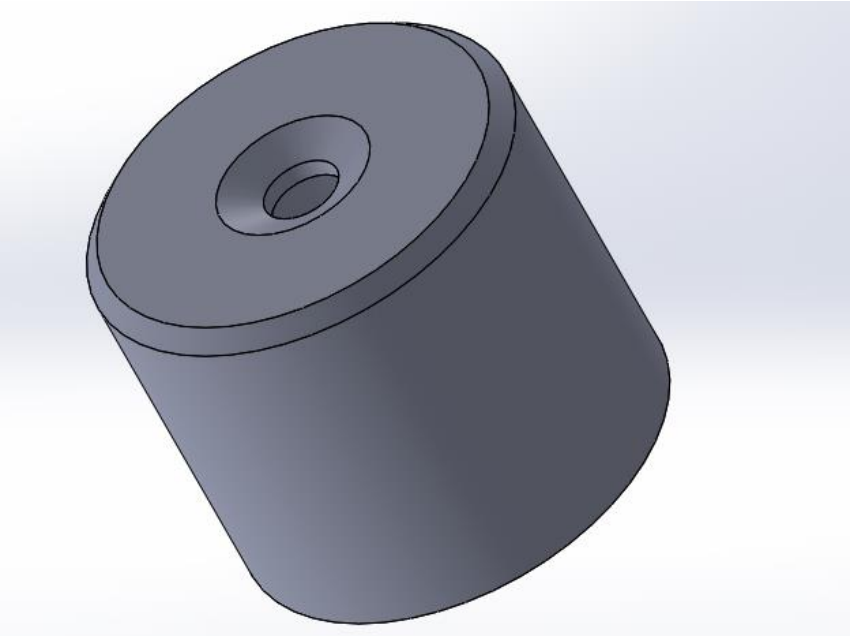

Fig. 27 Vista isométrica del buje hembra o casquillo

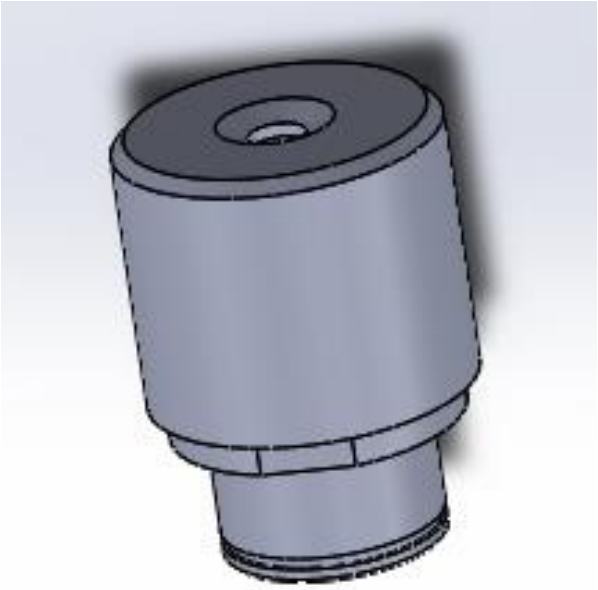

Fig. 28 Vista isométrica del ensamble del buje macho y hembra

Diseño de las bases fijas: estas bases tienen que ir perfectamente alineadas ya que en conjunto con las otras bases movibles nos servirán para medir un parámetro crítico que es el ancho.

Irán sujetadas con la bese fija del gage por medio de 4 tornillos, el diámetro de esos orificios es de 6mm, en la parte superior irán otros 2 orificios de 9.5mm aproximadamente, estos de arriba nos servirán para sujetar de ahí unos consumibles, que de igual manera se asegura con tornillos.

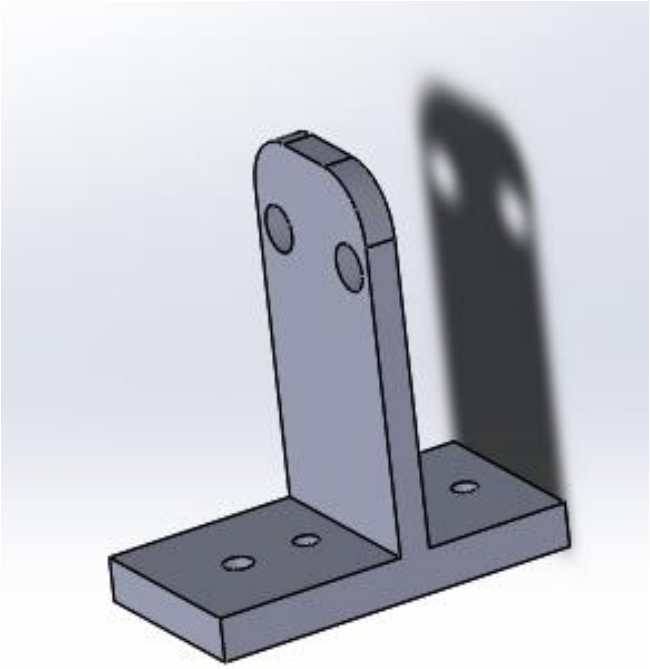

Fig. 29 Vista isométrica de la base fija en solidworks

Soporte solido: se diseñó un soporte solido en forma de cruz que nos servirá para recargar la pieza a medir, esto con la finalidad de que no soporte completamente el peso de la pieza los resortes, la altura de este soporte será de 40mm.

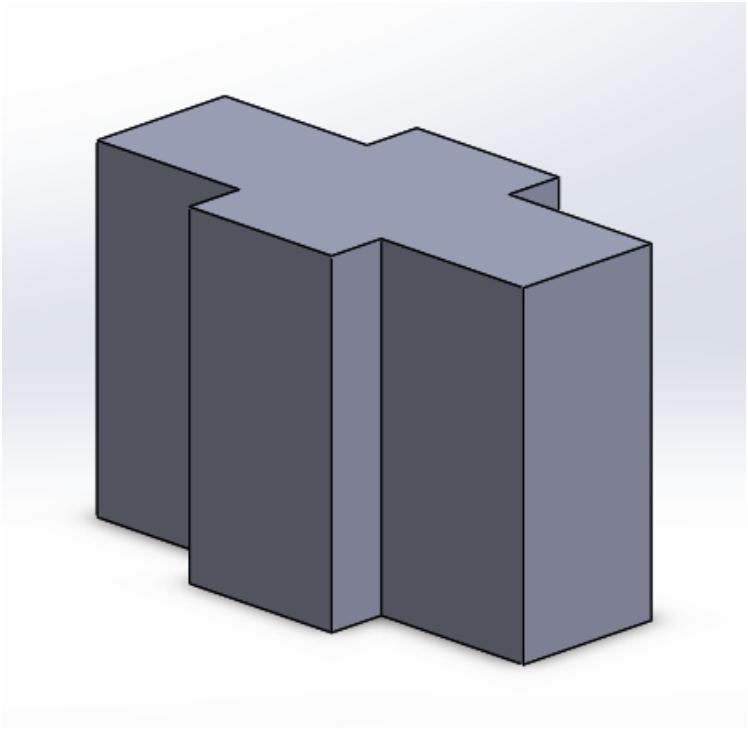

Fig. 30 Vista isométrica de soporte solido en solidworks

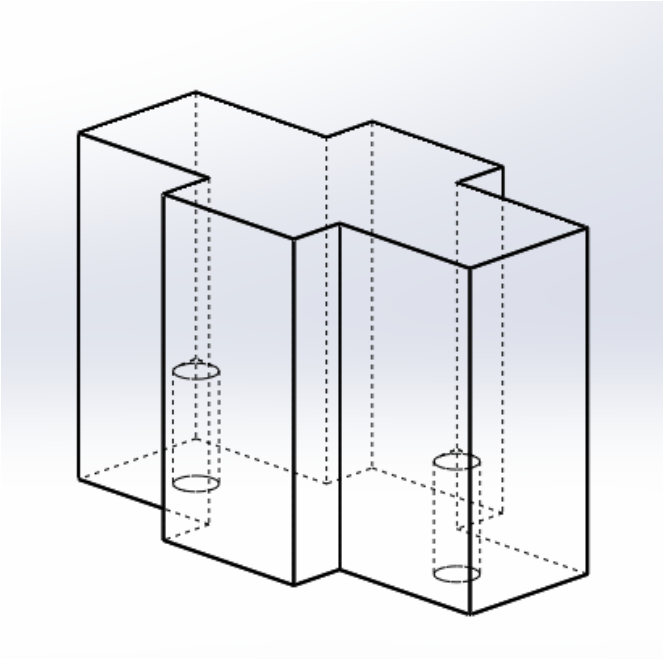

Fig. 31 Vista isométrica con líneas ocultas de soporte solido en solidworks

Como se puede observar en la fig. 26 en la parte de abajo tiene dos perforaciones, cada una de 5mm de diámetro, estas nos servirán para asegurar el soporte solido de la base del gage.

Soporte móvil: este soporte no estará fijo y consta de dos piezas para que se pueda tomar la lectura de los ángulos del bar blade, estos ángulos deben de ser de 30° y tienen una tolerancia de $\pm 2°$.

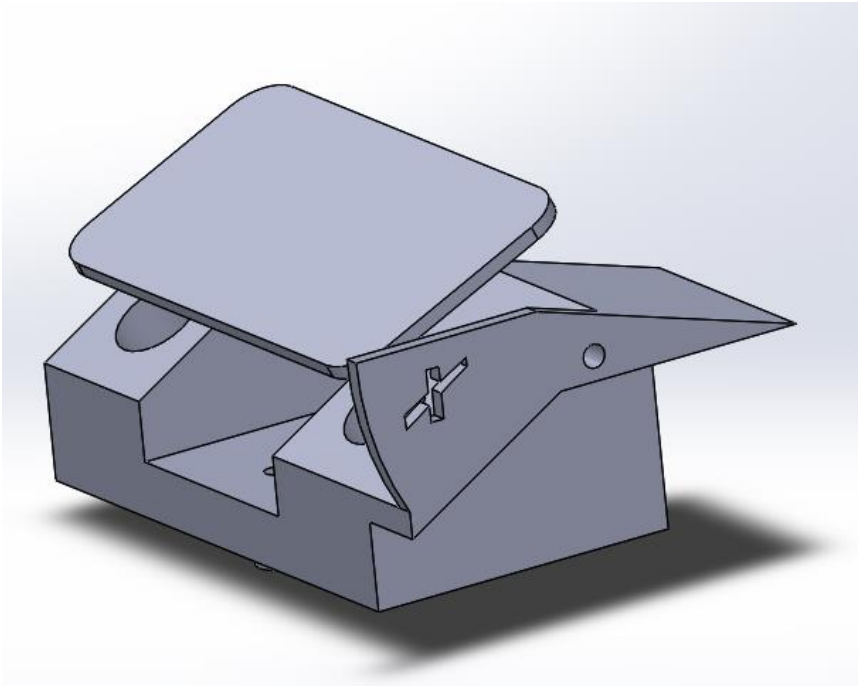

Fig. 32 Vista isométrica del ensamble del soporte móvil en solidworks

En la fig. 32 se pueden apreciar unas ranuras en forma de cruz, la función de estas será medir el ángulo de bar blade, cuando en ángulo este en 30 grados, la placa móvil se colocará en esa cruz, de la siguiente manera (tomando como referencia la línea azul en la imagen):

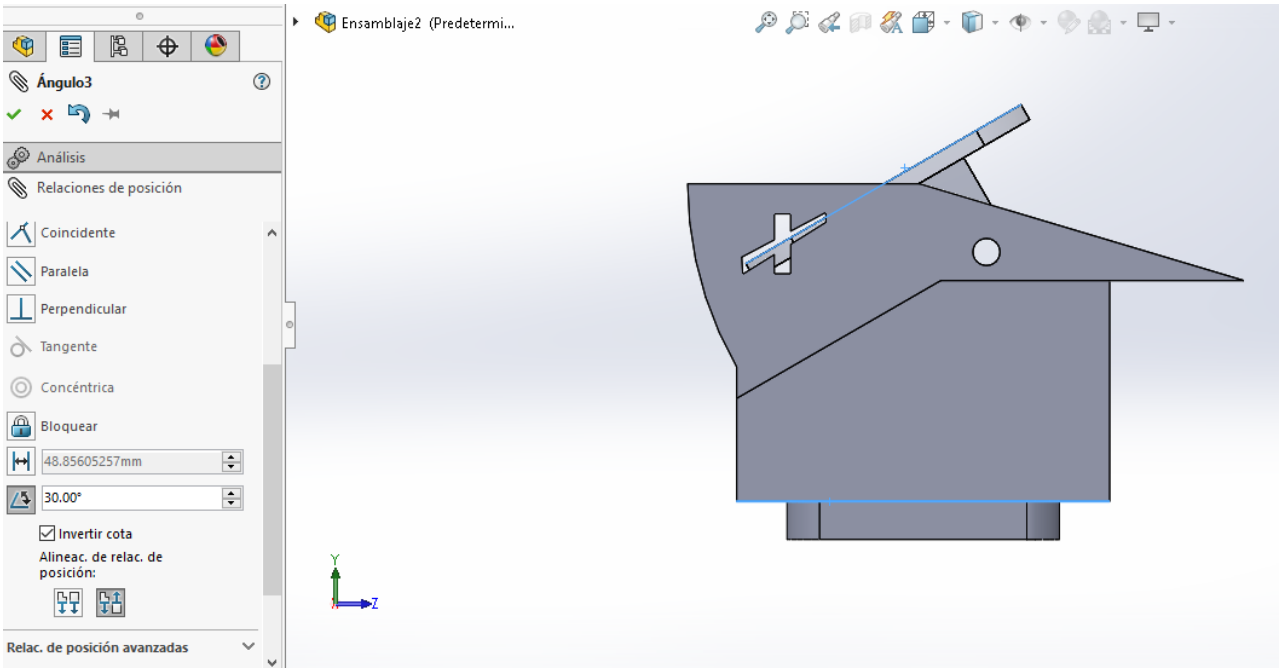

Fig. 33 Soporte móvil a 30° mostrado en solidworks

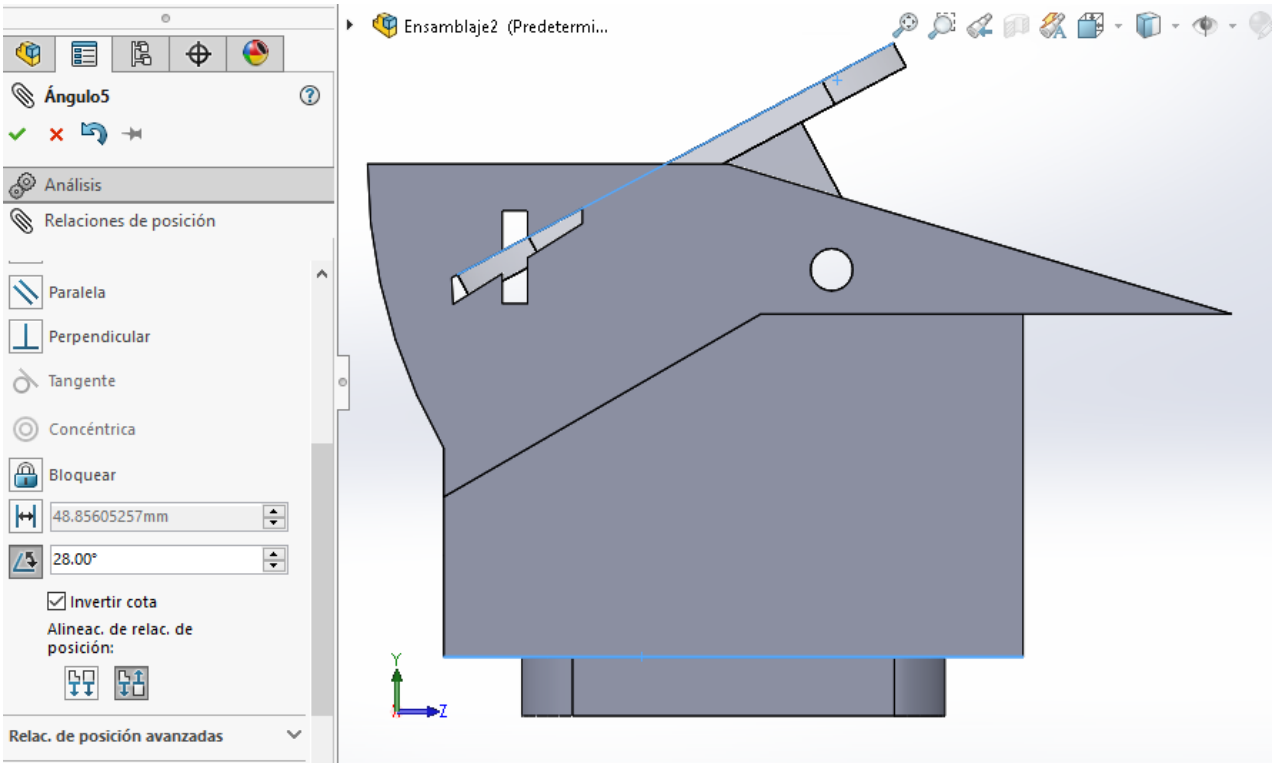

Fig. 34 Soporte móvil a 28° mostrado en solidworks

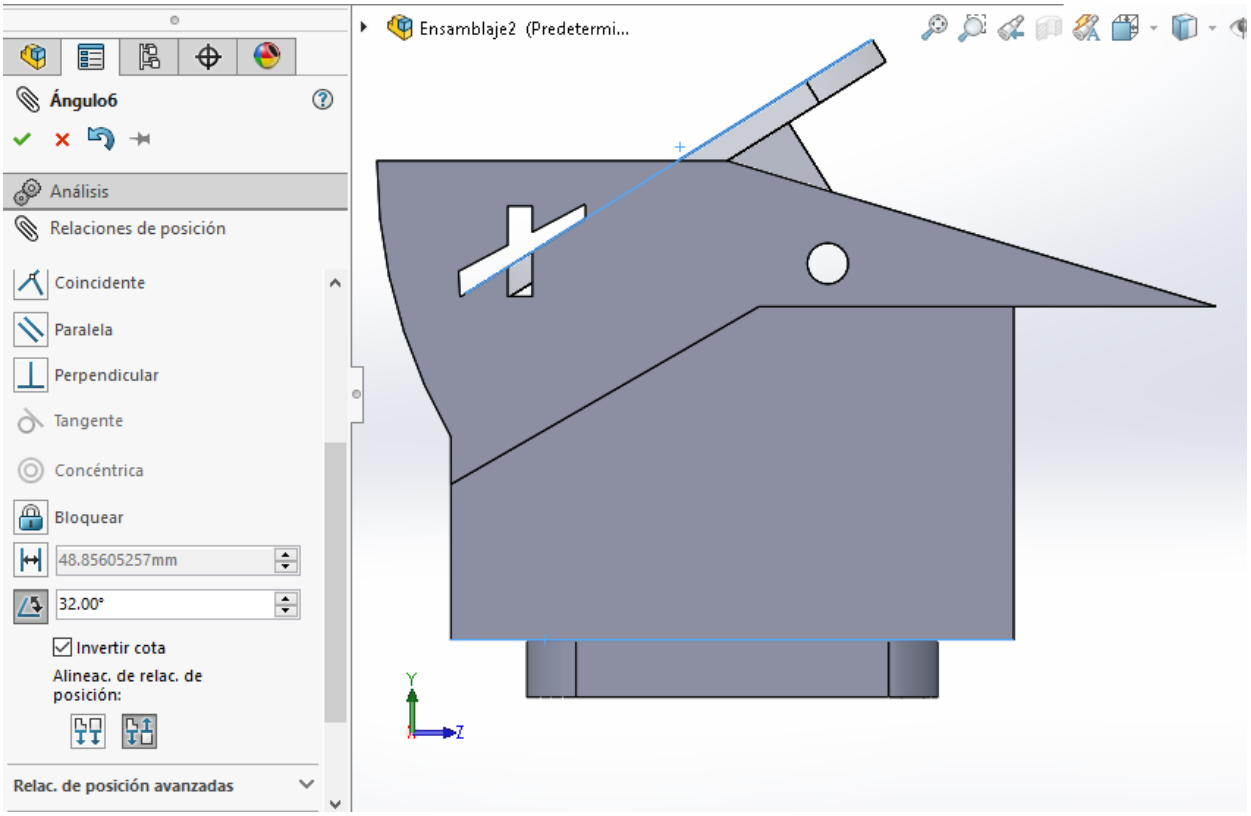

Fig. 35 Soporte móvil a 32° mostrado en solidworks

Como se puede apreciar, la toma de las medidas de este ángulo será en relación a la ranura, la línea que se muestra en azul en las imágenes no debe de salirse de la vista de la ranura inclinada, si a la hora de colocar el soporte, la línea azul se sale de la vista de la ranura inclinada, se puede decir que la pieza no cumple con este parámetro pedido por el cliente.

Serán un total de 2 placas móviles, esto debido a que una ira del lado derecho y la otra del lado izquierdo, las medidas serán las mismas; lo único que cambiaría será la colocación de esta ranura, esto con la finalidad de que cuando se coloque la pieza, la ranura quede de frente a nosotros de los dos lados, tanto la izquierda como la derecha.

Consumibles: estos irán atornillados en la base fija, para la fabricación de estos se verificará que la cara plana este rectificada, esto con la finalidad de que el bar blade y el consumible haga contacto perfectamente en toda la superficie del bar blade.

Estos consumibles se colocarán pensando a futuro, ya que debido al desgaste que se tendrá al rosar el consumible y un número significativo de bar blade las mediciones no serán correctas, por lo que habría que reemplazarlos.

La caja que se aprecia en la imagen se hizo con la finalidad de esconder la cabeza del tornillo, además de que evitar la interrupción del contacto entre consumible-bar blade.

Se necesitarán un total de 8 piezas.

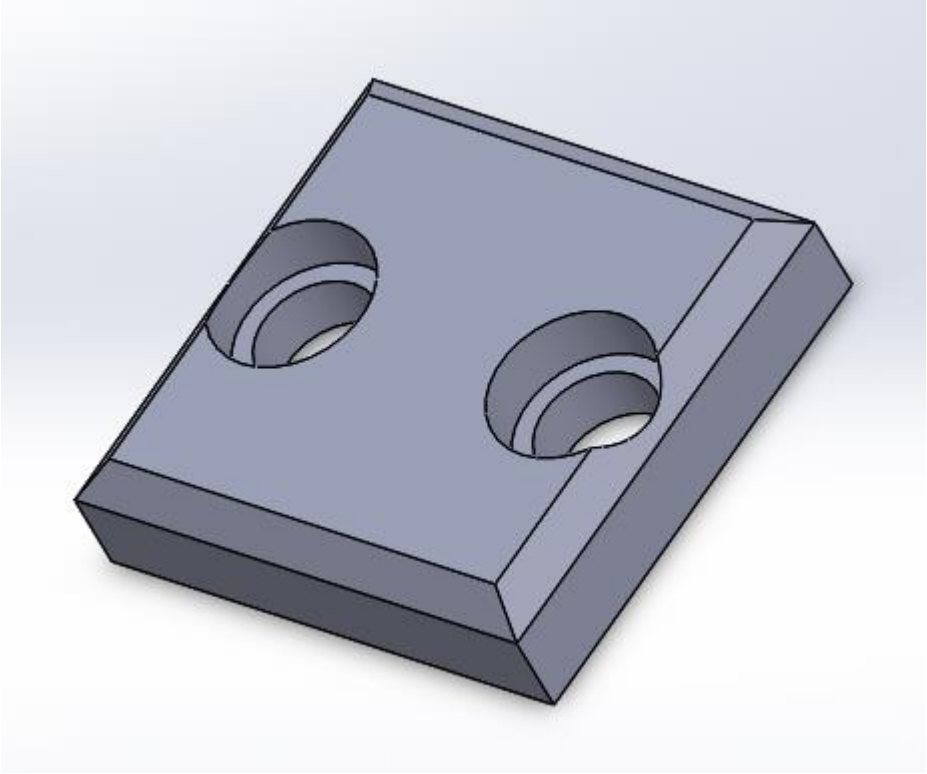

Fig. 36 Vista isométrica del consumible en solidworks

Bloques: estos irán en la parte inferior de la base del gage, todos tendrán que estar bien rectificados, para que todas tengan las mismas medidas ya que si uno está más grande que otro, sobre todo su altura el gage no asentara perfectamente con la mesa donde se colocara el gage y esto puede afectar en las mediciones de forma considerable. Estos bloques irán atornillados con la base del gage, cada bloque se asegurara con 2 tornillos.

La colocación del gage será sobre una mesa rectificada para evitar problemas en la medición.

Se necesitaran un total de 10 piezas

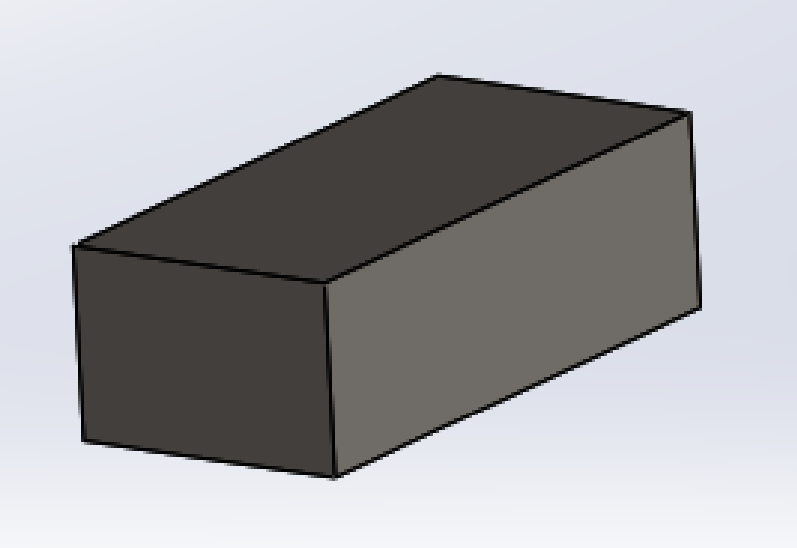

Fig. 37 Vista isométrica del bloque en solidworks

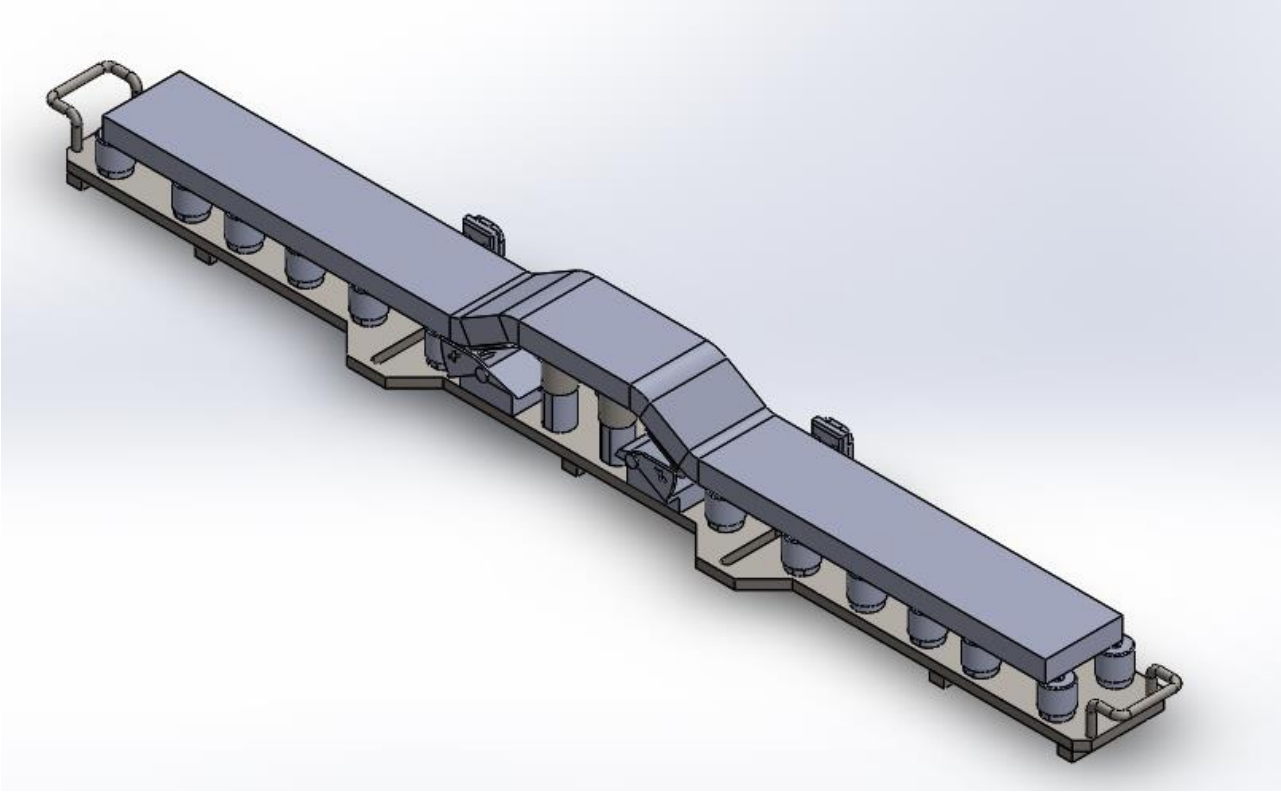

Fig. 38 Vista isométrica del ensamble del gage en solidworks

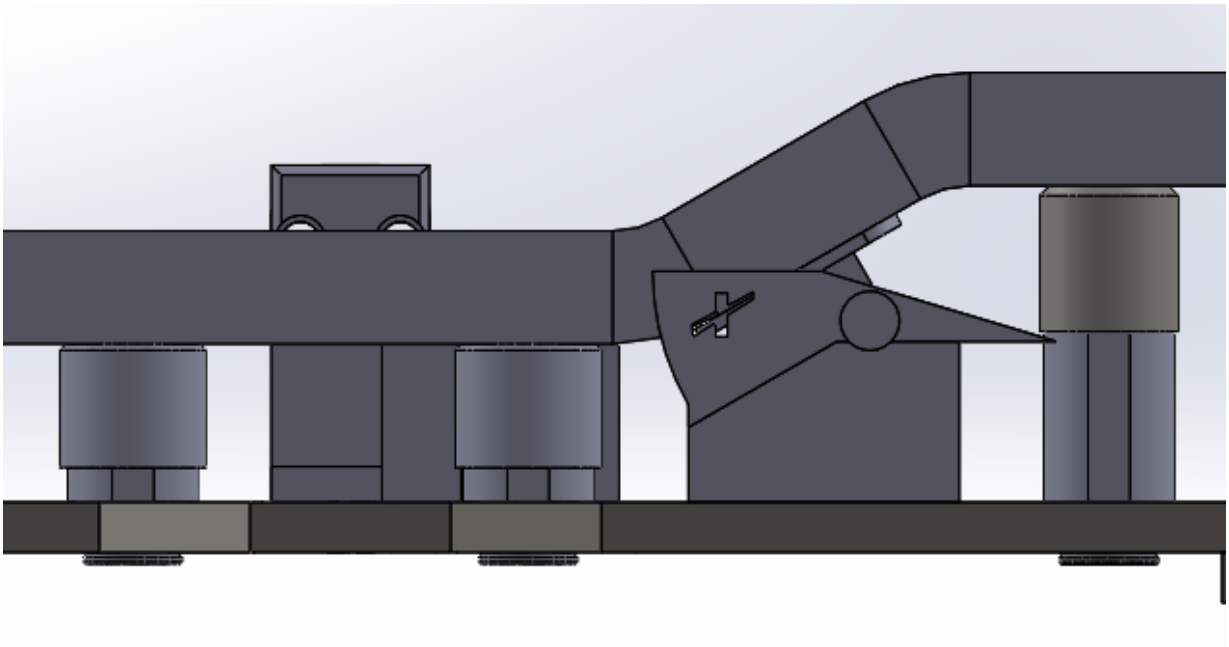

Fig. 39 Apreciación del correcto funcionamiento del gage en la medición del ángulo

En la imagen podemos apreciar que al hacer el ensamble de las piezas del gage, la placa cumple con los requisitos para medir el ángulo de la pieza, en la imagen podemos ver que el bar blade están asentado en el soporte, quien en conjunto con los bujes mantienen a la pieza estable, la altura que tenemos entre los casquillos del centro y el de las orillas es de 40 mm, por lo que de igual manera cumple con la altura.

Medición del ancho: este va a consistir en tener la placa movible libre de desplazarse entre la tolerancia máxima y mínima del ancho, su funcionamiento será, que si la cuchilla entra en estas dos placas sin problemas, la pieza pasa, si la pieza se atora en las dos placas, la cuchilla no cumple con la medida requerida.

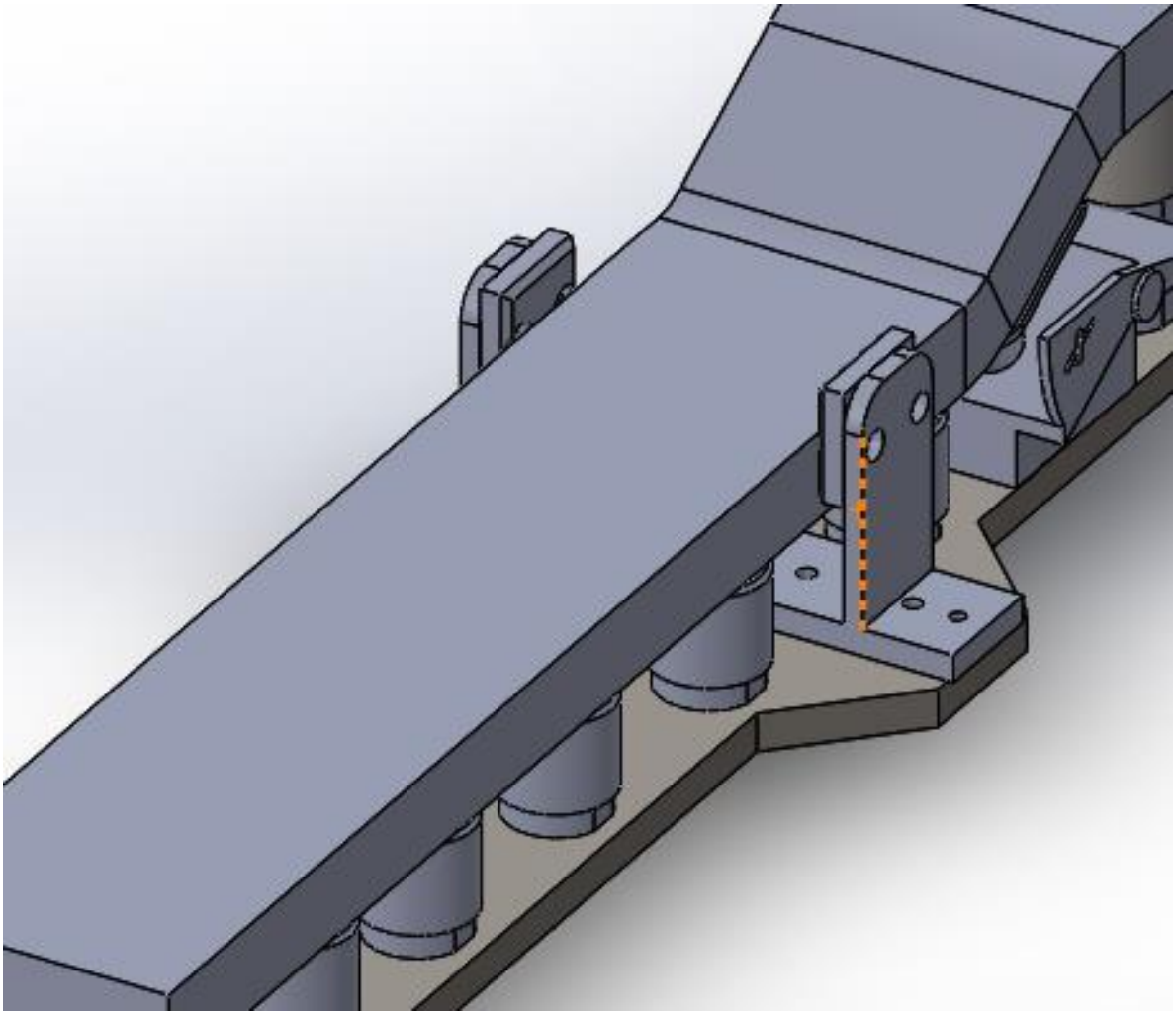

Fig. 40 En la imagen se puede apreciar la medición del ancho del bar blade

3.4.- SELECCIÓN DE MATERIALES A UTILIZAR

Para la fabricación del gage se tomó la decisión de utilizar un acero estructural al carbono (A-36) en todas las partes del gage, ya que la empresa contaba con este material, además de que sus propiedades de este son muy buenas; ya que las piezas fabricadas con este material se pueden unir mediante todos los procesos de soldadura. Los más comúnmente usados para el A-36 son los menos costosos y rápidos como la soldadura por arco metálico protegido, soldadura con arco metálico y gas, es también comúnmente atornillado o remachado.

3.5.- FABRICACIÓN DEL GAGE

Para la fabricación del gage se requirió de los planos de cada una de las piezas, en el plano iban indicada las tolerancias geométricas y dimensionales en partes críticas. Los planos de cada pieza serán omitidos en este documento, esto debido a la privacidad tanto de la empresa como del cliente.

Para el diseño de cualquier sistema mecánico de medición se requiere que el trabajo en cada una de las piezas que lo conforman esté bien hecho, de lo contrario la lectura de sus dimensiones serán erróneas.

A continuación se presentaran las partes del Gage:

Fig. 41 Buje hembra (o casquillos) fabricados

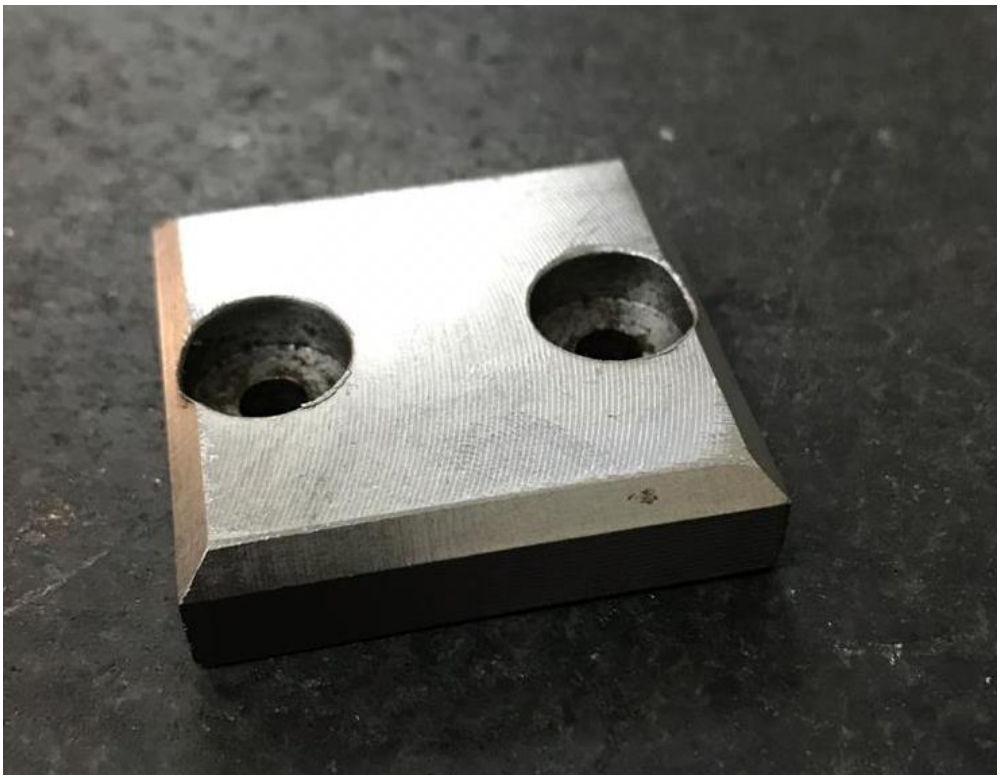

Fig. 42 Consumibles fabricados

Los bloques irán en la parte inferior de la base del gage, estos harán contacto con la mesa donde se colocará el gage, esta mesa tiene que estar rectificada y afortunadamente la empresa ya cuenta con esta.

Fig. 43 Bloque fabricado

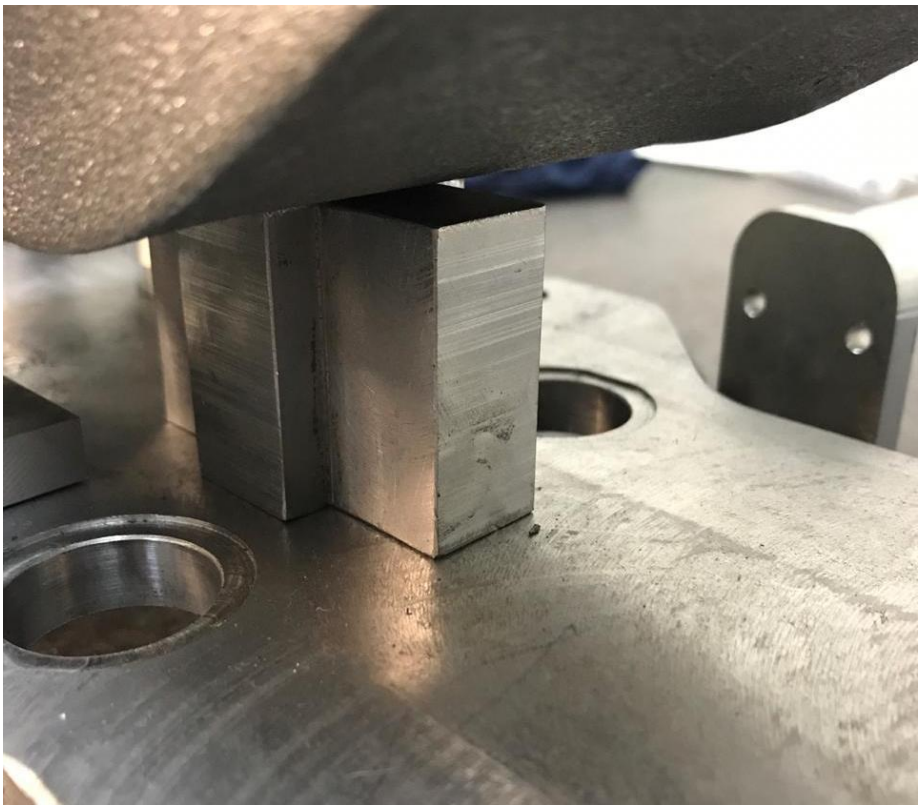

Fig. 44 Soporte solido fabricado y ensamblado en la base del gage

Fig. 45 Fabricación de la base del gage

Fig. 46 Base fija fabricada y ensamblada con el consumible y la base del gage

Fig. 47 Base movible fabricada y ensamblada con el consumible

Fig. 48 Resortes usados entre los bujes machos y hembras

Fig. 49 Bar blade montado sobre el gage

3.6.- AJUSTES

Se realizó una verificación de las piezas fabricadas conforme fueron llegando, ya que la fabricación de las piezas fueron por partes, una de las primeras piezas que nos llegó a Grupo Delmex fue la base del gage, esta presentaba problemas, en específico 2 que eran, la colocación de las perforaciones para sujetar las bases fijas y presentaba un problema en el espesor de la placa, ya que debido a que se maquino, había dejado un espesor más grueso del requerido y no coincidía con la forma del diseño mandado (estaba un poco más grande).

Se pensó inicialmente en mandar a reparar la placa, pero después de ver que para dar solución al problema de los orificios se tenía que aplicar soldadura, para después volver a perforar, se tomó la decisión que no se haría, ya que debido al calentamiento de la

soldadura y al pequeño espesor de la base, esta se podría deformar, causando problemas en las mediciones.

Los bujes si cumplían con las medidas pedidas, por lo que esos se conservaron.

Se tuvo un detalle también en las bases que nos iban a servir para la medición del ángulo ya que las dos vinieron de un solo lado, se habló con la persona encargada de la fabricación de estas piezas y posteriormente se mandaron las que faltaban.

Cuando se ensamblo el gage completamente, se tomaron mediciones de forma manual de los parámetros críticos que mediría, se le hizo un ajuste en la parte del ensamble de los bujes machos y hembras, resulto que los bujes no quedaban a un mismo nivel por lo que se requirió de un torquímetro para ajustar el torque en todos los bujes

.

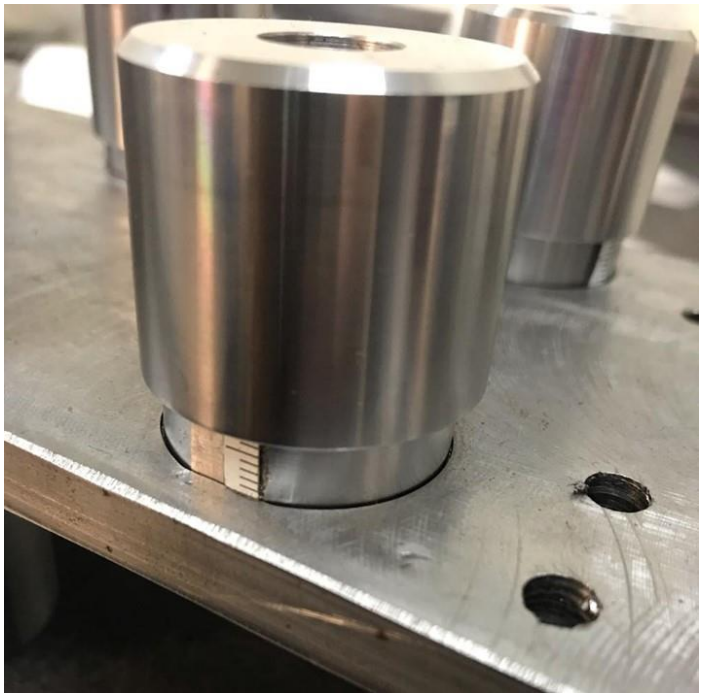

Fig. 50 Ajuste de los bujes a la misma altura

Se verificara que la base del gage, en coordinación con los bloques que irán debajo de la base, al estar en contacto con la mesa rectificada estén bien alineados, lo más aproximado a los 0 grados, por lo que se usó un indicador de nivel.

Fig. 51 Verificación del nivel del gage

CAPITULO 4. RESULTADOS

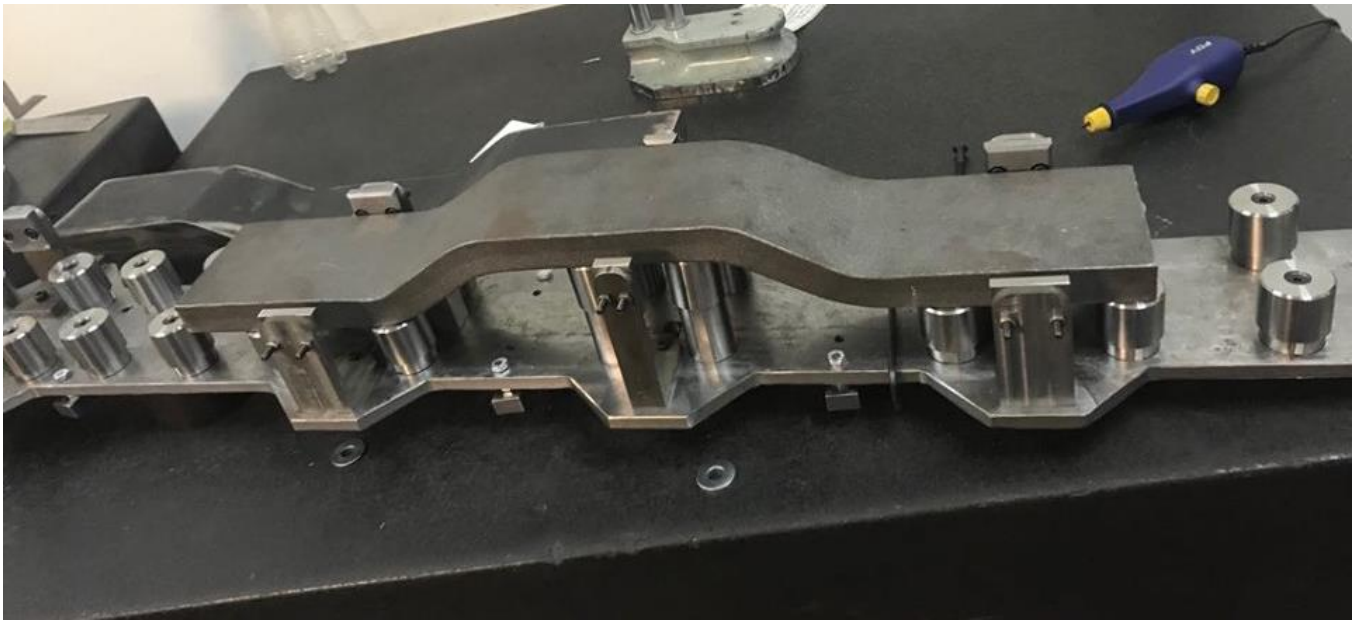

Fig. 52 vista frontal del gage

Fig. 53 Vista isométrica del gage.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES

El resultado de esto proyecto fue gracias al apoyo de un software de diseño, en este caso Solidworks, una recolección de datos acerca de la problemática para tener un panorama más amplio en la resolución de este, en conjunto con la ayuda del asesor interno como externo que estuvieron en la mejor disposición para apoyar.

Hoy en día solidworks es una herramienta de gran ayuda, ya que aquí se puede simular el funcionamiento de mecanismos existentes, como de nuevas propuestas de diseño, que fue nuestro caso. El tener una idea plasmada en 3D, nos da la pauta para ver si la propuesta es viable para continuar con el diseño o no. Tener la una buena documentación en la presentación de un proyecto es importante, pero mostrarle un 3D y una simulación a la persona que se quiere convencer es la mejor opción, ya que si en la documentación la persona no quedo convencida por completo, aquí lo hará al ver como funcionaria y que mejoras traería, además de ver si funcionaria o no, ya que desarrollar un proyecto implica gastos y de no ser factible y funcional solo serían pérdidas para la empresa.

La simulación que nos sirvió en el software de diseño, fue para ver que el mecanismo no presentara interferencias durante la colocación de las cuchillas (Bar blade).

Antes de implementar este gage de medición, la duración por inspección de piezas era de aproximadamente 10 minutos; ya que se perdía mucho tiempo a la hora de hacer los trazos que sirven para medir tanto el ángulo como la longitud total de cada pieza, en la actualidad para la inspección de cada pieza se requiere aproximadamente 1.5 minutos y se requiere solamente de 2 personas.

Con la implementación de este sistema mecánico de medición, se logró el objetivo principal planteado a un principio; que era disminuir personal en el área y reducción de tiempo por inspección de piezas.

CAPITULO 6.- COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS

A continuación se muestran las competencias desarrolladas durante la estancia en la empresa Grupo Delmex S.A. de C.V.:

- Responsabilidad
- Compromiso
- Toma de decisión
- Trabajo en equipo
- Ética
- Automotivación
- Adaptabilidad
- Reconocer éxito de otras personas
- Pensamiento analítico
- Manejo de estrés trabajo bajo presión
- Comunicación

CAPITULO 7.- FUENTES DE INFORMACION

Bencomo, J. (28 de Noviembre de 2008). *Monografias.com*. Obtenido de https://www.monografias.com/trabajos65/metrologia-avanzada/metrologia-avanzada2.shtml

Contreras Hernandez, A. E. (Junio de 2013). *eprints.uanl.mx.* Obtenido de http://eprints.uanl.mx/3324/1/1080256654.pdf

G. Budynas , R., & Keith Nisbett, J. (2012). Introducción al diseño de ingenieria mecánica. En *Diseño en ingenieria mecanica de Shigley* (págs. 5-8). Mexico, D.F. : McGraw-Hill.

Hibbeler, R. C. (2011). *Mecánica de materiales 8va edicion.* Naucalpan de Juárez, Estado de México: Pearson.

Najera Nuñez, R. (18 de Diciembre de 2009). *monografias.com*. Obtenido de https://www.monografias.com/trabajos77/metrologia-avanzada-tolerancias-geometricas/metrologia-avanzada-tolerancias-geometricas2.shtml

R. Askeland, D., P. Fulay, P., & J. Wright, w. (2012). Tratamiento termico de aceros y hierros colados. En D. R. Askeland, P. P. Fulay, & W. J. Wright, *Ciencia e ingenieria de los materiales* (págs. 498-499). Mexico D.F.: Cengage Learning.