



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE
HERRAMIENTA PARA CAMBIO DE BUJES Y
RODAMIENTOS EN HORQUILLAS Y MANGUETAS DE
SUSPENSIÓN DE AUTOMÓVILES COMPACTOS.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

PRESENTA

FRANCISCO JAVIER DIEGO MARTÍNEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. JOSÉ ANTONIO SOUZA JIMÉNEZ



CIUDAD NEZAHUALCOYOLT, ESTADO DE MÉXICO. 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

	PÁGINA.
Resumen. _____	2
Introducción. _____	3
Planteamiento del problema. _____	6
Justificación. _____	7
Objetivos. _____	8
Objetivo general. _____	8
Objetivo específico. _____	8
ANTECEDENTES. _____	9
Herramienta para la extracción de bujes. _____	9
Herramienta para la extracción de rodamientos. _____	11
Patentes. _____	12
Herramienta de extracción para cojinetes, casquillos y similares. _____	12
Extractor / instalador de bujes. _____	13
Extractor. _____	14
Procedimiento para realizar un cambio de bujes en automóviles compactos ____	15
Procedimiento para realizar un cambio de rodamientos en automóviles compactos _____	15
Suspensión _____	16
Suspensión de brazos tirados o arrastrados _____	17
Suspensión mc pherson. _____	18
Suspensión de trapecios superpuestos. _____	19
Suspensión multibrazo. _____	20
Bujes. _____	21
Dimensiones de bujes y rodamientos. _____	21
Horquilla. _____	22
Consecuencia de un buje en mal estado. _____	22
Rodamientos de ruedas. _____	23
Mangueta. _____	23

Consecuencia de un rodamiento en mal estado. _____	23
CAPÍTULO 1 PLANEACIÓN. _____	24
1.1 Planeación en el proceso de diseño _____	24
1.2 Identificación de las oportunidades. _____	25
1.3 Categorización de las oportunidades _____	26
1.4 Prioridad del proyecto. _____	27
1.5 Asignación de recursos. _____	29
1.6 Cronograma de actividades. _____	30
1.7 Análisis FODA. _____	31
1.8 Declaración de la misión. _____	32
CAPÍTULO 2 GENERACIÓN DEL CONCEPTO. _____	33
2.1 Generación del concepto. _____	33
2.1.1 Identificación de las necesidades del usuario _____	36
2.1.2 Interpretación de las necesidades de usuario. _ _____	35
2.1.3 Organización de las necesidades en jerarquía _____	37
2.1.4 Importancia de las necesidades de usuario _____	38
2.2 Matriz QFD para la obtención de prioridades del diseño. _____	39
2.2.1 Despliegue de la función de calidad. _____	41
2.3 Boceto. _____	42
2.3.1 Boceto 1. _____	42
2.3.2 Boceto 2. _____	42
2.3.3 Boceto 3. _____	43
2.3.4 Boceto 4. _____	44
2.4 Cuadro para seleccionar la viabilidad de las propuestas. _____	45
2.5 Descripción de conceptos generados. _____	49
2.5.1 Concepto 1. _____	49
2.5.2 Concepto 2. _____	50
2.5.3 Concepto 3. _____	51
CAPÍTULO 3 DISEÑO A NIVEL SISTEMA. _____	53
3.1 Tornillo de potencia. _____	53

3.2 Tuerca. _____	55
3.3 Pernos. _____	56
3.4 Brazo. _____	57
3.5 Elemento de apoyo. _____	57
3.6 Elementos de empuje. _____	58
3.7 Cilindro. _____	59
3.8 Tornillos. _____	60
3.9 Cálculo de esfuerzo para el tornillo de potencia. _____	60
CAPÍTULO 4 DISEÑO A NIVEL DETALLE. _____	67
4.1 Planos de fabricación _____	67
4.1.1 Tornillo de potencia _____	67
4.1.2 Cilindro para elemento de empujes. _____	68
4.1.3 Brazo para elemento de apoyo. _____	69
4.1.4 Elemento de empuje. _____	70
4.1.5 Plano elemento de apoyo. _____	71
CAPÍTULO 5 PRUEBAS Y REFINAMIENTO _____	77
5.1 Prototipo en metal _____	72
5.2 Rediseño de los elementos _____	73
5.2.1 Brazo para alojar elementos de apoyo y de empuje _____	73
5.2.2 Elementos de apoyo y de empuje _____	75
5.2.3 Arandela para sujetar elementos de empuje y de apoyo _____	76
5.2.4 Rosca métrica _____	77
5.2.5 Herramienta ensamblada _____	78
Conclusiones _____	79
Anexos _____	85
Tabla A. diámetros preferidos para rosca ACME. _____	80
Tabla b: dimensiones de rosca métricas. _____	81
Tabla c. coeficientes de fricción para pares roscados. _____	82
Tabla d. factores de área para áreas de cortante de barrido en las cuerdas. _____	82

Tabla e. grupos de aleaciones en el sistema de numeración AISI _____	83
Tabla f. propiedades mecánicas del 4140 templado y revenido. _____	84
Tabla G. Vehículos donde el prototipo puede ser utilizado. _____	84
Fotos de los prototipos. _____	85
Referencias bibliográficas. _____	87

RESUMEN.

En la presente tesis se aborda el diseño y construcción de un prototipo de herramienta para facilitar el reemplazo de bujes y rodamientos en elementos de suspensión de automóviles compactos, este prototipo se pretende ocupar en una gran gama de vehículos compactos para minimizar tiempos, costos de mantenimiento, simplificar el trabajo y garantizar que la tarea se realice de forma adecuada. En la tabla G del anexo se describen los modelos de vehículos en los que la herramienta podrá ocuparse de acuerdo a las dimensiones que se consultaron en los catálogos “**SYD**” y “**NATIONAL WHEL END COMPONENTS**”

La forma de abordar el desarrollo fue con base al proceso genérico de diseño, según (Ulrich y Eppingerd, 2012). Se abordan 5 capítulos:

- 1) Planeación
- 2) Generación de conceptos.
- 3) Diseño a nivel sistema.
- 4) Diseño a nivel detalle.
- 5) Fabricación, pruebas y refinamiento.

Previo a estos capítulos se realiza una investigación de las herramientas que se ofertan en el mercado, sus costos y características que cada una presenta.

También se investiga las geometrías y dimensiones de los bujes y rodamientos, así como de los elementos donde se alojan, horquilla y mangueta.

Para dar inicio a este trabajo de tesis y siguiendo el proceso genérico de diseño se empieza identificando las oportunidades, que consiste en una idea de un producto a realizar para solucionar un problema. La idea es construir una herramienta para la extracción de bujes y rodamientos, para esto Se ha documentado las características de la herramienta que existen en el mercado, con base a esa información se asignan prioridades, se contemplan tiempos y recursos económicos para la construcción del prototipo.

Dentro de los siguientes capítulos se producen dibujos y diagramas que describen las primeras ideas de la herramienta para después generar los prototipos.

Se acude a un taller mecánico para realizar pruebas y obtener los esfuerzos que se necesita ejercer para desalojar un rodamiento, este dato es importante en el proyecto porque determinará la geometría del tornillo, lo cual hará posible generar los planos de fabricación.

Se producen 3 prototipos, el primero consiste en una impresión 3D para evaluar el mecanismo de la herramienta, un segundo prototipo es fabricado en acero, éste es sometido a pruebas en el ambiente de trabajo y sirvió para evaluar el desempeño y modificar geometrías, lo que dio paso a un tercer prototipo, el cual fue probado en algunos vehículos y su desempeño se continuará evaluando en otros modelos de automóviles.

INTRODUCCIÓN.

En el presente trabajo de tesis se aborda el desarrollo del prototipo para una herramienta que facilite la extracción e introducción de bujes y rodamientos en los elementos de suspensión, manguetas y horquillas, para una gran gama de vehículos.

La idea surge porque se cuenta con una herramienta “casera” construida con pedazos de tubo de acero, tornillos sin cabeza (“espárrago”) que se encuentran en la tlapalería, tuercas y es utilizada en un modelo de vehículo (Hyundai, Atos) para realizar el reemplazo de bujes específicamente. Por las características de esta herramienta solo puede ocuparse para 10 reemplazos, aproximadamente, debido a que los elementos sujetos a fricción sufren desgaste.

En el mercado se comercializan herramientas para tareas únicas ya sea para el reemplazo de bujes o de rodamientos, Las hay de varios precios, formas de accionamiento, neumáticas o con las fuerzas del operario. Las que se ocupan en una gran mayoría de vehículos contienen más elementos a emplear y las menos

elaboradas se limitan a un uso determinado de vehículos. El precio de estas herramientas va desde los 920 hasta 5900 pesos mexicanos.

Por las características de estas herramientas (precio y limitarse a una tarea específica) muchas veces las personas que realizan el mantenimiento automotriz optan por improvisar herramientas o procedimientos poco conveniente, que no garantiza un buen trabajo.

El prototipo que se ha propuesto en este trabajo de tesis está diseñado para que se pueda ocupar en una gran gama de vehículos, debido a la facilidad para disponer, a los diámetros requeridos los elementos de apoyo, los cuales se colocan en una parte sólida y estable de la mangueta u horquilla y los elementos de empuje, que avanzan cuando se le da vueltas a un tornillo de potencia. De esta forma se desaloja al rodamiento o buje ocupándose para dos tareas diferentes. La herramienta puede transportarse con facilidad y ocuparse por una sola persona.

El trabajo consta de 5 capítulos.

El primer capítulo trata de la planeación, abordada desde la experiencia de diseño propuesta por Ulrich y Eppingerd. Se empieza identificando la idea de un artículo nuevo, para este trabajo de tesis la idea es una herramienta extractora de bujes y rodamientos, a lo que le llama identificación de las oportunidades.

Se evalúan los avances de la tecnología, se especifican las metas y limitaciones, además se considera el tiempo y los recursos económicos para su realización. Como resultado se obtiene la declaración de la misión, que consiste en una descripción general de las características que el prototipo debe contemplar.

El segundo capítulo consiste en identificar las necesidades del usuario, se generan y evalúan conceptos del producto. Un concepto de producto es una descripción dónde se incluye dibujos y texto que hacen referencia a su forma, función y características. Para completar esta fase se hará uso de la herramienta: ***Despliegue de la función de calidad (Q.F.D.)***.

El tercer capítulo está enfocado al diseño del sistema, comprende; generar la estructura del prototipo, sus componentes y subsistemas, esta fase se concluye con la obtención de geometrías, especificaciones de la función de cada uno de los elementos de la herramienta y un análisis teórico del elemento sujeto a esfuerzos. En este capítulo fue conveniente medir la fuerza que se requiere para extraer un rodamiento, de su cavidad y en función de eso se especificó las dimensiones del tornillo que se ocupa para transmitir la potencia.

El cuarto capítulo consiste en las especificaciones completas de las geometrías, materiales, proveedores, y piezas estándar. Al terminar esta fase se tendrá la documentación del prototipo a fabricar, planos de todos los elementos, y diagrama de ensamble.

El quinto capítulo está dedicado a la fabricación, pruebas y refinamiento del prototipo. Se pasa de los planos a un volumen a partir de la impresión 3D, para observar el desempeño del mecanismo y geometrías propuestas, este prototipo ha servido para hacerle las primeras correcciones al diseño. Al ser fabricado con plástico este no puede someterse a pruebas en el ambiente de trabajo por lo que se da paso a contruir el mismo prototipo pero con material que en el diseño a detalle se determinó, el cual fue evaluado en las condiciones de trabajo del operario para detectar sus debilidades, esta actividad dio paso a modificar aspectos importantes para el mejor desempeño lo que da paso a un último prototipo el cual estará a prueba por un tiempo para observar sus resultados en una amplia gama de vehículos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Para que un automóvil funcione se compone de varios sistemas. En este trabajo de tesis se enfoca la atención en dos elementos del sistema de suspensión, éstos son; Horquilla y mangueta.

La horquilla o brazo de control permite que las llantas se desplacen verticalmente de abajo hacia arriba de forma independiente cuando el camino es irregular y el auto está en marcha. Este movimiento se logra porque un extremo de la horquilla se une al bastidor mediante tornillos que atraviesan la cavidad de la horquilla sirviendo de pivote y el otro extremo se conecta con la magüeta por medio de rótulas.

En la cavidad de la horquilla se aloja el buje, elemento fabricado de caucho o poliuretano que sirve para minimizar vibración, desgaste de la horquilla y evitar ruidos. Estas piezas serán reemplazadas después de un tiempo de uso, en promedio es de 144,000 km y 160,000 km.

La función de la mangueta es conectar los elementos de suspensión, llantas, amortiguador, brazo de control, con la flecha de dirección. La mangueta cuenta con una cavidad donde se aloja el rodamiento que permite el libre giro de la llanta, soporta la carga axial y radial de la flecha de dirección. Cuando el rodamiento está dañado la llanta no girará uniformemente y se puede llegar a un bloqueo de las ruedas teniendo una conducción accidentada. En promedio un rodamiento se cambia entre los 136,000 y 160,000 km.

Se cuenta con una herramienta casera para reemplazar los bujes en las horquillas de suspensión, en el modelo de automóvil Hyundai Atos, únicamente. Después de utilizarla para 10 reemplazos presenta desgaste en los elementos sometidos a fricción lo cual imposibilita su uso.

En el mercado se comercializan herramientas para realizar esta tarea, pero los costos son elevados, la más económica y que se usa en un modelo específico supera en 9 veces el costo de la herramienta casera. Mientras más elaborada y mayor número de elementos tenga la herramienta, su precio incrementa.

Con la evolución de las herramientas cada vez se siguen implementando nuevos sistemas, con el fin de facilitar el trabajo, pero por otro lado las personas encargadas del mantenimiento automotriz se enfrentan a un escenario donde tienen que fabricar sus herramientas pues presenta un menor costo que comprarlas, o incluso implementar procedimientos que resultan en una mala práctica, pues se arriesga a dañar algún elemento del vehículo o la refacción nueva. Por ejemplo, para el cambio de bujes y rodamientos se sigue observando en algunos talleres la utilización de marro y cincel.

El mercado de las herramientas también alberga a las destinadas para reemplazar rodamientos. En cuanto a la marca Gearwrench, (una de la más económicas, comparada con SKF) su funcionamiento no resulta práctico debido a que el operario tiene que desplazar un martillo de inercia por un eje horizontal más de 15 veces para poder desalojar la refacción.

Es útil contar con una herramienta que se pueda ocupar para el reemplazo de bujes y rodamientos, ocupándose en una amplia gama de vehículos permitiendo a los operarios del mantenimiento automotriz contar con ello para mejorar sus actividades y el resultado sea favorable. Por esto se requiere perfeccionar la herramienta casera con que se cuenta, para obtener otras geométricas y el mecanismo pueda ocuparse con un número simplificado de elementos y así su costo de fabricación también se reduzca.

JUSTIFICACIÓN

En el presente trabajo de tesis se aborda el diseño y fabricación de un prototipo de herramienta para reemplazar los bujes y rodamientos en los elementos de suspensión.

Desarrollar este prototipo es importante porque al contar con una herramienta que realiza dos tareas diferentes resulta bastante útil, además el campo para su utilización se amplía, en comparación con los productos comerciales, diseñados para tareas únicas.

Obtener una herramienta con pocos elementos a considerar para su funcionamiento, hace más práctica su utilización y el costo de fabricación se minimiza.

Cuando el prototipo esté terminado se podrá incentivar a los operarios para que opten por una herramienta diseñada para realizar dos tareas facilitando su trabajo, además de no arriesgarse a dañar alguna pieza con métodos improvisados.

Para el desarrollo de este prototipo se ha considerado pertinente que sea una herramienta manual. Para optimizar la fuerza humana la herramienta podrá permitir ocupar llaves, manerales o pistolas neumáticas. Esto con el fin de evitar sistemas más elaborados como algún actuador neumático o hidráulico, que indudablemente acrecentaría el costo de la herramienta.

Como es característica de una herramienta manual, su facilidad para transportarse de un lugar a otro y ser manipulada por una sola persona, se pretende que esta herramienta pueda ocuparse con facilidad desde casa por las personas con conocimientos de mecánica automotriz que prefieran hacer el reemplazo, sin necesidad de acudir a un taller o estar sujetos a la disposición del tiempo del operario.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

- Diseñar y construir el prototipo de una herramienta para facilitar la extracción e introducción de bujes y rodamientos en elementos de suspensión para una gran gama de automóviles con un menor precio.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Minimizar tiempo para el reemplazo de bujes y rodamientos.
- Abaratar costos de mantenimiento con el uso de la herramienta propuesta.
- Simplificar el trabajo para los operarios ocupando la herramienta propuesta.
- Garantizar que el mantenimiento se realice de forma adecuada

ANTECEDENTES.

HERRAMIENTAS PARA LA EXTRACCIÓN DE BUJES.

Tabla 1. Se ilustran las herramientas comerciales para el cambio de bujes en suspensiones de automóviles.

HERRAMIENTA	PRECIO	MARCA	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
	\$5,900.00 MXN	9CIRCLE	<ul style="list-style-type: none">• Aplicación universal en la mayoría de los vehículos.• tamaño del adaptador: de 18mm a 60 mm de diámetro; longitud de 26 a 68 mm.• Eje hidráulico 10 t.• Eje para jalar y fijar.• Aplicación directa en el carro.
	2,499.00 MXN	URREA	<ul style="list-style-type: none">• Puede utilizarse en vehículos y camiones ligeros que tienen rótula de presión.• Remueve rótula sin necesidad de remover brazo de control del vehículo (No en todos los vehículos).• 3 tubos receptores.• 1 tornillo forzador.

	<p>\$2,255.00 MXN</p>	<p>KNOVA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede usar para instalar y remover la mayoría de las rótulas, juntas universales y pernos de anclaje. • Prensa "c". • Tubo receptor (3" d. ext. x 2-3/4" d. int.). • Tubo receptor (2-1/2" d. ext. x 2-1/4" d. int.). • Tubo receptor (2" d. ext. x 1-3/4" d. int.). • Adaptador de instalación. • Adaptador de extracción.
	<p>3,658.00 MXN</p>	<p>BT- Ingenieros</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Permite extraer e instalar bujes con un diámetro de 34 a 90 mm. • Lleva 22 cilindros desde 34 hasta 90 mm. que combinados se pueden ajustar con precisión al diámetro del buje. • Las varillas llevan arandelas con rodamientos que evitan el desgaste de la rosca. • 22 cilindros de presión: 34/44 (34 mm. de diámetro interno y 44 mm. de diámetro externo), 36/46, 38/48, 40/50, 42/52, 44/54, 46/56, 48/58, 50/60, 52/62, 54/64, 56/66, 58/68, 60/70, 62/72, 64/74, 66/76, 68/78, 70/80, 72/82, 75/85 y 80/90 mm. • 5 varillas roscadas con tuercas: M10, M12, M14, M16 Y M18.
	<p>\$ 920.00 MNX</p>	<p>JOMAFÁ</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Adecuado para todos los modelos VW polo. • Husillo M12 x260 mm. • Tuerca. • Arandela de latón para reducir la fricción. • Peso 1.2 kg.

HERRAMIENTAS PARA LA EXTRACCIÓN DE RODAMIENTOS.

Tabla 2. Se ilustran las herramientas para cambio de rodamientos en suspensiones de automóviles.

HERRAMIENTA	PRECIO	MARCA	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
	\$5,381.00 MNX	SKF	<ul style="list-style-type: none"> No es necesario retirar la mangueta del vehículo. Se acciona manualmente, pero se puede complementar con un cilindro hidráulico. Tiene un pie de montaje flexible para insertar alojamientos de rodamientos de diversos tamaños (con diámetros entre 62 y 85 mm).
	\$ 2,700.00MNX	Gearwrench	<ul style="list-style-type: none"> Proporciona una amplia gama de aplicaciones como: Brida Tipo Ejes, sellos de aceite y otras piezas de ajuste a presión. Las mandíbulas pueden configurarse para 2 o 3 garras interno o externo para los trabajos de extracción Con esta herramienta también se puede extraer tambores de frenos. Contiene: martillo deslizante - Brida poco profunda brida profunda Martillo deslizante de 5-1 / 2 libras solamente.

PATENTES

Se ha buscado en sitios de internet autorizados patentes de herramientas para la extracción de rodamientos, las plataformas de búsqueda que se ha consultado son: Espacenet, Google patent, Wipo y Latipat. El resultado de las consultas ha servido para tener un panorama amplio y un referente para el diseño de la herramienta.

A continuación, se presentan las patentes más relevantes que muestran información para la interpretación de su funcionamiento.

Herramienta de extracción para cojinetes, casquillos y similares.

Datos bibliográficos: US4724608 (A) - 1988-02-16

Es un extractor para bujes esféricos, consta de un cuerpo extractor interior, tiene una superficie exterior cilíndrica de modo que puede insertarse en el orificio del buje, con un reborde en un extremo para acoplarse detrás del casquillo.

Una cuña es accionada por un perno alargado para ejercer fuerza detrás del casquillo, una parte roscada en la superficie exterior del cuerpo del extractor porta una tuerca que puede impulsar axialmente al extractor. En la figura 1 se muestra un corte longitudinal de la herramienta.

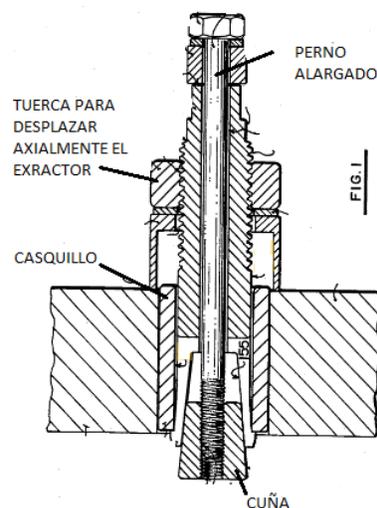


Figura 1. Herramienta de extracción para cojinetes, casquillos y similares.

Herramienta de extracción para cojinetes, casquillos y similares. [Imagen en línea]. Disponible en <https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=4724608A&KC=A&FT=D> [consultado: 5 -09-2018].

Extractor / Instalador de bujes.

Datos bibliográficos: US5025542A

El extractor comprende de una varilla roscada, una parte de carcasa y un par de discos circulares: un disco para la extracción del buje existente, el otro disco para la instalación del buje de sustitución, la varilla roscada se inserta de forma deslizante a través del pistón hidráulico. El disco de instalación es más grande y el casquillo de reemplazo es sustancialmente del mismo tamaño que la abertura del resorte, el cilindro hidráulico, en unión con la varilla roscada y el disco de instalación empuja el casquillo de reemplazo a su sitio. En la figura 2 se muestra el dibujo de la herramienta.

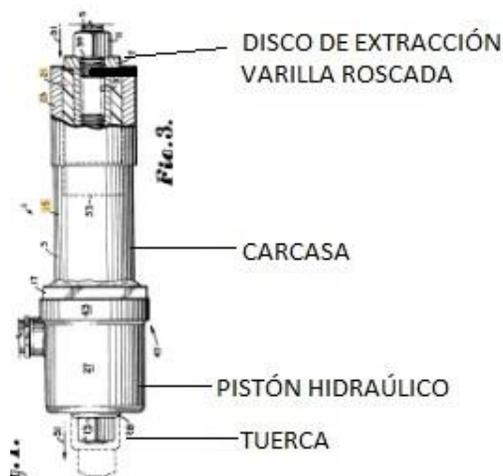


Figura 2. Extractor / Instalador de bujes.

Extractor / Instalador de bujes. [Imagen en línea]. Disponible en <https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=5025542A&KC=A&FT=D> [consultado: 5 -09-2018].

Extractor.

Datos bibliográficos: US5249342A

Es un dispositivo para extraer un casquillo de una carcasa, comprende de un collar con costillas que se expande hacia afuera por acción de una leva. El collar y la leva se montan en un eje y las costillas se empujan sobre una superficie cónica de la leva para expandirlas hacia afuera y acoplarse al extremo del casquillo a medida que el eje se retira a través del casquillo y la carcasa. En la figura 3 se muestra un el dibujo de herramienta.

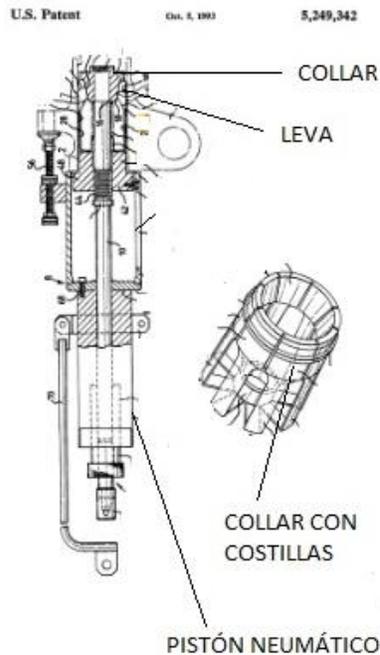


Figura 3. Extractor / Instalador de bujes.

Extractor / Instalador de bujes. [Imagen en línea]. Disponible en <https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=5025542A&KC=A&FT=D> [onsultado: 5 -09-2018].

PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UN CAMBIO DE BUJES EN AUTOMÓVILES COMPACTOS.

La forma convencional en que se realiza un cambio de bujes es la siguiente:

- a) Se aflojan los birlos que mantienen unida la ruueda con la maza de rueda.
- b) Con la ayuda de un gato hidráulico se eleva una parte del carro hasta una altura considerable que permita desalojar la rueda. Por cuestiones de seguridad inmediatamente se coloca el automóvil sobre torres, apoyos en forma de pirámide.
- c) Se procede a retirar la tuerca que une la rótula con la mangueta, para aflojar o apretar se utiliza una llave inglesa, debido a que se dificulta introducir una matraca en la mayoría de los vehículos.
- d) Se aflojan los tornillos que mantiene unido, el brazo de suspensión con el chasis, este tornillo además de unir sirve de pivote. Para realizar esta operación se puede ocupar matraca o maneral.
- e) Se retira la horquilla después de haber quitado las 3 uniones (tuerca de rótula y 2 tornillos en extremo del brazo).
- f) Se retiran los bujes de su cavidad.
- g) Se instalan los bujes de repuesto, al introducirlo se toma en cuenta que el buje esté entrando en el sentido correcto, esto se logra percibir viendo la geometría de la cavidad y el buje.
- h) Se procede a instalar la horquilla y a colocar los elementos desmontados en su lugar.

PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UN CAMBIO DE RODAMIENTOS EN AUTOMÓVILES COMPACTOS.

La forma convencional en que se realiza un cambio de rodamientos es de la siguiente manera:

- a) Se retira la rueda, el vehículo se calza en torres y se quitan horquillas.
- b) Se retira la flecha de dirección.
- c) Se retira bieleta y amortiguador

- d) Se retira la mangueta para después colocarla en una prensa hidráulica, con esta se desalojará el rodamiento.
- e) Se ocupa nuevamente la prensa para introducir el repuesto, se pone atención en qué sentido entrará, esto se puede saber porque en la cavidad de la mangueta tiene un tope, donde debe asentar el rodamiento. Esta operación toma su grado de dificultad pues se debe evitar que el rodamiento entre mal posicionado, lo que quiere decir es que tanto el casquillo del rodamiento y la cavidad de la mangueta deberá ser siempre concéntricas.

La figura 4 muestra una prensa hidráulica que se utiliza para cambios de rodamientos y bujes.

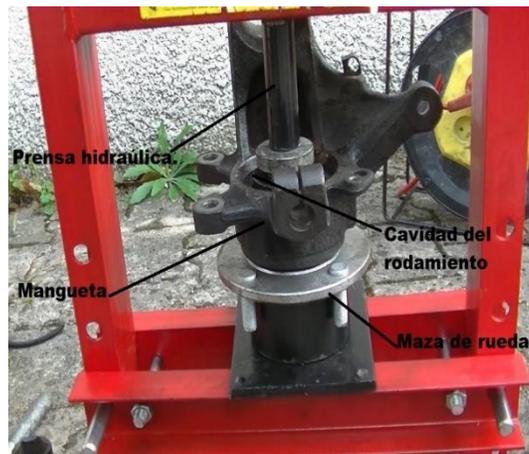


Figura 4. Prensa hidráulica que se utiliza para cambio de rodamientos y bujes.

SUSPENSIÓN.

En un automóvil el sistema de suspensión tiene la función de mantener siempre el contacto de las llantas con el camino, hacer más cómoda la marcha y contribuir en gran medida a la estabilidad del vehículo. [1]

El sistema se compone de los siguientes elementos:

- Neumáticos.
- Elementos elásticos o flexibles (ballestas, resortes helicoidales).
- Elementos de amortiguamiento (amortiguadores).

- Barras estabilizadoras.
- Horquillas o brazos de suspensión.

Los neumáticos absorben las irregularidades pequeñas del terreno; las ballestas o muelles helicoidales; se adaptan a las imperfecciones del terreno evitando golpes bruscos para los ocupantes; el amortiguador frena las oscilaciones de la masa suspendida (carrocería, motor etc.) producidas por una perturbación en el resorte; las barras estabilizadoras se encargan de mantener la inclinación de la carrocería; las horquillas conectan la carrocería del vehículo con los elementos móviles de la suspensión, como la mangueta, elemento sobre el que se fija la rueda. En la figura 5 se aprecian los elementos de suspensión de un automóvil.



Figura 5. Elemento de suspensión de un automóvil.

¿Qué es el sistema de suspensión automovilístico? [Imagen en línea].
 Disponible en: <http://www.rojassa.com/consejos/sistema-suspension-automovilistico/> [consultado: 5 -09-2018].

SUSPENSIÓN DE BRAZOS TIRADOS O ARRASTRADOS.

La suspensión de brazos tirados o arrastrados se caracteriza por tener dos elementos soporte o brazos en disposición horizontal, que van unidos por un extremo al bastidor y por el otro a la mangueta de la rueda. las ruedas son tiradas o arrastradas por los brazos longitudinales que pivotan en el anclaje de la carrocería. Esta configuración puede ser de dos tipos, brazo arrastrado y brazo tirado

oblicuo, las dos opciones se utilizan en suspensiones traseras cuando se tiene el motor adelante y la propulsión en la parte de atrás, la diferencia entre la primera y segunda configuración es que la de brazo arrastrado oblicuo resulta ser más independiente y por consiguiente mayor estabilidad. [2]

En la figura 6 se muestran dos tipos de configuración del brazo de suspensión, a la derecha brazo arrastrado oblicuo, a la izquierda brazo arrastrado.



Figura 6. Brazo arrastrado y brazo arrastrado oblicuo.

Suspensión de brazos tirados o arrastrados y suspensión de brazos tirados oblicuos o semiarrastrados. (calvo, 1997,P 52)

SUSPENSIÓN MC PHERSON.

Utilizados con mayor frecuencia en suspensiones delanteras, permite que las ruedas se desplacen verticalmente y de forma independiente. Es muy común en vehículos austeros, por su sencillez de fabricación y mantenimiento, el costo de producción y el poco espacio que ocupa. El brazo oscilante se conecta con la mangueta y sus dos extremos restantes al chasis, haciendo la función de pivote. [3]

La figura 7 muestra una suspensión Mc Pherson en el eje delantero del lado del copiloto.



Figura 7. Configuración de una suspensión Mc Pherson.

[Imagen en línea]. Disponible en: <https://www.pruebaderuta.com/frenos-de-tambor-vs-frenos-de-disco.php> [consultado: 02 -11 -2019].

SUSPENSIÓN DE TRAPÉCIOS SUPERPUESTOS.

Este tipo de suspensión también conocida como suspensión por trapecio articulado se encuentra dentro de las más utilizadas en una gran variedad de marca de automóviles, se ocupa en configuraciones en tren delantero, el diseño de estos brazos de suspensión permite que la llanta se desplace libremente y de manera independiente de forma vertical, el brazo inferior es más largo para que al momento que la llanta se desplace verticalmente mantenga la misma distancia con la otra llanta delantera. [4]

La figura 8 muestra una suspensión de trapecios superpuestos en el eje delantero del lado del copiloto.



Figura 8. Suspensión de trapecios superpuesto [Imagen en línea]. Disponible en: <http://www.todoautos.com.pe/portal/component/tag/taller-mecanico> [consultado: 02 -11 -2019].

SUSPENSION MULTIBRAZO.

Este tipo de suspensión tiene cinco brazos que unen la mangueta con el chasis, a diferencia de otros brazos cuenta con elementos de anclajes elásticos mediante mangos de goma, lo que permite un mejor desplazamiento vertical, de forma independiente incrementando la estabilidad del vehículo, Este tipo de suspensiones se utiliza en carros de gama alta debido al costo que representa [5]. La figura 9 muestra una suspensión multibrazo.

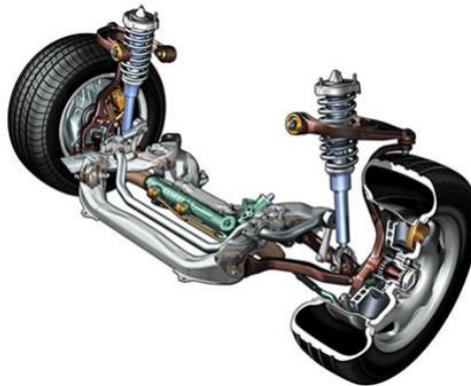


Figura 9. Suspensión multibrazo eje delantero.
Suspensión [Imagen en línea]. Disponible en: <https://www.nitro.pe/mecanico-nitro/html>.
[consultado: 5 -09-2018].

BUJES.

Son elementos que se encuentran en las cavidades de los brazos que conectan la suspensión con el chasis, la función principal de los bujes es suavizar las vibraciones y absorber los impactos producidos por las condiciones del terreno. Los hay de varias geometrías y dimensiones, pero la mayoría son de forma cilíndrica, el material con el que están hechos es de poliuretano, algunas envueltas por un casquillo de metal. [6]

DIMENSIONES DE BUJES Y RODAMIENTOS.

En algunos catálogos aparecen las dimensiones de los bujes y rodamientos, en otros sólo aparece el código de identificación. Las dimensiones que son indispensables conocer para el diseño de la herramienta son, radio exterior, interior y altura. Se ha consultado dos catálogos; “**SYD**” y “**NATIONAL WHEL END COMPONENTS**”, estos ayudarán a definir el rango mínimo y máximo al que la herramienta tiene que ajustarse en función de las medidas del buje y rodamiento. En la tabla N°3, se especifican estos valores obtenidos.

Tabla N° 3. Dimensiones de bujes y rodamientos.

Buje	Diámetro interior	Diámetro exterior	Altura
Dimensión mínima	16 mm	41 mm	60 mm
Dimensión máxima	24 mm	61 mm	96 mm
Rodamiento			
Dimensión mínima	27 mm	53 mm	30 mm
Dimensión máxima.	49 mm	110 mm	56 mm

HORQUILLA.

Una horquilla de suspensión, también se conoce como brazo de suspensión o brazo de control, es un elemento que conecta el chasis con el soporte de la llanta. Dependiendo del modelo del auto puede haber varias configuraciones de brazos de control. Dichos brazos trabajan junto a los amortiguadores para que las llantas vayan de abajo hacia arriba. Si alguno de los componentes de los brazos se daña se puede experimentar una conducción accidentada. [7]. En la figura 10 se puede apreciar la horquilla de suspensión en un Volkswagen pasar modelo 2017.



Figura 10. Horquilla inferior trasera para Volkswagen passat modelo 2017

Horquilla inferior trasera para Volkswagen passat modelo 2017-2018 [Imagen en línea]. Disponible en : <http://www.syd.com.mx/catalogo/> [consultado: 21-01-2019]

CONSECUENCIAS DE UN BUJE EN MAL ESTADO.

Cuando un buje está desgastado se producen holguras en los ejes de los brazos (cavidades de la horquilla) y esto produce vibraciones en la suspensión afectando fuertemente la estabilidad del vehículo. [8]

RODAMIENTOS DE RUEDAS.

Son componentes de la suspensión. Con ellos se garantiza una rotación suave de las ruedas y se encargan del apoyo radial y la carga axial de la flecha de dirección, además, ayuda a reducir la fricción entre la rueda y el eje. Su geometría es un cilindro de metal y se aloja en la cavidad de la mangueta. [9]

MANGUETA.

Pieza que conecta el eje de cada rueda con el sistema de suspensión. Generalmente se utiliza en referencia a las ruedas delanteras, cuyas manguetas deben permitir no sólo el movimiento de suspensión arriba y abajo, sino también el de dirección.

La mangueta contiene el cubo o eje sobre el que gira la rueda, conectándola al mismo tiempo con los Componentes de suspensión y de la dirección. El freno y la rueda van unidos al cubo mediante un buje que rota mientras se soporta en la mangueta. [10]

CONSECUENCIAS DE UN RODAMIENTO EN MAL ESTADO

Los rodamientos mantienen las ruedas del automóvil en su posición, además de permitir el giro libre durante el funcionamiento del automóvil. Cuando un rodamiento falla, la rueda puede perder su posición e incluso se generarán ruidos. Algunas consecuencias de un rodamiento desgastado son:

- Zumbido, tronidos que aumenta con la velocidad del vehículo o durante las curvas.
- Movimiento inseguro de la dirección del volante que cambia con la velocidad del vehículo o en las curvas. Juego excesivo en el volante de dirección. (Especialmente durante la conducción sobre caminos irregulares.)
- Un rechinar fuerte que se oye durante la conducción y que se presenta en los casos más severos de falla de rodamiento de rueda.
- Jaloneo del volante de dirección durante el frenado.
- Ruido y falta de giro del rodamiento. [11]

Capítulo 1

Planeación.

1.1 PLANEACIÓN EN EL PROCESO DE DISEÑO

Para la realización de este proyecto de tesis se adopta una experiencia de diseño que se aplica al prototipo a construir, sus autores Ulrich y Eppinger le llaman “**proceso genérico de diseño**” y comienza con la fase cero, llamada planeación.

La planeación en un sentido sencillo se refiere a trazar un plan, dicho de otra manera: Hacer un escrito, donde se precisan los detalles para realizar una obra.

En el libro diseño y desarrollo de prototipos se describe un proceso de varios pasos y son los siguientes; 1) identificación de las oportunidades; 2) evaluar y dar prioridad al proyecto, 3) asignar recursos, 4) declarar la misión

La identificación de las oportunidades se refiere a una idea de un producto a realizar, o una forma de solucionar alguna necesidad. Para este proyecto la idea del producto es obtener una herramienta para la extracción de bujes y rodamientos en automóviles compactos a partir de una herramienta casera y de las que existen en el mercado para la extracción de bujes.

Evaluar y dar prioridad al proyecto consiste en identificar las características de las herramientas comerciales y analizar las debilidades que se puede mejorar.

La asignación de los recursos se refiere al tiempo y dinero asignado para la fabricación del prototipo.

La declaración de la misión hace una descripción del producto identificando las funciones básicas de éste.

1.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS OPORTUNIDADES.

Se cuenta con una herramienta para la extracción de bujes en el brazo de control del Hyundai, Atos, construida con materiales al alcance de los encargados del mantenimiento automotriz, (tornillos, pedazos de tubos, tuercas y arandelas).

Esta herramienta requiere ser rediseñada para poder utilizarse en un mayor número de vehículos y además se utilice para el reemplazo de rodamientos en la mangueta de suspensión.

Algunos operarios del mantenimiento automotriz improvisan herramientas y procedimientos para realizar sus tareas, aun cuando el mercado ofrece herramientas para el reemplazo de bujes y rodamientos.

Se realizó una investigación de las herramientas comerciales y se obtuvo que un factor determinante que desmotiva a los operarios para inclinarse por esta opción es el costo que representan en función a las tareas que realiza.

A partir de esto surge la intención de basarse en el principio de funcionamiento de la herramienta casera con que se cuenta para proponer un prototipo que pueda ocuparse en las tareas del reemplazo de bujes y rodamientos además de que represente un costo considerable para que los operarios prefieran esta opción y el trabajo se simplifique. En la figuras 11 y 12 se muestra la herramienta casera con que se cuenta y la forma en que se utiliza.



Figura 11. Herramienta casera.



Figura 12. Metodos improvisados.

1.3 CATEGORIZACIÓN DE LAS OPORTUNIDADES

Las oportunidades se categorizan en tres horizontes o niveles en relación con el grado en qué tanto se conoce la posible solución con el conocimiento de la necesidad, esto permitirá abrir el panorama y saber de forma consciente el nivel de dificultad y riesgo al que se está enfrentando. Las nuevas oportunidades generan ciertas incertidumbres y el desvío de estas ideas conducen al fracaso. Los niveles en que se categorizan las oportunidades, se llaman, horizonte de oportunidad. [12]

En el horizonte 1 se encuentran las oportunidades existentes a las que se le harán modificaciones para su mejor desempeño y para reducir costos del producto, el riesgo al fracaso es relativamente bajo. Por ejemplo, en las oportunidades presentadas para la herramienta ya existen actuadores neumáticos para muchos propósitos, hay herramientas con tornillos de potencia para la extracción de bujes y rodamientos, pero tienen desventajas, algunas son para diámetros específicos, otras tienen muchas piezas intercambiables,

La oportunidad que se plantea desarrollar es ocupando la tecnología existente, realizando una geometría nueva de la herramienta e implementando un sistema para ajustarla a una gran variedad de diámetros. Es por eso que la oportunidad se ubicará en este horizonte.

En el horizonte 2, las oportunidades se opacan debido a que la solución puede existir, pero no se ha aplicado en una idea, y el mercado existente no se aborda. En este horizonte las dificultades y riesgos se incrementan.

En el horizonte 3 se encuentran las oportunidades nuevas en el mundo, éstas representan un elevado nivel de incertidumbre ya que no se cuenta con referentes, todo es desconocido.

En la figura 13 se ilustran las oportunidades por horizonte donde se compara el conocimiento de la solución con el conocimiento de la necesidad.

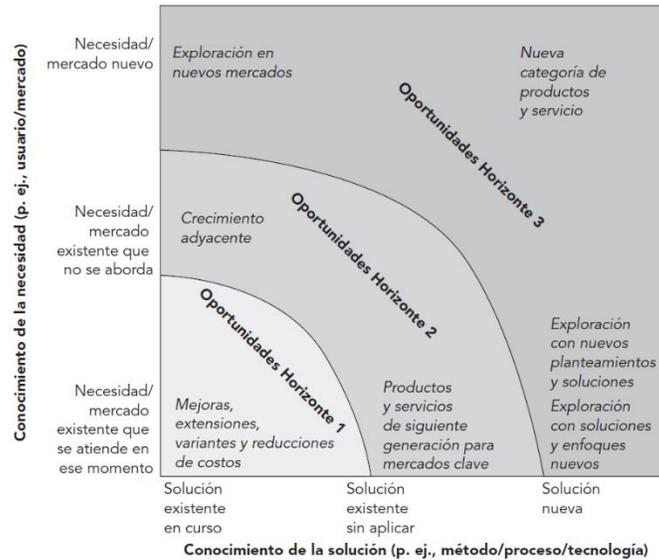


Figura 13. Identificación de oportunidades. (Ulrich y Eppinger, 2012).

1.4 PRIORIDAD DEL PROYECTO.

Con las herramientas comerciales se realiza una evaluación de sus características importantes dirigiendo la atención en sus debilidades y aspectos favorables para después aprovecharlo en la construcción del prototipo.

En la siguiente tabla se evalúan 3 aspectos importantes, precio, facilidad para usarse en una mayoría de vehículos y el tipo de energía para ser accionada.

En la primera columna se le asignan un valor de 9 a las herramientas que su costo está por debajo de \$ 1000., un valor de 3 si cuestan entre \$ 1000 y \$5000 y 1 si su precio es mayor a \$ 5000.

En la segunda columna las herramientas que se ocupan en un numero variado de vehículos tiene una calificación de 9, las que se ocupan en más de un vehículo, pero su uso no es variado se les asigna un valor de 3 y las que se ocupan en un solo modelo de vehículo tiene el valor de 1.

En la columna 3 se califica el tipo de energía que se utiliza para su accionamiento, las herramientas que se califican con el numero 9 indican que utilizan un tipo de energía diferente a la fuerza humana, las que tienen el numero 3 son aquellas que pueden utilizar la fuerza humana y además se combina con alguna maquina (pistola

neumática) y las que se evalúan con el número 1 la fuerza es proporcionada por el operario.

La última columna contiene los valores que cada herramienta posee en función de sus características, este valor se obtiene de la multiplicación de cada columna.

Herramienta	precio	Disponibilidad para usarse en un número variado de vehículo	Tipo de energía con que se puede accionar.	Valor obtenido.
Extractora de bujes/rodamientos				
Herramienta casera	\$150 (9)	1	1	9
9CIRCLE	\$5,900 (1)	9	9	81
URREA	\$2,499 (3)	3	3	27
KNOVA	\$2,255 (3)	3	3	27
BT-Ingenieros	\$3,658 (3)	9	3	81
JOMAF	\$920 (9)	1	3	27
SKF	\$5,381 (1)	9	3	27
Gearwrench	\$ 2,700 (3)	9	1	27

De esta evaluación se puede observar que la herramienta 9 circule y BT- ingenieros poseen una calificación alta, lo que representa que son ideales para acoplarse a varios modelos de vehículos y hacen más fácil el trabajo del operario, pero por otro lado son las herramientas que ostentan un costo elevado.

El mecanismo de las herramientas más económicas utiliza un sistema de tuerca y tornillo además puede ocuparse alguna herramienta neumática (pistola neumática).

La herramienta casera con que se cuenta representa el valor mínimo de la evaluación y es evidente sus desventajas, pero si se compara con la herramienta JOMAFa en cuestión de precios de fabricación es mucho más económica por lo que la prioridad del prototipo es que resulte económica de producir, y pueda ocuparse en una amplia gama de vehículos, tratando de reducir en lo mayor posible los números elementos que la compongan y sistemas que resulten complejos y costosos para su mantenimiento,

1.5 ASIGNACIÓN DE RECURSOS

El recurso que se asigna para que este proyecto se realice es de \$ 5000.00 pesos.

Concepto	Monto
Impresión 3D	\$ 600.00
Maquinado primer prototipo en metal	\$ 3400.00
Pruebas y refinamiento.	\$ 1000.00
Total	\$ 5000.00

1.6 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

N°	ACTIVIDADES	2018												2019																							
		OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO							
		SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA																							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Investigación y recopilación de información	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█																								
2	Generación de concepto					█	█					█	█	█																							
3	Diseño a nivel sistema													█	█	█	█																				
4	Diseño a detalle																	█	█	█	█																
5	Documentación																					█	█														
6	Generación de prototipo																					█	█	█	█												
7	Elaboración de la herramienta																									█	█	█	█								
8	Pruebas																													█							
9	Rediseño de la herramienta.																													█	█	█	█				
10	Pruebas finales.																																	█			

1.7 ANÁLISIS FODA

<p>FORTALEZAS:</p> <ul style="list-style-type: none">• Conocimiento previo acerca del proceso de diseño mecánico.• Conocimiento y manejo de programas de diseño asistido por computadora (catia).• Conocimiento previo de manejo de máquinas y herramientas (torno- fresadora).	<p>DEBILIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none">• Escaso recursos económicos.• No se cuenta con un equipo de diseño.
<p>OPORTUNIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none">• Orientación por parte de profesores de las FES Aragón.• Área de trabajo en el laboratorio de diseño y manufactura.• Herramientas existentes en el mercado.• Antecedente de una herramienta casera.• Taller mecánico para realizar pruebas.	<p>AMENAZAS:</p> <ul style="list-style-type: none">• El proveedor no pueda vender el material en volúmenes pequeños.• Adquirir material de baja de calidad.

1.8 DECLARACIÓN DE LA MISIÓN.

Declaración de la misión	Herramienta para el reemplazo de bujes y rodamientos en horquillas y manguetas de la suspensión de automóviles compactos.
Descripción de la herramienta	<ul style="list-style-type: none"> • Herramienta manual. • Disponibilidad para adaptarse a dados manuales y pistola neumática. • Número reducido de elementos necesarios para su utilización. • Costo de fabricación inferior a \$ 3000.00
Propuesta de valor	<ul style="list-style-type: none"> • Se ocupa en 2 tareas diferentes. • Simplificar los elementos para su uso. • Aplicación en una amplia gama de vehículos.
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Simplificar el trabajo de los operarios. • Minimizar el tiempo para realizar el mantenimiento de bujes y rodamientos. • Reducir costos de mantenimiento.
A quien va dirigido	<ul style="list-style-type: none"> • A talleres mecánicos • A operarios del mantenimiento automotriz.
Restricciones:	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar sistemas que resulten costosos en precio.

Capítulo 2

Generación del concepto.

2.1 - GENERACIÓN DE CONCEPTOS.

La generación del concepto visto desde una perspectiva de diseño, consiste en la descripción aproximada de la tecnología, principios de trabajo y forma del producto. Para expresarlo se emplean bosquejos y modelos computarizados.

Para empezar a generar el concepto de herramienta se empieza identificando las necesidades del usuario.

2.1.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL USUARIO.

La construcción de esta herramienta casera con que se cuenta la que aparece en la figura 11 de la página 26 surgió por dos razones principales, la primera, para reducir costos por el reemplazo de bujes y la segunda para abatir tiempo. Se construyó a partir de: pedazos de tubos, espárragos, tuercas y rondanas.

La herramienta realmente cumple con el propósito de retirar e introducir el buje de su alojamiento, se sometió a una serie de pruebas y sus limitaciones son evidentes: se ocupa sólo en un modelo de vehículo, pues los elementos de la herramienta están cortados a la medida de la dimensión del buje y no tiene ningún sistema para ajustarse a otros diámetros requeridos, los materiales no son los adecuados y después de 10 veces de uso el espárrago sufre desgaste. El tornillo es largo, de 40 cm, para lograr avanzar los elementos de empuje se utilizan llaves, ya que es

complicado el uso de matracas o manerales con dados, porque a medida que los elementos de empuje desalojan al buje el tornillo sale.

En la figura 14 se representa un diagrama de los elementos de la herramienta casera, cuando a una de las tuercas se le aplica torque se desplaza a través del tornillo, logrando con el elemento de empuje avance y así desplazar al buje, por el lado opuesto se sujeta la tuerca con alguna llave o pinza de presión, lo cual contribuye a mantener inmóvil al cilindro de apoyo, el contacto que existen entre las secciones transversales del cilindro y la pared del brazo impide su desplazamiento.

Si se pone atención en el lado derecho de la imagen en especial donde está la tuerca se ve el segmento de tornillo el cual queda descubierto a medida que se produce el avance, por esa razón es imposible ocupar dados, únicamente llaves.

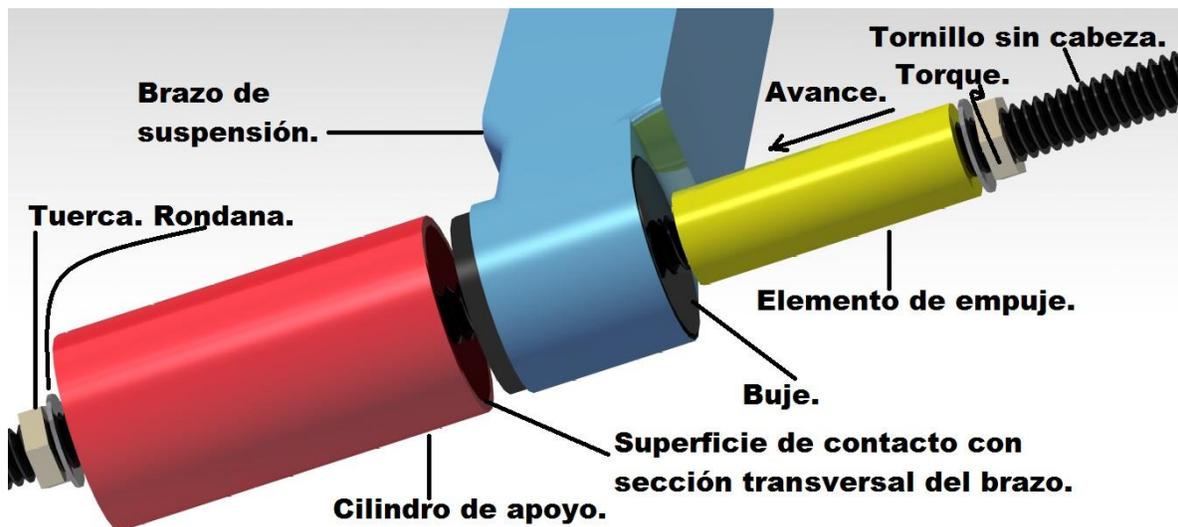


Figura 14: Diagrama de funcionamiento de los elementos que constituyen a la herramienta casera.

2.1.2 INTERPRETACION DE LAS NECESIDADES DE USUARIO.

En la siguiente tabla se recogen las necesidades que el usuario requiere para la herramienta.

<p>Usuario: Víctor Manuel López López</p> <p>Herramienta que usa: Herramienta casera.</p> <p>Actividad: Mantenimiento automotriz</p>		
Pregunta	Enunciado del cliente	Necesidad interpretada.
¿Qué le gusta de su herramienta casera?	“Facilita el trabajo para cambios de bujes”	La Herramienta tiene que facilitar el trabajo.
¿Por qué decidió construirla?	“porque hay carros en que no necesita retirarle la horquilla para cambiar el buje, se puede hacer en el sitio y esta herramienta la puedo llevar a donde la tenga que ocupar”	Tiene que llevarse de un lugar a otro.
¿Qué beneficios le brinda?	“El cambio de bujes se hace de manera rápida	Hacer el trabajo rápido y de calidad (sin maltratar el vehículo ni la pieza a reemplazar)
¿Qué le gustaría cambiar?	“La resistencia del herramental”	Herramienta resistente
¿Qué opina de las herramientas comerciales para cambio de bujes?	“elevadas en precio y algunas poco prácticas”	Herramienta práctica y además económica.
¿Qué opina de las herramientas comerciales para cambio de rodamientos?	“Poco comunes, y las que conozco son caras y desconfío de que sean útiles.”	La herramienta debe realizar su función.
¿Qué busca en una herramienta para su taller?	“Herramientas económicas, durables y fácil de usarlas”	La herramienta debe ser durable de fácil uso y además económica.
¿Cuántas horas trabaja en un cambio de bujes?	“1 hora”	Con la herramienta se debe hacer más rápido el trabajo.

¿Cuántas horas en un cambio de rodamientos?	“1 hora”	Con la herramienta se debe hacer más rápido el trabajo.
¿Cuándo trabaja en algún elemento de suspensión eleva el vehículo?	“sí, con gato y lo descanso sobre una torre”	Espacio reducido.
¿Qué hace con las herramientas después de utilizarlas?	“Lubricarlas y guardarlas”	La herramienta tenga un estuche o bolsa para guardarse.
¿Qué tan sucio puede ser cambiar un buje o rodamiento?	“demasiado”	Debe ser fácil limpiarla
¿Qué tipos de automóviles llegan con frecuencia?	“compactos”	Se utiliza en autos compactos.
En promedio ¿Cuántos carros llegan a la semana?	“Números variados”	Se debe utilizar en una mayoría de vehículos.
¿Qué hace con las herramientas cuando se ensucian de grasa?	“Limpiarlo, a veces con un poco de gasolina”	Fácil para ser limpiada. Resistencia a la corrosión
¿Utiliza guantes cuando manipula una herramienta?	“No”	Evitar bordes filosos.
¿Qué otros elementos de seguridad utilizan?	“ninguno”	Herramienta segura.
¿Qué hace cuando una pieza a reemplazar está muy dura de sacar?	“lubricarla y hacer palanca a la herramienta a veces ocupo la pistola neumática cuando no puedo hacer palanca”	Herramienta debe resistir a esfuerzos y fácil de acoplarse a pistola neumática.
¿Les da algún mantenimiento a sus herramientas y cómo lo hace?	“no”	Herramienta de mantenimiento muy simple.

2.1.3 ORGANIZACIÓN DE LAS NECESIDADES EN JERARQUÍA.

En la siguiente tabla se organizan las necesidades del cliente en 6 grupos, se utilizan 3 asteriscos para indicar un nivel alto de importancia, 2 para importancia media y uno para importancia mínima.

NECESIDADES DE USUARIO	JERARQUÍA DE NECESIDADES
Funciones a realizar	Cambiar bujes y rodamientos <ul style="list-style-type: none"> • La herramienta se ocupa en variedad de vehículos compactos. (***)
Mantenimiento	Mantenimiento muy simple <ul style="list-style-type: none"> • Fácil de limpiar. (**) • Contiene estuche para guardarse. (*) • Resiste corrosión. (***)
Seguridad	Herramienta segura <ul style="list-style-type: none"> • Evita bordes filosos. (***) • No maltrata al vehículo. (**) • No daña la pieza a cambiar. (***)
Facilita trabajo	Se adapta a las formas de uso. <ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza con matracas. (***) • Se utiliza con pistola neumática. (***) • Espacios reducidos. (**) • Hace más rápido el trabajo. (**) • Herramienta útil. (**) • Llevarse de un lado a otro. (**) • Fácil uso. (**)
Durable	Resistente. <ul style="list-style-type: none"> • Resiste a esfuerzos. (***) • Resiste desgaste por fricción. (***) • Resiste a grasa, gasolina. (**)
Económica	Económica de producir. <ul style="list-style-type: none"> • Compite con las que existe en el mercado. (**)

2.1.4 IMPORTANCIA DE LAS NECESIDADES.

La importancia de las necesidades suma el 100%; asignándole un valor a cada característica a considerar en la herramienta, misma que servirá para poder construir y evaluar la matriz Q.F.D.

NECESIDADES DE USUARIO	JERARQUÍA DE NECESIDADES
Funciones para realizar	Cambiar bujes y rodamientos <ul style="list-style-type: none"> • La herramienta se ocupa en variedad de vehículos compactos. (8)
Mantenimiento	Mantenimiento muy simple <ul style="list-style-type: none"> • Fácil de limpiar. (3) • Contiene estuche para guardarse. (2) • Resiste corrosión. (3)
Seguridad	Herramienta segura. <ul style="list-style-type: none"> • Evita bordes filosos. (4) • No maltrata al vehículo. (8) • No daña la pieza a cambiar. (8)
Facilita el trabajo	Se adapta a las formas de uso. <ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza con matracas. (6) • Se utiliza con pistola neumática. (7) • Espacios reducidos. (6) • Hace más rápido el trabajo. (6) • Herramienta útil. (7) • Llevar de un lado a otro. (5) • Fácil uso. (4)
Durable	Resistente. <ul style="list-style-type: none"> • Resiste a esfuerzos. (8) • Resiste desgaste por fricción. (8) • Resiste a grasa, gasolina. (2)
Económica	Económica de producir. <ul style="list-style-type: none"> • Compite con las que existen en el mercado. (5)

2.2 MATRIZ QFD PARA LA OBTENCIÓN DE PRIORIDADES DEL DISEÑO.

Para ponderar los elementos más importantes que el prototipo debe satisfacer se utiliza la herramienta Matriz de la función de calidad (QFD) mediante comparación de “qué se requiere” contra “cómo solucionarlo” para llegar a la toma de decisiones, estas decisiones son muy importantes porque será una guía a tener presente para lo que se requiere, evitando desviar la intención del diseño, teniendo siempre en consideración lo que se quiere lograr.

Para el caso de este proyecto es conveniente utilizar la matriz de calidad como parte de una herramienta en el proceso de diseño.

La manera en que se interpreta la matriz que a continuación se muestra es la siguiente:

La matriz está organizada por filas y columnas, la columna de los “QUÉ” alberga todo lo que el usuario requiere de la herramienta, el peso de importancia es un porcentaje que se le asignó a cada necesidad del usuario, la suma es el 100 %. Existen 6 columnas dedicadas a las herramientas que se comercializan en el mercado, se comparan las características que tienen con las del prototipo a realizar, existen valores del 1 al 5, mismos que se enuncian a continuación:

5 = completamente las características son iguales

4 = en gran medida son iguales

3 = parcialmente iguales

2 = escasamente iguales

1 = nulo, nada es igual.

En la fila de los “CÓMO” se organizan las soluciones de ingeniería. Se relacionan los “QUÉ” y los “CÓMO”; en la intersección se califica en qué medida se soluciona el problema con los siguientes valores:

9 = mucho

3 = medio

1 = poco

En la parte superior de la matriz aparece un triángulo, las diagonales de éste relacionan cada solución de ingeniería y se evalúan con 9,3 y 1 en la medida de cuánto influye una solución respecto a otra.

Para obtener los valores de “ponderación cómo”, se suman las diagonales que coinciden con cada columna.

Para obtener la ponderación absoluta, se suman todos los productos de: peso de importancia*ponderación como* nivel de relación.

Por ejemplo, para la columna tratamiento térmico se obtiene su ponderación absoluta de la siguiente manera:

$$3*3*61+6*9*61+8*3*61+4*9*61+8*9*61=11895$$

Para obtener la ponderación relativa se divide la ponderación absoluta entre el valor mínimo de éste, así para el mismo ejemplo, la ponderación relativa es:

$$11895/270=44.05$$

La prioridad se ordena del número más alto al más bajo de ponderación relativa, en ese orden se abordarán las consideraciones para el diseño del prototipo. [13]

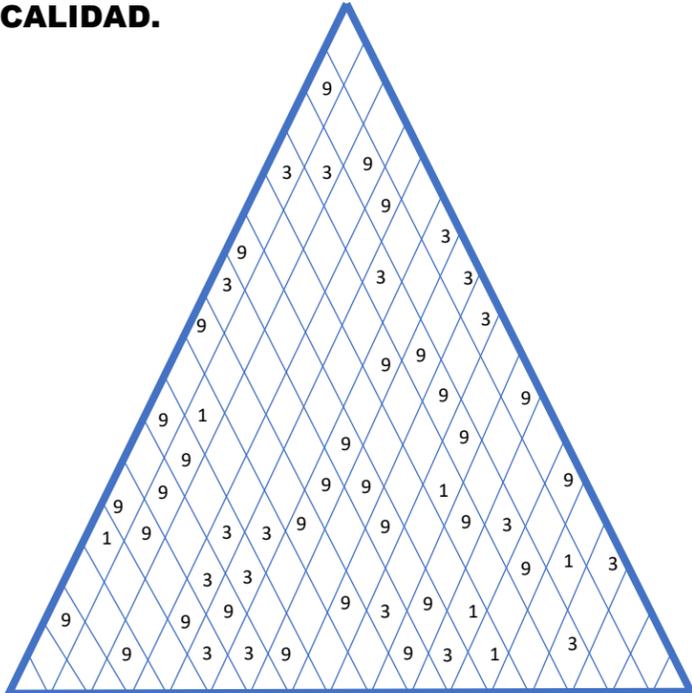
2.2.1 DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD.

NOMENCLATURA

NIVEL DE PRIORIDAD
 9 MUCHO
 3 MEDIO
 1 POCA

NIVEL DE DIFICULTAD
 A ALTO
 M MEDIO
 B BAJO

COMPETIDORES
 5 completamente
 4 en gran medida
 3 parcialmente
 2 escasamente
 1 nulo.



		Ponderación cómo																	competidores					
#	Peso de importancia	Tratamiento térmico	Herramienta ligera.	Elementos para equilibrio de elementos ajustables	Elementos de dimensiones ajustables	Mantenimiento (limpiar y aceitar)	Acero al carbon	Geometrías sencillas y esbeltas	Dimensión compacta de la herramienta	Recubrimiento de plástico donde el operario manipula	Tornillo de potencia con cabeza hexagonal	Puntas antiderrapantes y rebordeadas	Uniones roscadas	Instructivo de uso y mantenimiento	Anticorrosivo	Elementos desmontables	Remaches y pernos para partes móviles	2 secciones del tornillos con con tipos de rosca diferente	urrea	gcircle	iomafa	btingenieros	gearwrench	skf
1	9		9	3	9		9	9	3	3	3		1		3		3	3	3	5	1	4	3	3
2	3						9	3	3					1	3	3			5	3	5	4	5	4
3	2							1											5	5	5	5	5	5
4	3	3				9		3						9					5	5	5	5	5	5
5	4						9	9	9		9								5	5	5	5	5	5
6	8		3	3		3	9	3	3		9		3						5	5	5	5	2	5
7	8			3					9		9								5	5	5	4	1	5
8	5									9			3				3		5	5	1	1	1	5
9	6																		5	5	1	1	1	5
10	7		3		9		9	9									3		4	3	5	2	1	3
11	6		9		9		3	9		9				3		9		9	4	3	3	4	2	4
12	6		9		9		3	9		9						3			4	4	5	4	4	4
13	7		3	9	9	9	3	9	9	9	9	9	3		3		9	9	3	3	5	3	2	3
14	6	9		9			9		9		9					9	3	3	5	5	3	5	5	5
15	4	9				9											3		5	5	4	3	5	5
16	8	3				3													5	5	5	5	5	5
17	8	9	3		3		9	9	9	9				3	3		9	9	4	2	5	4	3	2
	100	Nivel de dificultad																						
		Ponderación absoluta																						
		Ponderación relativa																						
		Prioridad																						

2.3 BOCETOS

2.3.1 BOCETO N° 1

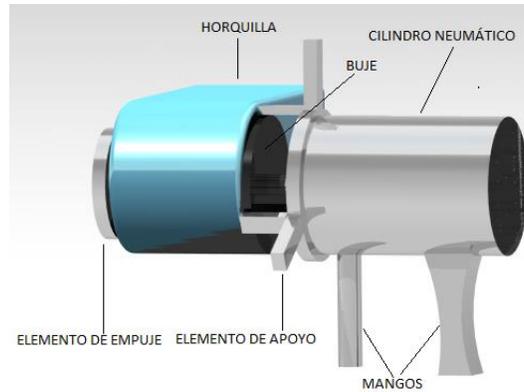


Figura 15. Boceto, representa una herramienta neumática.

La primera idea consiste en un cilindro neumático, doble efecto, en el extremo del vástago se coloca de forma roscada un elemento con sistema de tres brazos que servirán para desplazar el buje. El sistema de brazos podrá cerrarse y abrirse para ajustarse al diámetro requerido del buje o rodamiento. El actuador neumático tendrá elementos de apoyo que se colocará justo en la pared de la horquilla o mangueta, y contará con un par de mangos para sostener y manipular la herramienta. La fuerza para que trabaje se obtendrá de un compresor.

2.3.2 BOCETO N° 2

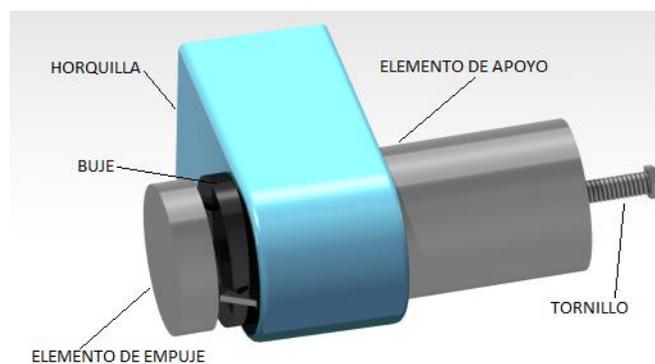


Figura 16. Boceto, representa una herramienta mecánica con tornillo de potencia.

La segunda idea se bosqueja con un tornillo de potencia. En un extremo se le aplicará el torque para lograr el avance del elemento de empuje. También cuenta con un cilindro de apoyo. El tornillo atraviesa el buje o rodamiento por el centro, quedando estos últimos entre el elemento de empuje y de apoyo. El elemento de empuje constará de una tuerca sobre la cual se dispondrán 3 brazos que naturalmente estarán abiertos, pero al introducirlos a la cavidad del buje o rodamiento adoptarán su diámetro.

2.3.3 BOCETO N° 3

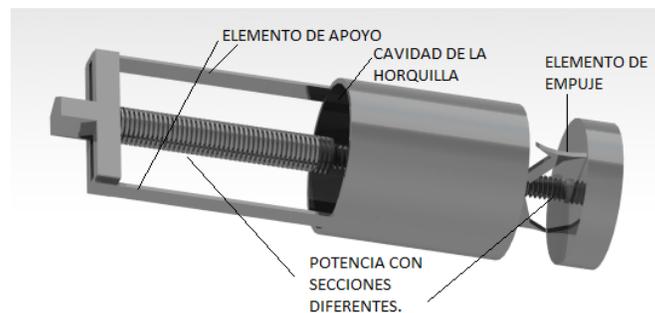


Figura 17. Boceto, describe una herramienta con tornillo de potencia y elemento ajustable a diámetro

Esta idea consiste en ocupar un tornillo de potencia con dos cuerdas y diámetros diferentes, un elemento ajustable al diámetro requerido para bujes y rodamientos, cuando en el extremo del tornillo se aplique el torque en el otro los elementos ajustables empujarán al buje. El tornillo de potencia se desplazará a través de las cuerdas del elemento de apoyo, dicho elemento se colocará justo en la sección transversal del cilindro que contiene al buje o rodamiento.

2.3.4 BOCETO N° 4

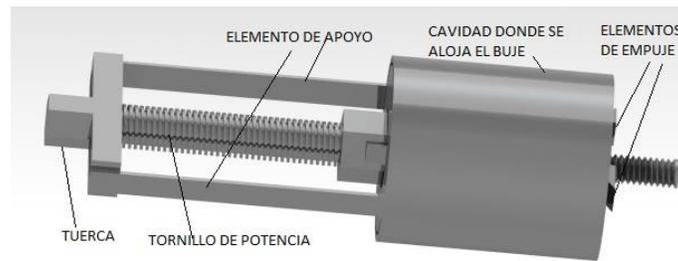


Figura 18. Boceto, herramienta con tornillo de potencia, elemento de empuje y ganchos

Consiste en utilizar un tornillo de potencia, 2 elementos roscados, uno de estos tendrá un par de ganchos que servirán para ajustarse al diámetro del buje o rodamiento y el segundo elemento será un brazo para regular la apertura de los elementos de apoyo.

2.4 Cuadro para seleccionar la viabilidad de las propuestas.

Tabla 3. Selección de la viabilidad de la idea.

Ideas propuestas.	Ventajas	Desventajas	Conclusines	viable	No viable
<p>Idea N° 1</p> <p>1.- Utiliza un cilindro neumático de doble efecto.</p> <p>2.- Botoneras de control en el mango.</p> <p>3.- Vástago con cuerda para instalar un elemento de empuje ajustable a diámetros.</p> <p>5.- Elementos de apoyos.</p> <p>6.- Utiliza un compresor de aire para desplazar el vástago.</p>	<p>1.- Facilita el trabajo al operario.</p> <p>2.- No utiliza manuales, matracas ni dados.</p> <p>3.- Fácil de instalar la tuerca de empuje.</p> <p>4.- No utiliza circuitos eléctricos para el mando.</p> <p>5.- Resulta fácil transportarlo.</p>	<p>1.- Sólo funciona con un compresor.</p> <p>2.-Mantenimiento (engrasar vástago y cambio de juntas)</p> <p>3.- Geometría poco práctica para espacios confinados.</p> <p>4.- Incrementa los costos.</p>	<p>Esta idea de herramienta tiene ciertas limitantes, porque cuando la compresora no esté disponible no se podrá utilizar, Además de que requiere mantenimientos, aunque sencillos pero determinantes para su funcionamiento.</p>		
<p>Idea N° 2</p> <p>1.- Utiliza un tornillo de potencia.</p> <p>2.- El desplazamiento del buje o rodamiento se logra con un sistema de brazos que al introducirlo a la cavidad éstos se adaptan al diámetro requerido.</p>	<p>1.- Puede trasladarse hasta el lugar de trabajo.</p> <p>2.-Se efectúa el trabajo sólo con las fuerzas del operario y algunas llaves.</p>	<p>1.- Al cilindro de apoyo se le hará un mecanizado interior para que pueda colocarse en la sección transversal de la mangueta u horquilla.</p>	<p>Esta idea no se ve viable porque el mecanizado será profundo y está complicará la operación.</p>		

<p>3.- Cilindro de apoyo.</p> <p>4.- Utiliza una tuerca que al proporcionarle torque se desplaza y también lo hace el elemento de empuje.</p>	<p>3.- No necesita mantenimiento minucioso.</p> <p>4.- Geometría apta para espacios confinados.</p>				
<p>Idea N° 3</p> <p>1.- Utiliza un tornillo de potencia con dos cuerdas y diámetros diferentes.</p> <p>2.- El tornillo tiene cabeza hexagonal en un extremo para aplicar el torque desde ahí.</p> <p>3.- Cuenta con un elemento de empuje ajustable al diámetro requerido.</p> <p>4.- Cuenta con elemento para apoyarse en la sección transversal del cilindro de horquilla o mangueta.</p>	<p>1.- Se puede ocupar en el sitio de trabajo.</p> <p>2.- Puede ocuparse con pistola neumática, manuales o matracas.</p> <p>3.- Puede ocuparse en espacios confinados.</p> <p>4.- No necesita mantenimiento minucioso.</p> <p>5.- No tiene muchos elementos intercambiables.</p>	<p>1.- El tornillo debe ser suficientemente largo para tener dos cuerdas y lograr que el elemento de empuje se desplace y logre sacar al rodamiento o buje.</p>	<p>Esta idea se considera buena opción para resolver el problema, ya que tiene elementos ajustables para diámetros requeridos, lo cual elimina la necesidad de tener varios elementos intercambiables, la idea es bastante práctica porque da opción de ocupar diferentes herramientas para lograr el torque y desplazar el</p>		

			elemento de empuje.		
<p>Idea N°4</p> <p>1.- Utilizar un tornillo de potencia y en éste roscar un brazo de longitudes ajustables que funcionará como apoyo.</p> <p>2.- El tornillo tiene cabeza hexagonal para aplicar torque.</p> <p>3.- Utiliza ganchos para empujar los elementos a cambiar con un seguro para aplicar el torque desde un extremo.</p>	<p>1.- se puede ocupar en el sitio de trabajo.</p> <p>2.- puede ocuparse con pistola neumática, manerales o matracas.</p> <p>3.- puede ocuparse en espacios confinados.</p> <p>4.- no necesita mantenimiento minucioso.</p> <p>5.- No tiene muchos elementos intercambiables</p>	<p>1.- El gancho tendrá que ser lo suficientemente largo para ajustarse a los diámetros de rodamientos y esta dimensión no debe impedir utilizarse en el reemplazo de los bujes debido a que las dimensiones de estos son más reducidas.</p>	<p>Esta idea no resulta viable debido a que los ganchos de empuje pueden resultar de dimensiones grandes a la hora de ocuparse en el reemplazo de los bujes.</p>		

<p>Herramientas comerciales</p> <p>1.- La mayoría de las herramientas emplean varios cilindros intercambiables para ajustarse a diámetros específicos.</p> <p>2.- Configurado para utilizar dados, manerales, matracas o pistola neumática.</p> <p>3.- Herramienta con mayor tecnología las hace más cara.</p> <p>4.- Herramienta sencillas son baratas, pero de uso limitado.</p>	<p>1.- se puede ocupar en el sitio de trabajo.</p> <p>3.- puede ocuparse en espacios confinados, pero siempre que la geometría de las horquillas lo permita.</p> <p>4.- No necesita mantenimiento minucioso, para el caso de herramientas que utilizan tornillos de potencia.</p>	<p>1.- Las herramientas son para un solo propósito, una para cambio de buje y otra para cambio de rodamiento.</p> <p>2.-Mantenimiento más elaborado para el caso de herramientas con cilindros hidráulicos.</p> <p>3.- Contiene muchos dados intercambiables para el cambio de bujes.</p> <p>4.- La herramienta de la marca Gearwrench para cambio de rodamiento requiere mayor trabajo del operario.</p>	<p>Las herramientas comerciales brindan soluciones para cada necesidad, pero el costo, el tipo de tecnología, y lo práctico de éstas son factores determinantes para su venta, las herramientas descritas en la tabla 2 y 3 funcionan por separado, es decir, un tipo de herramienta son para cambio de bujes y otra para cambio de rodamiento. Para el caso de las herramientas extractora de bujes utilizan varias piezas intercambiables debido a que existen diferentes tamaños de bujes.</p>		
---	---	---	---	--	--

2.5 Descripción de conceptos generados.

2.5.1 Concepto 1

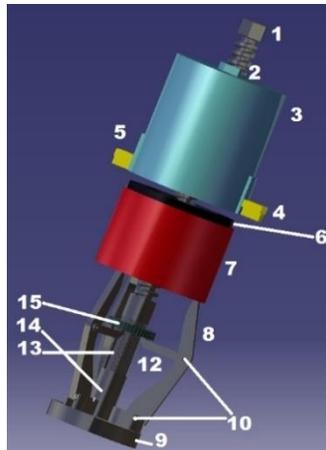


Figura19. Primer concepto generado.

Utiliza un tornillo de potencia con cabeza hexagonal (1), sobre el eje del tornillo se disponen:

Un cilindro de apoyo (3), consta de una tuerca (2) para sujetarse al tornillo (1) y un par de elementos de apoyo (4,5) que se acopla al diámetro del casquillo (7) éste último contiene al buje o rodamiento.

El buje 6 tiene una cavidad concéntrica por el cual atraviesa el tornillo.

El sistema de empuje está constituido por brazos de empuje (8), se ajustan a diámetros de bujes y rodamientos, la forma en que lo hace es mediante pivotes (10), (9) y brazos radiales (12), éstos últimos corren a lo largo de un riel (13) dispuestos en un cilindro (14), el cual tiene una sección roscada para que con una arandela (15) sujete los brazos radiales.

El tornillo (1) se ensambla en la cavidad del cilindro (14), mediante unión roscada, pero con cuerda diferente al resto del tornillo, para ejercer el torque en un extremo y de esa forma logre avanzar el sistema de empuje.

2.5.2 Concepto 2

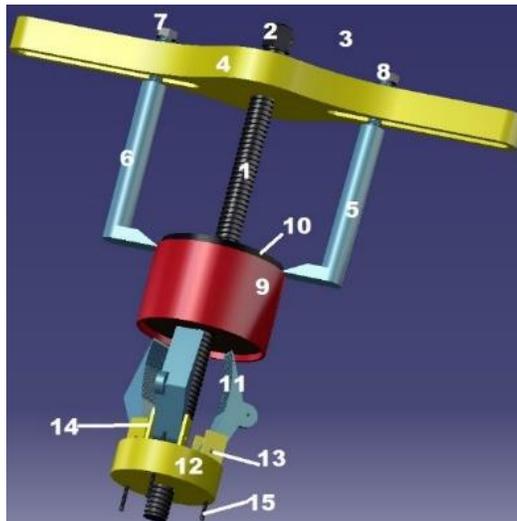


Figura 20. Segundo concepto generado.

Utiliza un tornillo de potencia (1) con dos secciones de roscas diferentes, derecha e izquierda. En un extremo se coloca una tuerca (2) y se asegura con un perno (3). A lo largo del eje del tornillo se disponen los siguientes elementos:

Un brazo (4) con ranuras para elementos de apoyo. (5,6)

Los elementos 5 y 6 se sujetan por medio de tuercas (7,8), su extremo opuesto se apoya sobre la superficie del casquillo 9, que aloja al buje (10).

El sistema de empuje, para desalojar e introducir a bujes y rodamientos del casquillo donde se alojan, es mediante 3 elementos (11) dispuestos a 120° sobre un cilindro (12), a la vez éste cilindro tiene cuerda interior para que se desplace a través del tornillo.

Los elementos de empuje se articulan mediante pernos (13) que son soportados por 3 pares de placas (14). Para ajustar la apertura de los elementos de empuje se utilizan 3 tornillos (15) que atraviesan la altura del cilindro (12), cuando los tornillos se desplazan hacia arriba las aberturas de los elementos de empuje reducen.

2.5.3 Concepto 3

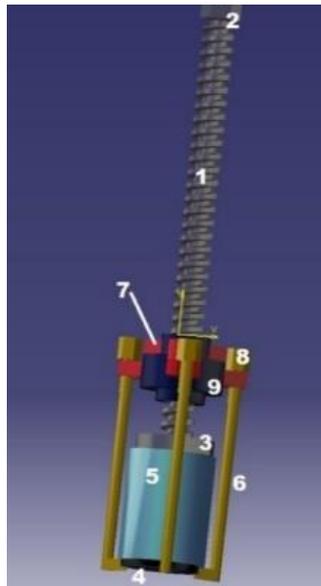


Figura 21. Tercer concepto generado.

Consiste en un tornillo de potencia (1) con cabeza hexagonal en un extremo (2), en el otro un elemento de empuje (3), éste será intercambiable a los diámetros máximos y mínimos de bujes y rodamientos (4), alojados en un casquillo (5).

Para lograr el reemplazo de los bujes y rodamientos a cambiar se ocupan 3 elementos de apoyo (6) dispuestos a 120° en un brazo (7), y sujetados por tuercas (8), a la vez el brazo (7), se aloja sobre un cilindro (9) que se apoya sobre la sección transversal del casquillo. (5) Los elementos (6) tienen en un extremo una sección roscada para sujetarse con tuercas en el extremo opuesto cuenta con ganchos en forma de cuña para agarrarse de la superficie transversal del casquillo, cuando se aplica torque al tornillo de potencia el elemento de empuje avanza logrando desalojar el buje. Para introducirlo el mecanismo es idéntico, pero ahora el avance del tornillo es en sentido contrario.

Después de haber generado 3 conceptos del prototipo se procede a seleccionar uno, para hacerlo se evalúan determinadas características (geometrías sencillas, fácil de ensamblar, ajustable a diámetros, suficiente estabilidad, fácil de operar etc.), que dependen en mayor medida de los elementos de la herramienta y su geometría.

Se utiliza una escala del 1 al 5 para indicar en qué grado cada propuesta soluciona las características que se necesita. Siendo, 5 completamente, 4 en gran medida, 3 parcialmente, 2 escasamente, 1 nulo. Se realiza la suma de cada fila, el concepto con mayor puntaje es el seleccionado.

Concepto	Geometrías sencillas.	Fácil de ensamblar	Ajustable al diámetro	estabilidad	Fácil de usar	evaluación
1	2	2	5	3	4	16
2	3	2	5	3	4	17
3	4	3	3	2	2	14

El concepto seleccionado fue el segundo, en los siguientes capítulos se trabajará sobre esa propuesta para desarrollar el diseño a nivel sistema y a detalle, de haber alguna modificación se le hará las correspondientes para su buen desempeño.

Capítulo 3

Diseño a nivel sistema.

3.1 TORNILLO DE POTENCIA.

El tornillo de potencia es un dispositivo que convierte el movimiento angular en movimiento lineal además de que transmite potencia. Los tornillos de potencia trabajan con el principio del tornillo con rosca y cuerda [14]

Los elementos son:

Paso (p): Es la distancia entre 2 cuerdas (inmediatamente próximas), medidas paralelas al eje del tornillo.

Diámetro mayor (d_m): Diámetro más grande.

Diámetro menor (d_r): Diámetro más pequeño, comprende la distancia de raíz a raíz pasando por el centro.

Diámetro de paso (d_p): Distancia diametral comprendida entre el diámetro grande y diámetro menor, también se conoce como diámetro teórico.

Avance (L): Es la distancia que se desplaza una tuerca en forma paralela al eje cuando a ésta se le da una vuelta.

Ángulo de avance (λ): Ángulo formado por una línea perpendicular al eje del tornillo y la inclinación de la hélice.

Ángulo de hélice (Ψ): Ángulo formado entre el eje del tornillo y la inclinación de la hélice.

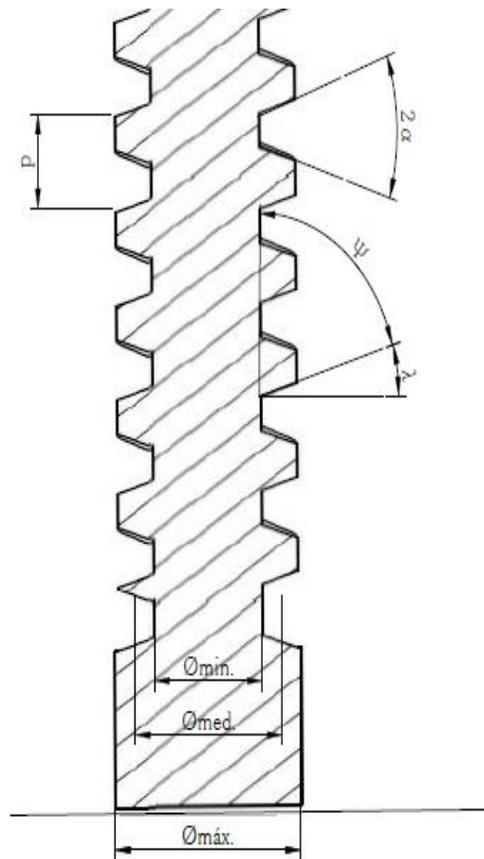


Figura 22. Vista a detalle la sección transversal del tornillo de potencia con rosca ACME.

El tornillo de potencia a emplear en la herramienta está configurado con rosca ACME, maquinar este tipo de roscas resulta más fácil que las roscas cuadradas, ya

que cuenta con un ángulo de alivio 2ϕ de 29° . El torque necesario para desplazar la carga está dado por la siguiente fórmula. [15]

$$T = \frac{F d_p}{2} \left[\frac{(\cos\phi \tan\lambda + \mu_s)}{(\cos\phi - \mu_s \tan\lambda)} \right]$$

Donde:

T : Torque.

F : Fuerza para desalojar o introducir el rodamiento.

d_p : Distancia diametral de paso.

μ_s : Coeficiente de fricción entre tornillo y tuerca.

λ ; Ángulo de hélice.

ϕ ; Ángulo de alivio.

Los coeficientes de fricción se pueden ver en la tabla C coeficientes para pares roscados del anexo 3.

En la tabla A del anexo 3. Se muestran los diámetros preferidos para rosca ACME, estos diámetros se relacionan directamente con el número de rosca, el paso y áreas de esfuerzo, tensión y cortante.

3.2 TUERCA.

Elemento mecánico, con orificio pasante en una de las caras y cuerda interior, se utiliza para acoplarse a un tornillo. [16]

El paso de la cuerda está en función del tornillo de potencia. La figura 23 muestra la tuerca a emplear.

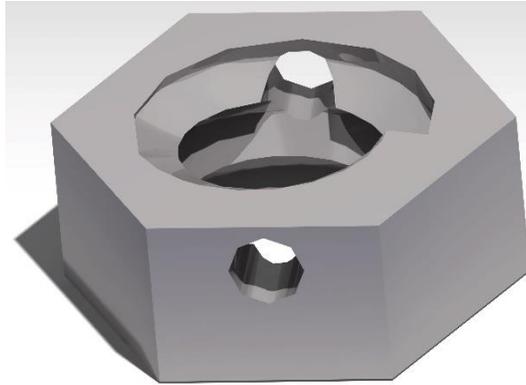


Figura 23. Tuerca para lograr el torque al tornillo de potencia

3.3 PERNOS.

Sujetador con rosca, diseñado para pasar por orificios de los elementos a unir y asegurarse al apretar una tuerca desde el extremo opuesto a la cabeza del perno.
[17]

Las dimensiones del perno se seleccionaron en función de la tabla B dimensiones de roscas métricas.

La figura 24 muestra el perno a emplear.



Figura 24. Perno para lograr articular los elementos de empuje.

3.4 BRAZO.

Elemento alargado y estrecho con ranuras rectangulares en sus extremos, sirve para alojar y soportar a los elementos de apoyo. El centro del brazo tiene una cavidad con cuerda para el avance del tornillo de potencia. El paso de la cuerda está en función del tornillo de potencia, de acuerdo con la tabla A, diámetros preferidos para rosca acme, del anexo. En la figura 25 se muestra el brazo para alojar a los elementos de apoyo.

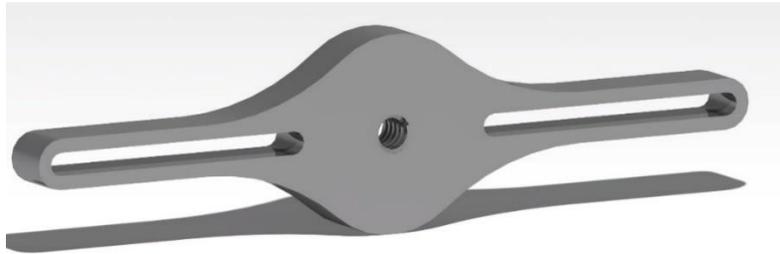


Figura 25. Brazo, sobre éste se disponen los elementos de apoyo

3.5 ELEMENTO DE APOYO.

Pieza alargada en forma de L. Una sección de la parte superior cuenta con cuerda exterior, para introducirse en la cavidad de los brazos, justo por debajo de la cuerda, la geometría se vuelve un cubo para evitar que el elemento rote, la parte más larga del elemento es un cilindro. En el extremo opuesto a la sección roscada, se aprecia un prisma rectangular sesgado, esto para que logre apoyarse en la superficie transversal del casquillo.

Las dimensiones de la rosca se seleccionaron en función de la tabla B, dimensiones de roscas métricas. La figura 26 muestra el elemento de apoyo a emplear.



Figura 26. Elemento de apoyo

3.6 ELEMENTO DE EMPUJE.

Está generado por una superficie cóncava, por la parte interior, se disponen hendiduras en toda la curva, su propósito de esta es poder adherirse a la pared exterior de la horquilla, por la parte posterior la geometría es generada por dos rectas que se intersecan en un vértice, en la parte lateral se hará un barreno para que ahí se aloje un perno lo cual hará que el elemento de empuje sea unido a las placas del cilindro y así articularlo, la parte inferior de este dibujo tiene la arista rebordeada para evitar que toque con la base donde se colocará. La figura 27 muestra la forma que entran los elementos de empuje.

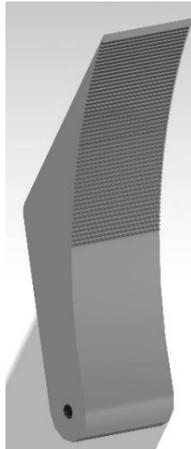


Figura 27. Elemento de empuje.

3.7 CILINDRO.

Elemento sólido en el cual se generará un hueco en el que se hará una rosca a las paredes interiores, por el cuál pasará el tornillo de potencia. En la parte superior se disponen tres pares de soporte, cada uno a 120 grados para instalar ahí los elementos de empuje.

En las caras de estos soportes se realizan barrenos donde se alojarán los pernos para articular los elementos de empuje.

La cuerda está en función del tornillo de potencia. La figura 28 muestra el cilindro donde se disponen los elementos de empuje.

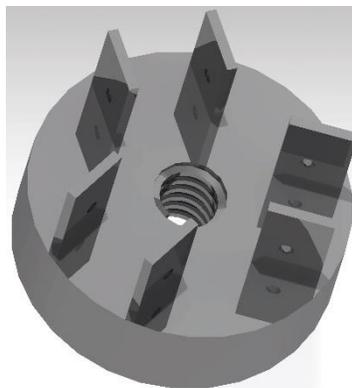


Figura 28. Cilindro, sobre éste se disponen tres elementos de empuje, unidos y articulados por pernos.

3.8 TORNILLOS.

Elemento para introducirse en un orificio del cilindro, atravesará toda la altura para regular la apertura de los elementos de empuje. [18]

3.9 CÁLCULO DE ESFUERZO PARA EL TORNILLO DE POTENCIA.

Para determinar la fuerza a la que se desplaza un rodamiento se llevó a una prensa hidráulica la mangueta de un Chevy modelo 2008 y se obtuvo que la fuerza para lograr avanzar al rodamiento fue de 5,000 lb

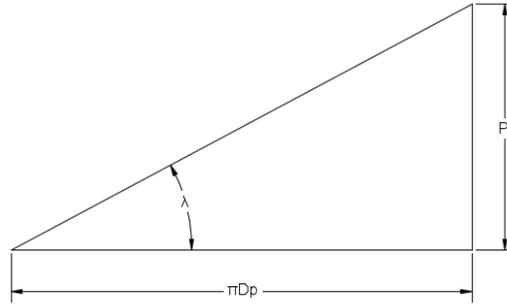
$$1\text{lb} = 4.448\text{N}$$

$$F = 5000 \text{ lb} \left(\frac{4.448 \text{ N}}{1 \text{ lb}} \right) = 22240 \text{ N}$$

El torque necesario al que debe someterse el tornillo de potencia se obtiene con la siguiente fórmula:

$$T = \frac{F d_p}{2} \left[\frac{(\cos\phi \tan\lambda + \mu_s)}{(\cos\phi - \mu_s \tan\lambda)} \right]$$

El ángulo λ corresponde al ángulo de hélice, se relaciona con el paso y el perímetro del diámetro de paso. Si se desenvuelve una cuerda del núcleo se obtiene la siguiente geometría.



El paso y diámetro se muestran en la tabla A, diámetros preferidos para rosca ACME.

Calculando λ :

$$\lambda = \tan^{-1} \left[\frac{0.1250}{\pi(0.5408)} \right]$$

$$\lambda = 4.2^\circ$$

El coeficiente de fricción 0.15 se obtiene de la tabla "C", coeficientes de fricción para pares roscados, del anexo.

La tabla 17.1 utiliza el sistema ingles, el valor del diámetro de paso es de $d_p = 0.5408$ in para los cálculos se prefiere utilizar el SI.

$$d_p = 0.013 \text{ m}$$

Sustituyendo los valores obtenidos en la fórmula para calcular el torque, se obtiene:

$$T = \frac{(22240N)(0.013 \text{ m})}{2} \left[\frac{(\cos 14.5 \tan 4.2 + 0.15)}{(\cos 14.5 - 0.15 \tan 4.2)} \right]$$

$$T = 33.393 \text{ N.m}$$

El esfuerzo de tensión que se ejerce en el núcleo del tornillo se calcula con la siguiente formula:

$$\sigma_t = \frac{F}{A_t}$$

donde:

A_t = Área al esfuerzo de tensión, el valor se obtiene de la tabla A, diámetros preferidos para rosca ACME.

Sustituyendo los valores se obtiene:

$$\sigma_t = \frac{22240 \text{ N}}{1.261 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$
$$\sigma_t = 176.367 \text{ Mpa}$$

Para calcular el esfuerzo cortante que se produce en el núcleo del tornillo se ocupa la siguiente fórmula.

$$\tau_n = \frac{16T}{\pi D_r^3}$$

Sustituyendo datos se obtiene:

$$\tau_n = \frac{16(33.393 \text{ N.m})}{\pi(0.011 \text{ m})^3}$$
$$\tau_n = 127.776 \text{ Mpa}$$

Para evitar fallas por esfuerzos de tensión y cortante en el núcleo del tornillo se considera el coeficiente de seguridad $N > 1$. La fórmula a ocupar es la siguiente:

[19]

$$\frac{1}{N^2} = \left(\frac{\sigma_t}{\sigma_y} \right)^2 + \left(\frac{\tau_n}{s_{sy}} \right)^2$$

Donde:

s_{sy} = Resistencia a la fluencia por cortante.

τ_n = Esfuerzo cortante en el núcleo del tornillo.

De acuerdo con (Norton, 2011) la resistencia a la fluencia por cortante se determina con la siguiente expresión:

$$s_{sy} = 0.577S_Y$$

σ_y = Resistencia a la fluencia por tensión.

El acero que se ocupa para el tornillo de potencia es el AISI 4140 con dureza de 235 HB tiene una resistencia de fluencia de 690 Mpa.

$$\frac{1}{N^2} = \left(\frac{176.367 \text{ Mpa}}{690 \text{ Mpa}} \right)^2 + \left(\frac{127.776 \text{ Mpa}}{(0.577)(690 \text{ Mpa})} \right)^2$$

$$N = 2.47$$

Con esto se concluye que el núcleo del tornillo no fallará por tensión ni por torsión.

Para calcular el esfuerzo al corte en los filetes del tornillo se ocupa la siguiente fórmula:

$$\tau_{FIL.} = \frac{F}{A_C}$$

A_C corresponde al área sometida a esfuerzo cortante. En la tabla "A" del anexo se indica este valor.

$$\tau_{FIL.} = \frac{22240 \text{ N}}{5.922 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\tau_{FIL.} = 37.554 \text{ Mpa}$$

El área que se considera en la tabla A se obtiene al desenvolver los filetes comprendidos en 1 pulgada (esta medida se toma paralela al eje del tornillo). La longitud de la tuerca es 20 mm, y los números de filetes en contacto son 6, por lo tanto, para conocer el área real sometida a esfuerzo cortante se calcula de la siguiente manera.

$$A_C = \pi d_r (w_i p) n_f$$

donde:

W_i = Factor que define el porcentaje del paso ocupado por el metal en el diámetro menor según la tabla 11-5

n_f = Número de filetes del tornillo en contacto con la tuerca

Sustituyendo los datos se obtiene:

$$A_c = \pi(0.011m)[(0.77)(3.175 \times 10^{-3}m)](6)$$

$$A_c = 5.069 \times 10^{-4}m^2$$

La fórmula para calcular el esfuerzo cortante en los filetes es la siguiente:

$$\tau_{FIL.} = \frac{3F}{2A_c}$$

Sustituyendo valores:

$$\tau_{FIL.} = \frac{3(22240 N)}{2(5.069 \times 10^{-4}m^2)}$$

$$\tau_{FIL.} = 65.81 Mpa$$

El factor de seguridad se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$N_{ba} = \frac{S_{ys}}{\tau_{FIL.}}$$

$$N_{ba} = \frac{0.577(690 Mpa)}{65.81 Mpa}$$

$$N_{ba} = 6$$

El factor de seguridad es alto, por lo que se concluye que los filetes no fallarán por esfuerzo cortante.

El esfuerzo flexionante en los filetes del tornillo se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$S_{FLEX} = \frac{3Fh}{\pi d_r n_p (w_i p)^2}$$

Sustituyendo datos se obtiene:

$$S_{FLEX} = \frac{3(22240 N)(1.587 \times 10^{-3} m^2)}{\pi(0.011 m)(6)[(0.77)(3.587 \times 10^{-3} m)^2]}$$

$$S_{FLEX} = 85.52 \text{ Mpa}$$

Calculando el coeficiente de seguridad:

$$N_{flex.} = \frac{\sigma_y}{S_{FLEX}}$$

$$N_{flex.} = \frac{1050 \text{ Mpa}}{85.52 \text{ Mpa}}$$

$$N_{flex.} = 12.277$$

El coeficiente de seguridad es alto, con esto se concluye que el tornillo no presentará fallas en el filete por flexión.

La eficiencia del tornillo está dada por la siguiente fórmula.

$$e = \frac{FL}{2\pi T_U}$$

Sustituyendo datos se obtiene:

$$e = \frac{(22240 N)(3.175 \times 10^{-3} m)}{2\pi(33.393 N \cdot m)}$$

$$e = 0.336(100\%) = 33.6 \%$$

Calculando el desgaste:

$$S_{d-a} > S_{ap}$$

La fuerza de fricción es directamente proporcional a la fuerza de aplastamiento, debe evitarse que ésta supere un valor que produzca un desgaste prematuro de los filetes. Dobrovoslki propone trabajar con el siguiente esfuerzo permisible: [20]

$$S_{d-a}$$

= Según Dobrovoslki el esfuerzo permisible para tornillos de acero es de 80 Mpa

El esfuerzo permisible debe ser mayor al esfuerzo de aplastamiento

$$S_{ap} = \frac{(22240 N)}{(5.069 \times 10^{-4} m^2)}$$

$$S_{ap} = 43.874 \text{ Mpa}$$

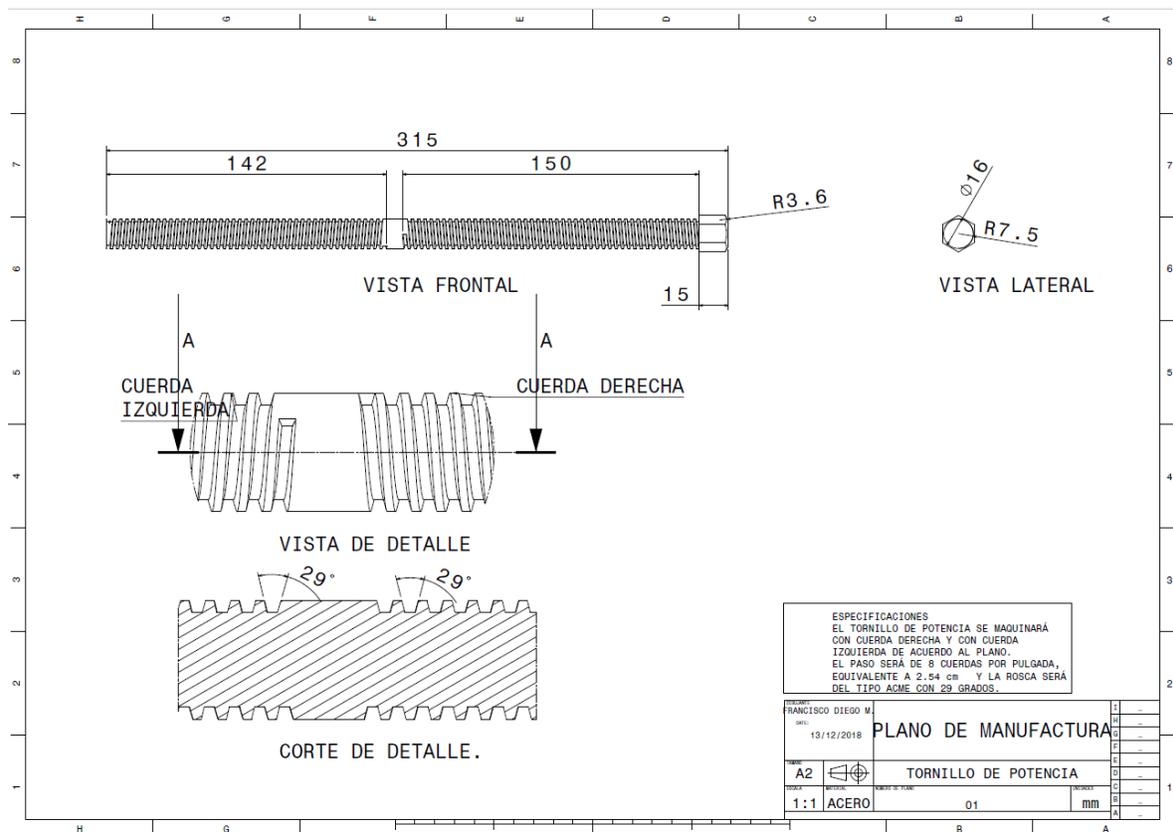
$$80 \text{ Mpa} > 43.873 \text{ Mpa}$$

Capítulo 4

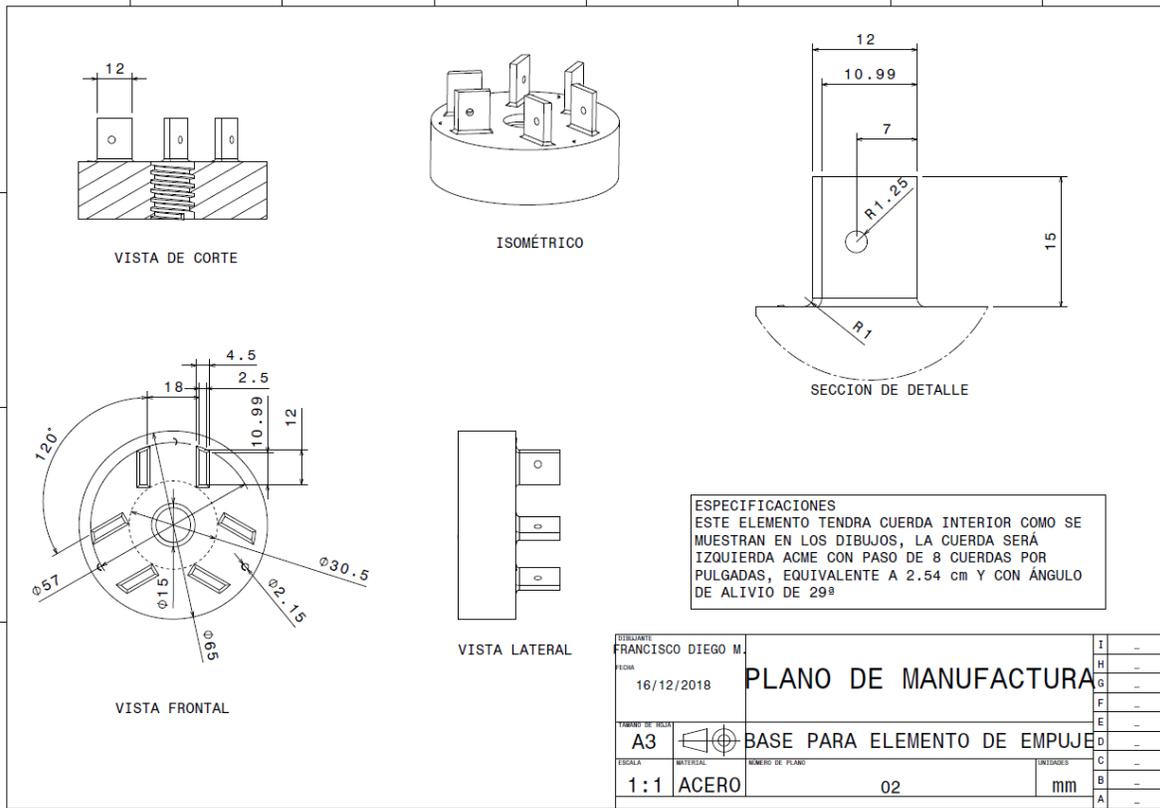
Diseño a nivel detalle.

4.1 PLANOS DE FABRICACIÓN.

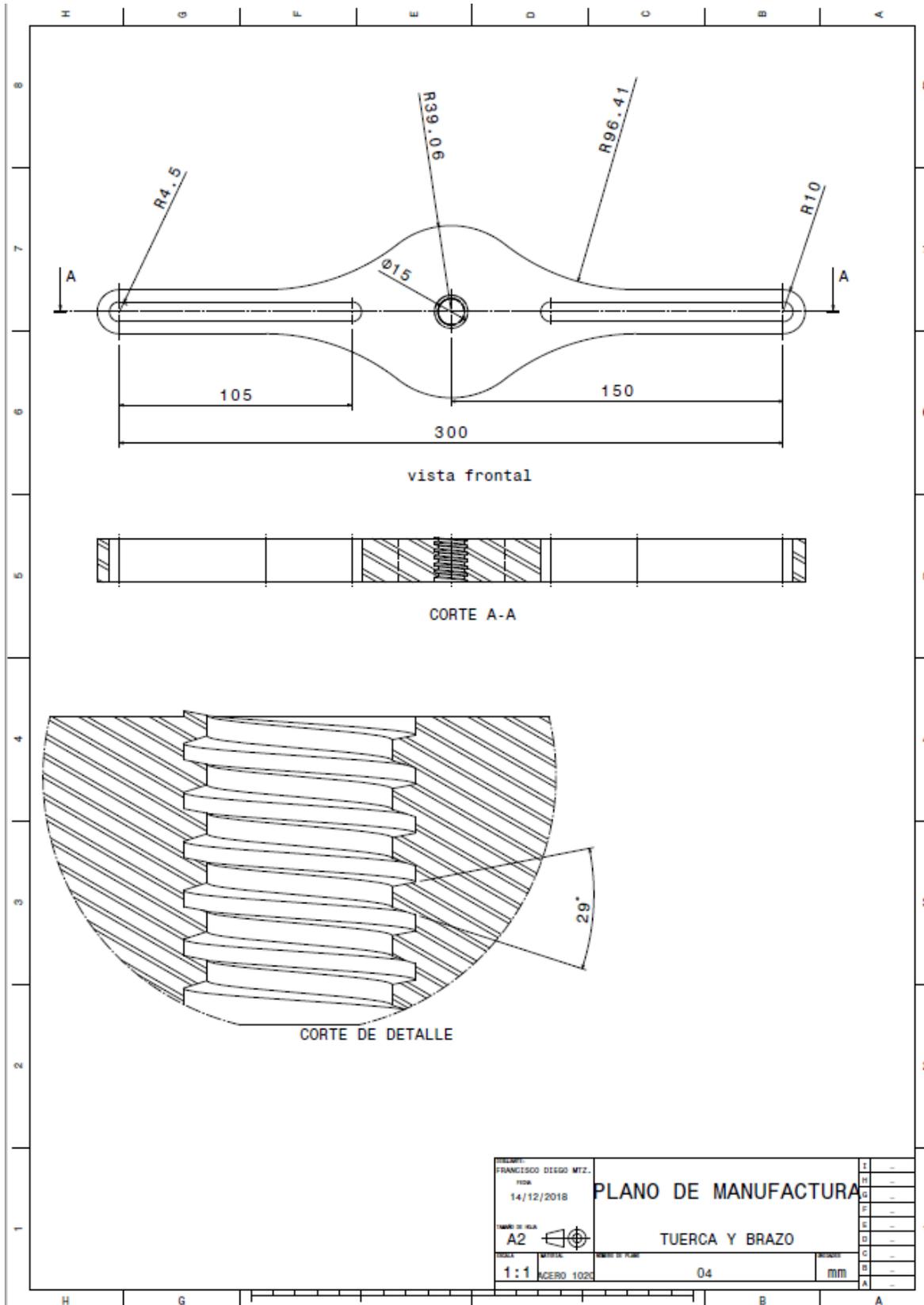
4.1.1 PLANO TORNILLO DE POTENCIA.



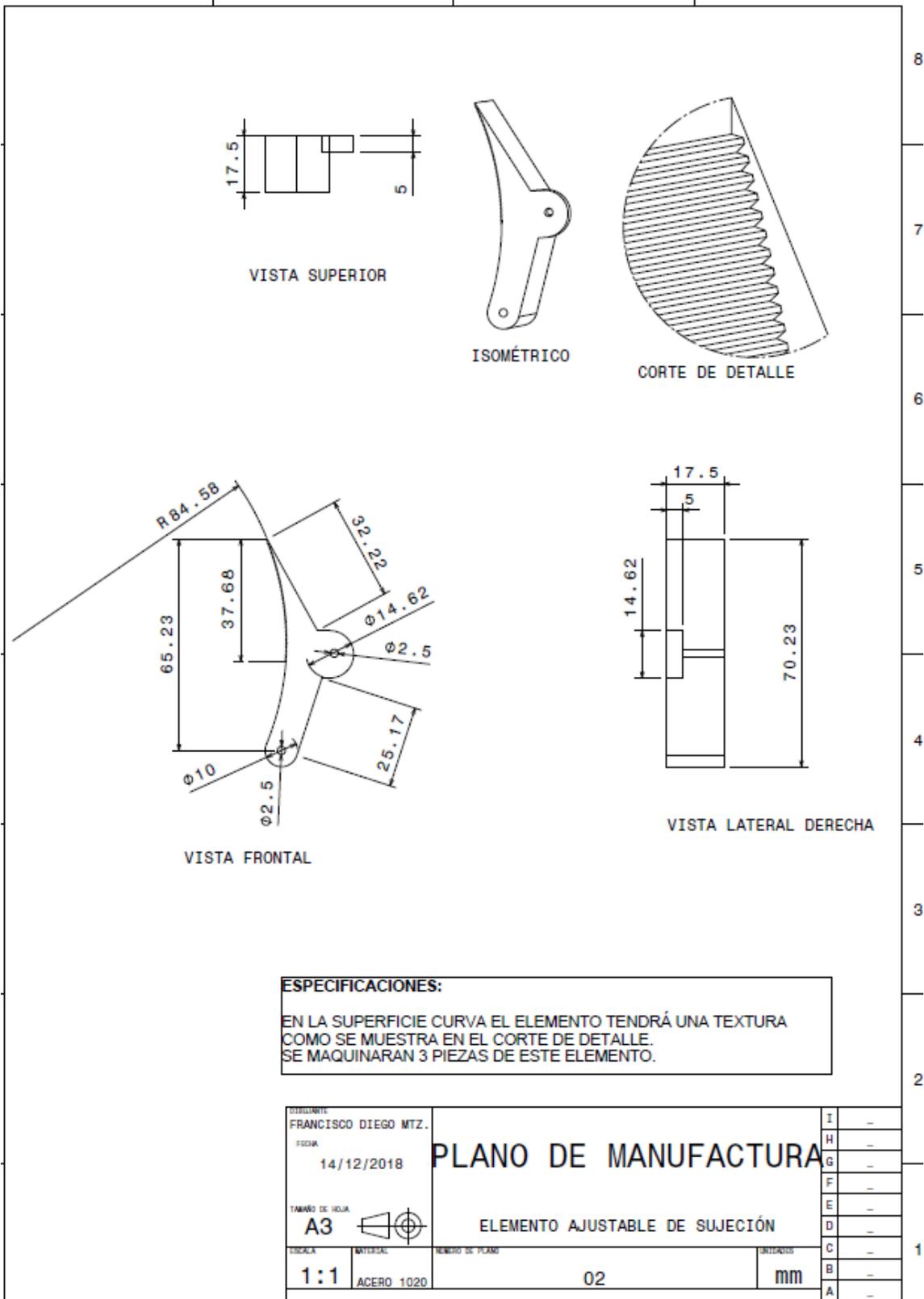
4.1.2 CILINDRO PARA ELEMENTO DE EMPUJE.



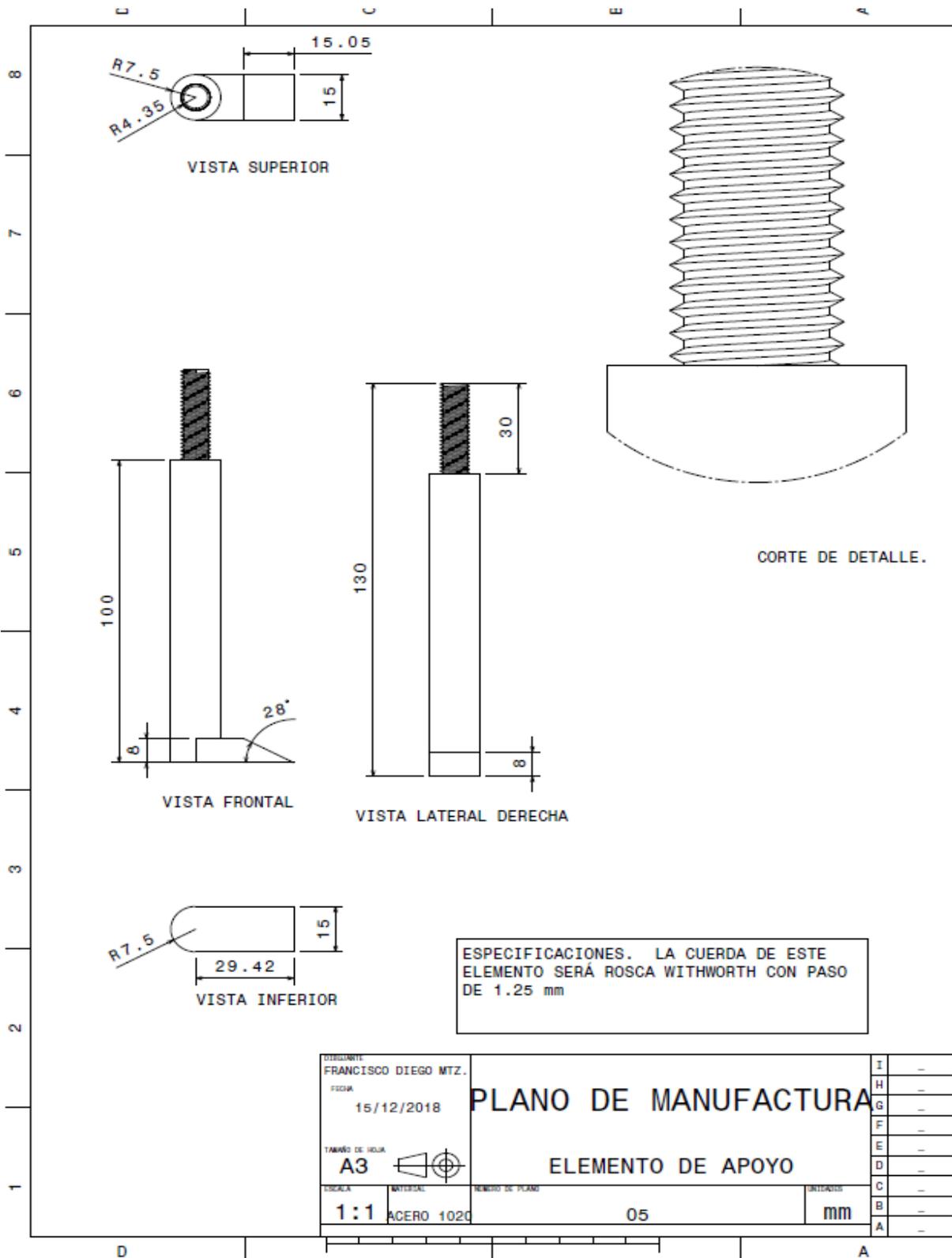
4.1.3 PLANO: BRAZO PARA ELEMENTO DE APOYO.



4.1.4 ELEMENTO DE EMPUJE.



PLANO ELEMENTO DE APOYO.



DISEÑADOR: FRANCISCO DIEGO MTZ.		PLANO DE MANUFACTURA	I	-
FECHA: 15/12/2018			H	-
TAMANO DE HOJA: A3			G	-
ESCALA: 1:1		ELEMENTO DE APOYO	F	-
MATERIAL: ACERO 1020			E	-
NUMERO DE PLANO: 05			D	-
UNIDADES: mm			C	-
			B	-
		A	-	

Capítulo 5

Pruebas y refinamiento.

5.1 PROTOTIPO EN METAL.

Se obtuvo el prototipo en metal, apropiado para realizar pruebas de campo, el desempeño de la herramienta no fue el esperado, las observaciones de esta prueba son las siguientes:

1.- Los elementos de apoyo son difícil de manipular por una sola persona, la tarea se dificulta al colocarlos en el casquillo del rodamiento y tener que apretarlos para que no se muevan, esto para lograr que el tornillo de potencia esté centrado y atravesase justo por el eje del rodamiento.

2.- El brazo que aloja a los elementos de apoyo es muy largo, la geometría se generó para dar libertad a los elementos de apoyo y se pudieran desplazar para apoyar en un parte solido de la mangueta, no necesariamente en el espesor del casquillo. En las pruebas obtuvimos de que no es necesaria esa geometría.

3.- los elementos ajustables para empujar al rodamiento avanzó sin dificultad hasta un determinado punto, cuando la arista llego a la cavidad del casquillo ya no pudo avanzar más por que la geometría de los elementos de empuje lo impedían

4.- La herramienta resultó considerablemente pesada e inestable, por algunas geometrías que presenta, eso no resultó cómodo al operario a la hora de manipular.

5.- El sistema de tornillo de potencia y tuerca se desempeñó bastante bien, la idea de tener rosca derecha e izquierda resultó práctica a la hora de hacer avanzar los elementos de empuje.

En la figura 29 se muestra las partes vulnerables de la herramienta. En esos detalles se centra la atención para su refinamiento.

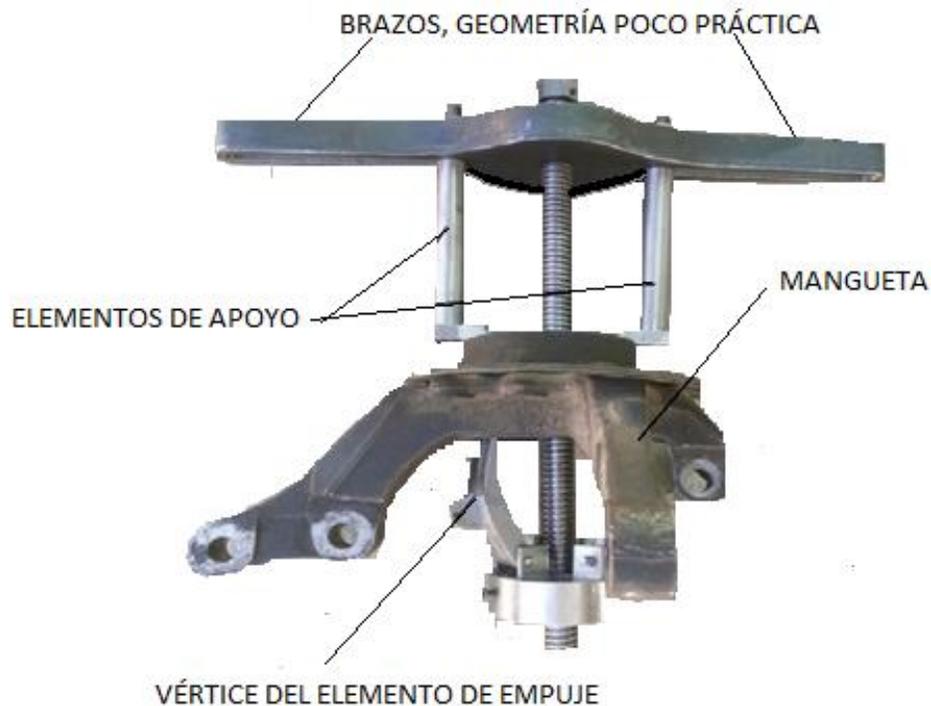
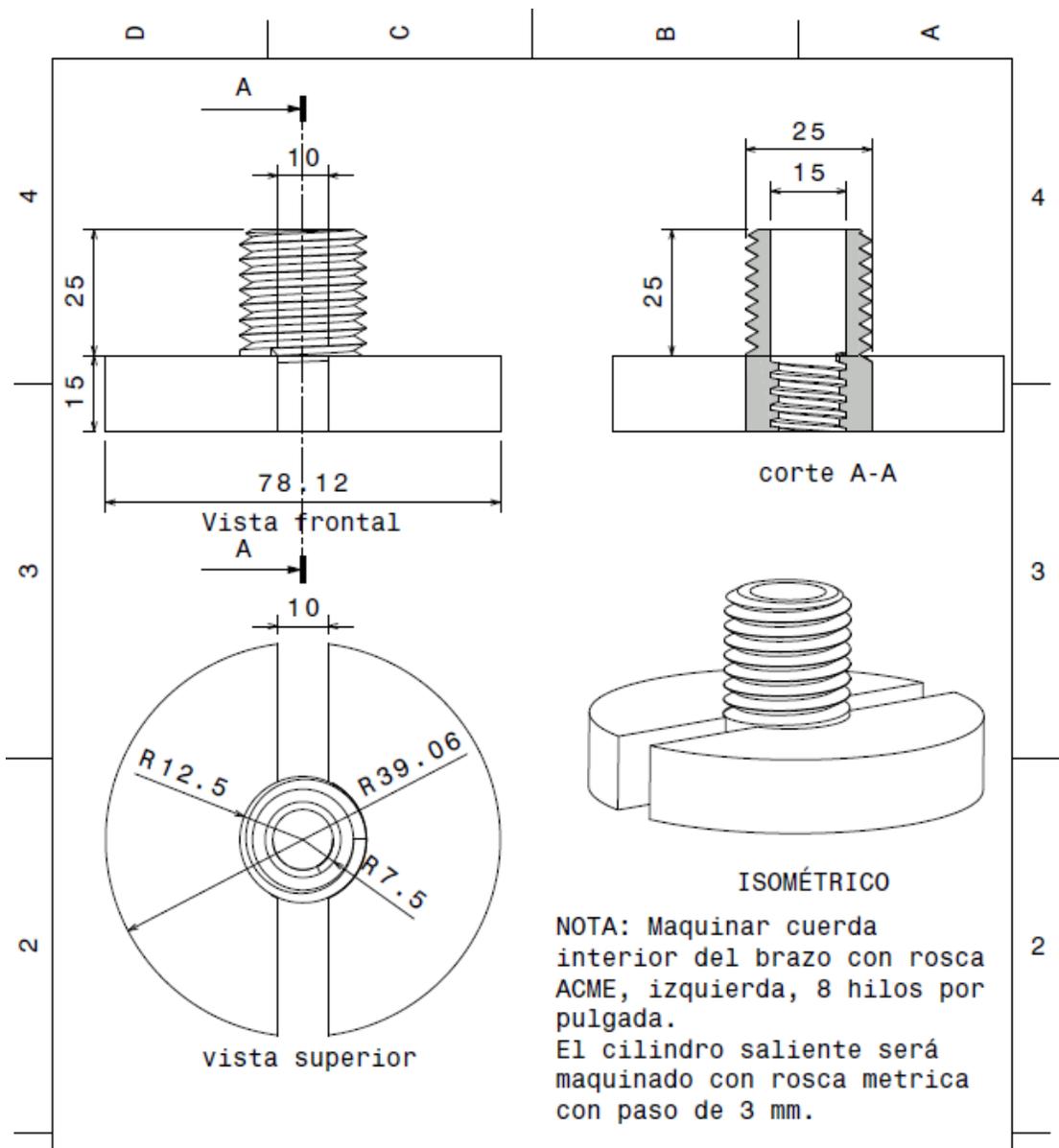


Figura 29. Herramienta sometida a prueba, Se indican las partes a contemplar en el rediseño

5.2 REDISEÑO DE LOS ELEMENTOS.

5.2.1 BRAZOS PARA ALOJAR ELEMENTOS DE APOYO Y DE EMPUJE.

Elemento circular con dos ranuras radiales para la inserción de los elementos de apoyo, se aprovechó el brazo con el que ya se contaba para hacer las modificaciones. Se le añadió un cilindro roscado para apretar a los elementos de apoyo con una arandela, este cilindro es concéntrico a la cavidad del brazo, de tal manera que el tornillo atraviesa sin ningún problema.



NOTA: Maquinar cuerda interior del brazo con rosca ACME, izquierda, 8 hilos por pulgada.
El cilindro saliente será maquinado con rosca metrica con paso de 3 mm.

Dibujante
Francisco Diego
FECHA
22/03/2019

PLANO DE MANUFACTURA

TAMANO
A4

Brazo para elemnto de apoyo

ESCALA
1:1

MATERIAL
ACERO

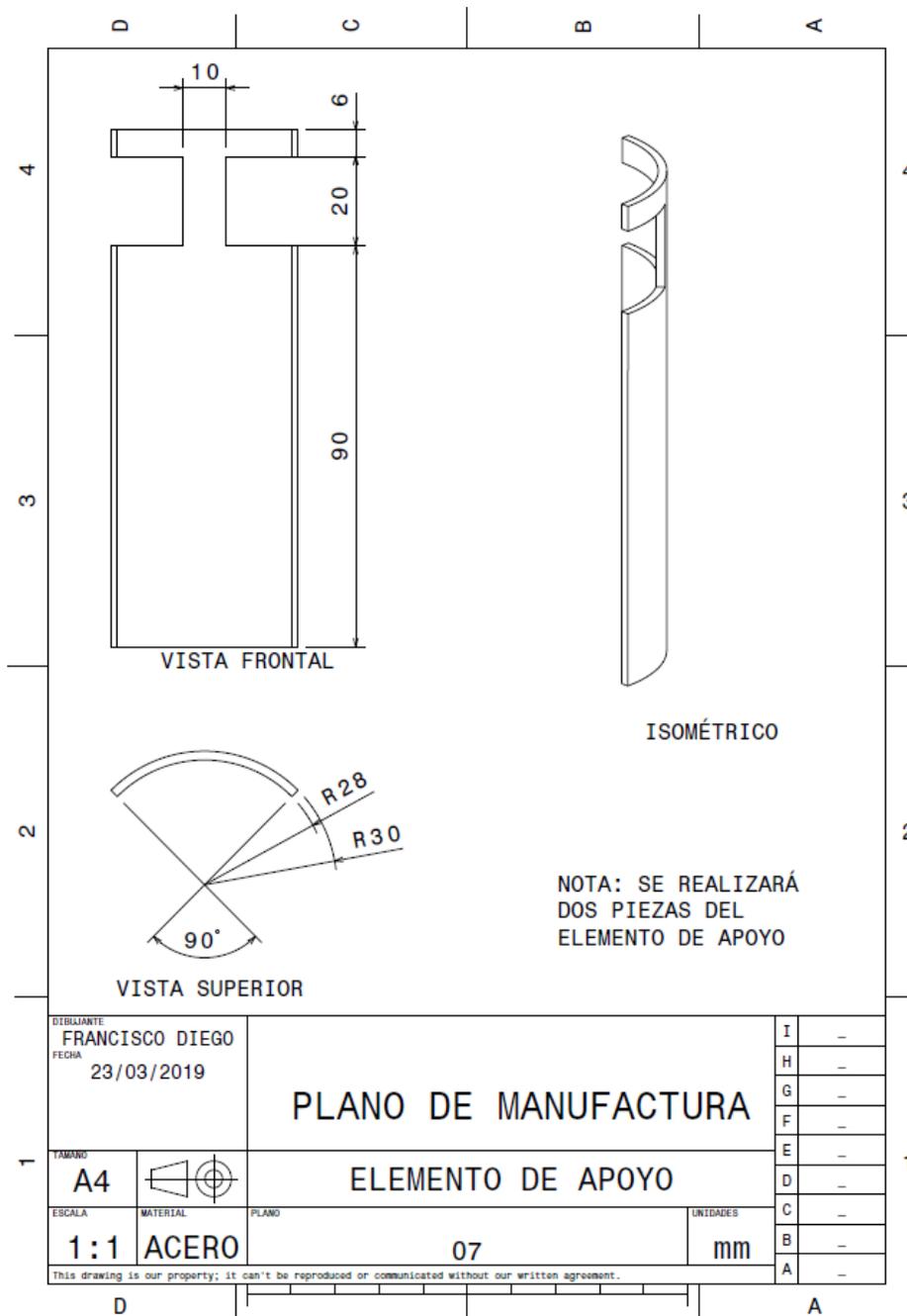
NUMERO DE PLANO
06

unidades
mm

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

5.2.2 ELEMENTOS DE APOYO Y DE EMPUJE.

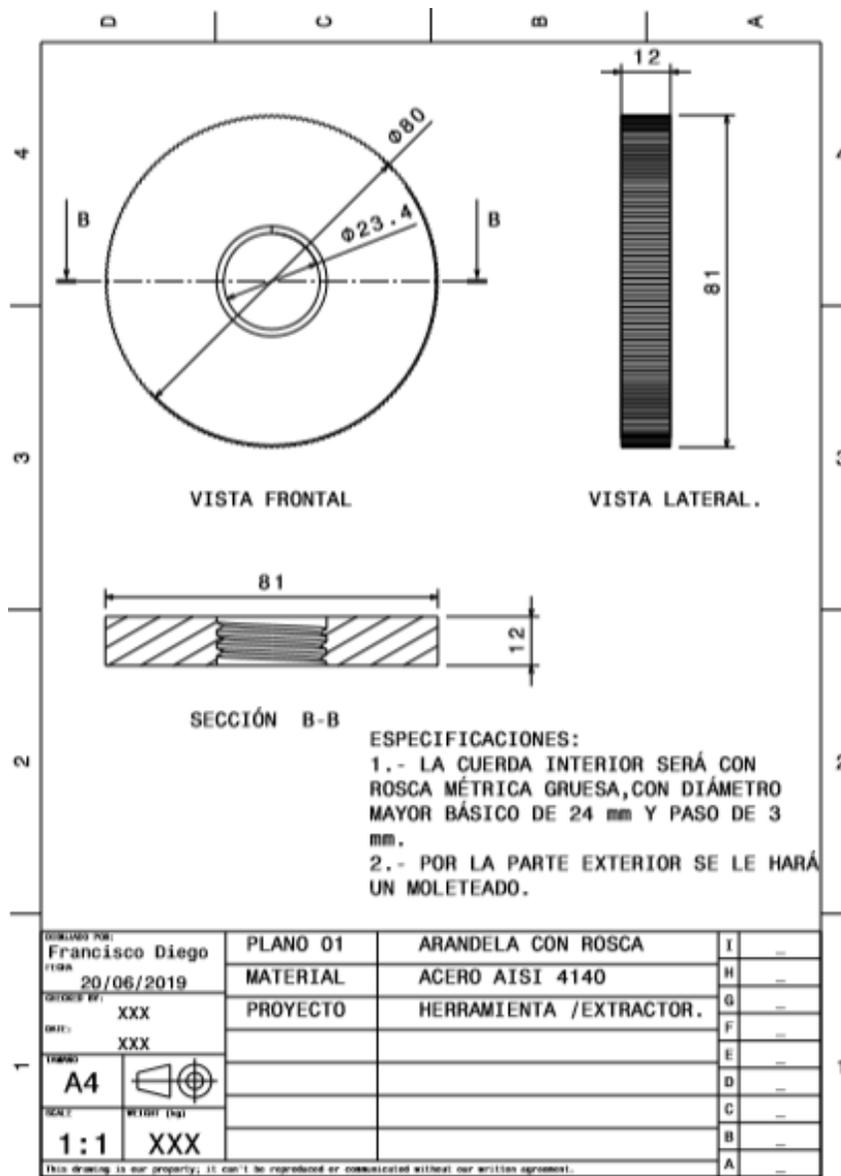
Consiste en un arco de círculo y luego crecidos para dar altura, el arco es generado por dos círculos concéntricos de diferentes diámetros, Para dar el espesor a este elemento. En la parte superior, este elemento está cortado a manera que pueda introducirse en la ranura del brazo.



5.2.3 ARANDELA PARA SUJETAR ELEMENTOS DE EMPUJE Y DE APOYO.

Es un elemento de ensamble en forma de disco circular y con orificio en el centro, sobre la pared interior de este elemento se hará cuerda a manera tal que pueda enroscarse en el cilindro. Sobre la pared exterior de este disco se le hará una textura, resultado del moleteado, para poder apretar y aflojar con las manos.

Las medidas del diámetro y de la cuerda estarán en función de las dimensiones del elemento para alojar los sistemas de apoyo y para lograr elementos de empuje, dependiendo de estas medidas se usará la tabla anterior.



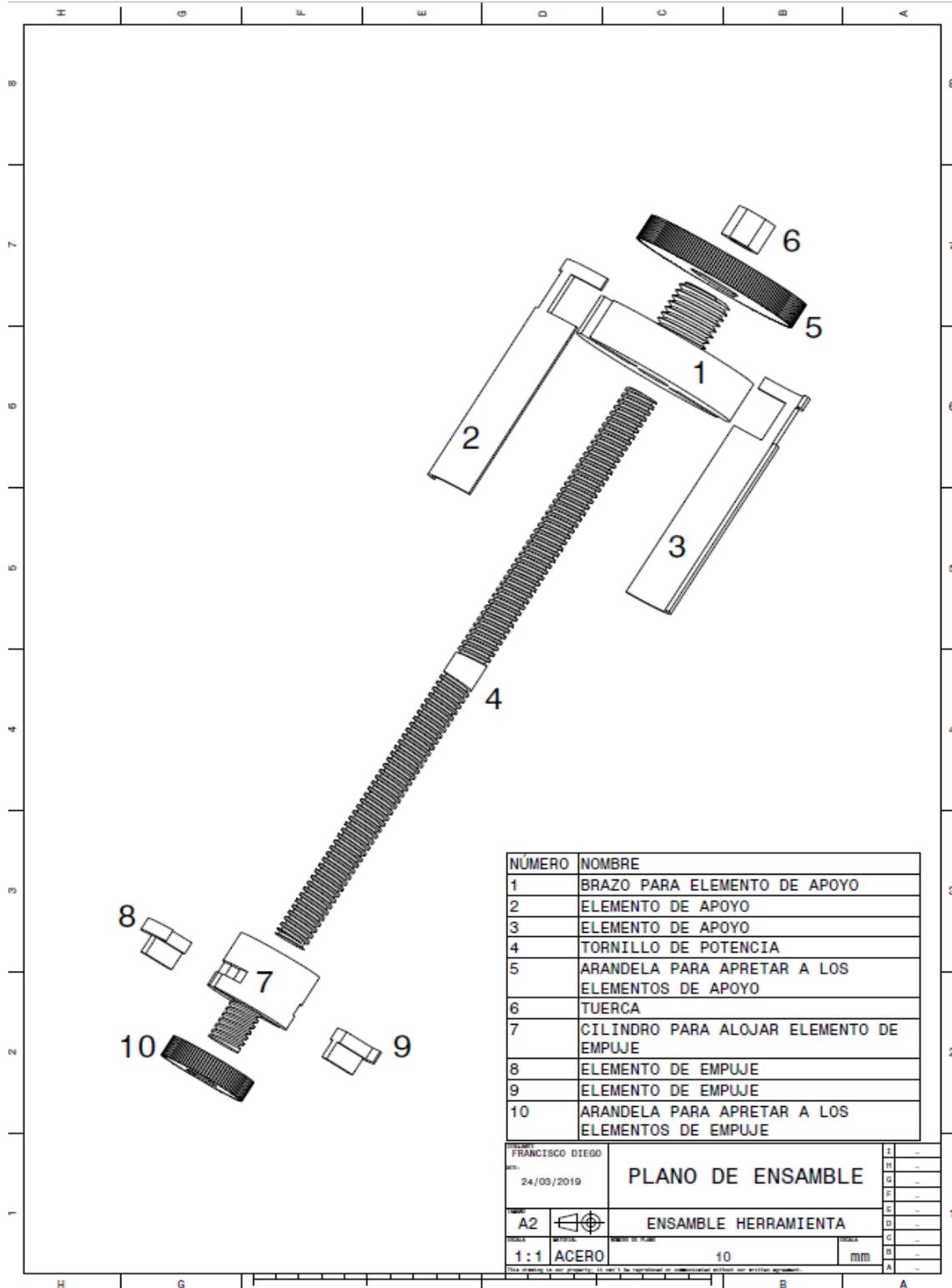
5.2.4 ROSCA MÉTRICA

En el rediseño de los elementos se ocuparon cilindros roscados sobre los cuales se desplaza una arandela para lograr apretar a los elementos de apoyo y de empuje. Los elementos de estas roscas son los mismos que del tornillo de potencia, pero las dimensiones y geometrías cambian.

Las roscas métricas son roscas estándar acordadas internacionalmente para las roscas de sujeción, la forma de esta se obtiene al generar una hélice alrededor de una pared circular y sobre esta recorrer un triángulo equilátero.

En el anexo se muestra una tabla B, con diámetros y áreas de esfuerzo para roscas métricas de paso grueso.

5.2. 5HERRAMIENTA ENSAMBLADA.



NÚMERO	NOMBRE
1	BRAZO PARA ELEMENTO DE APOYO
2	ELEMENTO DE APOYO
3	ELEMENTO DE APOYO
4	TORNILLO DE POTENCIA
5	ARANDELA PARA APRETAR A LOS ELEMENTOS DE APOYO
6	TUERCA
7	CILINDRO PARA ALOJAR ELEMENTO DE EMPUJE
8	ELEMENTO DE EMPUJE
9	ELEMENTO DE EMPUJE
10	ARANDELA PARA APRETAR A LOS ELEMENTOS DE EMPUJE

DISEÑADO: FRANCISCO DIEGO		PLANO DE ENSAMBLE		1
FECHA: 24/03/2019				2
Escala: A2		ENSAMBLE HERRAMIENTA		3
MATERIAL: ACERO		MATERIAL: 10		4
UNIDAD: mm				5

CONCLUSIONES

1. El diseño del tornillo de potencia con dos cuerdas, derecha e izquierda, resultó bastante práctico para desplazar a los elementos de empuje y estos a las refacciones, bujes o radmientos, aplicando el torque únicamente en un extremo del tornillo. Pero para colocar y desmontar los elementos de la herramieta es forzoso retirar la tuerca hexagonal, lo cual no resulta práctico, una posible solución a este detalle es maquinar el tornillo con dimensiones de la tuerca inferior al diámetro nominal del tornillo.
2. Para un mejor desempeño de los elementos de empuje éstos deberán contar con rugosidad en las superficies de contacto, con la tuerca que aloja a los elementos de apoyo y con las arandelas, con el objetivo de garantizar que los elementos de empuje queden inmoviles durante toda operación, debido a que un desacomodo por mínimo que sea puede resultar en una mala práctica al reemplazar las refacciones.
3. El acero 4140 que se comercializa en el mercado tiene una dureza y resistencia a la fluencia baja, estas propiedades de diseño se pueden mejorar si el acero se somete a dos tratamientos térmicos como se sugiere en el trabajo de tesis “tratamientos térmicos de anillos de acero AISI 4140”, éstos son, templado y revenido.
4. El prototipo que se obtuvo después del rediseño de las geometrías aún le falta someterlo a unas series de pruebas de campo en diferentes vehiculos para evaluar su desempeño. Hasta el momento se ha probado en manguetas y horquillas de Chevy, Atos y corsa, y se ha desempeñado de manera aceptable.
5. En el prototipo generado presenta ventajas importantes a la herramienta casera que se tenía en un principio, debido a que, si permite el uso de dados, las dimensiones de los elementos de empuje y apoyo son ajustables, ocupándose hasta ahora en 3 vehículos, además cumple con 2 tareas, el remplazo de bujes y rodamientos.

ANEXOS

Tabla A. Diámetros preferidos para rosca Acme.

Diámetro mayor nominal, D(pulg)	Roscas por pulg. n	Paso, P=1/n (pulg)	Diámetro menor mínimo D _r (pulg)	Diámetro mínimo de paso, D _p (pulg)	Área al esfuerzo de tensión. A _t (pulg)	Área al esfuerzo cortante A _s (pulg ²)
1/4	16	0.0625	0.1618	0.2043	0.02632	0.3355
5/16	14	0.0714	0.2140	0.2614	0.04438	0.4344
3/8	12	0.0833	0.2632	0.3161	0.06589	0.5276
7/16	12	0.0833	0.3253	0.3783	0.09720	0.6396
1/2	10	0.1000	0.3594	0.4306	0.1225	0.7278
5/8	8	0.1250	0.4570	0.5408	0.1955	0.9180
3/4	6	0.1667	0.5371	0.6424	0.2732	1.084
7/8	6	0.1667	0.6615	0.7663	0.4003	1.313
1	5	0.2000	0.7509	0.8726	0.5175	1.493
1 $\frac{1}{8}$	5	0.2000	0.8753	0.9967	0.6881	1.722
1 $\frac{1}{4}$	5	0.2000	0.9998	1.1210	0.8831	1.952
1 $\frac{3}{8}$	4	0.2500	1.0719	1.2188	1.030	2.110
1 $\frac{1}{2}$	4	0.2500	1.1965	1.3429	1.266	2.341
1 $\frac{3}{4}$	4	0.2500	1.4456	1.5916	1.811	2.803
2	4	0.2500	1.6948	1.8402	2.454	3.262
2 $\frac{1}{4}$	3	0.3333	1.8572	2.0450	2.982	3.610
2 $\frac{1}{2}$	3	0.3333	2.1065	2.2939	3.802	4.075
2 $\frac{3}{4}$	3	0.333	2.3558	2.5427	4.711	4.538
3	2	0.5000	2.4326	2.7044	5.181	4.757

$3\frac{1}{2}$	2	0.5000	2.9314	3.2026	7.388	5.700
4	2	0.5000	3.4302	3.7008	9.985	6.640
$4\frac{1}{2}$	2	0.5000	3.9291	4.1991	12.972	7.577
5	2	0.5000	4.4281	4.6973	16.351	8.511

Tabla "A" Diámetros preferidos para rosca acme (Mott, 2006 ,P.699).

Tabla B: Dimensiones de rosca métricas.

Diámetro mayor básico (mm)	Roscas gruesas		Roscas finas	
	Paso (mm)	Área de esfuerzo de tensión (mm ²)	Paso (mm)	Área de esfuerzo de tensión (mm ²)
1	0.25	0.460		
1.6	0.35	1.27	0.20	1.57
2	0.4	2.07	0.25	2.45
2.5	0.45	3.39	0.35	3.70
3	0.5	5.03	0.35	5.61
4	0.7	8.78	0.5	9.79
5	0.8	14.2	0.5	16.1
6	1	20.1	0.75	22.0
8	1.25	36.6	1	39.2
10	1.5	58.0	1.25	61.2
12	1.75	84.3	1.25	92.1
16	2	157	1.5	167
20	2.5	245	1.5	272
24	3	353	2	384
30	3.5	561	2	621

36	4	817	3	865
42	4.5	1121		
48	5	1473		

Tabla "B". Dimensiones de roscas métricas (Mott, 2006, P.718).

Tabla C. Coeficientes de fricción para pares roscados.

Material del tornillo	Material de la tuerca			
	Acero	Bronce	Latón	Hierro fundido
Acero,seco	0.15-0.25	0.15-0.23	0.15-0.19	0.15-0.25
Acero, aceite para máquina	0.11-0.17	0.10-0.16	0.10-0.15	0.11-0.17
Bronce	0.08-0.12	0.04-0.06	-	0-06-0.09

Tabla "C". Coeficientes de fricción para pares roscados. (Rothbart, 2012, citado en Budynas y Nisbett, 2008, p 408)

Tabla D. Factores de área para áreas de cortante de barrido en las cuerdas.

Tipo de cuerda	W _i (menor)	W _o (mayor)
UNS/ISO	0.80	0.88
CUADRADA	0.50	0.50
ACME	0.77	0.63
REFORZADA	0.90	0.83

Tabla "D". Factores de área para áreas de cortante de barrido en las cuerdas (Norton, 2011, P 737).

Tabla E. Grupos de aleaciones en el sistema de numeración AISI

Código	Descripción
10XX	Acero puro al carbón: sin elementos importantes de aleación, excepto de carbono y manganeso; menos de 1.0% de manganeso.
11XX	Acero de corte libre : Resulfurado. Su contenido de azufre (por lo regular 0.10%) mejora la maquinabilidad.
12XX	Acero de corte libre: Resulfatado y refosforizado. La presencia de mayor cantidad de azufre y fósforo mejora la maquinabilidad y el acabado superficial
13xx	Acero con manganeso: No resulfurado, presencia de aproximadamente 1.75% de manganeso aumenta la templabilidad.
15XX	Acero con carbono: No resulfurado con más de 1.0% de manganeso
23XX	Acero con níquel: Nominalmente 3.5% de níquel.
25XX	Acero con níquel: Nominalmente 5 % de níquel.
31XX	Acero con níquel- cromo . Nominalmente 1.25% de Ni, 0.65% Cr.
33xx	Acero con níquel- cromo . Nominalmente 3.5% de Ni, 1.5% Cr.
40XX	Acero con molibdeno: 0.25% de Mo
41xx	Acero con cromo –Molibdeno:0.95 %Cr, 0.2 Mo
43XX	ACERO CON NIQUEL-CROMO-MOLIBDENO:1.8% NI, 0.5% O 0.8% Cr, 0.25% Mo
44XX	Acero con molibdeno: 0.5% Mo
46xx	Acero con níquel-molibdeno: 1.8%Ni, 0.25% Mo
48xx	Acero con níquel-molibdeno: 3.5% Ni, 0.25% Mo
5xxx	Acero con cromo: 0.4% Cr
51XX	Acero con cromo: Nominalmente 0.8% de Cr
51100	Acero con cromo: Nominalmente 1.0% de Cr, acero para rodamientos 1.0% C.
52100	Acero con cromo: Nominalmente 1.45% de Cr, acero para rodamientos 1.0% C.
61XX	Acero con cromo- vanadio: 0.50%- 1.10% Cr, 0.15 %V
86XX	Acero con níquel-cromo-molibdeno: 0.55%Ni, 0.5% Cr, 0.20 % Mo
87xx	Acero con níquel-cromo-molibdeno: 0.55%Ni, 0.5% Cr, 0.20 % Mo
92XX	Acero con silicio : 2.0% de silicio
93XX	Acero con níquel cromo molibdeno: 3.25%Ni,1.2% Cr, 0.12% Mo

Tabla "E" grupos de aleaciones en el sistema de numeración AISI (Mott, 206, p 48)

Tabla F. Propiedades mecánicas del 4140 templado y revenido.

AISI No.	Temperatura de revenido C	Punto de cedencia Mpa	Esfuerzo Último Mpa	Elongación %	Reducción de Área %	Dureza HB
4140	200	1647	1771	8	38	510
	310	1434	1551	9	43	445
	420	1137	1247	13	49	370
	530	839	951	18	58	285
	650	655	758	22	63	230

Tabla F Propiedades mecánicas del 4140 templado y revenido (Marquez, 1991,p 16).

Tabla G. Vehículos donde el prototipo puede ser utilizado.

MARCA	MODELO
Audi	Serie a3. TT
Chevrolet	Cavalier Optra Malibú Sparck Aveo Chevy Corsa Meriva Tornado
Dodge	Neon
Ford	Focus Windstar

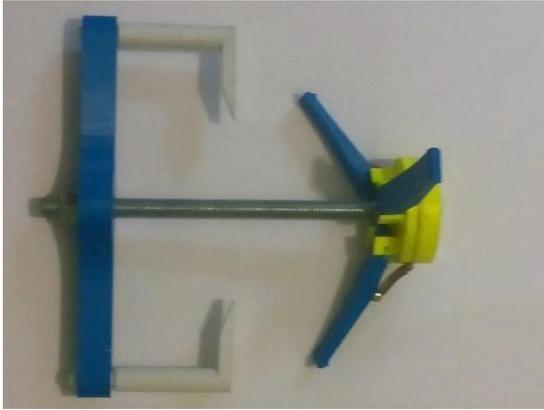
	Ikon Matiz Ranger Mustang
Honda	Civic Cr-V
Isuzu	Isuzu
Mazda	B-2300
Nissan	Platina March Versa Tsuru Sentra Tida
Renault	Renault R-12
Seat	Córdoba Ibiza Toledo Leon
Volkswagen	Beetle Golf Jetta Pointer Polo Cross-fox Bora

Tabla G: Modelos de automóviles donde la herramienta puede utilizarse.

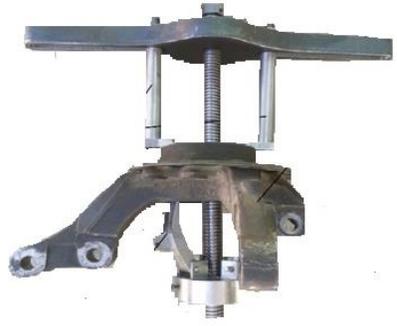
PROTOTIPOS GENERADOS.

La fotografía 1 muestra el primer prototipo generado en impresión 3D, la fotografía 2 muestra el prototipo generado en acero al cual se le hicieron las modificaciones necesarias para un mejor desempeño y se obtiene el prototipo que ilustra las fotografías 3 y 4.

1



2



3



4



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

¹ Alonso, 2010

² Calvo, 1997.

³ Calvo ,1997.

⁴ Calvo ,1997

⁵ Calvo,1997.

⁶ mecánica de autos, bujes. disponible en:

<http://mecanicaautomotores.blogspot.com/2013/03/bujes-de-automoviles.html>

[consultado 10-01-2019]

⁷Ancona autopartes (2019) ¿qué son las horquillas de suspensión del coche?

disponible en: <https://anconaautopartes.com/horquillas-de-suspension-del-coche/>

[consultado 15-01-201]

⁸ Stevenson (2017) “Cómo diagnosticar un mal buje de suspensión”. puro

motores.Disponible en: [https://www.puromotores.com/13102974/como-](https://www.puromotores.com/13102974/como-diagnosticar-un-mal-buje-de-suspension)

[diagnosticar-un-mal-buje-de-suspension](https://www.puromotores.com/13102974/como-diagnosticar-un-mal-buje-de-suspension). [consultado 10-01-2019]

⁹ Loltitle tero son, el blog de los profesionales del taller. Disponible en:

<https://blog.reparacion-vehiculos.es/11-cosas-interesantes-sobre-los-cojinetes>

[consultado 10-01-2019]

¹⁰ Auto 10 , mangueta. Disponible en:

<https://www.auto10.com/wikicoches/mangueta> [consultado 20-01-2019]

¹¹ Rodriguez (2017) ¿qué sucede cuando el rodamiento de una rueda se

descompone? Disponible en: [https://www.puromotores.com/13172017/que-](https://www.puromotores.com/13172017/que-sucede-cuando-el-rodamiento-de-una-rueda-se-descompone)

[sucede-cuando-el-rodamiento-de-una-rueda-se-descompone](https://www.puromotores.com/13172017/que-sucede-cuando-el-rodamiento-de-una-rueda-se-descompone) [consultado 15-01-

2019]

¹² Ulrich y Eppinger, 2012.

[13] Ullman (2017) Proceso de diseño mecánico Disponible en: [https://www.academia.edu/15204238/Resumen The Mechanical Design Process](https://www.academia.edu/15204238/Resumen_The_Mechanical_Design_Process) [consultado 24-09-2019]

¹⁴Mott, 2006.

¹⁵ Mott, 2006.

¹⁶ Mott, 2006.

¹⁷ Mott, 2006

¹⁸ Budynas y Nisbett, 2008

¹⁹ Mott, 2006

²⁰ Norton, 2011

²¹ Mott, 2006

²² Mott, 2006

²³Callister y Rethwisch, 2016

²⁴ Callister y Rethwisch, 2016

²⁵ Avner, 1998

FUENTES:

Marquez C., (1991). "TRATAMIENTO TÉRMICO DE ANILLOS DE ACERO AISI 4140" en *UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN* [En Línea] septiembre 2012, disponible en: <http://eprints.uanl.mx/3101/1/1080256470.pdf> [Accesado el 20 de febrero de 2019]

AVNER H., (1988) INTRODUCCIÓN A LA METALURGIA FÍSICA. MÉXICO, McGraw-Hill.

MOTT L., (2006) DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS. MÉXICO, PEARSON EDUCACIÓN.

BUDYNAS G. NISBETT K. (2008) DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY. MÉXICO, McGraw-Hill

ULRICH T. EPPINGER D. (2012) DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS. MÉXICO, McGraw-Hill.

CALLISTER D. RETHWISCH G. (2016) CIENCIA E INGENIERÍA DE MATERIALES. ESPAÑA, EDITORIAL REVERTÉ.

ALONSO M. (2010) TÉCNICAS DEL AUTOMÓVIL CHASIS. ESPAÑA, PARANINFO.

CALVO J. (1997) MECÁNICA DEL AUTOMÓVIL ACTUALIZADA. ESPAÑA, EDITORIAL REVERTÉ.

NORTON L., (2011) DISEÑO DE MÁQUINAS. MÉXICO, PEARSON