

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA  
INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:  
DISEÑO CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA PERFORAR  
TUBERÍAS DE PETRÓLEO**

**AUTOR  
CHRISTIAN SANTIAGO JARAMILLO CORREA**

**TUTOR:  
ENRIQUE FERNANDO LARCO CALVACHE**

**Quito, Junio de 2016**

## **Cesión de derechos de autor**

Yo, Christian Santiago Jaramillo Correa con documento de identificación N° 1719985192, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado “Diseño construcción de una máquina para perforar tuberías de petróleo”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad politécnica Salesiana.

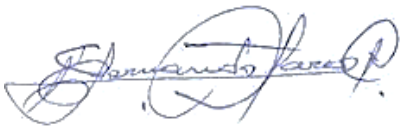


.....  
Christian Santiago Jaramillo Correa  
C.I: 171998519-2  
Quito, junio de 2016

## **Declaratoria de coautoría del docente tutor**

Yo declaro bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación Diseño Construcción de una máquina para perforar tuberías de petróleo, realizado por Christian Santiago Jaramillo Correa, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, junio de 2016



---

Enrique Fernando Larco Calvache  
1704133550

## **Dedicatoria**

A Dios, que siempre me dió la sabiduría para realizar este proyecto de tesis y por ser mi guía a todo momento. A mis padres que fueron mi apoyo en todo momento y mi motivación para culminar con éxito esta etapa en mi carrera profesional.

A mis hermanas, familiares y amigos, que en algún momento me brindaron su ayuda para lograr terminar la carrera.

## **Agradecimiento**

En la elaboración del presente proyecto de tesis e iniciar una nueva etapa en mi vida como profesional, hago extensivo mi agradecimiento:

A la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana, ya que dentro de ella aprendí todos los conocimientos necesarios para ser un excelente profesional.

A los docentes de la Universidad, que durante horas de enseñanza dentro de clases y fuera de ellas, me dieron toda su entrega y conocimiento para formarme como estudiante.

Agradezco sinceramente al Ing. Fernando Larco, director de tesis, por haber dirigido y colaborado con sus conocimientos técnicos a este proyecto y estar presente en todo momento.

## Índice

Introducción .....	1
Objetivos .....	2
Capítulo 1.....	3
Fundamentos Teóricos .....	3
1.1 Hot tapping (Corte en caliente).....	3
1.1.1 Observaciones antes de realizar un hot tap. ....	5
1.1.2 Características .....	5
1.1.3 Operación Hot Tap.....	6
1.1.4 Cupón.....	7
1.2 Válvulas para conexión.....	8
1.2.1 Válvula de bola .....	9
1.2.2 Ventajas y desventajas .....	9
1.3 Proceso de soldadura.....	10
1.4 Aplicaciones del hot tap en petroleras .....	13
Capítulo 2.....	14
Estudio De Alternativas .....	14
2.1 Máquinas para taladrar hot tap.....	14
2.2 Alternativa 1: Máquina hot tap alimentado por un circuito hidráulico .....	14
2.3 Alternativa 2: Máquina hot tap alimentado por medio de energía eléctrica. ....	17
2.4 Análisis de alternativas .....	18
2.5 Resultados de selección .....	18
Capítulo 3.....	19
Cálculos Y Diseño .....	19
3.1 Generalidades.....	19
3.2 Descripción general del diseño de la máquina hot tapping.....	19
3.3 Análisis de deformación para el acero inoxidable AISI 304.....	20
3.4 Cálculo del diámetro para el eje porta sierra.....	22
3.5 Análisis de deformación.....	35
3.6 Cálculo del tornillo de potencia. ....	37
3.6.1 Cálculo del diámetro del tornillo de potencia .....	38
3.7 Simulación de Máquina Hot Tap en SolidWorks 2015 .....	43

3.7.1	Cargas y sujeciones.....	44
3.7.2	Tubo para eje guía.....	46
3.7.3	Eje guía .....	47
3.7.4	Soporte inferior .....	48
3.7.5	Soporte superior .....	48
3.7.6	Soporte para taladro .....	48
3.7.7	Placa de taladro .....	48
Capítulo 4.....		50
Análisis De Costos.....		50
4.2	Costos directos .....	50
4.3	Costos indirectos .....	53
4.4	Depreciación .....	53
4.5	Evaluación Económica.....	55
4.6	Valor actual neto (VAN).....	57
4.7	Tasa interna de retorno (TIR).....	57
4.8	Resultados del análisis .....	59
Conclusiones .....		60
Recomendaciones .....		61
Referencias.....		62

## Índice de figuras

Figura 1. Típica conexión en la tubería.....	4
Figura 2. Elementos usados para nuevas conexiones en tuberías .....	6
Figura 3. Conexión lista para realizar el trabajo. ....	7
Figura 4. Parte que sale de la tubería. ....	8
Figura 5 Elementos de soldadura. ....	11
Figura 6 Máquina Hidraulica .....	15
Figura 7. Máquina eléctrica.....	17
Figura 8. Partes principales .....	21
Figura 9. Dimensiones del eje.....	22
Figura 10. Esquema básico para el diagrama de carga. ....	23
Figura 11. Distribución de carga.....	24
Figura 12. Momento flector y fuerza cortante. ....	25
Figura 13. Formulas según el diámetro.....	29
Figura 14. Factores según la carga.....	29
Figura 15. Radio para aliviar tensiones.....	31
Figura 16. Valores obtenidos mediante ensayos. ....	32
Figura 17. Diámetros del eje porta broca. ....	33
Figura 18. Valor Kt del eje porta brocas. ....	34
Figura 19. Tornillo de potencia.....	37
Figura 20. Parámetros de un tornillo de potencia. ....	40
Figura 21. Máquina Hot Tap.....	43
Figura 22. Tensión y desplazamiento del eje .....	46
Figura 23. Desplazamiento del eje guía. ....	47
Figura 24. Análisis de tenciones. ....	49



## Índice de tablas

Tabla 1. Designaciones de electrodos de acero suave recubiertos.....	12
Tabla 2. Revestimiento del electrodo según la norma AWS .....	13
Tabla 3. Selección de alternativas.....	18
Tabla 4. Análisis de resultados.....	18
Tabla 5. Característica de los aceros .....	26
Tabla 6. Parámetros en el factor de la condición superficial .....	28
Tabla 7. Efecto de la temperatura .....	30
Tabla 8. Características del acero inoxidable.....	36
Tabla 9. Valor de la fuerza de aplastamiento.....	38
Tabla 10. Tipos de tuercas .....	38
Tabla 11. Diámetros preferidos para roscas ACME .....	39
Tabla 12. Elementos de sujeción.....	44
Tabla 13. Insumos .....	50
Tabla 14. Materia Prima.....	51
Tabla 15. Costos de mano de obra .....	52
Tabla 16. Costos ingenieriles .....	53
Tabla 17. Depreciación a 5 años .....	54
Tabla 18. Ingresos anuales .....	55
Tabla 19. Inflación anual de los últimos 5 años.....	56
Tabla 20. Cálculo del VAN, TIR .....	58

## Resumen

En la actualidad el proceso Hot Tap es un trabajo fundamental que se realiza en la industria petrolera, ayuda a prevenir inconvenientes que se puedan presentar en las líneas de flujo.

Se realiza el estudio, selección, dimensionamiento, diseño y construcción de una máquina Hot Tap (corte en caliente), utilizada para la perforación de tuberías cuando se requiere realizar un cambio de tramo o instalación de una nueva línea de flujo.

La máquina Hot Tap se desarrolla por medio de la proyección de planos, utilizando procesos tecnológicos actuales como software de diseño, entre otros, se realiza además la selección de materiales y diseño de cada elemento.

Se obtiene un orificio de 44 mm de diámetro, la dimensión del orificio está definido por la broca piloto, la broca sierra, el diseño de cada elemento que conforma la maquina Hot tap, se lo realiza tomando en cuenta las condiciones de operación y funcionamiento.

Esta máquina es diseñada para el uso exclusivo en perforación de tuberías de petróleo, sin embargo en el campo petrolero se puede extender su uso, como realizar perforaciones en tanques de depósito de petróleo.

**Palabras claves:** Petróleo, tuberías, corte en caliente, perforación, broca piloto.

## **Abstract**

Currently the Hot Tap process is a fundamental work done in the oil industry, it helps to prevent problems that may arise in the flow lines.

The study, selection, sizing, design and construction of a Hot Tap (hot cutting) machine used for drilling pipes when required a change of length or installation of a new line of flow is performed.

The Hot Tap machine is developed through the projection planes, using current technological processes such as software design, among others, also it performs the selection of materials and design of each item.

A hole of 44 mm in diameter is obtained, the size of the hole is defined by the pilot drill, the saw drill. The design of each element that makes up the Hot Tap machine, is made taking into account the operating conditions and performance. This machine is designed for exclusive use in oil drilling pipe, however in the oil field can extend its use as drilling in oil storage tanks.

**Keywords:** Oil, Pipes, hot cutting, pilot drill, drilling.

## Glosario

### A

#### Acero 705

Es un acero al molibdeno . El molibdeno tiene una solubilidad limitada y es un buen formador de carburos.Ejerce un fuerte efecto sobre la templabilidad y de manera semejante al cromo, aumenta la dureza y resistencia a alta temperatura de los aceros. Menos susceptibles al fragilizado debido al revenido que los demás aceros alea-dos para maquinaria. Al combinarse con níquel y cromo soporta altas exigencias de resistencia y tenacidad en secciones grandes 45

#### AISI

(American National Standards Institute) es una organización que desarrolla y aprueba normas de los Estados Unidos. Participó en la creación de gran parte de las normas en uso actualmente en Internet. 24

#### ASTM

International (American Society for Testing and Materials) es una de las organizaciones internacionales de desarrollo de normas más grandes del mundo.

En ASTM se reúnen productores, usuarios y consumidores, entre otros, de todo el mundo, para crear normas de consenso voluntarias. 24

## AWS

La sociedad americana de soldadura (American Welding Society - AWS) es una organización sin fines de lucro que se esfuerza por avanzar en la tecnología y el uso de sistemas y operaciones de soldadura. 28

## B

### Brida

Reborde circular en el extremo de los tubos de metal que sirve para ajustarlos unos con otros. 24

### Broca piloto

Su función es formar un orificio o cavidad cilíndrica. Para elegir la broca adecuada al trabajo se debe considerar la velocidad a la que se debe extraer el material y la dureza del mismo. 20

## H

### Hot taps

Corte en caliente que sirve para añadir conexiones a la tubería si la interrupción de las operaciones. 16

## **P**

### **PTFE**

El PTFE (politetrafluoretileno) es un material plástico de alta resistencia química, auto lubricante y resistente a altas temperaturas. Es de gran aplicación en la industria alimenticia por su estabilidad sanitaria. 25

## **S**

### **Socket welding**

La soldadura tipo socket weld se prepara rebajando con un agujero interior los extremos de la válvula, de diámetro ligeramente mayor que la tubería. La tubería entra en el rebaje y una vez posicionada se suelda. 24

## **T**

### **Termopozos**

Los termopozos están diseñados para soportar temperaturas / presiones elevadas. 32

### **TIR**

Es la tasa efectiva anual compuesto de retorno o tasa de descuento que hace que el valor actual neto de todos los flujos de efectivo (tanto positivos como negativos) de una determinada inversión igual a cero. 71

## TMAR

Es la mínima cantidad de rendimiento que el inversionista estaría dispuesto a recibir por arriesgarse a colaborar en un proyecto dado su dinero. Esta tasa debe ser calculada considerando la tasa de inflación existente en el país, ya que al tomarla como parámetro se asegura que el capital invertido no perderá su valor adquisitivo. 69

## V

### VAN

Es una forma de estimación que le permite a las organizaciones determinar los beneficios financieros de proyectos a largo plazo. 70

## VR

El valor residual de un activo fijo consiste en un cálculo de estimación de cuál será su valor en el momento en que ya no se utilice. 67

## W

### Weldolet

El Weldolet provee una transición suave desde la tubería principal hacia la derivación. 18

## **Introducción**

Las empresas petroleras, van creciendo rápidamente, con la necesidad de tener nuevas conexiones de líneas de flujo.

La función primordial de las líneas de flujo es la de transportar petróleo desde el pozo hasta la estación de bombeo, por lo que se tiene que verificar constantemente que las tuberías se encuentren en buen estado, realizando inspecciones visuales en toda la línea.

La necesidad de realizar conexiones nuevas como líneas de purga, cambios de línea de flujo o cambios de tramo de tubería en campo abierto, para mejorar el transporte del crudo hasta la estación, incita a la innovación de herramientas de corte, con la finalidad de reducir los costos de producción

La actividad petrolera en el Ecuador, es importante pues requiere de herramientas de acero, usadas por varias horas de trabajo, donde su manipulación demanda comodidad para el operario y una buena sujeción a la tubería que va a ser perforada, entonces, se diseña una máquina para perforar tuberías de petróleo, que funciona por medio del arranque de viruta, la tubería cédula 40, por medio de una broca sierra.

La máquina-herramienta, preserva la inversión realizada, no sólo orientada a la ejecución a cabalidad de su trabajo, sino además, con sus características principales que son: su diseño de manejo sencillo, versátil y cómodo para el operador, además de, su fácil instalación, mantenimiento y automatización de velocidad, que atribuye seguridad y mejora de calidad en el proceso.



## **Objetivos**

### **General**

- ❖ Diseñar y construir una máquina para perforar tuberías de petróleo.

### **Específicos**

- ❖ Identificar los componentes que requieren de cálculos para su óptima aplicación en el sistema.
- ❖ Aumentar los períodos de mantenimiento en la máquina realizando un diseño compacto y versátil.
- ❖ Implementar las herramientas más idóneas para obtener una vida útil prolongada del equipo.
- ❖ Elaborar planos generales y de despiece
- ❖ Construir la máquina.
- ❖ Realizar pruebas.

# Capítulo 1

## Fundamentos Teóricos

### 1.1 Hot tapping (Corte en caliente)

Es un método utilizado para hacer reparaciones, mantenimiento y servicio a tuberías, recipientes de alta presión, sin interrupción de flujo ni derrames, es decir, que el sistema puede seguir operando.

El objetivo del Hot tapping es el de añadir conexiones a la tubería sin la despresurización o interrupción de las operaciones de proceso normales.

El Hot tapping también es usado para aislar las secciones de tubería, para el mantenimiento o unir un nuevo sistema de tubería a una existente.

Frecuentemente, durante proyectos de extensión, este proceso es necesario para evitar el cierre de las instalaciones en operación (Escoc, pág. 415).

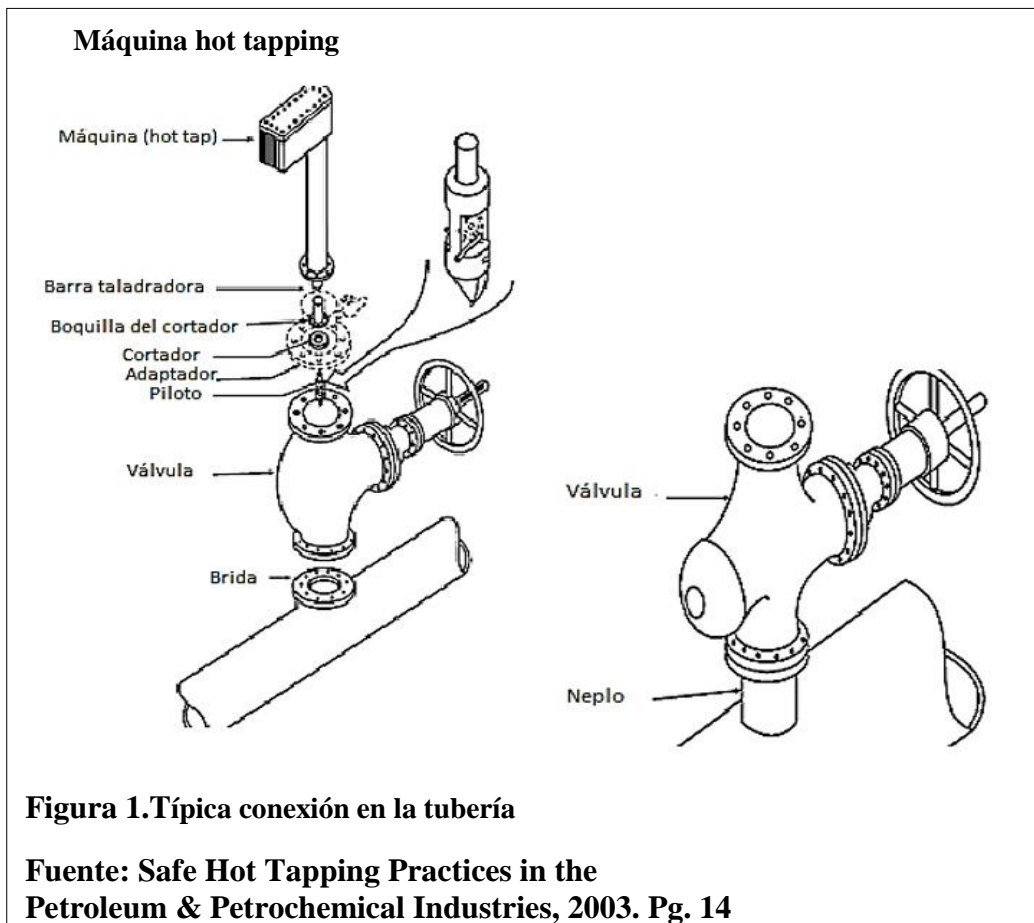
Aunque los hot taps están disponibles comercialmente, algunas empresas prefieren construir su propia máquina. Pueden ser alimentadas con aire, fluido hidráulico, o electricidad. Debe ser capaz de retener y retirar el panel o cupón.

Los sellos y los materiales para construcción de la máquina deben ser compatibles con el contenido en la tubería (petróleo, gas, agua, etc.). El material del taladro o del cortador debe ser adecuado para la penetración efectiva en la tubería metálica que será intervenido. Las máquinas hot taps deben estar diseñadas y construidas para soportar las temperaturas, presiones y estrés mecánico que puede ser impuesta durante su funcionamiento (2201 A. R., 1995, pág. 2).

Antes de empezar a realizar el trabajo en la tubería, la máquina, cortador, y broca piloto deben ser inspeccionados cuidadosamente para asegurarse de que están en estado satisfactorio y capaz de quedarse en el servicio (si es necesario) en el caso de problemas mecánicos o una fuga en la válvula.

Todas las máquinas de tapping tienen máxima y mínima presión de trabajo, altas y bajas temperaturas de trabajo. Durante hot tapping, se debe prestar atención a la posibilidad de trastornos operacionales que pueden alterar el proceso de temperatura o presión. También hay que tener en cuenta que la máquina puede permanecer conectada en su lugar por un período de tiempo prolongado si se llega a tener algún problema al momento de querer retirarla.

En la figura 1 se muestra un tipo de máquina hot tapping y una típica conexión en la tubería (2201 A. R., 2003, pág. 14).



**Figura 1. Típica conexión en la tubería**

**Fuente: Safe Hot Tapping Practices in the Petroleum & Petrochemical Industries, 2003. Pg. 14**

### **1.1.1 Observaciones antes de realizar un hot tap.**

- ✓ Un hot tap no se considerará un procedimiento de rutina, pero debe utilizarse sólo cuando no hay alternativa práctica.
- ✓ Hot tap debe ser instalado por personal calificado.
- ✓ Para cada hottap se garantizará que el tubo que está perforado o aserrado tiene espesor de pared suficiente, que se puede medir con medidores por ultrasonido.
- ✓ La soldadura de tuberías en servicio requiere procesos de soldadura calificados, así como de personal altamente capacitado para garantizar la integridad de las uniones cuando están operando a plena presión y bajo condiciones de caudal total.

### **1.1.2 Características**

Para un hot tap, hay tres componentes clave necesarios para perforar de forma segura en un tubo; la instalación, la válvula y la máquina hot tapping.

El accesorio está conectado a la tubería, principalmente por soldadura.

En muchos casos, el accesorio es un Weldolet donde se suelda una brida, o un tee de división con una brida de salida como se observa en la Figura 2. (Sölken, 2008)

Sobre este accesorio, se adjunta una válvula, y la máquina hot tapping está unido a la válvula.

La conexión de ajuste / válvula, está unido a la tubería y normalmente se hace una prueba de presión, la cual es muy importante, a fin de asegurarse de que no hay problemas estructurales en el accesorio, de modo que no haya fugas en las soldaduras.

El cortador está unido a un soporte de la cuchilla, con la broca piloto y se conecta al extremo de trabajo de la máquina hot tap, de manera que encaja en el interior del adaptador roscado.

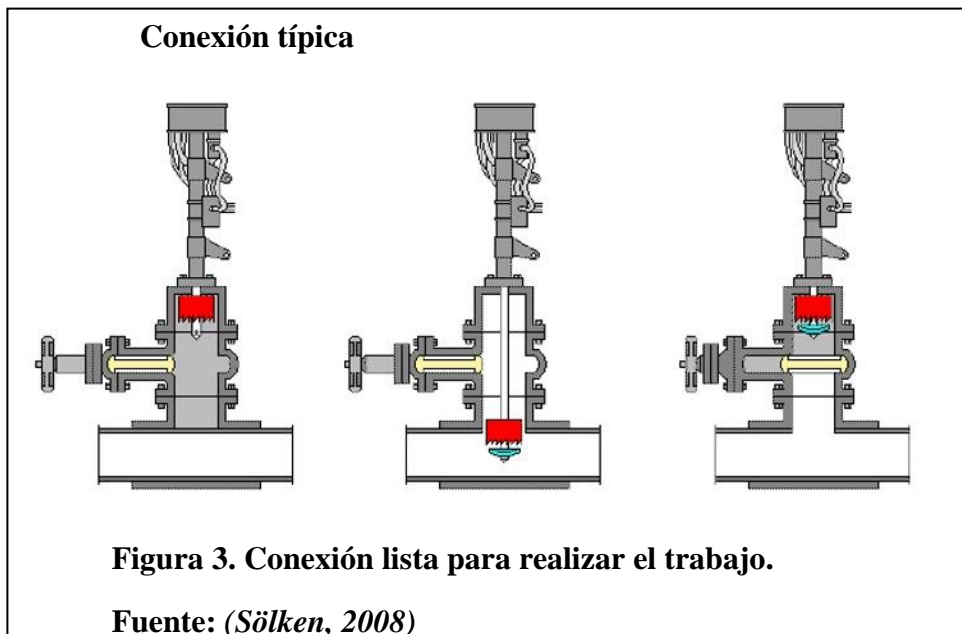


### 1.1.3 Operación Hot Tap

El hot tap se hace en un proceso continuo, se inicia la máquina, el corte continúa hasta que el cortador pasa a través de la pared del tubo, lo que resulta en la eliminación de una sección de tubo, conocido como el "cupón".

El cupón está retenido normalmente en uno o más alambres, que se adjuntan a la broca piloto. Una vez que la tubería ha sido perforada, la máquina hot tap se detiene, el cortador se retrae en el adaptador hot tap y la válvula se cierra como se observa en la figura 3.

La presión es purgada fuera del adaptador del Tapping, de modo que la máquina hot tap pueda ser retirada de la tubería y se establece el nuevo servicio.

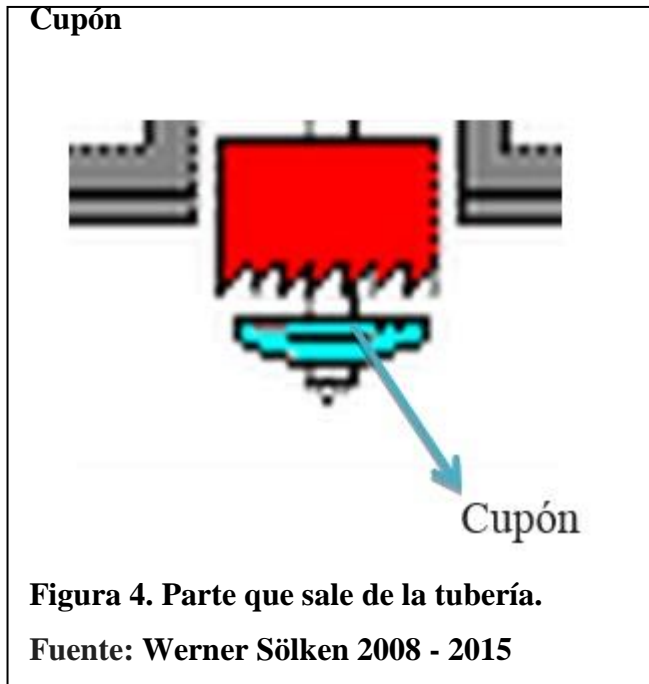


#### 1.1.4 Cupón

El cupón, es la sección de la tubería que se elimina, para establecer el servicio, es muy importante "retener" el cupón que se observa en la figura 4, y sacarlo de la tubería.

La retención del cupón es sobre todo el "trabajo" de los cables. Estos son cables que corren a través de la broca piloto, de modo que puedan plegarse contra la broca, en una zona de alivio en la broca, y luego doblar hacia fuera, cuando la broca piloto ha cortado a través de la tubería Ver anexo 3 (Sölken, 2008).

En casi todos los casos, se utilizan múltiples alambres, para actuar como un seguro contra la pérdida del cupón.



## 1.2 Válvulas para conexión

Son instrumentos que se usan en las empresas. El diseño y material ayudan a que las válvulas puedan abrir y cerrar, regular, evitar el paso de una enorme serie de líquidos y gases, estos pueden ser simples o tóxicos (Rubertis, 2008, pág. 226).

Las válvulas equivalen a un 20 o 30% del costo de la tubería en una planta, según sea su proceso; los costos con respecto a su tipo y tamaño de válvulas pueden variar en 100% según sea su construcción. La selección de las válvulas incluye muchos factores y es preferible tener como referencia un sistema que facilite la selección, ya que es de suma importancia en los aspectos económicos, así como en la operación de plantas de proceso.

### **1.2.1 Válvula de bola**

Estas válvulas son las que se utilizan con más frecuencia para arrancar y parar; solo se requiere de 1/4 de vuelta para que cierre por completo o abra totalmente.

Es común que la bola esférica giratoria tenga un agujero del mismo diámetro que el ducto o tubo al que se conecta, con el fin de que proporcione una pérdida de energía y caída de presión bajas.

Se conectan directamente al ducto o tubo por medio de adhesivos o bridas, uniones o extremos atornillados. Algunas válvulas de bola están diseñadas específicamente para ejercer control proporcional del flujo al adecuar la forma del agujero (Mott R. L., 2006, pág. 312).

El diseño del cuerpo de válvula de bola es convencional y el flujo es controlado por la posición de un agujero a través de la bola, este tipo de válvula se utiliza para el control de flujo, control de la presión en distribución de sistemas y reducción de la presión en relación con el almacenamiento, esta válvula también se utiliza a menudo como válvula de aislamiento donde dan lugar a muy poca caída de presión en la posición totalmente abierta (Nesbitt, 2007, pág. 163).

### **1.2.2 Ventajas y desventajas**

#### **Ventajas**

- ✓ Valor monetario más bajo.
- ✓ Alto rendimiento.
- ✓ Cierre por ambas direcciones.
- ✓ Paso del fluido en línea recta.
- ✓ Menor cantidad de fugas
- ✓ Auto limpieza.



- ✓ No necesita de lubricación.
- ✓ Con poca torsión de obtiene un cierre completo (par).

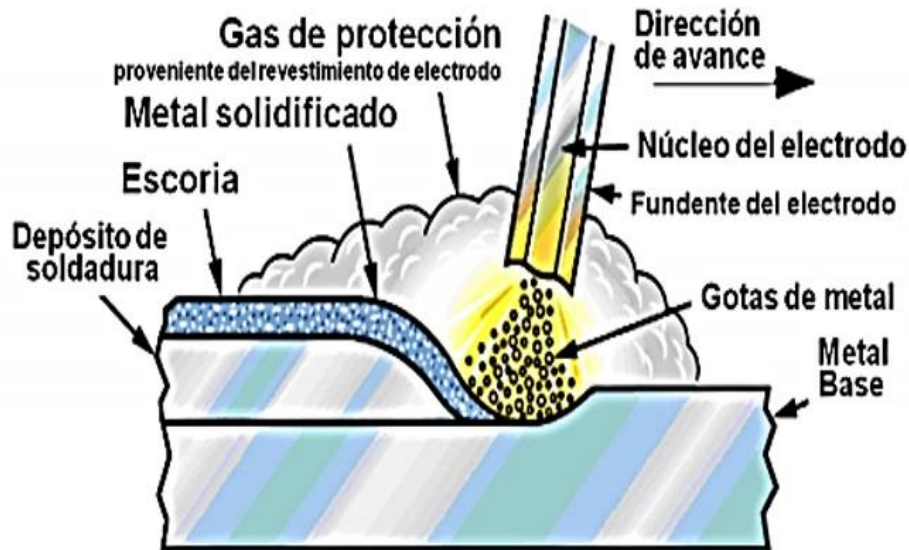
### **Desventajas.**

- ✓ Alta torsión para accionarla.
- ✓ Susceptible al desgaste de sellos o empaquetaduras.
- ✓ Propensa a la cavitación.

### **1.3 Proceso de soldadura**

Este proceso se lo lleva acabo con el uso del arco eléctrico que se lo puede lograr con el electrodo y el metal el cual se va a soldar, cuando el electrodo entra en contacto con el metal base logra alcanzar temperaturas alrededor de 5500°C, con dicha temperatura de generan gotas del metal derretido que se llegan a convertir en un cordón de soldadura; en la figura 5 se puede observar un esquema del proceso de soldadura (Producción, 2008, pág. 12).

### Esquema del proceso de soldadura



**Figura 5 Elementos de soldadura.**

**Fuente:** ( Flores C. , 2002, pág. 2)

En la tabla 1 indica la resistencia a la tensión mínima, en qué posición se tiene que realizar el cordón de soldadura, al conocer estas propiedades se logra realizar un buen manejo del electrodo para diferentes trabajos. (KALPAKJIAN, SEROPE y SCHMID, STEVEN R., 2002)

**Tabla 1.**

**Designaciones de electrodos de acero suave recubiertos**

<p>El prefijo "E" indica electrodo para soldar con arco          Los dos primeros dígitos de número de cuatro dígitos, y los tres primeros dígitos de números con cinco dígitos, indican la resistencia mínima a la tensión:</p>		
<p>E60XX          E70XX          E110XX</p>		<p>60000 psi, resistencia a la tensión mínima          70000 psi, resistencia a la tensión mínima          110000 psi. Resistencia a la tensión mínima</p>
<p>Los dos siguientes dígitos indican la posición:</p>		
<p>EXX1X          EXX2X</p>		<p>Todas las posiciones          Posición plana y biseles horizontales</p>
<p>Los dos últimos dígitos juntos indican el tipo de recubrimiento y la corriente que se usa.          El sufijo (ejemplo: EXXX-A1) indican la aleación aproximada en el cordón depositado</p>		
<p>A1          B1          B2          B3          B4          B5          C1          C2          C3          D1 y D2          G</p>	<p>0,5% Mo          0,5% Cr, 0,5% Mo          1,25% Cr, 0,5% Mo          2,25% Cr, 1% Mo          2% Cr, 0,5% Mo          0,5% Cr, 1% Mo          2,5% Ni          3,25% Ni          1% Ni, 0,35% Mo, 0,15% Cr          0,25-0,45% Mo, 1,75% Mn          0,5% mín. Ni, 0,3% mín Cr, 0,2% mín. Mo, 0,1% mín.          V, 1 % Mn ( sólo se requiere un elemento)</p>	

**Nota: Características de los electrodos.**

**Fuente: (KALPAKJIAN, SEROPE y SCHMID, STEVEN R., 2002, pág. 787)**

En la tabla 2 se indica el tipo de corriente y revestimiento del electrodo según la norma AWS.

**Tabla 2.**

**Revestimiento del electrodo según la norma AWS**

Clasificación AWS	Tipo de Revestimiento	Posición de soldo	Corriente eléctrica
E 6010	Alta celulosa, sodio	F, V, OH, H	CC (+)
E 6011	Alta celulosa, potasio	F, V, OH, H	CA ó CC(+)
E 6012	Alto titanio, sodio	F, V, OH, H	CA, CC (-)
E 6013	Alto titanio, potasio	F, V, OH, H	CA, CC (+) ó CC (-)
E 6020	Alto óxido de hierro	H-Filete	CA, CC (-)
E 6020	Alto óxido de hierro	F	CA, CC (+) ó CC (-)
E 7014	Hierro en polvo, titanio	F, V, OH, H	CA, CC (+) ó CC (-)
E 7015	Bajo hidrógeno, sodio	F, V, OH, H	CC (+)
E 7016	Bajo hidrógeno, potasio	F, V, OH, H	CA ó CC (+)
E 7018	Bajo hidrógeno, potasio, hierro en polvo	F, V, OH, H	CA ó CC (+)
E 7018M	Bajo hidrógeno, hierro en polvo	F, V, OH, H	CC (+)
E 7024	Hierro en polvo, titanio	H-Filete, F	CA, CC (+) ó CC (-)
E 7027	Alto óxido de hierro, hierro en polvo	H-Filete	CA, CC (-)
E 7027	Alto óxido de hierro, hierro en polvo	F	CA, CC (+) ó CC (-)
E 7028	Bajo hidrógeno, potasio	H-Filete, F	CA ó CC (+)
E 7028	Hierro en polvo		
E 7048	Bajo hidrógeno, potasio	F, V, OH, H	CA ó CC (+)
E 7047	Hierro en polvo	F, V, OH, HV-Descendente	

**Nota: Recubrimiento según la clasificación del electrodo.**

**Fuente. (ingemecánica, s.f.)**

#### 1.4 Aplicaciones del hot tap en petroleras

- ✓ Para tener nuevas conexiones en líneas de flujo.
- ✓ Nueva conexión de paso de derivación.
- ✓ Acoplamiento de nuevos manómetros.
- ✓ Implantación de medidores visuales para nivel.
- ✓ Accesos para el control de calidad.
- ✓ Acoplamiento de válvulas

## Capítulo 2

### Estudio De Alternativas

#### 2.1 Máquinas para taladrar hot tap

Se tiene dos alternativas de diseño y se va a seleccionar la que mejor convenga para el trabajo que se va a realizar.

Se analizan varios factores de selección en los que por su característica se toma las siguientes alternativas.

- ✓ Máquina hot tap alimentado por un circuito hidráulico.
- ✓ Máquina hot tap alimentado por medio de energía eléctrica.

#### 2.2 Alternativa 1: Máquina hot tap alimentado por un circuito hidráulico

Para este sistema existe la AH15 como se observa en la figura 6, que es una herramienta diseñada para la rotación en los dos sentidos de las perforadoras de tubería para las operaciones hot tap, normalmente necesarias en el mantenimiento de las redes del gas, del agua, petróleo.

La herramienta cuenta con un "tipo de giro" palanca de control con tres posiciones, sentido horario, neutral y sentido anti horario.

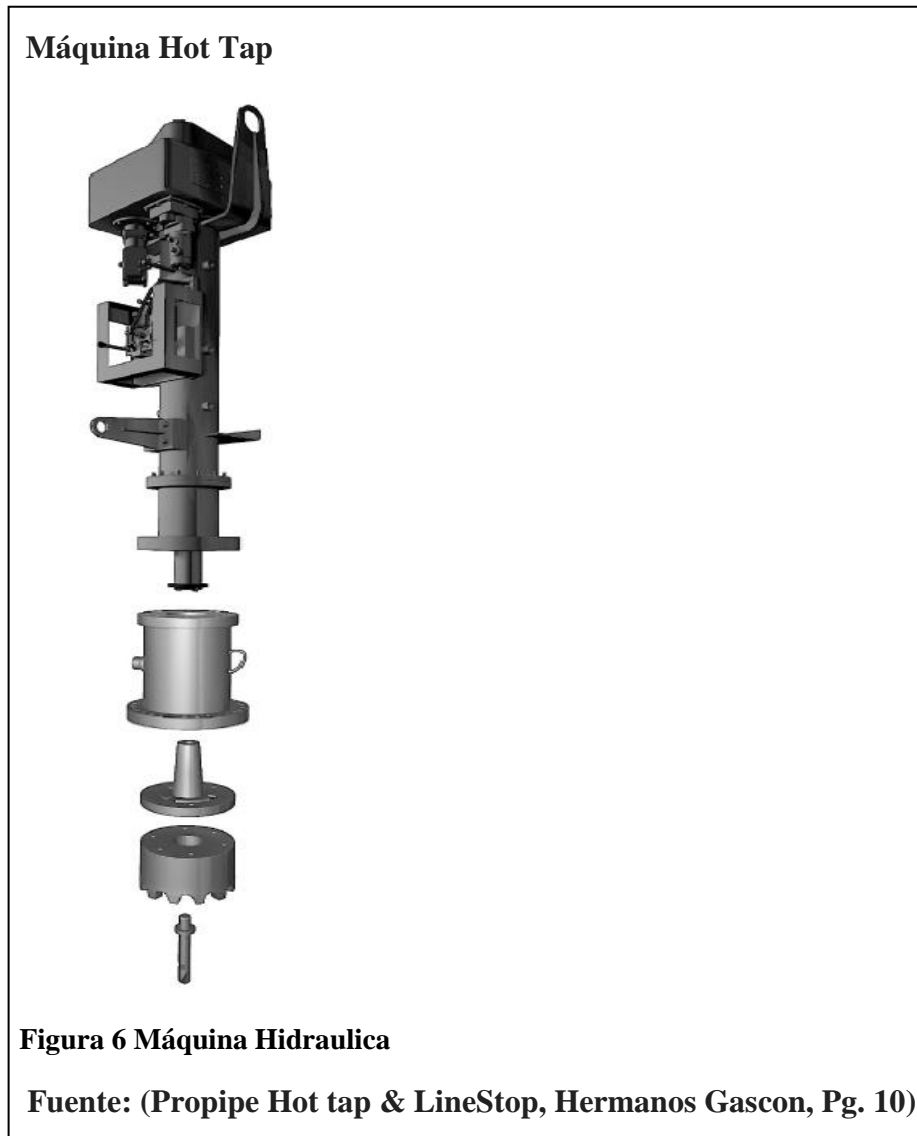
Es proporcional así que puede aumentar o reducir velocidad en ambos modos de las rotaciones, el mango con retorno por resorte garantiza seguridad total cuando la rotación se detiene inmediatamente al momento que el operador suelta el mango.

AH 15 elimina la fatiga y aumenta la productividad, fácil de usar garantizando una larga operatividad con las necesidades de mantenimiento mínimas, su uso es

implícitamente seguro, ya que puede trabajar en ambiente explosivo donde se necesitan operaciones libre de chispa y libre de choque y eléctrico. (DOA. Hidraulic Tools, 2015)

Ventajas

- ✓ Compacto, confiable, tranquilo, sin vibraciones y puede trabajar también a temperaturas bajas o con alta presencia de agua y barro que son situaciones típicas cuando se trabaja dentro de trincheras.
- ✓ La velocidad de rotación puede ser controlada de forma independiente



## Especificaciones

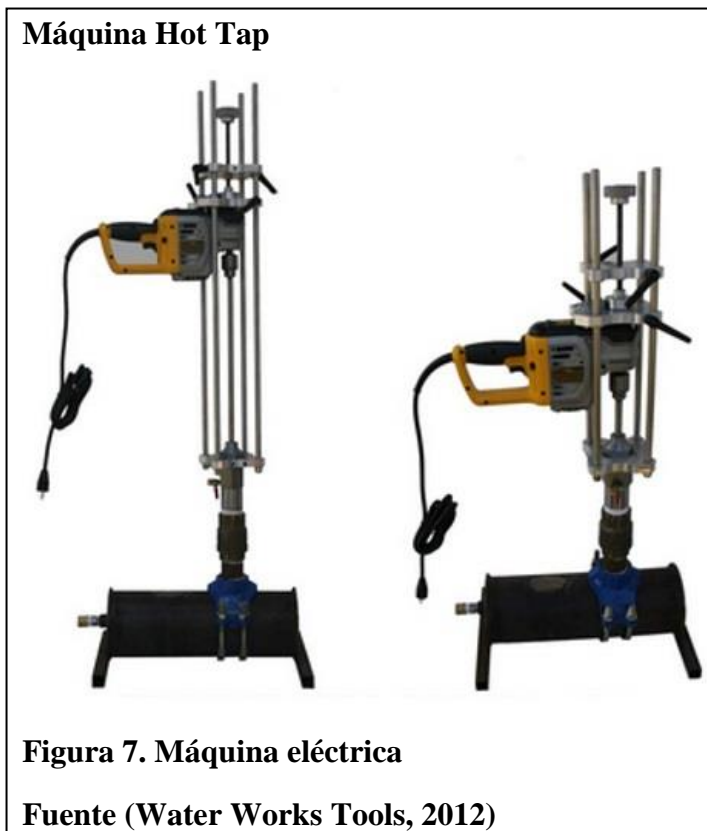
	<b>Capacidad de perforación</b>	<b>Carrera</b>
<b>Modelo 3048</b>	3" - 12"	48"
<b>Modelo 3066</b>	3" - 14"	66"
<b>Modelo 3070</b>	3" - 20"	70"
<b>Dimensiones</b>	Largo	Ancho
	2100 mm	500mm
		Altura
		536mm
<b>Peso</b>	337 kg	
<b>Montaje</b>	4" clase 600 RTJ Tipo brida	
<b>Barra taladradora</b>	Cromado barra de una pieza	
<b>Sellado</b>	Con Chevron Glándula 400 bar en 100 Deg C	
<b>Herramienta de montaje</b>	Industria cónico estándar	
<b>Herramienta retención</b>	Manual barra de tiro	
<b>Max resistencia a la presión</b>	100 bar (1480 psi)	
<b>Velocidad del eje</b>	40 rpm con Propipe - H1515 paquete de velocidad	
<b>Velocidad de alimentación</b>	0,07/ rev	
<b>Medición de profundidad</b>	Mediante la medición de varilla	
<b>Sistema de accionamiento</b>	Motor hidráulico, transmisión por correa libre de lubricación	
<b>Hidráulica presión</b>	1750 psi (118 bar) - 2000 psi (135 bar)	

### 2.3 Alternativa 2: Máquina hot tap alimentado por medio de energía eléctrica.

Para el funcionamiento de esta máquina se requiere de un taladro eléctrico, este taladro se lo conectará en la parte superior del eje, se necesita que sea un taladro de bajas revoluciones para evitar que la broca se llegue a quemar o dañar. Ver Figura 7.

El Taladro es una herramienta giratoria a la que se le acopla un elemento al que hace girar y realiza el trabajo.

También existen diversos tipos de taladros los cuales varían según el uso de energía que se utiliza para su funcionamiento (TECNOLOGIA, 2015).





## 2.4 Análisis de alternativas

Tomando en cuenta toda la información de las dos alternativas, se realiza un cuadro comparativo, poniendo en discusión factores importantes para la selección, como es el caso económico, productivo y diseño, para seleccionar la opción más acertada a la hora de la fabricación. Ver Tabla 3.

**Tabla 3.**

### Selección de alternativas

Criterios	Ponderación	Alternativas	
	%	1	2
Rapidez en el proceso	20	20	15
Sujeción firme	15	15	10
Facilidad de operación	10	8	10
Mantenimiento	15	10	15
Facilidad de construcción	15	10	15
Menor costo	15	8	15
Facilidad de diseño	10	8	10
TOTAL	100%	79	90

**Nota: Criterios de elección de alternativas.**

**Elaborado por: Jaramillo. C**

## 2.5 Resultados de selección

**Tabla 4.**

### Análisis de resultados

ALTERNATIVAS	PORCENTAJES
Alternativa 1	79%
Alternativa 2	90%

**Nota: Valor en porcentaje de la mejor alternativa para el diseño.**

**Elaborado por: Jaramillo. C**

Los resultados finales mostrados en la Tabla 4, demuestran que la opción con más beneficios para el desarrollo de la máquina hot tap es la alternativa 2.

## **Capítulo 3**

### **Cálculos Y Diseño**

#### **3.1 Generalidades**

Este capítulo se enfocará en el diseño de la máquina hot tap, según las características de requerimiento y la selección de materiales para cada parte.

A la vez se respaldará la información del diseño con los diferentes cálculos para justificar el diseño de cada elemento, su factibilidad para el correcto funcionamiento de la máquina y lograr un óptimo desempeño de la misma.

#### **3.2 Descripción general del diseño de la máquina hot tapping**

Se ha dividido en dos partes principales:

- ✓ Análisis de deformación para el acero inoxidable AISI304
- ✓ Diseño de la máquina, que abarca la selección de materiales, herramientas a utilizar, etc.

### 3.3 Análisis de deformación para el acero inoxidable AISI 304

Acero inoxidable AISI 304

Los aceros inoxidables son aleaciones de hierro con un mínimo de un 10,5% de cromo. Sus características se obtienen mediante la formación de una película adherente e invisible de óxido de cromo.

La aleación 304 es un acero inoxidable austenítico de uso general con una estructura cúbica de caras centradas. (Goodfellow, 2008-2016)

Es esencialmente no magnético en estado recocido y sólo puede endurecerse en frío. Su bajo contenido en carbono con respecto a la aleación 302 otorga una mejor resistencia a la corrosión en estructuras soldadas.

- ✓ Normas involucradas

ASTM A 276

- ✓ Propiedades Mecánicas

AISI	Esfuerzo Fluencia	Esfuerzo Tracción	Elongación	Dureza
	(mín.) <u>MPa</u>	(mín.) <u>Mpa</u>	(mín.) %	(Máx.) <u>Brinell (HB)</u>
304	205	515	40	201

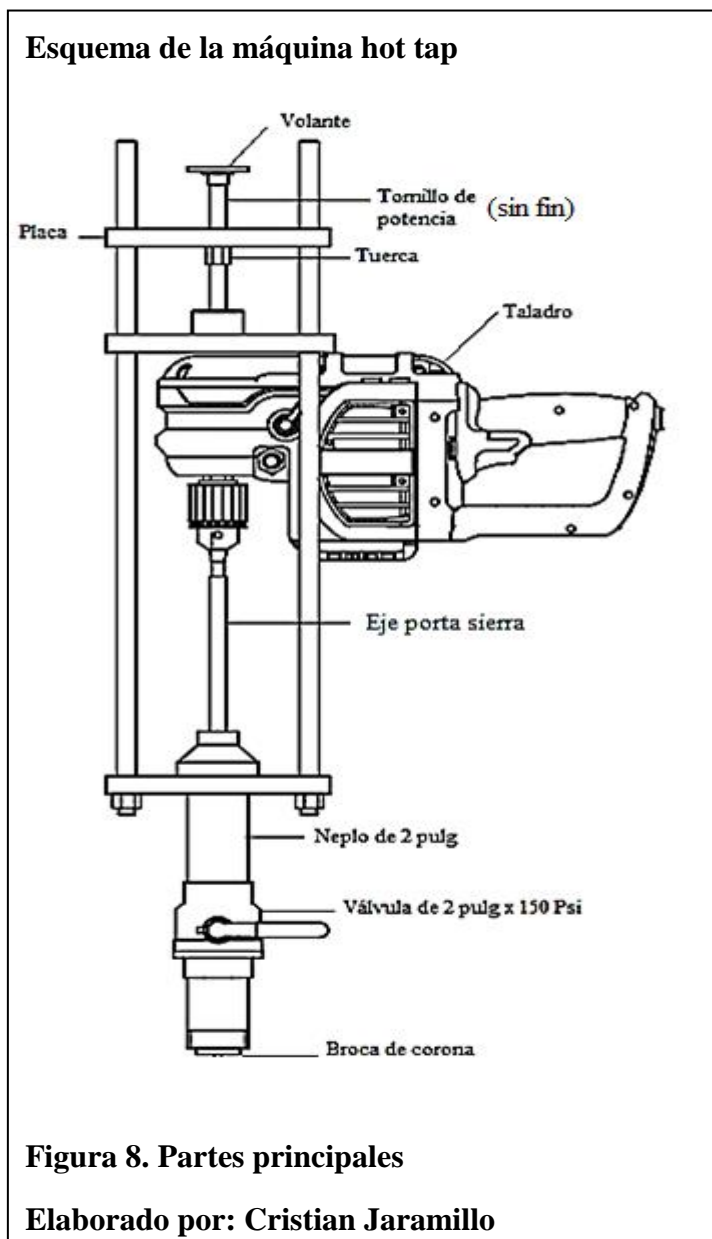
- ✓ Propiedades físicas

Densidad ( $\text{g cm}^{-3}$ )	7,93
Punto de Fusión ( °C )	1400-1455

✓ Propiedades químicas:

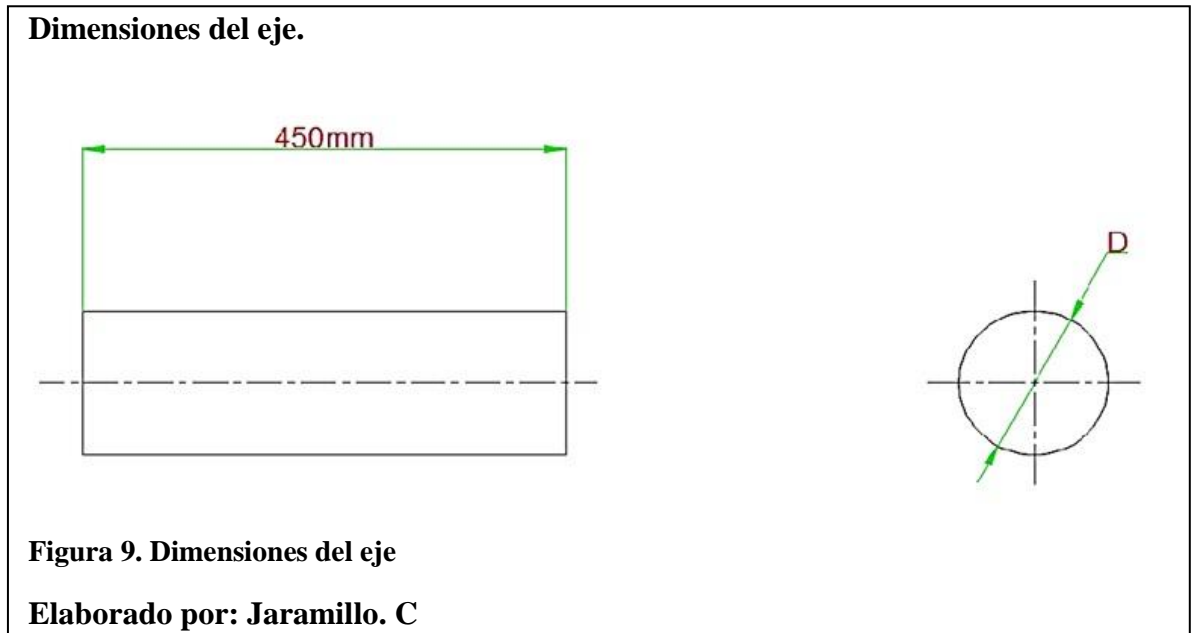
AIS I	%C (máx.)	%Mn (máx.)	%Si (máx.)	%Cr	%Ni	%P (máx.)	%S (máx.)
304	0,08	2,00	0,75	18-20	8,00-10,50	0,045	0,03

En la figura 8 se presenta un esquema de la máquina hot tap con sus partes principales para ayudar a entender cómo va a ser su funcionamiento.



### 3.4 Cálculo del diámetro para el eje porta sierra

Las dimensiones con las que se va a partir los cálculos para determinar el diámetro del eje porta sierra necesario para la máquina hot tap se indican en la figura 9.



Datos:

$L = 450 \text{ mm}$

$Pot = 1188 \text{ w}$

$n = 330 \text{ RPM}$

$Sut = 568 \text{ Mpa}$

$D = ?$

Se calcula el torque.

$$T = \frac{\text{Pot}}{n} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde

T= torque

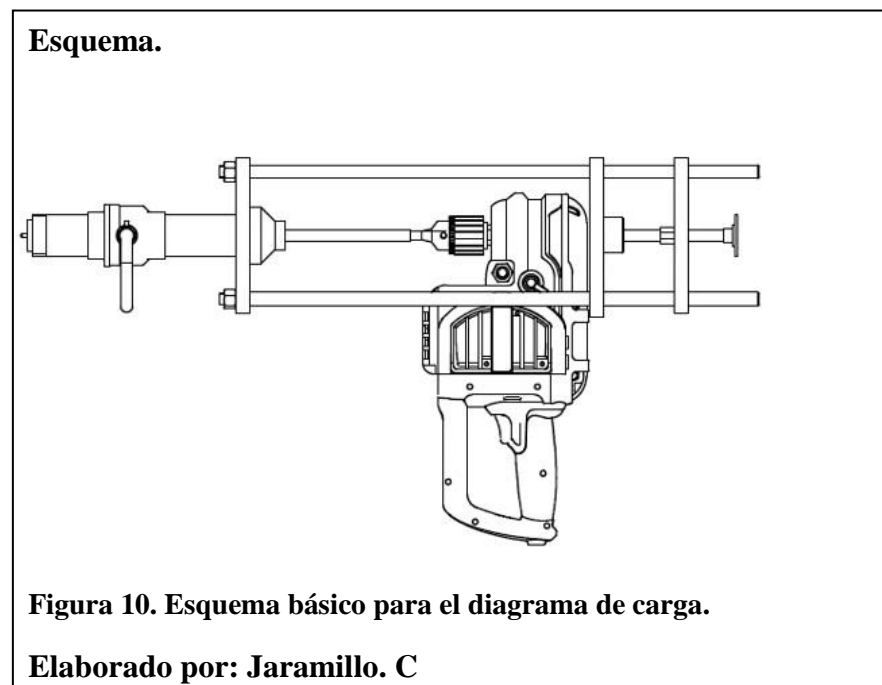
Pot= potencia

n= número de revoluciones

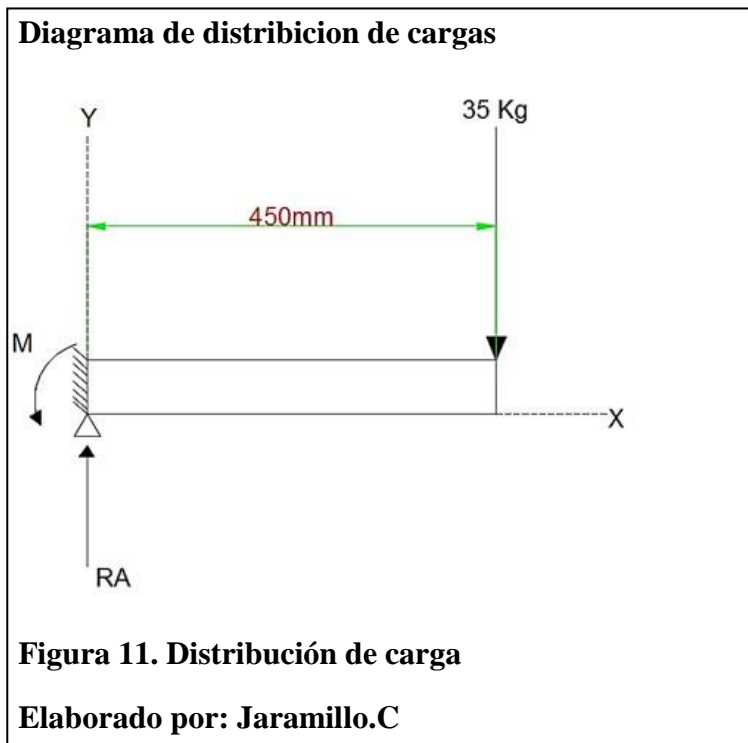
$$T = \frac{1188 \text{ w} * \text{min}}{330 \text{ rev}} * \frac{\text{rev}}{2 * \pi} * \frac{\text{f}}{\text{w} * \text{seg}} * \frac{\text{N} * \text{m}}{\text{f}} * \frac{\text{Kgf}}{9.8\text{N}} * \frac{100\text{cm}}{1\text{m}} * \frac{60 \text{ seg}}{1\text{min}}$$

$$T = 350.79 \text{ Kgf. cm}$$

En la figura 10 se encuentra un esquema de la máquina hot tap con la carga de 35 Kg correspondiente al peso del taladro (5 kg), placas(20 kg), ejes (7 kg) tornillo de potencia (3 kg).



La figura 11 muestra el diagrama de distribución de cargas que actúa con un par de torsión sobre la barra redonda



$$\sum M_A = 0$$

$$-35 \cdot 450 + M = 0$$

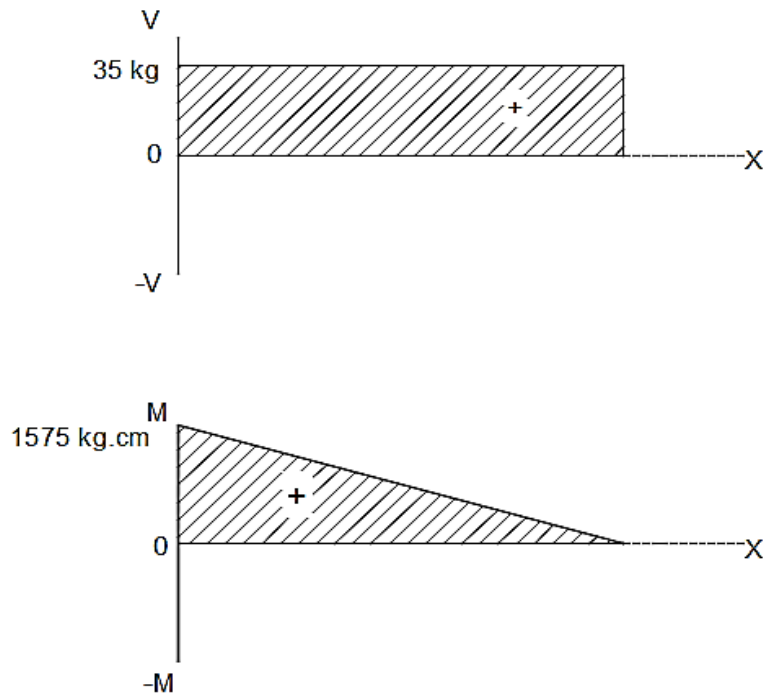
$$M = 15750 \text{ Kg} \cdot \text{mm} = 1575 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

$$\sum F_A = 0$$

$$R_A - 35 \text{ Kg} = 0$$

$$R_A = 35 \text{ Kg}$$

### Diagrama de fuerza cortante y momento flector



**Figura 12. Momento flector y fuerza cortante.**

**Elaborado por. Jaramillo. C**

La fuerza de 35 Kg causa flexión, con un momento flexionante de 1575 Kg.cm en el extremo ver figura 12.

Las reacciones se producen en la soldadura, donde la carga se transmite al soporte. Entonces la barra está sometida a un esfuerzo combinado, debido a la torsión y flexión.

Se puede aplicar un procedimiento llamado método del par torsional equivalente para efectuar el análisis. Primero se definirá el par torsional equivalente  $T_e$ .

$$T_e = \sqrt{M^2 + T^2}$$

Ecuación 2 (Mott R. , 2006, pág. 161)



$$T_e = \sqrt{(1575 \text{ Kg.cm})^2 + (350.79 \text{ Kg.cm})^2}$$

$$T_e = 1631.59 \text{ Kg.cm} //$$

Entonces, el esfuerzo cortante de la barra es:

$$\tau = \frac{T_e}{Z_p} \text{Ecuación 3}$$

$$\text{Para una barra redonda maciza } Z_p = \frac{\pi * D^3}{16}$$

Zp es el módulo de sección polar.

El método será determinar el esfuerzo cortante de diseño y Te par despejar Zp.

El esfuerzo cortante de diseño es:

$$\tau_d = \frac{0.50 * S_y}{N}$$

- ✓ N= factor de seguridad
- ✓ Sy= esfuerzo de fluencia. Ver tabla 5.
- ✓ Td= esfuerzo cortante de diseño

**Tabla 5.**

**Característica de los aceros**

Número	Material	Condición	Resistencia (a la tensión)					Resistencia a la deformación, exponente m	Resistencia a la fractura $\epsilon_f$
			Fluencia $S_y$ MPa (kpsi)	Última $S_u$ MPa (kpsi)	A la fractura, $\sigma_u$ MPa (kpsi)	Coeficiente $\sigma_u$ MPa (kpsi)			
1018	Acero	Recocido	220 [32.0]	341 [49.5]	628 [91.1] <sup>†</sup>	620 [90.0]	0.25	1.05	
1144	Acero	Recocido	358 [52.0]	646 [93.7]	898 [130] <sup>†</sup>	992 [144]	0.14	0.49	
1212	Acero	HR	193 [28.0]	424 [61.5]	729 [106] <sup>†</sup>	758 [110]	0.24	0.85	
1045	Acero	TyR 600°F	1 520 [220]	1 580 [230]	2 380 [345]	1 880 [273] <sup>†</sup>	0.041	0.81	
4142	Acero	TyR 600°F	1 720 [250]	1 930 [210]	2 340 [340]	1 760 [255] <sup>†</sup>	0.048	0.43	
303	Acero inoxidable	Recocido	241 [35.0]	601 [87.3]	1 520 [221] <sup>†</sup>	1 410 [205]	0.51	1.16	
304	Acero inoxidable	Recocido	276 [40.0]	568 [82.4]	1 600 [233] <sup>†</sup>	1 270 [185]	0.45	1.67	
2011	Alcación de aluminio	T6	169 [24.5]	324 [47.0]	325 [47.2] <sup>†</sup>	620 [90]	0.28	0.10	
2024	Alcación de aluminio	T4	296 [43.0]	446 [64.6]	533 [77.3] <sup>†</sup>	689 [100]	0.15	0.18	
7075	Alcación de aluminio	T6	542 [78.6]	593 [86.0]	706 [102] <sup>†</sup>	882 [128]	0.13	0.18	

**Nota. Resistencia de los materiales**

**Fuente. (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 1023)**

$$\tau_d = \frac{0.50 \cdot 276 \text{ Mpa}}{2}$$

$$\tau_d = 69 \text{ Mpa} = 704.08 \text{ Kg/cm}^2 //$$

Se igualará  $\tau = T_d$  y se despejará  $Z_p$

$$Z_p = \frac{T_e}{\tau_d} \text{Ecuación 4}$$

$$Z_p = \frac{1631.59 \text{ Kg.cm}}{704.08 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$Z_p = 1.31 \text{ cm}^3 //$$

Ahora que se conoce  $Z_p$ , se puede calcular el diámetro necesario.

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot Z_p}{\pi}} \text{Ecuación 5}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 1.31 \text{ cm}^3}{\pi}}$$

$$d = 1.72 \text{ cm} = 17.2 \text{ mm} //$$

Es el diámetro mínimo aceptable del eje porta sierra.

Como se trabaja con revoluciones altas ( $> 400\text{RPM}$ ), se tiene que realizar un análisis dinámico, para lo cual se usa la fórmula  $S_e = S_e' \cdot K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_e$  (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 279) (Ecuación 6)

- ✓  $S_e$  = límite a la resistencia a la fatiga.
- ✓  $S_e'$  = límite a la resistencia a la fatiga de una probeta.
- ✓  $K_a$  = factor de superficie.
- ✓  $K_b$  = factor de tamaño.
- ✓  $K_c$  = factor de carga.
- ✓  $K_d$  = factor de temperatura.
- ✓  $K_e$  = factor de efectos diversos (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 279).

$$Se' = \frac{S_{ut}}{2}$$

En la tabla 5 además, se encuentra el valor de  $S_{ut} = 568 \text{ MPa}$

$$Se' = \frac{568}{2}$$

$$Se' = 284 \text{ Mpa} //$$

$$K_a = a * S_{ut}^b$$

Donde:

a,b son constantes

$S_{ut}$  = resistencia a la tensión

En la tabla 6 se observa el valor de a y b para un acabado superficial maquinado.

**Tabla 6.**

**Parámetros en el factor de la condición superficial**

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	$S_{ut}$ , kpsi	$S_{ut}$ , MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

**Nota. Valores de acabado superficial.**

**Fuente. (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 280)**

$$K_a = 4.51 * 568^{-0.263}$$

$$K_a = 0.84 //$$

Se calcula el factor de tamaño ( $K_b$ ), se tiene que el diámetro es  $18.3\text{mm} = 0.7204$  pulgadas, en la figura 13 se puede observar que está dentro del rango en la ecuación.

$$0.7K_b = \left(\frac{d}{0.3}\right)^{-0.107}$$

**Factor de tamaño**

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

**Figura 13. Formulas según el diámetro.**

**Fuente. (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 280)**

$$K_b = \left(\frac{d}{0.3}\right)^{-0.107}$$

$$K_b = \left(\frac{17.2}{0.3}\right)^{-0.107}$$

$$K_b = 0.6484 //$$

Factor de carga  $K_c$

Se tiene una carga flexión rotatoria, en la figura 14 indica el valor para  $K_c$ :

**Factor de carga**

$$K_c = \begin{cases} 1 & \text{Flexión} \\ 0.85 & \text{Axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

**Figura 14. Factores según la carga.**

**Fuente. (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 282)**

$$K_c = 1 // \text{ flexión } //$$

Factor de temperatura  $K_d$

La temperatura de operación está entre 50 y 100 °C en la tabla 7 se observa los valores de  $S_T/S_{RT}$ .

**Tabla 7**

**Efecto de la temperatura**

Temperatura, °C	$S_T/S_{RT}$	Temperatura, °F	$S_T/S_{RT}$
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

**Nota. Resistencias a temperatura de aplicación y temperatura ambiente**

**Fuente. (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 283)**

Donde

$S_T$  = Resistencia a la tensión a la temperatura de aplicación

$S_{RT}$  = Resistencia a la tensión a la temperatura ambiente

$K_d = 1.020 //$

Factor de efectos diversos.

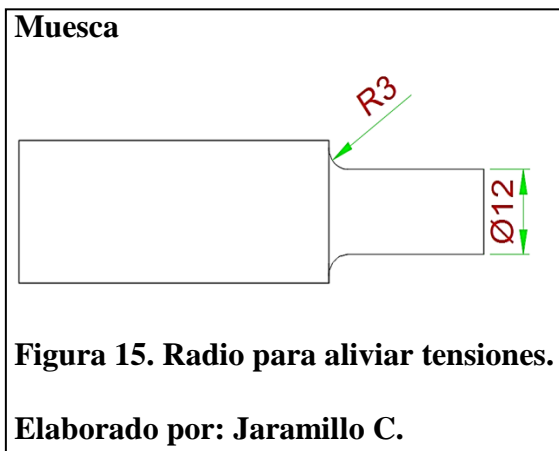
Se tiene  $K_e = \frac{1}{K_f}$ ; donde  $K_f$  es el factor de concentración de esfuerzos

$$K_f = 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

$q$  = factor de sensibilidad

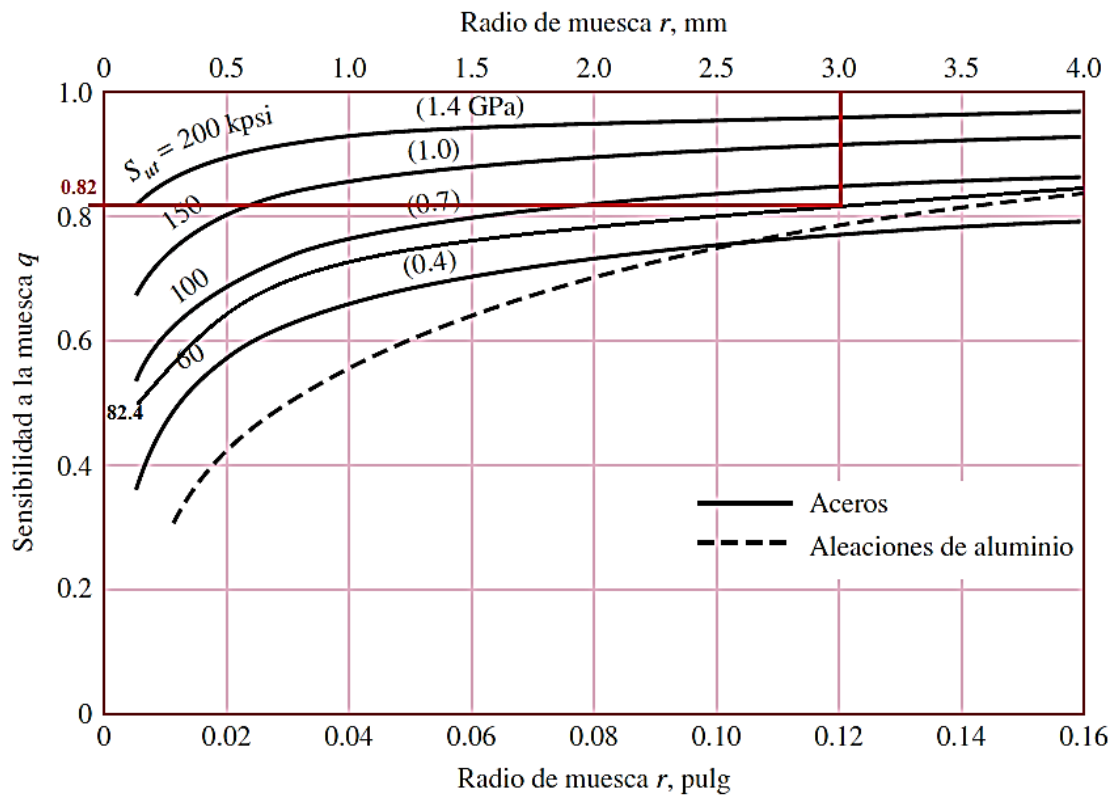
$K_t$  = factor de concentración

En la figura 15 se observa una muesca con un radio de 3 mm, esta ayuda a aliviar las tensiones que pueda tener el eje.



En la figura 16 se encuentra el valor de “ $q$ ” que se lo encuentra con el valor del radio igual a 3 mm y el valor  $S_{ut} = 82.4$  Kpsi del material, el punto de intersección de estas dos líneas será el valor de la sensibilidad de la muesca “ $q$ ” que se está buscando.

**Sensibilidad a la muesca en el caso de aceros y aleaciones de aluminio forjado UNS**



**Figura 16. Valores obtenidos mediante ensayos.**

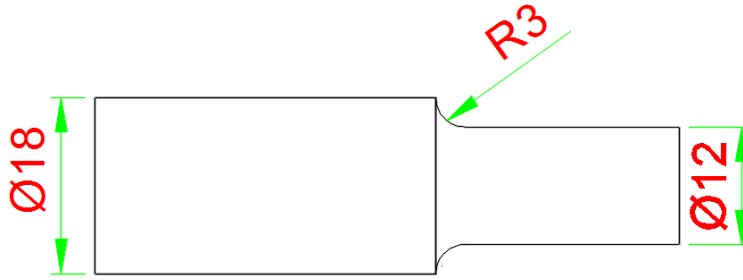
**Fuente. (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 287)**

La sensibilidad de la muesca es:

$$q = 0.82 //$$

Para obtener el valor de  $K_t$  se necesita tener el valor de  $D/d$  y  $r/d$ . Ver figura 17.

**Diámetro mayor y menor**



**Figura 17. Diámetros del eje porta broca.**

**Elaborado por: Jaramillo. C**

Donde

$$D = 18 \text{ mm}$$

$$d = 12 \text{ mm}$$

$$r = 3 \text{ mm}$$

$$\frac{r}{d} = \frac{3}{12} = 0.25$$

$$\frac{D}{d} = \frac{18}{12} = 1.5$$

Se acude a la figura 18 para trazar las líneas correspondientes a los valores encontrados.



### Eje redondo con filete en el hombro en torsión

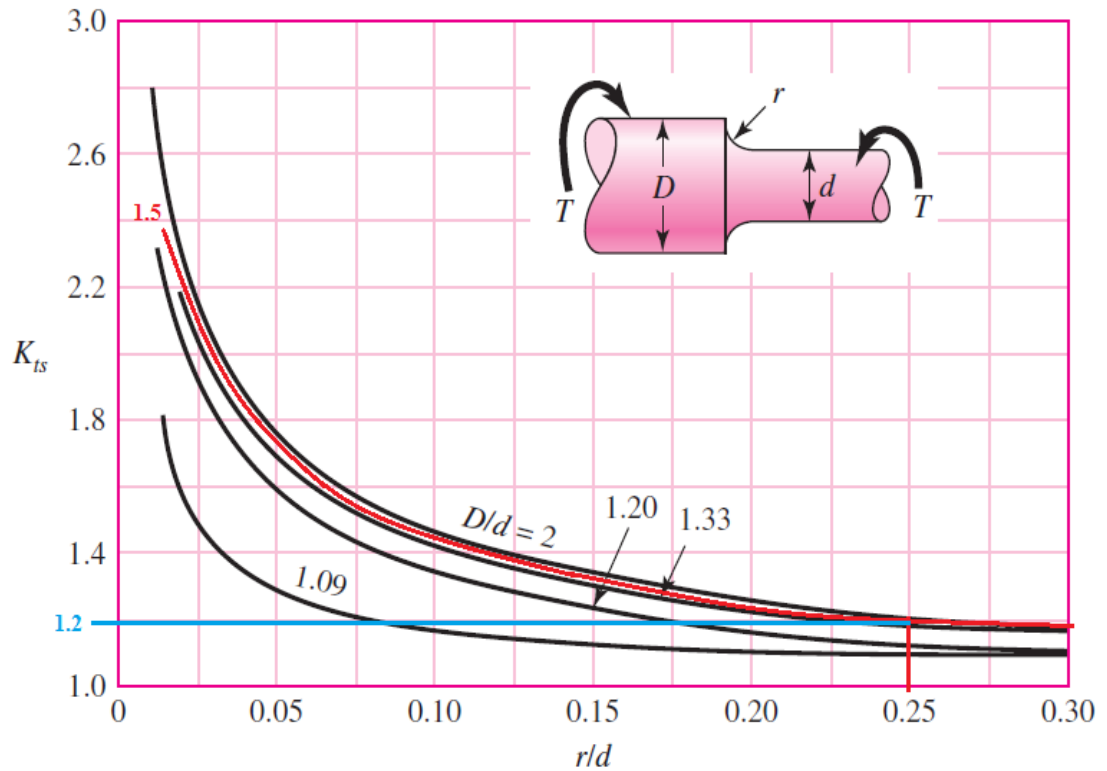


Figura 18. Valor  $K_t$  del eje porta brocas.

Fuente. (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 1008)

Con la intersección de las dos líneas se encuentra el valor de  $K_t = 1.2$

$$\therefore K_f = 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

$$K_f = 1 + 0.82 \cdot (1.2 - 1)$$

$$K_f = 1.164 //$$

$$K_e = \frac{1}{1.164} = 0.8591 //$$

Con todos los datos ya calculados se reemplaza en la ecuación 5.

$$S_e = S_e' \cdot K_a \cdot K_d \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_e$$

$$S_e = 284 \cdot 0.84 \cdot 0.6484 \cdot 1 \cdot 1.020 \cdot 0.8591$$

$S_e = 135.294 \text{ Mpa} //$

Para que se cumpla el límite a la resistencia a la fatiga  $\sigma \leq S_e$

$$\sigma = \frac{32 * M}{\pi * d^3} \quad \text{Ecuación 6}$$

$$\sigma = \frac{32 * 1543.5 \text{ N} - \text{cm}}{\pi * (1.72 \text{ cm})^3}$$

$$\sigma = 3089.74 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \approx \sigma = 308.97 \text{ Mpa} //$$

$\therefore \sigma \leq S_e$  Cumple con la resistencia a la fatiga

### 3.5 Análisis de deformación

Como ya se tiene el valor del diámetro del eje se va a realizar el cálculo de la deformación para lo cual se va a utilizar la siguiente fórmula.

$$\delta = \frac{F * L}{E * A} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

$\delta$ : Deformación total del miembro que soporta la carga.

F: Carga (fuerza).

L: Longitud original total del miembro.

E: Módulo de elasticidad del material

A: Área de la sección transversal del elemento.

Datos:

L = 450mm

F = 8 KN

d = 17.2 mm

E = 193000N/mm<sup>2</sup>, este valor se encuentra en la tabla 8.

Tabla 8.

**Características del acero inoxidable**

TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE		SERIE 300 -						
		Acero al Cromo Níquel						
DESIGNACIÓN	TIPO ASTM (AISI)	301	302	303	304	304 L	321	
		COMPOSICIÓN QUÍMICA	C% 0,15 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 16,0018,00 Ni% 6,008,00	C% 0,15 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 17,0019,00 Ni% 8,0010,00	C% 0,15 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 17,0019,00 Ni% 8,0010,00 S% 0,15 Min,	C% 0,08 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 18,0020,00 Ni% 8,0010,50	C% 0,030 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 18,0020,00 Ni% 8,0012,00	C% 0,08 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 17,0019,00 Ni% 9,0012,00 Ti%>5xC%0,07
PROPIEDADES FÍSICAS	PESO ESPECÍFICO (g/cm <sup>3</sup> )	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	
	MÓDULO DE ELASTICIDAD (N/mm <sup>2</sup> )	193.000	193.000	193.000	193.000	193.000	193.000	
	ESTRUCTURA	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	
	CALOR ESPECÍFICO A 20C (J/Kg K)	500	500	500	500	500	500	
	CONDUCTIBILIDAD TÉRMICA (W/m K)	a 100 C	16	16	16	16	16	16
		a 150 C	21	21	21	21	21	21,5
	COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICO MEDIO (x 10 <sup>6</sup> C <sup>-1</sup> )	0100 C	16,92	17,28	17,3	17,30	17,30	16,74
		0300 C	17,10	17,82	17,8	17,80	17,80	17,10
0500 C		18,18	18,36	18,4	18,40	18,40	18,54	
0700 C		18,72	18,72	18,7	18,80	18,80	19,26	
INTERVALO DE FUSIÓN (C)	13981420	13981420	13981420	13981454	13981454	13981427		

Nota. Propiedades del acero inoxidable.

Fuente. (Tabla de características )

$$\delta = \frac{8000 \text{ N} * 450 \text{ mm}}{193000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * \frac{\pi * (17.2\text{mm})^2}{4}}$$

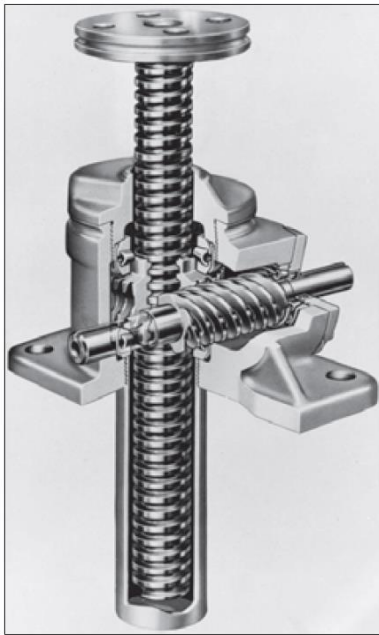
$$\delta = 0.08027\text{mm//}$$

### 3.6 Cálculo del tornillo de potencia.

Un tornillo de potencia es un dispositivo que se utiliza en maquinaria para cambiar el movimiento angular en línea y por lo general, para transmitir potencia. Entre las aplicaciones familiares se incluyen los tornillos de tornos y para prensas de banco, prensas de sujeción y gatos.

En la figura 19 se muestra una aplicación de los tornillos de transmisión de potencia de un gato accionado manualmente (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 400).

**Gato de tornillo sinfín**



**Figura 19. Tornillo de potencia.**

**Fuente. (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 400)**

Datos del tornillo de potencia:

Material: Acero 705

Tornillo de acero  $S_y = 400\text{Mpa}$ ,  $S_{ut} = 600\text{Mpa}$

Dureza = 200Hb

$\mu = \mu_c = 0.15$

$F = 8\text{ KN}$

### 3.6.1 Cálculo del diámetro del tornillo de potencia

Para realizar el siguiente cálculo se necesita saber que el tornillo sea de acero 705 y la tuerca de bronce fosfórico.

**Tabla 9.**

**Valor de la fuerza de aplastamiento**

$S_{d-ap} = \frac{S_{yc}}{N_{ap}}$	$\approx$	$\begin{cases} 12 \text{ a } 20 \text{ MPa} & \text{(tornillo de acero y tuerca de bronce)} \\ 80 \text{ MPa} & \text{(tornillo de acero o tuerca de hierro fundido)} \end{cases}$
------------------------------------	-----------	--

**Nota: Valores según el tornillo y la tuerca.**

$S_{d-ap} = 12\text{MPa}$  // Se escoge el valor que se encuentra en la tabla 9 ya que la tuerca es de bronce y es de muy baja resistencia

**Tabla 10.**

**Tipos de tuercas.**

$\varphi = \begin{cases} 1.5 \text{ a } 2.5 \\ 2.5 \text{ a } 3.5 \end{cases}$	$\begin{cases} \text{Tuerca de una pieza} \\ \text{Tuerca partida} \end{cases}$
--	---

**Nota: Coeficiente según la tuerca a usar.**

$\varphi = 2.5$  // Se toma este valor ya que la tuerca es de una sola pieza (ver tabla 10).

$$dm = \sqrt{\frac{2 * F}{\pi * \varphi * S_{d-ap}}} \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$dm = \sqrt{\frac{2 * 8000}{\pi * 2.5 * 12}}$$

$$dm = 0.0103m = 0.513 \text{ in.} //$$

En la tabla 11 por cuestión de diseño se toma el valor de 0.667 de pulgada, que equivale a un diámetro de ¾ de pulgada (19 mm).

**Tabla 11.**

**Diámetros preferidos para roscas ACME**

Diámetro mayor $d$ (in)	Diámetro medio $d_m$ (in)	Diámetro menor $d_r$ (in)	Paso $p$ (in)	Hilos por pulgada	Área de esfuerzo a tracción $A_t$ (in <sup>2</sup> )
0.250	0.219	0.188	0.063	16	0.032
0.313	0.277	0.241	0.071	14	0.053
0.375	0.333	0.292	0.083	12	0.077
0.438	0.396	0.354	0.083	12	0.110
0.500	0.450	0.400	0.100	10	0.142
0.625	0.563	0.500	0.125	8	0.222
0.750	0.667	0.583	0.167	6	0.307
0.875	0.792	0.708	0.167	6	0.442
1.000	0.900	0.800	0.200	5	0.568
1.125	1.025	0.925	0.200	5	0.747
1.250	1.150	1.050	0.200	5	0.950
1.375	1.250	1.125	0.250	4	1.108
1.500	1.375	1.250	0.250	4	1.353
1.750	1.625	1.500	0.250	4	1.918
2.000	1.875	1.750	0.250	4	2.580
2.250	2.083	1.917	0.333	3	3.142
2.500	2.333	2.167	0.333	3	3.976
2.750	2.583	2.417	0.333	3	4.909
3.000	2.750	2.500	0.500	2	5.412
3.500	3.250	3.000	0.500	2	7.670
4.000	3.750	3.500	0.500	2	10.32
4.500	4.250	4.000	0.500	2	13.36
5.000	4.750	4.500	0.500	2	16.80

**Nota. Características según el diámetro del tornillo.**

**Fuente. (Mott R. , 2006, pág. 699)**

Entonces resulta:

$$d_m = 0.667 \text{ in}$$

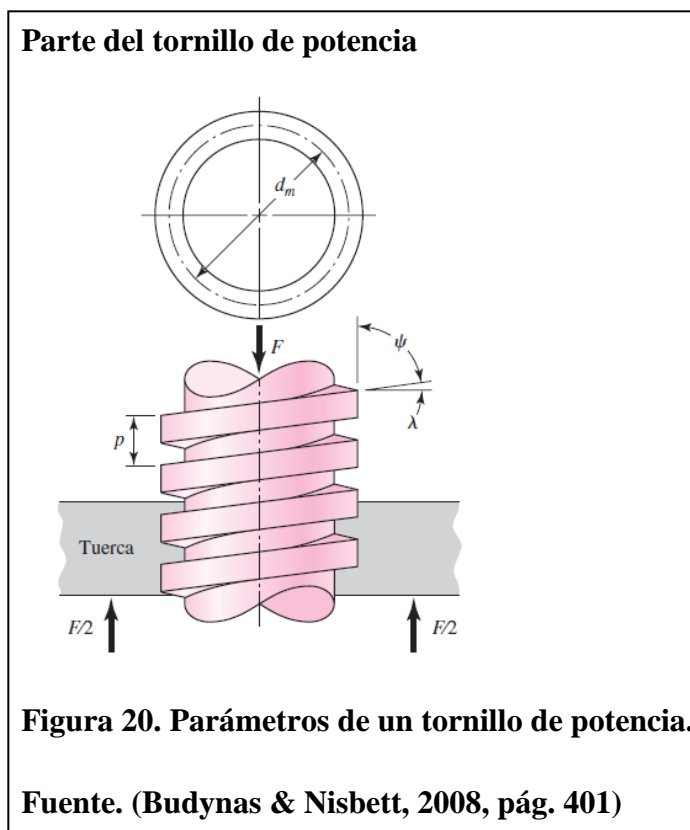
$$d = 3/4 \text{ in}$$

$$d_r = 0.583 \text{ in}$$

$$p = 0.167 \text{ in}$$

$$A_t = 0.307 \text{ in}^2$$

En la figura 20 se observa algunos parámetros que se usa para el cálculo del tornillo de potencia.



Donde:

- ✓ d = Diámetro mayor
- ✓ dm = Diámetro medio
- ✓ dr = Diámetro menor
- ✓ p = Paso
- ✓ At = Área de esfuerzo a tracción

Con estas dimensiones se garantiza una adecuada resistencia al desgaste y al aplastamiento.

La longitud de la tuerca está dada por.  $L_T = \varphi * dm$  (Ecuación 9)

$$L_T = \varphi * dm$$

$$L_T = 2.5 * 0.01694$$

$$L_T = 0.04235 \text{ m} = 42.35 \text{ mm} //$$

Mediante la ecuación 10, se determina el par de torsión que se requiere para hacer girar el tornillo.

$$T_L = \frac{Fdm}{2} * \left( \frac{\pi \mu dm - l}{\pi dm + \mu l} \right) + \frac{F \mu dc}{2} \quad (\text{Ecuación 10})$$

$l = np$  (avance del tornillo)

$$l = 0.001586 * 0.003171$$

$$l = 5.027 \text{ mm} //$$

$$T_L = \frac{8 * 14.3}{2} * \left( \frac{\pi * 0.15 * 14.3 - 5.027}{\pi * 14.3 + 0.15 * 5.027} \right) + \frac{8 * 0.15 * 7.54}{2}$$

$$T_L = 2.14 + 4.53$$

$$T_L = 6.67 \text{ N.m}$$



### Eficiencia del tornillo.

$$E = \frac{Fl}{2\pi T_L} \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$e = \frac{8 * 5.027}{2\pi * 6.67} = 0.96$$

Esfuerzo cortante del cuerpo  $\tau$ , debido al momento de torsión  $T_L$  en el exterior del cuerpo del tornillo, es

$$\tau = \frac{16T_L}{\pi d_r^3} \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$\tau = \frac{16 * 6.67 * 10^3}{\pi * \left(0.01161\text{m} * \frac{1000\text{mm}}{1\text{m}}\right)^3}$$

$$\tau = 21.71 \text{ Mpa}$$

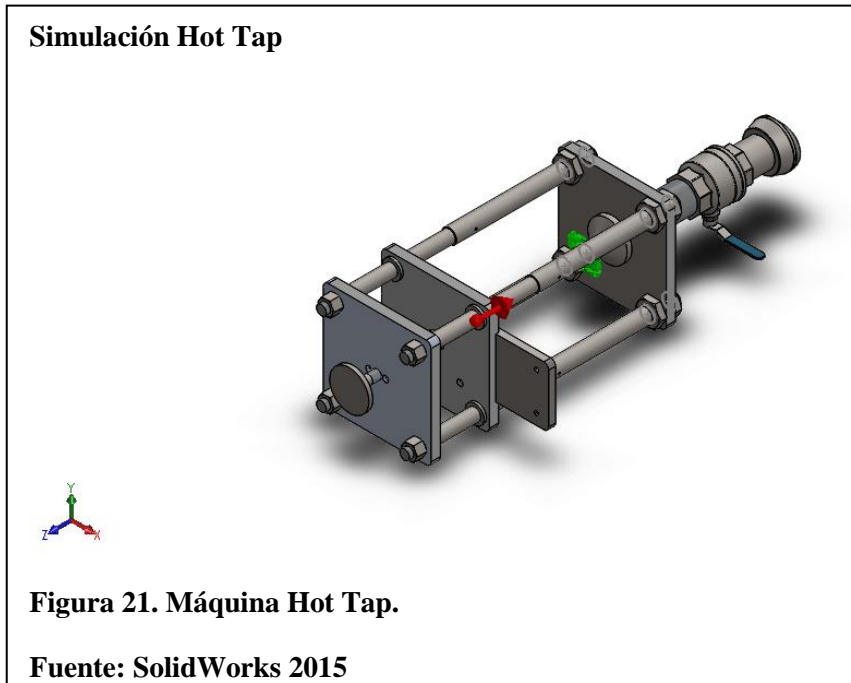
Esfuerzo axial normal nominal  $\sigma$  es.

$$\sigma = \frac{4F}{\pi d_r^2} \quad (\text{Ecuación 13})$$

$$\sigma = \frac{4 * 6.67 * 10^3}{\pi * \left(0.01161\text{m} * \frac{1000\text{mm}}{1\text{m}}\right)^2}$$

$$\sigma = 63.01 \text{ Mpa}$$

### 3.7 Simulación de Máquina Hot Tap en SolidWorks 2015



**Nombre del modelo:** Hot Tap

**Tipo de análisis:** Análisis estático

En el anexo 9 se encuentra la información de cada elemento de la máquina con sus respectivas especificaciones esto sirve para tener un buen conocimiento de los elementos que se están usando.

En el anexo 10 se puede observar las propiedades de los materiales usados para la construcción de la máquina Hot Tap.


### 3.7.1 Cargas y sujeciones

En la tabla 12 se tiene los diferentes elementos de sujeción con las respectivas fuerzas que se aplica en cada una de ellas.

**Tabla 12.**

#### Elementos de sujeción

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo - 2		<b>Entidades:</b> 2 caras <b>Tipo:</b> Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0.0106351	0.0210091	751.306	751.306
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Imagen	Detalles de carga
Gravedad		<b>Referencia:</b> Alzado <b>Valores:</b> 0 0 -9.81 <b>Unidades:</b> SI

Nombre de carga	Imagen	Detalles de carga
<u>Fuerza-1</u>		<u>Entidades:</u> 1 cara(s) <u>Tipo:</u> Aplicar fuerza normal <u>Valor:</u> 200 N
<u>Masa distribuida</u>		<u>Entidades:</u> 1 cara(s) <u>Tipo:</u> Desplazamiento (Transferencia directa) <u>Sistema de coordenadas:</u> Coordenadas cartesianas globales <u>Traslación Valores:</u> ---, ---, --- mm <u>Rotación Valores:</u> ---, ---, --- deg <u>Coordenadas de referencia:</u> 0 0 0 mm <u>Masa remota:</u> 10 kg <u>Momento de inercia:</u> 0,0,0,0,0 kg.m <sup>2</sup> <u>Componentes transferidos:</u> NA
<u>Fuerza-2</u>		<u>Entidades:</u> 1 cara(s) <u>Tipo:</u> Aplicar fuerza normal <u>Valor:</u> 200 N

**Nota:** elementos de sujeción y cargas aplicadas.

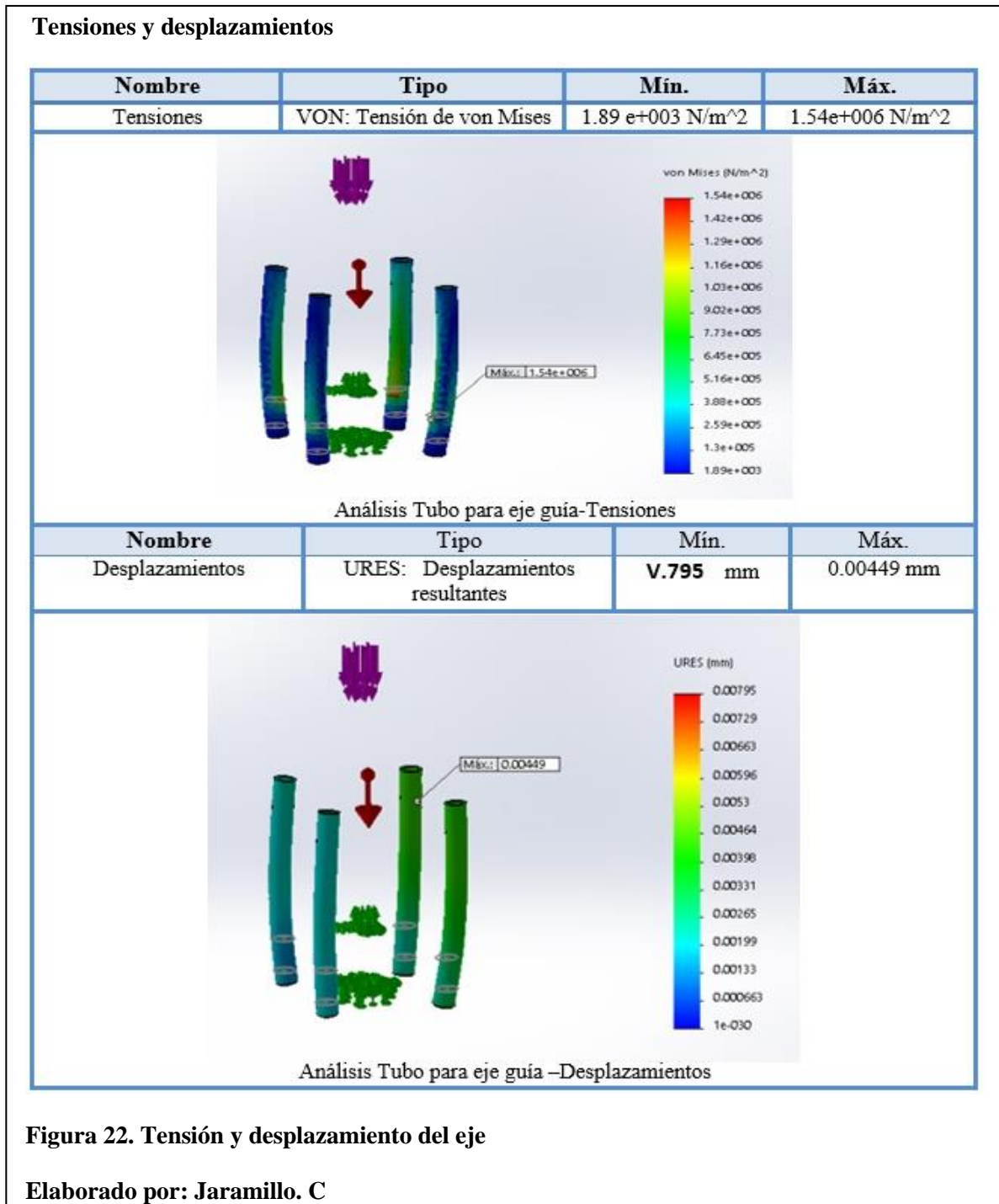
**Elaborado por:** Jaramillo. C

Con la ayuda del software se realiza el cálculo de tensiones, desplazamiento y factor de seguridad. Ver anexo 11.

Según los resultados que da el programa se observa que los elementos están correctamente diseñados para soportar el trabajo que realiza la máquina Hot Tap.

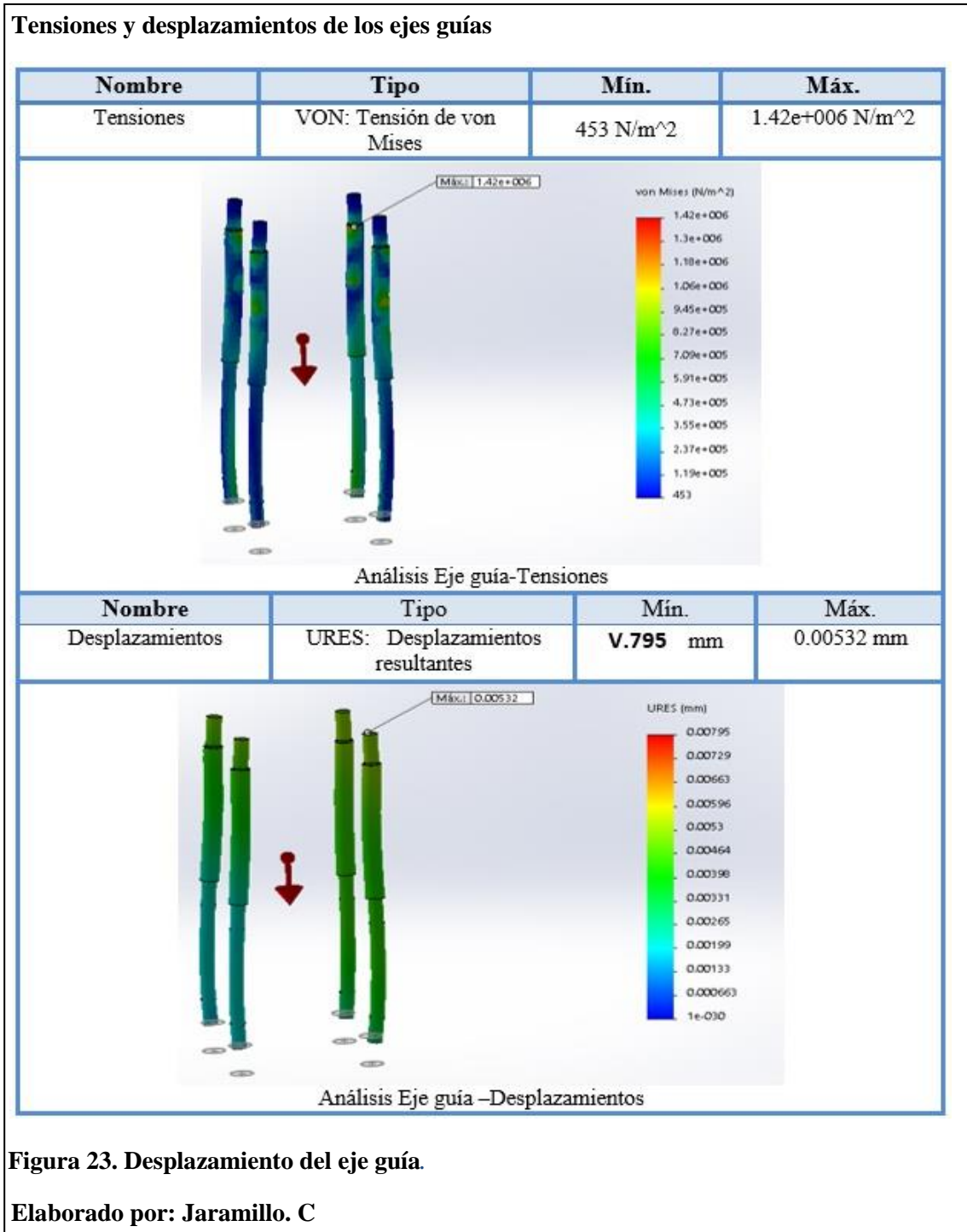
### 3.7.2 Tubo para eje guía

Se tiene la tensión y el desplazamiento resultante de los tubos para ejes guías que se genera al momento de realizar el trabajo. Ver figura 22



### 3.7.3 Eje guía

Se tiene la tensión y el desplazamiento resultante de los ejes guías que se genera por la fuerza al momento de realizar el trabajo. Ver figura 23



#### **3.7.4 Soporte inferior**

Se tiene la tensión y el desplazamiento resultante del soporte inferior que se genera por la fuerza al momento de realizar el trabajo. Ver anexo 12

#### **3.7.5 Soporte superior**

Se tiene la tensión y el desplazamiento resultante del soporte superior que se genera por la fuerza al momento de realizar el trabajo. Ver anexo 13

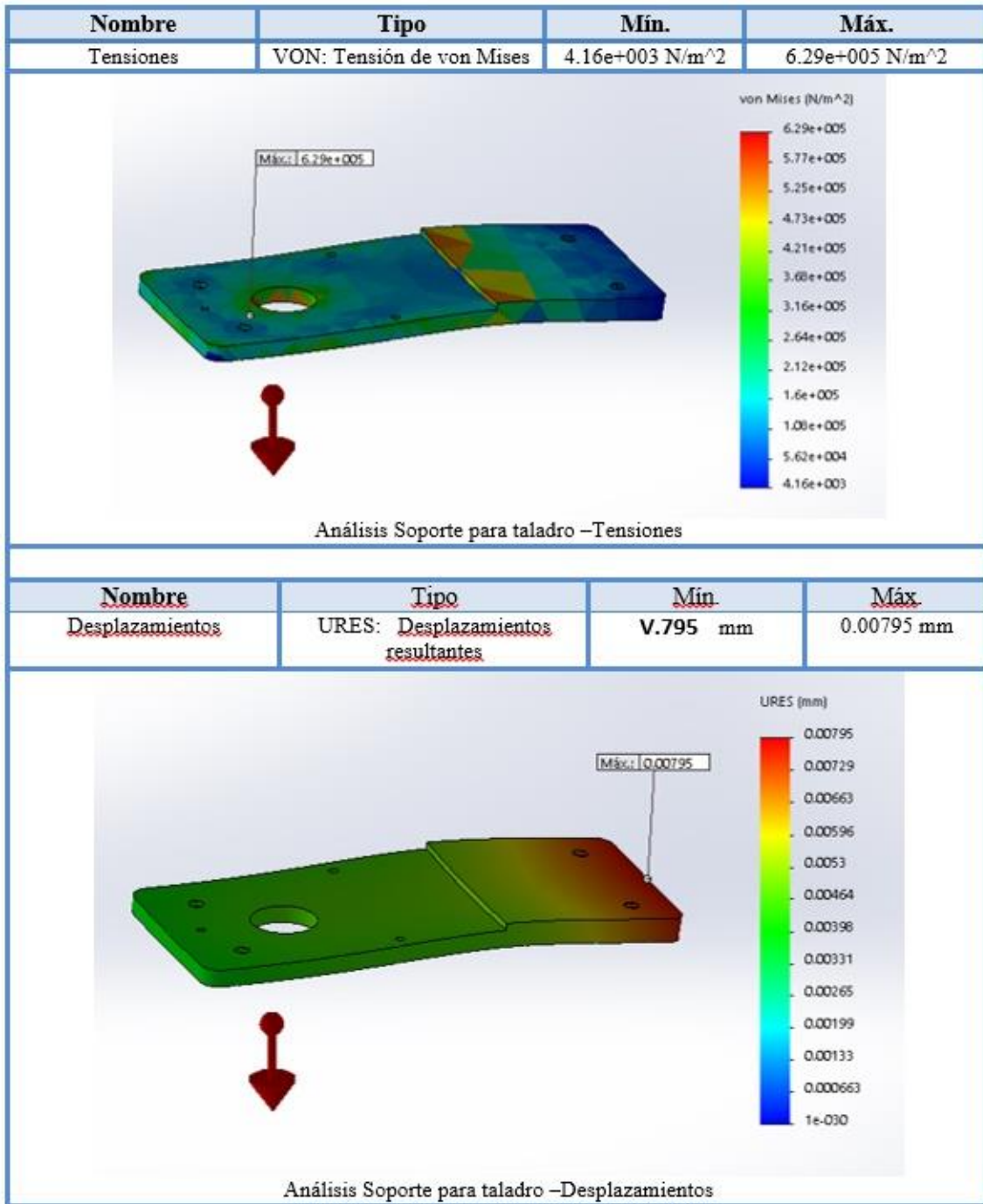
#### **3.7.6 Soporte para taladro**

Con este soporte más la ayuda del tornillo de potencia es el que ayuda a que el taladro baje y así poder empezar a cortar el tubo en el anexo 14 se tiene la tensión y el desplazamiento que se genera al momento de realizar el trabajo.

#### **3.7.7 Placa de taladro**

En esta placa se sujeta el taladro, cuando empieza el trabajo se tiene un desplazamiento máximo de 0.00795mm como se puede ver en el figura 24.

**Placa del taladro**



**Figura 24. Análisis de tenciones.**

**Elaborado por: Jaramillo. C**



## Capítulo 4

### Análisis De Costos

#### 4.1 Inversión Inicial

En este capítulo se presentan los datos relacionados con las inversiones, ingresos, egresos y costos previstos para la operación del HOT TAP con el objetivo de realizar un análisis financiero básico. Este análisis servirá de referencia para determinar si satisface las expectativas de los interesados además si es factible y viable dentro de los plazos y condiciones estimadas.

Para calcular la inversión inicial se necesita analizar dos tipos de costos fundamentales.

- Los costos directos
- Los costos indirectos

#### 4.2 Costos directos

Se toma como como insumo aquel producto terminado que se incluye como componente en la máquina ver tabla 13.

**Tabla 13.**

##### Insumos

INSUMO	CANTIDAD (U)	V. UNITARIO (\$)	V. TOTAL (\$)
Válvula de bola 1/4	1	7,19	7,19
Broca sierra	1	21	21
Válvula de bola 2"	1	160	160
Weldolen	1	45	45
Pernos, tuercas, arandelas	1	30	30
<b>Costo 1</b>			<b>\$ 263,19</b>

**Nota:** Valor detallado de cada uno de los insumos.

**Elaborado por:** Jaramillo. C

Materia prima todo material que va a pasar por algún proceso de transformación ver tabla 14.

**Tabla 14.**

**Materia Prima**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad (Kg)</b>	<b>V. Unitario (\$/Kg)</b>	<b>V. Total (\$)</b>
Placa de acero	14,6	2,25	\$ 32,85
Placa de aluminio	6	36,15	\$ 216,90
Placa de acero 1045	8,9	4,11	\$ 36,58
Eje de acero 705	11	3,96	\$ 43,56
Eje acero de transmisión	1,35	2,3	\$ 3,11
Eje acero de transmisión 3 ¼	2,06	2,69	\$ 5,54
Eje de acero inox 304	1,12	5,22	\$ 5,85
Acero K100	2,9	11,34	\$ 32,89
Acero plus perforado SKF	5,8	4,48	\$ 25,98
Bronce fosfórico	0,73	16,2	\$ 11,83
Tubo 2" cedula 40 de 1 metro	2	10,79	\$ 21,58
Tubo de 4" cedula 40 de 1 metro	2	12	\$ 24,00
<b>COSTO 2</b>			<b>\$ 460,66</b>

**Nota: Valor por Kg de la materia prima.**

**Elaborado por: Jaramillo. C**

La mano de obra es el esfuerzo físico e intelectual que se consume en la fabricación del producto. Ver tabla 15.

**Tabla 15.****Costos de mano de obra**

DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	HORAS	COSTO (\$)	
			Por hora	Total
Mecanizado de placas aluminio	Rectificado	3	\$ 8,00	160,00
	Manual	4	\$ 5,00	
	Fresa	8	\$ 14,50	
Mecanizado del eje de acero inox	Torno	4	\$ 12,00	48,00
Mecanizado de tubo guía	Torno	6	\$ 12,00	112,00
	Manual	8	\$ 5,00	
Mecanizado de ejes de acero	Torno	6	\$ 12,00	116,50
	Manual	6	\$ 5,00	
	Fresa	1	\$ 14,50	
Mecanizado de bocín reductor	Torno	8	\$ 12,00	96,00
Mecanizado del tornillo de potencia	Torno	8	\$ 12,00	96,00
Mecanizado de tuerca de tornillo de potencia	Torno	5	\$ 12,00	103,50
	Fresa	3	\$ 14,50	
Mecanizado de pines	Torno	1	\$ 12,00	12,00
Mecanizado de perilla	Torno	2	\$ 12,00	24,00
Mecanizado de soporte de taladro	Rectificado	4	\$ 8,00	119,50
	Fresa	5	\$ 14,50	
	Manual	3	\$ 5,00	
<b>COSTO 3</b>				<b>\$ 887,50</b>

**Nota: Costo por horas de la mano de obra en diferentes mecanizados.**

**Elaborado por: Jaramillo. C**

### 4.3 Costos indirectos

**Tabla 16.**

#### Costos ingenieriles

DESCRIPCIÓN	VALOR (\$)
Investigación	20,00
Diseño	35,00
Impresión de planos	25,00
Transporte	80,00
<b>COSTO 4</b>	<b>\$ 160,00</b>

**Nota: Estos costos representan todo trámite operativo para llevar acabo la realización del proyecto.**

**Elaborado por: Jaramillo. C**

Para saber la cantidad del valor de la inversión inicial se suma todos los costos obtenidos.

$$\text{Inversión inicial} = \text{Costo 1} + \text{Costo 2} + \text{Costo 3} + \text{Costo 4}$$

$$\text{Inversión inicial} = \$263.69 + \$460.66 + \$ 887.50 + \$ 160$$

$$\text{Inversión inicial} = \$ 1771.85$$

### 4.4 Depreciación

Se entiende por depreciación el desgaste que sufren los bienes por el servicio que prestan a las actividades económicas de una empresa. Cabe señalar que el costo de depreciación es un gasto para la empresa (Vásquez Arroyo, 1988, pág. 228).

Se aplica la siguiente ecuación:

$$D = \frac{C-VR}{N} \quad \text{Ecuación 14}$$

Dónde:

$D = \text{Depreciación (\$/año)}$

$C = \text{Costo (\$)}$

$VR = \text{Valor residual (\$)}$

$N = \text{Vida útil (años)}$

Datos

El costo es el valor de la inversión inicial (\$1771.85).

Como valor residual se considera un 10% del costo.

$$VR = 1771.85 \times 0.1$$

$$VR = 177.19$$

Se estima 5 años de vida útil.

Aplicada la ecuación se obtiene:

$$D = 314.4 \frac{\$}{\text{año}}$$

En la tabla 17 se tiene el cálculo de depreciación a 5 años

**Tabla 17.**

**Depreciación a 5 años**

AÑOS	DEPRECIACIÓN ANUAL	DEPRECIACIÓN ACUMULADA	VALOR EN LIBROS
0	Costo de la máquina		\$ 1.771,85
1	\$ 314,40	\$ 314,40	\$ 1.457,45
2	\$ 314,40	\$ 628,80	\$ 1.143,05
3	\$ 314,40	\$ 943,20	\$ 828,65
4	\$ 314,40	\$ 1.257,60	\$ 514,25
5	\$ 314,40	\$ 1.572,00	\$ 199,85
<b>Totales</b>	<b>\$ 1.572,00</b>		<b>\$ 1.771,85</b>

**Nota:** Estos valores están calculados para una depreciación de 5 años.

**Elaborado por: Jaramillo. C**

## 4.5 Evaluación Económica

Es de conocimiento general, que el dinero disminuye su valor real o adquisitivo con el transcurso del tiempo, y que esta disminución es prácticamente igual al índice inflacionario, de aquí nace la importancia de realizar un análisis del efecto que produce el tiempo en el valor del dinero. Métodos como: TMAR, VAN, y TIR toman en cuenta ese efecto y serán los usados en el presente trabajo.

Se toma los flujos mensuales para 5 años (ver tabla 18).

**Tabla 18.**

**Ingresos anuales**

PROYECCIÓN DE INGRESOS		
AÑO	INGRESO MENSUAL	INGRESO ANUAL
1	\$ 125,00	\$ 1.500,00
2	\$ 150,00	\$ 1.800,00
3	\$ 175,00	\$ 2.100,00
4	\$ 200,00	\$ 2.400,00
5	\$ 150,00	\$ 1.800,00

**Nota: Estos ingresos demuestran las ganancias obtenidas en un año laboral.**

**Elaborado por: Jaramillo. C**

Costo de capital o tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)

$$TMAR = i + f + i * f \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde:

$i$  = Premio de riesgo

$f$  = Inflación

Se toma un valor del 10% para el premio de riesgo.

El premio de riesgo es el crecimiento del dinero, se llama así porque el inversionista siempre arriesga su dinero (siempre y cuando q no invierta en un banco) y por arriesgarlo merece una ganancia adicional sobre la inflación.

Se obtiene la inflación haciendo un promedio dando en los años anteriores obtenidos del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (ver tabla 19) puesto que no existe un valor del índice inflacionario pronosticado para los próximos cinco años (CENSOS, 2015).

**Tabla 19.**

**Inflación anual de los últimos 5 años**

INFLACIÓN ANUAL	
2010	3,33
2011	5,41
2012	4,16
2013	3,33
2014	3,67
2015	4,87
<b>PROMEDIO:</b>	<b>4,13%</b>

**Nota:** Se la obtiene de un promedio de inflaciones que transcurrieron en años anteriores.

**Fuente:** (INSTITUTO ECUATORIANO DE ESTADISTICAS Y CENSOS, 2015)

El cálculo del TMAR para la inversión es:

$$TMAR = 0,1 + 0,0413 + 0,1 * 0,0413$$

$$TMAR = 0,454 \approx 14,5\%$$

#### 4.6 Valor actual neto (VAN)

Evaluar el VAN con los siguientes criterios:

$$VAN > 0: INVERSIÓN INTERESANTE$$

Mientras mayor a cero sea el valor, esto es una ganancia extra después de aplicar una TMAR conveniente.

$$VAN = 0: INVERSIÓN INDIFERENTE$$

Aquí se puede aceptar la inversión pero hay que tener en cuenta que las ganancias van a ser las mínimas.

$$VAN < 0: INVERSIÓN CON PÉRDIDAS$$

Se tiene pérdidas, hay que rechazar el proyecto.

El VAN se obtiene de la siguiente ecuación:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Dónde:

$V_t$ , representa los flujos de caja en cada período  $t$ .

$I_0$ , es el valor del desembolso del proyecto.

$n$ , es el número de períodos considerado.

$k$ , tasa de actualización

#### 4.7 Tasa interna de retorno (TIR)

Un proyecto es más factible cuando el valor del TIR es mucho mayor.



Entendemos como TIR:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0$$

Dónde:

$V_t$ , representa los flujos de caja en cada período t.

$I_0$ , es el valor del desembolso del proyecto.

$n$ , es el número de períodos considerado.

Como se observa en la tabla 20 se tiene el cálculo del VAN y del TIR con un costo – beneficio y descuento del 10%.

**Tabla 20.**

**Cálculo del VAN, TIR**

CÁLCULO DEL VAN, TIR Y RELACIÓN BENEFICIO COSTO						
AÑO	EGRESOS	INGRESOS	FLUJO EN EFECTIVO	TASA	INGRESOS ACTUALIZADOS	EGRESOS ACTUALIZADOS
0	1.746,92	\$ 0,00	\$ (1.746,92)	1,00	\$ 0,00	\$ 1.746,92
1	\$ 90,00	\$ 1.200,00	\$ 1.110,00	0,87	\$ 1.043,48	\$ 78,26
2	\$ 90,00	\$ 1.500,00	\$ 1.410,00	0,76	\$ 1.134,22	\$ 68,05
3	\$ 90,00	\$ 1.700,00	\$ 1.610,00	0,66	\$ 1.117,78	\$ 59,18
4	\$ 90,00	\$ 1.400,00	\$ 1.310,00	0,57	\$ 800,45	\$ 51,46
5	\$ 90,00	\$ 1.200,00	\$ 1.110,00	0,50	\$ 596,61	\$ 44,75
TOTALES					\$ 4.692,54	\$ 2.048,61
					<b>VAN</b>	<b>\$ 2.643,92</b>
					<b>TIR</b>	<b>68,01%</b>
					<b>B/C</b>	<b>2,29</b>

**Nota: Costos y beneficio se halla con una tasa de descuento del 10%.**

**Elaborado por: Jaramillo. C**

#### **4.8 Resultados del análisis**

De los resultados obtenidos se concluye que:

Tomados en cuenta todos costos analizados, el proyecto indica una inversión inicial de \$1746.92 que debe ser cancelada por el autor.

El VAN indica un valor de \$2643.92 siendo este un valor mayor que cero y por ende es una inversión interesante que generará entrada de dinero.

Este proyecto presenta grandes expectativas que satisfacen a los interesados.

La relación beneficio – costo B/C es mayor a 1 el proyecto es aceptado.

## Conclusiones

- Se realizó la investigación sobre el proceso de trabajo de perforación e implementarlo para mejorar los trabajos de producción en la empresa que se va a utilizar la máquina.
- Se diseñó una máquina que permitirá reducir varios tiempos, como los que involucran mano de obra e insumos, hora máquina, lo que reducirá los costos de producción.
- Se diseñó una máquina para poder usarla directamente en las tuberías que se encuentra pasando el petróleo, sin verse afectado el flujo del mismo.
- La selección de los materiales, así como elementos de sujeción se lo realiza considerando la disponibilidad de los mismos en el mercado nacional.
- Se efectuaron pruebas de funcionamiento, la máquina funciona correctamente y que todos sus elementos están bien diseñados.

## Recomendaciones

- De acuerdo con el anexo 1 todas las partes de conexión deben estar bien ajustadas para evitar algún tipo de fuga después de la perforación.
- Las especificaciones y dimensiones en los planos facilitarán el entendimiento y la gestión de posibles futuras mejoras.
- Tener en stock las partes más críticas de la máquina como son la broca sierra y la broca piloto ya que durante el proceso de corte se puede presentar cualquier eventualidad.
- Hay que mantener la broca sierra y el eje porta sierra bien lubricada ya que son las que realizan todo el trabajo de perforación.
- Verificar que todas las partes de la máquina se encuentren correctamente ajustadas y alineadas.
- El threadolet que se suelda a la línea de flujo lo realice una persona capacitada y que cumpla con las inspecciones de soldadura.
- Quienes que vayan a realizar la perforación se le debe dar una capacitación con respecto al funcionamiento de la máquina Hot Tap y estén preparadas para solucionar cualquier problema que pueda acontecer.
- El mantenimiento se debe realizar cada mensualmente para evitar contratiempos al momento de hacer uso de la máquina, se debe lubricar los ejes guías, verificar que la broca piloto no tenga fisuras y mantenerla siempre bien afilada.

## Referencias

- Flores, C. (2002). *SOLDADURA AL ARCO ELÉCTRICO SMAW*.
- 2201, A. R. (1995). *Procedures for welding or hot tapping on Equipment in service*. Washington, D.C.
- 2201, A. R. (1995). *Procedures for Welding or Hot Tapping on Equipment in Service*. Washington D.C.
- 2201, A. R. (2003). *Safe Hot Tapping Practices in the Petroleum & Petrochemical* (Fifth EDITION ed.). Washington, D.C.
- Budynas, R. G., & Nisbett, k. J. (2008). *DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY*. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA.
- CENSOS, I. E. (11 de 12 de 2015). *INSTITUTO ECUATORIANO DE ESTADISTICAS Y CENSOS*. Obtenido de Ecuador en cifras: [www.inec.gob.ec](http://www.inec.gob.ec)
- DOA. Hydraulic Tools. (15 de Junio de 2015). *HYDRAULIC MOTOR FOR PIPE DRILLING TOOLS AND ROTARY DEVICES*. Obtenido de Hydraulic Tools: [http://doa.it/products\\_dinamic.php?lang=eng&id=108#](http://doa.it/products_dinamic.php?lang=eng&id=108#)
- Escoe, A. K. (s.f.). *Piping and Pipeline Assessment Guide*. USA Oxford: Gulf Professional Publishing.
- Flores, C. E. (s.f.). *Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar, SOLDADURA AL ARCO ELÉCTRICO SMAW*. Obtenido de [http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL\\_08\\_MEC01.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_08_MEC01.pdf)
- Goodfellow. (2008-2016). *Materiales para Investigación Científica y Fabricación*. Obtenido de <http://www.goodfellow.com/S/Acero-Inoxidable-AISI-304.html>
- Industrias services. (s.f.). *Servicios Mecánica Integrada*. Obtenido de [http://teamis.com/literature\\_pdf/Team%20Spanish%20All%20Services%20Brochure.pdf](http://teamis.com/literature_pdf/Team%20Spanish%20All%20Services%20Brochure.pdf)
- ingemecánica. (s.f.). *ingemecánica*. Obtenido de ingemecánica: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn47.html>
- Inretal Group. (s.f.). *Tabla de características*. Obtenido de Inretal Group: <http://data.irestal.com/files/files/2012030204152933979.pdf>
- Manufactura, I. y. (2002). *KALPAKJIAN, SEROPE y SCHMID, STEVEN R*. México: PEARSON EDUCACIÓN.

- Mikell, G. (1997). *Fundamentos de Manufactura Moderna: Materiales, Procesos Y Sistemas*. México: Prentice-Hill.
- Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. México: PEARSON EDUCACIÓN .
- Mott, R. L. (2006). *MECÁNICA DE FLUIDOS*. México: PEARSON EDUCATION.
- Nesbitt, B. (2007). *Handbook of Valves and Actuators: Valves Manual International*. (2. Butterworth-Heinemann, Ed.) Oxford. USA: Jordan Hill.
- Producción, F. d. (2008). *Soldadura protocolo cursos de procesos de manufactura*. Colombia.
- Rodriguez Martines, M. (2001). *TIPOS DE VÁLVULAS, CRITERIOS DE SELECCIÓN*. México.
- Rubertis, J. L.-E. (2008). *Cañerías y recipientes de presión*. Mar del Plata: Eudem.
- Sölken, W. (2008). *Explore the World of Piping* *Explore the World of Piping* *Explore the World of Piping*. Obtenido de Introduction to Hot Tapping & Line Stopping: <http://www.wermac.org/specials/hottap.html>
- TECNOLOGIA. (16 de 06 de 2015). *EL TALADRO*. Obtenido de <http://www.areatecnologia.com/herramientas/el-taladro.html#>
- Tecnología, U. -F. (s.f.). *Ing. Mecánica*. Obtenido de Tecnología Mecánica II: <http://materias.fcyt.umss.edu.bo/tecno-II/PDF/cap-43.pdf>
- Tipos de válvulas*. (s.f.). Obtenido de Valvias: <http://www.valvias.com/tipo-valvula-de-bola.php#>
- VALVIAS. (2007). Obtenido de Qué es una válvula?: <http://www.valvias.com/basico.php>
- Vásconez Arroyo, J. V. (1988). *Introducción a la contabilidad*. Quito: Grupo Carvajal.
- Water Works Tools. (2012). *Hot Tapping Machine*. Obtenido de Hot Tapping Machine: [http://www.waterworkstools.com/tapping\\_machine-Half-6-Inch-Quad-Rail-Taps.php](http://www.waterworkstools.com/tapping_machine-Half-6-Inch-Quad-Rail-Taps.php)