



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“Diseño de una máquina perforadora de tubos Schedule 40 para mejorar la producción de filtros utilizados en la industria del petróleo”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

**AUTOR:**

Arismendiz Bolo, Josua Yoel (ORCID: 0000-0002-8757-5434)

**ASESOR:**

MSc. Seminario Atarama, Mario Roberto (ORCID: 0000-0002-9210-3650)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión Empresarial y Productiva.

PIURA – PERÚ

2020

### **Dedicatoria**

El presente informe de investigación está dedicado al creador de todas las cosas, por sus bendiciones y las fuerzas para seguir adelante. A mi madre Julia por su apoyo incondicional en toda mi carrera profesional.

### **Agradecimiento**

A la empresa SERMEPET S.R.L por facilitarme trabajar en sus instalaciones y haberme proporcionado información relevante para la culminación de este informe de investigación.

A la Universidad Cesar Vallejo y a mi asesor Mario Seminario Atarama por transmitir sus conocimientos y apoyarme en el desarrollo de esta tesis.

A mi compañera Saraí por su apoyo mostrado durante esta Investigación.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen.....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN: .....	1
II. MARCO TEÓRICO: .....	4
III. METODOLOGÍA.....	9
3.1. Tipo y Diseño de Investigación: .....	9
3.2. Operacionalización de Variables: .....	9
3.3. Población, Muestra, Muestreo, Unidad de Análisis: .....	10
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos: .....	11
3.5. Procedimiento: .....	12
3.6. Método de Análisis de Datos:.....	13
3.7. Aspectos Éticos: .....	13
IV. RESULTADOS: .....	14
V. DISCUSIÓN:.....	40
VI. CONCLUSIONES: .....	43
VII. RECOMENDACIONES .....	44
REFERENCIAS .....	45
ANEXOS.....	50

## Índice de tablas

Tabla N°1: Población y muestra.....	10
Tabla N°2: Instrumentos.....	11
Tabla N°3: Eficacia y eficiencia de la producción .....	15
Tabla N°4: Tiempo estándar de producción .....	17
Tabla N°5: Resumen del diagrama analítico de proceso.....	18
Tabla N°6: Matriz de selección por ponderación .....	23
Tabla N°7: Propiedades mecánicas del ASTM A53 .....	23
Tabla N°8: Características mecánicas del AISI 405.....	24
Tabla N°9: Valores recomendados a taladrar .....	25
Tabla N°10: Factor de avance .....	26
Tabla N°11: Factor de empuje y torque .....	27
Tabla N°12: Factor de borde de cincel para empuje .....	27
Tabla N°13: Factor de material de trabajo .....	28
Tabla N°14: Factor de desgaste de la herramienta .....	28
Tabla N°15: Matriz de selección por ponderación del mecanismo de transmisión.....	32
Tabla N°16: Factor de servicio para bandas V .....	33
Tabla N°17: Longitud de bandas estándar 3V, 5V, 8V .....	35
Tabla N°18: Costos de materia prima .....	38
Tabla N°19: Costos de componentes.....	38
Tabla N°20: Costos de fabricación.....	39
Tabla N°21: Síntesis de los resultados obtenidos.....	74
Tabla N°22: Propiedades típicas de materiales seleccionados en ingeniería .....	76
Tabla N°23: Valores máximos cortantes y momento flector en el eje “X” .....	80
Tabla N°24: Valores máximos cortantes y momento flector en el eje “Y”.....	82
Tabla N°25: Gastos por mantenimiento .....	85
Tabla N°26: Gastos por mano de obra .....	85
Tabla N°27: Flujo financiero.....	85
Tabla N°28: Ahorros de la nueva máquina .....	86
Tabla N°29: VAN Y TIR .....	86
Tabla N°30: Síntesis de la estrategia de la solución.....	87
Tabla N°31: Tiempo estándar mejorado.....	89
Tabla N°32: Tiempo total de producción mejorado .....	90

## Índice de figuras:

Figura N°1: Producción de filtros del año 2019 .....	14
Figura N°2: Taladro de Columna .....	19
Figura N°3: Perforadora hidráulica .....	20
Figura N°4: Perforadora con husillo múltiple .....	21
Figura N°5: Sistema de transmisión polea - correa .....	30
Figura N°6: Sistema de transmisión de engranajes .....	31
Figura N°7: Características técnicas del motor seleccionado.....	33
Figura N°8: Gráfica para la selección de bandas en V .....	34
Figura N°9: Factor de corrección por ángulo de contacto.....	36
Figura N°10: Factor de corrección por longitud de banda .....	37
Figura N°11: Capacidades de bandas 3V .....	37
Figura N°12: Diagrama de fuerza cortante y de flector en el eje “X”.....	80
Figura N°13: Diagrama fuerza cortante y de flector en el eje “Y” .....	82
Figura N°14: Eficacia del servicio con la mejora.....	91
Figura N°15: Eficiencia de la producción proyectada a la mejora.....	92

## **Resumen**

En la investigación realizada se estableció como objetivo general mejorar la producción de filtros utilizados en la industria del petróleo a través del diseño de una máquina perforadora de tubos Schedule 40. Este estudio se enmarca en el diseño de investigación como no experimental y es del tipo descriptiva propositiva. La población estuvo conformada por la máquina perforadora de tubos, por lo que no se considera muestra ni muestreo. Para la recolección de datos se utilizaron dos técnicas, la observación y revisión documentaria, así como la utilización de instrumentos, tales como: hoja de medición de eficacia del servicio, tabla de producción, registro de tiempos, DAP, hoja de registro de costos, tablas de factores para poder realizar los cálculos respectivos para el diseño de la máquina. En la investigación se evidenció que la empresa en el año 2019 alcanzó un nivel de eficacia de 100%, una eficiencia del 89% y un tiempo de producción de 830:44:43 hr. Se concluyó que con la propuesta se mejorará el tiempo de producción de filtros, el cual será de 249:15:00 hr, la eficacia se mantendrá en un 100%, la eficiencia aumentará a un 99,2%.

**Palabras claves:** eficiencia, eficacia, producción, diseño, máquina

## **Abstract**

The overall objective was the research to improve the production of filters used in the oil industry through the design of a Schedule 40 pipe drilling machine. This study is part of the research design as non-experimental and is of the propositive descriptive type. The population was made up of the pipe drilling machine, so it is not considered sample or sampling. Two techniques were used for data collection, document observation and review, as well as the use of instruments, such as: service efficiency measurement sheet, production table, time record, DAP, cost record sheet, factor tables to be able to perform the respective calculations for machine design. The research showed that the company in 2019 achieved an effectiveness level of 100%, an efficiency of 89% and a production time of 830:44:43 hr. It was concluded that the proposal will improve the filter production time, which will be 249:15:00 hr, the effectiveness will remain at 100%, the efficiency will increase to 99.2%.

**Keywords:** efficiency, effectiveness, production, design, mach



## **I. INTRODUCCIÓN:**

Mondragón (2017), indicó que la industria metalmecánica representa el 16% del Producto Interno Bruto (PIB) industrial en América Latina, generando trabajo a 4.1 millones de personas de manera directa y 19.7 millones de carácter indirecto.

Gestión (2018), sostuvo que en el primer cuatrimestre del año 2018 las exportaciones del rubro metalmecánico ascendieron a US\$ 219 millones, significando un aumento del 25.1% en comparación al periodo del año 2017.

Industria Metalmecánica (2019), mencionó que la producción industrial del rubro metalmecánico peruano aumentó un 10,2% en los meses de enero a octubre del año 2018, abasteciendo con bienes de capital, tales como: maquinarias, equipos e infraestructura, además de artículos y suministros en sectores de minería, construcción y transporte.

Servicios Metalúrgicos Petroleros, es una empresa del rubro metalmecánico que se dedica a la producción de filtros, donde una de sus principales actividades es la perforación de tubos, los equipos que se utilizan para realizar este proceso presentaron algunas deficiencias, tales como: la broca que se utilizaba para perforar se atascaba, la capacidad productiva de los taladros no cubría las necesidades del mercado, la velocidad de la perforación era lenta, los taladros se paralizaban por fallas mecánicas, además el motor fallaba en el momento de realizar la actividad.

El proceso de perforado tiene una duración de 7:20:40 hr, dicha actividad es realizada por 3 trabajadores, los cuales laboran 8 horas diarias, sin embargo, este tiempo no es suficiente para terminar con la tarea. Ante esta situación el empleador se ha visto en la obligación de contratar personal con el fin de perforar mayor cantidad de tubos, lo que ha generado que la empresa tenga costos adicionales de mano de obra. Aun con la toma de esta decisión la organización no ha podido cumplir con los filtros pedidos por su principal cliente “Graña y Montero”, tal es así que solo se entregó en el mes de Enero (48 filtros), Marzo (54 filtros), Mayo (51 filtros), Julio (57 filtros), Setiembre (45 filtros), Noviembre (48 filtros), por un precio unitario de \$200 y la cantidad restante de filtros sean entregados en los siguientes meses: Febrero (42 filtros), Abril (36 filtros), Junio (39 filtros), Agosto (33 filtros), Octubre (45 filtros) y Diciembre (42 filtros), indicando un precio unitario por filtro de \$150.

Si la situación persiste se podría generar cuellos de botellas en el proceso de producción de filtros como consecuencia de los retrasos que se dan en la etapa de perforación de tubos; así mismo podrían existir inconvenientes en los plazos de entrega del producto terminado.

Por lo tanto, con esta propuesta de investigación se busca mejorar la producción de filtros empleados en la industria petrolera a través del diseño de una máquina perforadora de tubos Schedule 40, entregando los filtros pedidos en el plazo establecido por el cliente sin la necesidad de generar un costo adicional.

Cabe mencionar que para la formulación del problema de la presente investigación se consideró como pregunta general la siguiente:

¿Cómo mejorará la producción de filtros a través del diseño de una máquina perforadora de tubos Schedule 40?

Así como también se formularon tres preguntas específicas las cuales son planteadas a continuación:

¿Cómo se determinará la producción de filtros en la empresa Servicios Metalúrgicos Petroleros durante el periodo 2019?; ¿Cómo se describirá el proceso de fabricación de filtros utilizados en la industria del petróleo?; ¿Cómo se diseñará la máquina perforadora de tubos Schedule 40?; ¿Cómo se estimará el costo de fabricación de la máquina basado en el diseño propuesto?

La Presente investigación pretende solucionar la problemática que existe en el proceso de perforación de tubos, para ello se propone el diseño de una máquina perforadora que permita aumentar la capacidad mensual de filtros y mejorar el tiempo de entrega. El diseño de la maquinaria aportará a gran escala a la ingeniería, ya que se está ofreciendo un nuevo equipo que cubre una necesidad en relación a la industria petrolera, así mismo esta puede ser utilizada con facilidad y al alcance de todo tipo de mercado debido a su accesible costo.

Para llevar a cabo el desarrollo de la presente investigación, se determinó como objetivo general:

Mejorar la producción de filtros utilizados en la industria del petróleo a través del diseño de una máquina perforadora de tubos de material Schedule 40.

Así mismo se determinaron los siguientes objetivos específicos, los cuales fueron necesarios para cumplir con el propósito de la presente investigación:

Determinar la producción de filtros en la empresa Servicios Metalúrgicos Petroleros durante el periodo 2019; Describir el proceso de fabricación de filtros utilizados en la industria del petróleo; Diseñar la máquina perforadora de tubos Schedule 40; Estimar el costo de fabricación de la máquina basado en el diseño propuesto.

Para la presente investigación se planteó como hipótesis general lo siguiente:

Se mejorará la producción de filtros a través del diseño de una máquina perforadora de tubos de material Schedule 40.

Por otro lado, se formuló tres hipótesis específicas, las cuales son:

Se determinará la producción de filtros en la empresa Servicios Metalúrgicos Petroleros durante el periodo 2019; Se describirá el proceso de fabricación de filtros utilizados en la industria del petróleo; Se diseñará la máquina perforadora de tubos Schedule 40; Se estimará el costo de fabricación de la máquina basado en el diseño propuesto.

## **II. MARCO TEÓRICO:**

Para la presente investigación se consideraron antecedentes internacionales, nacionales y regionales, los cuales son detallados a continuación:

Arrasco, y otros (2018), en su tesis plantearon como objetivo incrementar la productividad y eficiencia de la empresa en su proceso productivo. Este antecedente fué seleccionado porque se evaluó el proceso de producción a través del indicador de eficiencia, indicado como primer objetivo específico de esta investigación. Además, se describe el proceso actual de cada actividad que interviene en la fabricación de la maquinaria de perforación diamantina utilizando el diagrama analítico de procesos de acuerdo a mediciones que se realizaron para cada uno de los procesos, mencionado como segundo objetivo específico de la presente investigación. El tipo de estudio fué descriptiva – propositiva y con un diseño no experimental.

Los autores llegaron a la conclusión que existen puntos de mejora en áreas claves en el proceso de producción, por lo que la mejora en estos puestos elevará la eficiencia de la empresa y reducirá la carga de trabajo en los operarios, además se reducirán costos innecesarios de horas extras. Se recomendó establecer controles mensuales para asegurar que el nuevo proceso sea establecido y se utilice de manera correcta.

Villacis (2014), en su artículo planteó como objetivo diseñar y construir un prototipo que permita perforar botellas de PET. Para la elección del diseño se evaluaron cuatro alternativas a través de una matriz de selección por ponderación, a su vez se utilizó como indicador la velocidad de corte de la máquina, indicado como tercer objetivo de esta investigación. El diseño del estudio fué experimental.

El autor llegó a la conclusión que la máquina es funcional y cumple con los parámetros establecidos en el diseño, logrando un volumen promedio de 61204 botellas/hora, que es aproximadamente el doble del volumen planteado (28800 botellas/hora). Se recomendó tomar como base para un diseño más avanzado permitiendo así su validación comercial y desarrollo en serie.

Arellano (2015), en su artículo planteó como objetivo diseñar y construir una máquina perforadora de suelos. Para la elección del diseño se evaluaron cuatro alternativas a través de una matriz de selección por ponderación, a su vez se utilizó como indicador la fuerza de corte de la máquina, mencionado como tercer objetivo específico de la presente

investigación. El diseño de la investigación fué experimental. El autor concluyó que para un debido proceso de diseño se debe realizar un análisis convergente en diferentes escenarios y materiales.

Alarcón y otros (2014), plantearon como objetivo diseñar una máquina que sea capaz de separar el aceite. Para evaluar el diseño de la máquina y el sistema de transmisión se utilizó una matriz de selección por ponderación, indicado como tercer objetivo específico de esta investigación. El diseño del estudio fué no experimental con una muestra de 15 fundas de 3 dimensiones diferentes. Los autores concluyeron que se puede diseñar una máquina perforadora para recuperación de aceite vegetal con una capacidad de 500 fundas por hora. Se recomendó la construcción de esta máquina ya que se logró constatar que se cumplirá con los parámetros de funcionamiento requeridos.

Pariante (2013), en su tesis planteó como objetivo diseñar una perforadora hidráulica que pueda ser empleada en la construcción de pozos en la región de Piura, así como en otras regiones agrícolas del país, con un diámetro promedio de 60.33 mm y con un alcance máximo de 150 m de profundidad. Este antecedente fué seleccionado porque se realizó una estimación de los costos de fabricación de la maquinaria, indicado como cuarto objetivo específico dentro de esta investigación. El diseño del estudio fué no experimental. Se llegó a la conclusión que el costo estimado de fabricación de la perforadora sería de \$40 000.

Mori (2016), en su tesis planteó como objetivo rediseñar una perforadora hidráulica para obtener mayor profundidad de pozos de agua. Este antecedente fué seleccionado, porque se realizó una estimación de los costos de fabricación de la máquina, indicado como cuarto objetivo específico dentro de esta investigación. El tipo de estudio fué aplicada con un diseño no experimental, además la población que se consideró estuvo conformada por las máquinas de perforación, que se encuentran registrados en (ANA). El autor llegó a la conclusión que el costo total para realizar el rediseño de la perforadora hidráulica será de S/47,710.00.

Por otro lado, se consideraron los siguientes fundamentos teóricos relacionados al diseño de una Máquina Perforadora de Tubos Schedule 40 para mejorar la Producción de Filtros utilizados en la Industria del Petróleo, las cuales son presentadas a continuación:

Rodríguez (2016), define que un diseño es la consecuencia terminal de un procedimiento, cuyo propósito es encontrar una satisfacción idónea a cierto inconveniente.

Pozo (2009), menciona que los componentes elementales del proceso de diseño en ingeniería, son: Definición de necesidades; se identifican los requerimientos que deben ser satisfechos por una solución dada. Conceptualización; se lleva a cabo una lluvia de ideas para obtener varias soluciones al problema. El Análisis de Viabilidad; es la manera de cómo resolver el problema. La Toma de decisiones; es la forma de llegar a la solución en función del análisis de viabilidad. El Diseño detallado; se realizan los planos para resolver el problema planteado.

Después de haber dado a conocer acerca del proceso de diseño en ingeniería, se considera mencionar los conceptos relacionados a las máquinas perforadoras, las cuales son presentados a continuación:

Para Godoy (2015), una máquina perforadora es un equipo usado para crear orificios.

Mori (2016), menciona los tipos de perforación: Según su potencia utilizada pueden ser: Perforación Manual; son los taladros que utilizan convertidores de torque, embragues y transmisiones impulsados por sus propios motores. Perforación Neumática; se emplea el aire comprimido como un fluido de perforación para descartar los recortes del agujero, forzando el aire comprimido hacia abajo. Perforación Eléctrica; es impulsado por motores eléctricos. Perforación Hidráulica; Son taladros que utilizan principalmente energía hidráulica.

Luego de haber dado a conocer acerca de las máquinas perforadoras, se considera mencionar acerca de los tubos Schedule 40.

Yohersa (2010), menciona que el material de los tubos Schedule 40 son de acero al carbono, laminados en caliente con los extremos biselados o planos.

Megaval (2018), establece las siguientes características de los Tubos Schedule 40, los cuales son los siguientes: su medida es de 1” hasta 6”, con una longitud de 6 mts (Simples) o 12 mts (dobles), el material es de acero al carbono con norma de fabricación ASTM A53 – GRADO B.

Eberhardt (2016), indica que los tubos Schedule 40 se utilizan para la conducción de fluidos en la industria petrolera, petroquímica y química, centrales térmicas, ductos pesqueros o refinerías, para el transporte de agua en sistemas de refrigeración y contra incendio, aire comprimido, gases y vapores, así como para edificaciones en general.

Después de haber dado a conocer acerca de los tubos Schedule 40, se considera mencionar conceptos relacionados a la producción de filtros, las cuales son presentados a continuación:

Pérez (2017), menciona que un filtro es un dispositivo que retiene ciertos elementos y deja pasar otros.

Según Montoya y otros (2011 - 2012), la producción es la creación de un bien o servicio mediante la combinación de elementos indispensables para satisfacer la demanda del mercado.

Gerencie (2018), indica que para medir la producción en una organización es necesario evaluar dos indicadores, los cuales son:

La eficacia, es el nivel de consecuencia de metas y objetivos, es decir hace referencia a nuestra capacidad para lograr lo que nos proponemos. Esto es expresado de la siguiente forma:

$$\frac{\text{Resultado alcanzado}}{\text{Resultado previsto}} \times 100$$

Por lo tanto, la eficiencia se define como la relación entre los recursos utilizados en un proyecto y los logros conseguidos con el mismo, es decir cuando se utilizan menos recursos para el logro de un objetivo. Esto es expresado en la siguiente formula:

$$\frac{\text{Resultados alcanzado} \times \text{Precio de Venta}}{\text{Resultado previsto} \times \text{Precio de Venta}} \times 100$$

Luego de haber dado a conocer acerca de los indicadores de producción, se procedió a mencionar las técnicas utilizadas para el estudio de trabajo, las cuales son las siguientes:

SENATI (2016), nos explica de las 2 técnicas utilizadas para el estudio de trabajo, las cuales son:

Estudio de métodos: Su objetivo es buscar el mejor método de trabajo para un determinado proceso o actividad laboral dentro de la empresa, para ello se utiliza un diagrama de operaciones del proceso (DOP) o un diagrama de análisis del proceso (DAP).

Medición de Trabajo: Se determina el tiempo estándar o promedio que demora la producción de un bien intermedio o final, utilizando un registro, hoja o ficha.

Después de haber dado a conocer acerca de las técnicas para realizar un estudio de trabajo de la producción se consideró los siguientes fundamentos teóricos relacionados a la fuerza cortante y a la velocidad de corte, las cuales son presentadas a continuación:

Curiel (2016), indica que para cortar una pieza es necesario aplicar una fuerza de corte sobre el material.

Belillo (2002), menciona que es necesario que una herramienta sobrepase la resistencia de un elemento para determinar la fuerza, pero esta no debe ser excesiva para evitar fallas prematuras.

Contreras (2017), define que los procesos de manufactura son llevados a cabo como operaciones unitarias, formando así un paso del proceso requerido para transformar el material en el producto deseado.

Groover (2010), menciona que en las operaciones de procesamiento se encuentra un tipo particular de procesos, los cuales provocan desprendimiento de viruta. En este tipo de operaciones destaca la de maquinado convencional, donde una herramienta de corte es empleada para remover el material y lograr la geometría deseada. (Ver anexo 4).

Prado (2016), señala que este tipo de procesos se basa en una deformación plástica localizada en la zona adyacente al borde de corte (filo de la herramienta), de tal manera que una vez que se alcanza la resistencia máxima, el material desprende una rebaba o viruta, dando lugar a una nueva superficie.

Contreras (2017), menciona que para realizar un correcto análisis de los procesos de arranque de viruta, se debe comprender los movimientos aplicados a la herramienta de corte o a la pieza de trabajo. Estos son:

Movimiento de corte; la herramienta penetra el material de trabajo. Movimiento de avance; movimiento que se presenta con el desplazamiento del punto en el que se aplica el corte y Movimiento de alimentación; es el que logra que se pueda cortar cierto espesor en el material.

Los movimientos mencionados se relacionan directamente con los siguientes parámetros de corte:

Movimiento de corte = Velocidad de corte; Movimiento de avance = Velocidad de avance y Movimiento de alimentación = Profundidad de corte.



### **III. MÉTODO:**

#### **3.1. Tipo y Diseño de Investigación:**

El Tipo de Investigación del estudio según la finalidad que persigue es aplicada y lo menciona Rodríguez (2019), indicando que el inconveniente de este tipo de investigación está determinado y es conocido por el indagador, por lo que emplea la exploración para dar contestación a interrogantes particulares. Según el enfoque es cuantitativa, así lo redacta International Market Research (2018), donde define que la investigación cuantitativa es una manera estructurada de recopilar y examinar datos conseguidos de diferentes fuentes, así mismo implica el uso de instrumentos informáticos, estadísticos, y matemáticos para alcanzar resultados. Según el nivel o alcance es descriptiva-propositiva, así lo menciona Conza (2016), ya que se busca especificar las propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analiza.

El diseño del presente estudio es no experimental, así lo menciona Cornejo (2009), quien define que en este tipo de investigación no se manipula intencionadamente las variables independientes, solo se realiza la observación de los fenómenos en su entorno natural para luego analizarlos.

#### **3.2. Operacionalización de Variables:**

El procedimiento de Operacionalización de variables se detalla en el Anexo 1

**Variable Independiente:** Diseño de una máquina perforadora de tubos Schedule 40.

**Variable Dependiente:** Producción de Filtros.

### 3.3. Población, Muestra, Muestreo, Unidad de Análisis:

Para Tamayo (2013), la población es el conjunto de un fenómeno en estudio, donde se debe medir un conjunto N de entidades que participan de una asignada característica.

Arias (2012), define que la muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población.

En la Tabla N°1 se indica la población y muestra para cada indicador.

Tabla N°1: Población y muestra

Indicadores	Unidad de análisis	Población	Muestra	Muestreo
Eficacia	Producción de filtros	-	-	-
Eficiencia	Producción de filtros	-	-	-
Tiempo de Producción	Proceso de Producción	-	-	-
Velocidad de Corte	Tubo Schedule 40	-	-	-
Fuerza de Corte	Tubos Schedule 40	-	-	-
Transmisión de potencia	Diseño de la Máquina	-	-	-
Costo de Fabricación	Diseño de la Máquina	-	-	-

Fuente: Elaboración propia, 2020

### 3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos:

Arias (2012), expresa que los métodos de recopilación de datos son los diferentes modos de conseguir la información. Tenemos como técnicas; la observación directa, la encuesta en sus dos formas: Oral o escrita, la entrevista y el análisis documental

En la Tabla N°2 se puede apreciar las técnicas e instrumentos que fueron utilizados para el recojo y posterior tratamiento de los datos con el fin de lograr los objetivos de la investigación.

Tabla N°2: Instrumentos

Indicador	Técnica	Instrumento
Eficacia	Revisión documentaria	Hoja de Medición de Eficacia del Servicio (Anexo 2)
Eficiencia	Revisión documentaria	Tabla de Producción de Filtros (Anexo 2)
Tiempo de Producción	Observación	Registro de Tiempos de Producción y Diagrama Analítico de Procesos. (Anexo 2)
Velocidad de corte	Revisión documentaria	Tabla de Valores recomendados para taladrar y Tabla de Propiedades Mecánicas ASTM A53 y AISI 405 (Anexo 2)
Fuerza Cortante	Revisión documentaria	Tablas de Factor de Desgaste de la Herramienta, Factor de material de Trabajo, Factor de borde de cincel para empuje, Factor de avance y Factor de empuje para diámetro de broca. (Anexo 2)
Transmisión de potencia	Revisión documentaria	Tabla de factores de servicio para bandas V y gráfica de selección de bandas 3V (Anexo 2)
Costo de Fabricación	Revisión documentaria	Hoja de Registros de Costos de Fabricación (Anexo 2)

Fuente: Elaboración propia, 2020

### **3.5. Procedimiento:**

Una vez que seleccionamos el diseño de investigación apropiado y la muestra adecuada, de acuerdo con nuestro problema de estudio e hipótesis, la siguiente etapa consiste en recolectar los datos pertinentes sobre los atributos, conceptos o variables de las unidades de análisis. Según Menéndez (2017) menciona que recolectar los datos implica elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico.

Para la obtención del primer objetivo específico, se han realizado 4 pasos, los cuales se detallan a continuación:

El primer paso fue la recolección de información de la producción de filtros en el año 2019; el segundo paso que se realizó fue tomar los datos obtenidos para determinar la eficacia y eficiencia; en el tercer paso que se sintetizó la información obtenida a través de un gráfico de barras; para finalizar se realizó un análisis e interpretación de los datos obtenidos.

Para la obtención del segundo objetivo específico, se han realizado 4 pasos, los cuales se detallan a continuación:

El primer paso fue tomar 10 mediciones de cada una de las etapas que intervienen en el proceso de fabricación de filtros; el segundo paso fue registrar la información en una tabla de tiempos; el tercer paso que se realizó fue establecer el tiempo promedio de cada actividad en estudio; en el cuarto paso se elaboró un diagrama analítico de procesos para determinar el tiempo total de producción.

Para la obtención del tercer objetivo, se han realizado 6 pasos, los cuales se detallan a continuación:

El primer paso fue definir las necesidades de la máquina a diseñar; en el segundo paso se estableció 3 modelos de solución, analizando sus ventajas y desventajas, así mismo los criterios y valores para su evaluación; en el tercer paso se realizó el análisis de viabilidad de cada una de las alternativas propuestas a través de una matriz de selección por ponderación, el cuarto paso fue tomar la decisión de cuál sería la maquinaria adecuada para diseñar, en el quinto paso se determinó la fuerza y velocidad de corte, además se seleccionó el sistema de transmisión; para finalizar se diseñó detalladamente cada uno de los componentes de la máquina.

Para la obtención del cuarto objetivo específico, se han realizado 5 pasos, los cuales se detallan a continuación:

El primer paso fue calcular el costo de materia prima a partir del peso de cada una de las piezas obtenidas en el programa Solidwork; en el segundo paso se determinó el costo de los componentes de la máquina; el tercer paso se estableció el costo de mano de obra especializada para la fabricación del equipo; el cuarto paso se estimó los costos para los accesorios de la maquinaria o contingencias futuras; el quinto paso se estimó el costo de ingeniería para el diseño, obteniendo así el costo de fabricación de la máquina.

### **3.6. Método de Análisis de Datos:**

Para el procesamiento y análisis de los datos se utilizó el Software Excel y para el diseño de la maquinaria fue necesario la utilización del Programa Solidwork.

### **3.7. Aspectos Éticos:**

Los aspectos éticos del presente proyecto de investigación se llevarán a cabo dentro del marco establecido por la universidad no faltando a la verdad ni a los valores, tanto en los resultados como en la totalidad de la investigación.

#### IV. RESULTADOS:

Para determinar la producción de filtros, se recurrió a la data histórica de la empresa.

En la Figura N°1 se muestran los resultados de la fabricación de filtros en el año 2019.

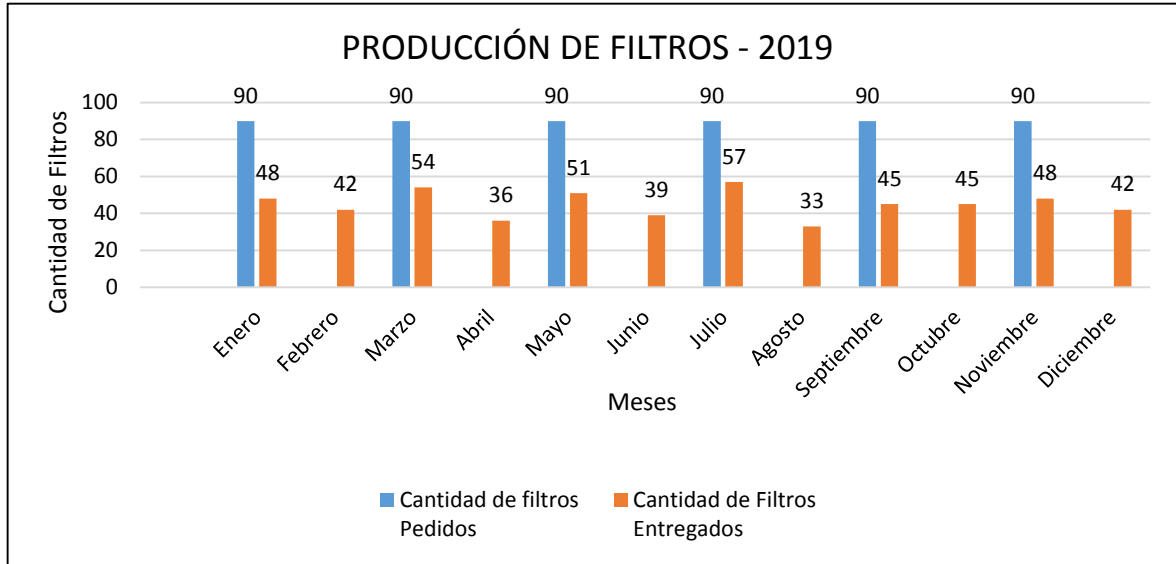


Figura N°1: Producción de filtros del año 2019

Fuente: Elaboración Propia en base a la Tabla de Producción del Anexo 4

En la figura N°1 se logró observar una producción anual de 540 filtros, donde los pedidos demandados fueron entregados bimestralmente.

Para evaluar la producción de la empresa Servicios Metalúrgicos Petroleros se utilizaron los indicadores de eficacia y eficiencia.

Para calcular el nivel de eficacia se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Cantidad de filtros producidos}}{\text{Cantidad de filtros pedidos}} \times 100$$

Los cálculos respectivos se encuentran en el Anexo 5.

Para calcular la eficiencia de la producción de filtros se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Cant. de F. E mes 1} \times \text{P. V} + \text{Cant. de F. E mes 2} \times \text{P. V}}{\text{Cant. de F. P} \times \text{P. V}} \times 100$$

Dónde:

P. V: Precio de Venta

F. E: Filros Entregados

F. P: Filtros Pedidos

Los cálculos respectivos se encuentran en el Anexo 6.

Después de haber realizado los cálculos correspondientes, en resumen, se tiene la Tabla N°3, la cual muestra la eficacia y eficiencia de la producción de filtros durante el año 2019.

Tabla N°3: Eficacia y eficiencia de la producción

Mes	Cantidad de filtros pedidos	Cantidad de Filtros producidos	Precio Unitario (\$)	Eficacia	Eficiencia
Enero	90	48	200	100%	88.3%
Febrero		42	150		
Marzo	90	54	200	100%	90.0%
Abril		36	150		
Mayo	90	51	200	100%	89.2%
Junio		39	150		
Julio	90	57	200	100%	90.8%
Agosto		33	150		
Septiembre	90	45	200	100%	87.5%
Octubre		45	150		
Noviembre	90	48	200	100%	88.3%
Diciembre		42	150		

Fuente: Elaboración propia, 2020

En la Tabla N°3 se observó que la empresa tuvo una eficacia promedio del 100%, es decir que la organización cumplió con todos los filtros pedidos, sin embargo, su eficiencia promedio fue del 89%, esto se debió a que la corporación recibió penalidades por no entregar a tiempo la cantidad de filtros solicitados, por lo tanto, este análisis nos indica que debe mejorarse el tiempo de fabricación de filtros.

De acuerdo al método de Ingeniería que se utilizó (DAP), describiremos cada proceso para la fabricación de filtros.

El tubo primario es marcado con una tiza a una longitud de 1.20 mts, luego con apoyo de una amoladora este es cortado de acuerdo a la medida especificada, posterior a esto el operario empieza a trazar 12 líneas a la parte exterior del tubo, ya trazado se comienza a perforar el tubo mediante un taladro de columna, teniendo como objetivo perforar 1332 orificios , después de esta actividad se procede a limpiar el tubo mediante una varilla, el fin de realizar esta operación es eliminar la viruta que ha quedado estancada en cada uno de los orificios que han sido perforados, seguidamente se realiza una inspección visual de todas las etapas del proceso que se han realizado anteriormente.

Luego que el tubo principal ha sido perforado es llevado al torno para realizarle el hilado, posterior a esta operación se le coloca el Tapón utilizando una llave Stillson, ya asegurado este se realiza el montaje del tubo secundario, después de esto es colocado de forma vertical para su respectivo llenado de confitillo, este a su vez es golpeado con un martillo para lograr su uniformidad.

Después se coloca el Niple y el Tapón utilizando una llave Stillson, luego se limpia de manera manual el tubo con el fin de eliminar cualquier impureza que se haya quedado penetrada en el material para proceder a pintar con un spray el tubo de color plomo dándole así una mejor presentación al producto y mayor durabilidad; además se le coloca cinta de embalaje a cada uno de los hilos que contiene el tubo, esto se realiza con la finalidad que los filtros no se puedan dañar durante su proceso de transporte, para finalizar se realiza una inspección final a todas las etapas del proceso para así entregar un producto de calidad y con garantía al cliente.

Después que se describió el proceso de fabricación de filtros, se procedió a determinar el tiempo estándar de la producción de acuerdo a las mediciones que se realizaron en el año 2019, las cuales se encuentran en el anexo 2.



En la tabla N°4 se muestra el tiempo estándar

Tabla N°4: Tiempo estándar de producción

TIEMPO ESTÁNDAR	
Etapas de Producción	Tiempo Estándar (Hr:min:seg)
Marcado	0:00:20
Cortado	0:03:00
Trazado	0:01:20
Perforado	7:20:40
Limpieza Manual	0:08:00
Inspección Visual	0:05:00
Hilado	1:00:00
Roscado	0:02:00
Montaje de Tubo Secundario	0:01:00
Llenado de confitillo	0:10:00
Roscado de Tapon y Niple	0:02:00
Limpieza Manual	0:03:00
Pintado	0:07:00
Encintado	0:00:30
Inspección Final	0:10:00
Tiempo Total de Producción	9:13:50

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°4 se logró observar el tiempo estándar de cada una de las etapas que intervienen en el proceso, identificando que el cuello de botella está en la operación de perforado (7:20:40 hr). Por lo tanto, con el diseño propuesto se mejorará el tiempo de producción de filtros.

Luego de haber determinado el tiempo estándar de producción, se realizó un Diagrama Analítico de Procesos, el cual se encuentra en el Anexo 2.

En la tabla N°5 se muestra el resumen del DAP

Tabla N°5: Resumen del diagrama analítico de proceso

Actividad	Actual
Operación	13
Transporte	0
Espera	0
Inspección	2
Almacenamiento	0

Fuente: Elaboración propia, 2020

En la Tabla N°5 se identificaron un total de 15 actividades, de las cuales 13 son operaciones y 2 son inspecciones.

Para realizar el diseño de la máquina se necesita un equipo que perforo tubos Schedule 40, con un diámetro exterior de 1.5” y un espesor de 3.68 mm bajo una broca de 3/16 pulg.

Luego de haber identificado la necesidad, se procedió a conceptualizar el diseño de la máquina, detallando 3 modelos, los cuales son los siguientes:

### **Modelo 1:**

En el primer modelo se analizó un taladro de columna, donde sus principales partes son el husillo, la base de la máquina, mesa de trabajo, el motor, la manivela, entre otras.

En la Figura N°2 se muestra el equipo con el que trabaja actualmente la empresa Sermeper S.R.L



Figura N°2: Taladro de Columna

Fuente: Venegas (2017)

En la siguiente figura se observa una máquina comercial, teniendo como ventajas su fácil mantenimiento, Confiabilidad y como desventajas destacan: su baja eficiencia y alto costo.

## Modelo N°2

En el segundo modelo se analizó una perforadora hidráulica, siendo sus principales partes: pistones hidráulicos, mangueras, mando hidráulico, válvula de alivio, manómetro de presión, motor, bomba y perforador.

En la Figura N°3 se muestra una perforadora hidráulica utilizando 3 pistones hidráulicos.

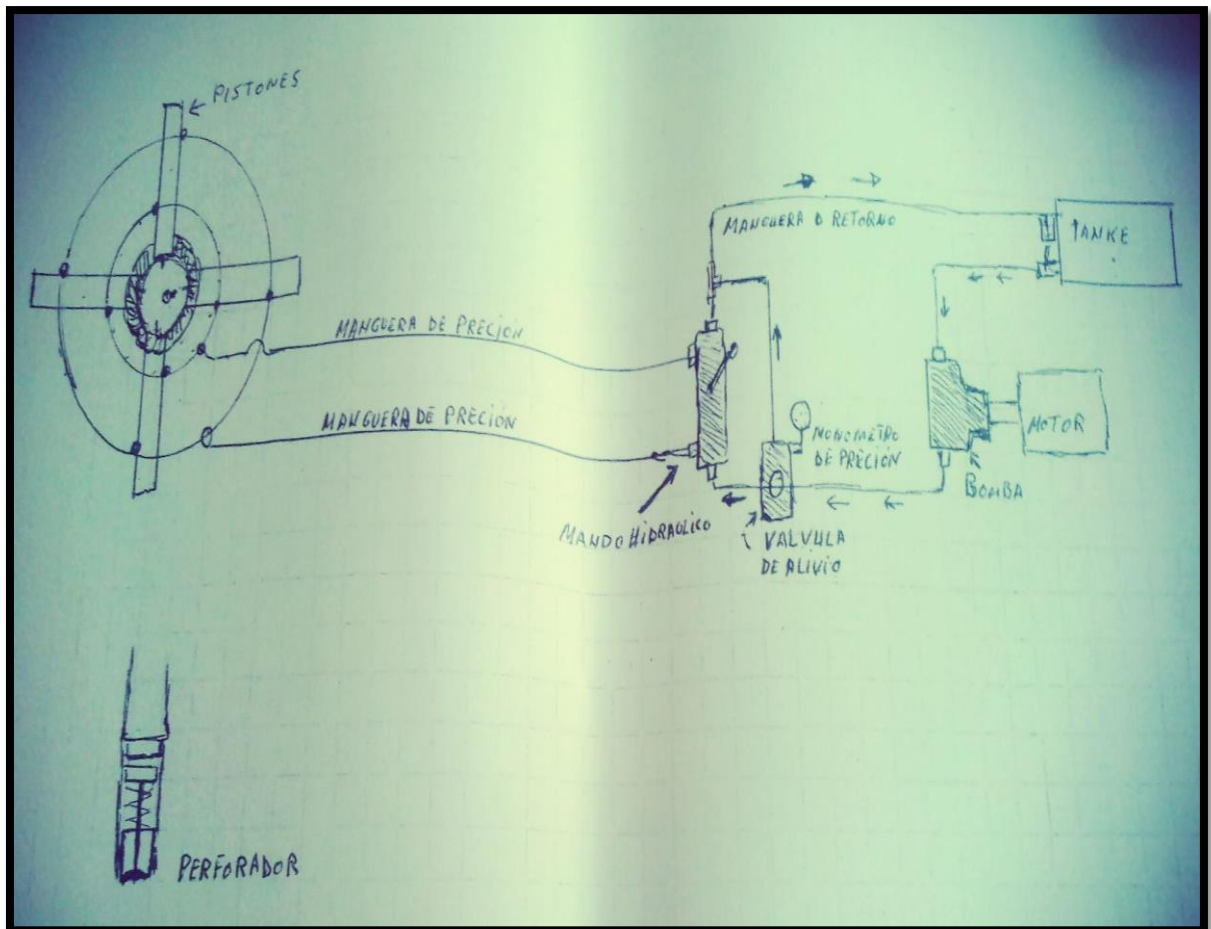


Figura N°3: Perforadora hidráulica

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente figura se observa una perforadora hidráulica, donde su principal ventaja es la confiabilidad y como desventajas destacan: su costo elevado y difícil mantenimiento.

### Modelo N°3

Como tercer modelo se realizó un taladro de banco con husillo múltiple, donde sus principales partes son un motor, la palanca, el soporte del tubo, la base de la máquina, el soporte del motor, los engranajes, el eje, entre otras.

En la figura N°4 se muestra una máquina perforadora de tubos de material Schedule 40 mediante el uso de 3 brocas.

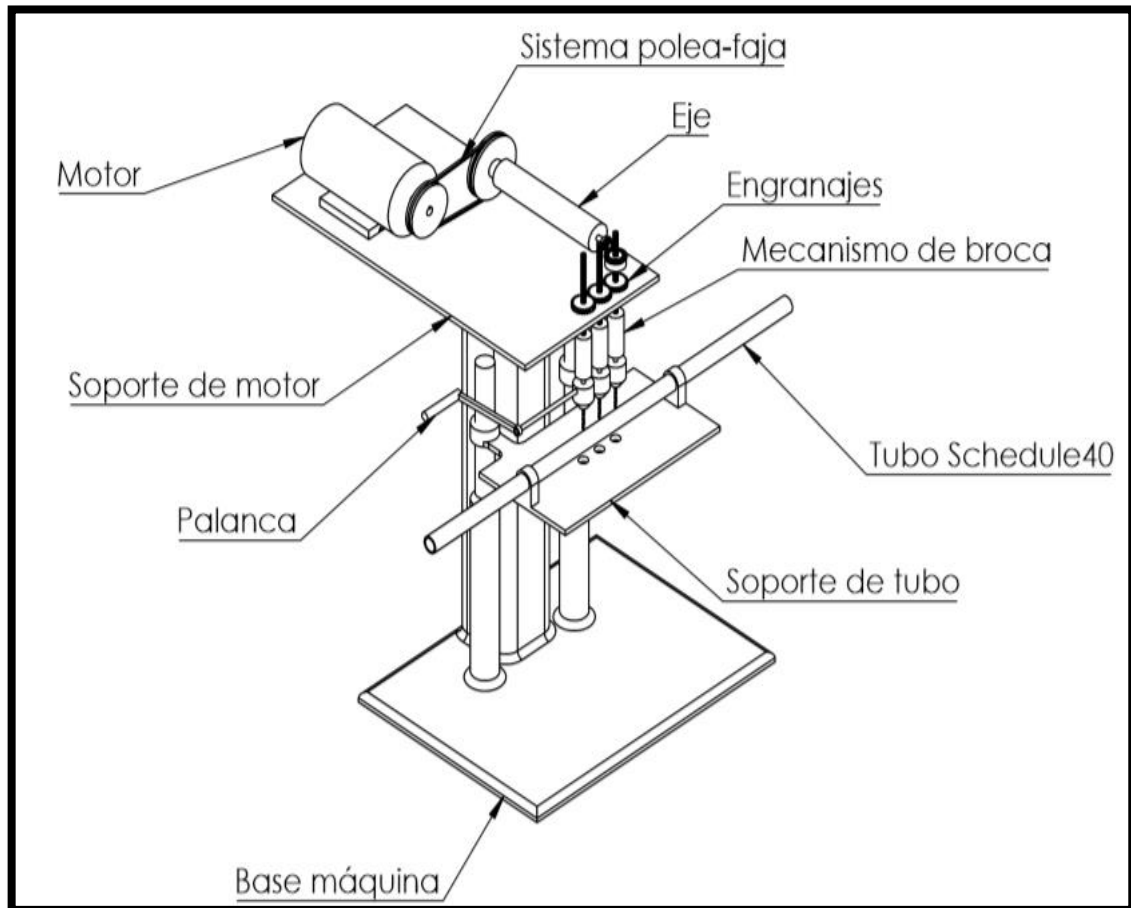


Figura N°4: Perforadora con husillo múltiple

Fuente: Elaboración Propia.

En la siguiente figura se observa una máquina perforadora de tubos, teniendo como ventaja la mayor eficiencia de trabajo y como desventaja resalta su baja confiabilidad.

Luego de haber dado a conocer los modelos alternativos, se establecerán los criterios de evaluación que se tomarán en cuenta para realizar la matriz de selección por ponderación, los cuales son presentados a continuación:

- **Mantenimiento:** Se consideró este criterio por la necesidad de realizar un correcto mantenimiento preventivo al dispositivo.
- **Seguridad:** Se permitió evaluar la seguridad con la que se diseñó el dispositivo; este criterio es el de mayor importancia, ya que lo que se busca es que el dispositivo sea seguro para el usuario.
- **Costo:** Se evaluó el costo de fabricación del dispositivo sea accesible.
- **Eficacia:** En este criterio se consideró evaluar la cantidad de tubos perforados durante las horas utilizadas.
- **Eficiencia:** Se evaluó las horas de trabajo utilizadas en la perforación de tubos
- **Confiabilidad:** Permitted evaluar que tanto puede trabajar el dispositivo sin presentar fallas.

Para la evaluación de la matriz se consideró los siguientes valores:

1=No cumple

2=Cumple las condiciones mínimas

3=Cumple las condiciones óptimas

Después de haber establecido los criterios de evaluación, se procedió a realizar el análisis de viabilidad utilizando la matriz de Selección por Ponderación.

En la tabla N°6 se presenta la matriz de selección por Ponderación de los 3 modelos de diseño que se ha considerado evaluar, la cual es la siguiente:

Tabla N°6: Matriz de selección por ponderación

Diseño de una máquina perforadora de tubos		Modelo N.º 1		Modelo N.º 2		Modelo N.º 3	
Criterio	Pond (%)	P	PP	P	PP	P	PP
Mantenimiento	10	3	0,3	1	0,1	3	0,3
Seguridad	25	3	0,75	2	0,5	2	0,5
Costo	15	2	0,3	1	0,15	3	0,45
Eficacia	20	1	0,2	2	0,4	2	0,4
Eficiencia	20	1	0,2	2	0,4	3	0,6
Confiability	10	3	0,3	2	0,2	1	0,1
Total	100	13	2,05	10	1,75	14	2,35

Fuente: Elaboración propia, 2020

En la Tabla N°6 se observa la matriz de selección por Ponderación de las tres alternativas de diseño, donde se establecieron 6 criterios, asignando a cada uno de estos un ponderado de acuerdo a su nivel de importancia, además se realizó la evaluación de los modelos propuestos, tomando la decisión que el modelo N°3 es la mejor alternativa de diseño con un puntaje de 14 puntos.

Una vez elegida la mejor alternativa de diseño, se procedió a determinar la velocidad y fuerza de corte, para ello fue necesario conocer las propiedades mecánicas del material del tubo a perforar.

En la Tabla N°7 se detallan las propiedades mecánicas del Acero ASTM A53

Tabla N°7: Propiedades mecánicas del ASTM A53

TIPO S	
GRADO B	
<b>Resistencia a la Tracción, Min, Psi [Mpa]</b>	60 000 [415]
<b>Limite elástico, Min, Psi [Mpa]</b>	35 000 [240]
<b>Elongación (Min)</b>	20%

Fuente: Casallas, y otros (2014)

Luego de haber determinado las propiedades mecánicas del tubo, se procedió a encontrar la dureza del tubo, para ello se debe especificar que el acero ASTM A53 es equivalente al AISI 405.

En la Tabla N°8 se muestra la dureza del material del tubo a perforar.

Tabla N°8: Características mecánicas del AISI 405

Características Mecánicas				
AISI	Resistencia a la Tracción	Limite Elástico	Dureza	
	Kg/mm <sup>2</sup>	Kg/mm <sup>2</sup>	H R <sub>b</sub> Máx.	Brinell Máx.
201	70-80	30	95	201
301	52-75	21	88	185
302	52-70	21	88	183
302 B	55-75	21	88	183
303	52-70	21	90	180
304	50-70	21	88	183
304 L	50-65	18	88	183
304 H	75	30	92	183
304 LN	75	30	92	202
305	50-70	20	88	183
308	50-70	21	88	183
309	50-75	25	95	217
309 S	50-75	25	95	217
310	50-75	25	95	217
310 S	50-75	25	95	217
314	50-75	25	95	217
316	50-75	21	95	217
316 L	50-70	18	95	217
316 N	80	35	95	217
316 LN	75	30	95	217
316 Ti	50-78	25	95	217
317	55-75	25	90	217
317 L	80	35	95	217
321	55-75	25	88	183
321 H	75	30	95	217
347	55-75	25	92	201
348	55-75	25	92	201
403-410 S	45-60	24	90	183
405	42-53	25	88	183
410	45-88	30	95	217
416	45-74	24	98	215
420	55-77	33	95	220
430	45-62	25	90	185
430 F	45-63	25	-	185
431	84-92	65	-	270
440 A	65-80	30	95	-
440 B	75-85	40	-	-
446	52-60	31	90	185

Fuente: Ingemecánica (2020)

De acuerdo a la Tabla N°7 y Tabla N°8 se determinaron las siguientes propiedades mecánicas del material del tubo a perforar, las cuales son:

- Resistencia a la tracción: 60 psi
- Limite elástico: 35 psi
- Dureza: 183 BHN



Teniendo como dato que la dureza del material del tubo Schedule 40 es de 183 BHN, se procedió a calcular la velocidad de corte.

En la Tabla N°9 se detallan los valores recomendados para taladrar

Tabla N°9: Valores recomendados a taladrar

Workpiece material	Hardness [Bhn]	Cutting material	Cutting speed				Feed rate per revolution			
			Vc [feet/min]		Vc [m/min]		f [inch]		f [mm]	
			MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
Cast irons	190..320	High speed steel	33	295	10	90	0,002	0,008	0,050	0,200
Steel - plain carbon	85. .200	High speed steel	49	148	15	45	0,002	0,008	0,050	0,200
Steel - alloys	35..50Rc	High speed steel	16	66	5	20	0,002	0,008	0,050	0,200
Steel - tool	50. .58Rc	High speed steel	16	66	5	20	0,002	0,008	0,050	0,200
Steel - stainless	150..450	High speed steel	16	33	5	10	0,002	0,008	0,050	0,200
Aluminum alloys	30. . . 150	High speed steel	16	377	5	115	0,002	0,008	0,050	0,200
Copper alloys	80...100Rb	High speed steel	66	230	20	70	0,002	0,008	0,050	0,200
Nickel alloys	80...360	High speed steel	33	66	10	20	0,002	0,008	0,050	0,200
Titanium	250..375	High speed steel	16	49	5	15	0,002	0,008	0,050	0,200

Fuente: Dynamax (2010)

Para calcular la velocidad de corte se utilizó la tabla N°9 de valores recomendados para taladrar, la cual se expresa de la siguiente forma:

$$\frac{Vc - 148 \frac{\text{Feet}}{\text{minuto}}}{49 \frac{\text{Feet}}{\text{minuto}} - 148 \frac{\text{Feet}}{\text{minuto}}} = \frac{183 \text{ Bhn} - 85 \text{ Bhn}}{200 \text{ Bhn} - 85 \text{ Bhn}}$$

$$200 Vc - 29600 \frac{\text{Feet}}{\text{minuto}} - 85 Vc + 12580 \frac{\text{Feet}}{\text{minuto}} = 8967 - 27084 - 4165 + 12580$$

$$200 Vc - 85 Vc = 29600 \frac{\text{Feet}}{\text{minuto}} - 12580 \frac{\text{Feet}}{\text{minuto}} + 8967 - 27084 - 4165 + 12580$$

$$115 Vc = 7318 \frac{\text{Feet}}{\text{minuto}}$$

$$Vc = \frac{7318 \frac{\text{Feet}}{\text{minuto}}}{115}$$

$$Vc = 63.63 \frac{\text{Feet}}{\text{min}}$$

Por lo tanto, la velocidad de corte es de 63.63 pies/min.

Luego de haber hallado la velocidad de corte, se procedió a calcular la velocidad de avance, donde se utilizó la Tabla N°9 de valores recomendados para taladrar.

Para hallar la velocidad de avance se realizó una interpolación, la cual es definida de la siguiente manera:

$$\frac{f - 0,008 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}}}{0,002 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}} - 0,008 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}}} = \frac{183 \text{ Bhn} - 85 \text{ Bhn}}{200 \text{ Bhn} - 85 \text{ Bhn}}$$

$$200 f - 1,6 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}} - 85f + 0,68 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}} = 0,366 - 1,464 - 0,17 + 0,68$$

$$200 f - 85 f = 1,6 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}} - 0,68 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}} + 0,366 - 1,464 - 0,17 + 0,68$$

$$115 f = 0.332 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}}$$

$$f = \frac{0.332 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}}}{115}$$

$$f = 0,003 \text{ pulg/rev}$$

Por lo tanto, la velocidad de avance es de 0,003 pulg/rev.

Después de haber calculado la velocidad de avance, se procedió a determinar la fuerza de corte, para ello primero debemos encontrar el factor de avance.

En la Tabla N°10 se detallan los valores del Factor de Avance.

Tabla N°10: Factor de avance

Inch Units				SI Metric Units			
Feed inch/rev.	F <sub>f</sub>	Feed inch/rev.	F <sub>f</sub>	Feed mm/rev.	F <sub>f</sub>	Feed mm/rev.	F <sub>f</sub>
0.0005	0.0023	0.012	0.029	0.01	0.025	0.30	0.382
0.001	0.004	0.013	0.031	0.03	0.060	0.35	0.432
0.002	0.007	0.015	0.035	0.05	0.091	0.40	0.480
0.003	0.010	0.018	0.040	0.08	0.133	0.45	0.528
0.004	0.012	0.020	0.044	0.010	0.158	0.50	0.574
0.005	0.014	0.022	0.047	0.12	0.183	0.55	0.620
0.006	0.017	0.025	0.052	0.15	0.219	0.65	0.708
0.007	0.019	0.030	0.060	0.18	0.254	0.75	0.794
0.008	0.021	0.035	0.068	0.20	0.276	0.90	0.919
0.009	0.023	0.040	0.076	0.22	0.298	1.00	1.000
0.010	0.025	0.050	0.091	0.25	0.330	1.25	1.195

Fuente: Dynamax (2010)

De acuerdo a la tabla N°10, trabajando en el sistema de pulgadas y teniendo conocimiento que la velocidad de avance de acuerdo a lo calculado anteriormente es de 0,003 pulg/rev, obtenemos que el factor de avance ( $F_f$ ) es de 0,010 pulg.

Luego que ya se halló el valor del factor de avance, se procedió a encontrar el Factor de Empuje y Factor de Torque.

En la Tabla N°11 se detallan los valores de Factor de Empuje y Torque.

Tabla N°11: Factor de empuje y torque

Inch Units						SI Metric Units					
Drill Dia. Inch	$F_T$	$F_M$	Drill Dia. Inch	$F_T$	$F_M$	Drill Dia. mm	$F_T$	$F_M$	Drill Dia. mm	$F_T$	$F_M$
0.063	0.110	0.007	0.875	0.899	0.786	1.60	1.46	2.33	22.00	11.86	260.8
0.094	0.151	0.014	0.938	0.950	0.891	2.40	2.02	4.84	24.00	12.71	305.1
0.125	0.189	0.024	1.000	1.000	1.000	3.20	2.54	8.12	25.50	13.34	340.2
0.156	0.226	0.035	1.063	1.050	1.116	4.00	3.03	12.12	27.00	13.97	377.1
0.188	0.263	0.049	1.125	1.099	1.236	4.80	3.51	16.84	28.50	14.58	415.6
0.219	0.297	0.065	1.250	1.195	1.494	5.60	3.97	22.22	32.00	16.00	512.0
0.250	0.330	0.082	1.375	1.290	1.774	6.40	4.42	28.26	35.00	17.19	601.4
0.281	0.362	0.102	1.500	1.383	2.075	7.20	4.85	34.93	38.00	18.36	697.6
0.313	0.395	0.124	1.625	1.475	2.396	8.00	5.28	42.22	42.00	19.89	835.3
0.344	0.426	0.146	1.750	1.565	2.738	8.80	5.66	50.13	45.00	21.02	945.8
0.375	0.456	0.171	1.875	1.653	3.100	9.50	6.06	57.53	48.00	22.13	1062
0.438	0.517	0.226	2.000	1.741	3.482	11.00	6.81	74.90	50.00	22.86	1143
0.500	0.574	0.287	2.250	1.913	4.305	12.50	7.54	94.28	58.00	25.75	1493
0.563	0.632	0.355	2.500	2.081	5.203	14.50	8.49	123.1	64.00	27.86	1783
0.625	0.687	0.429	2.750	2.246	6.177	16.00	9.19	147.0	70.00	29.93	2095
0.688	0.741	0.510	3.000	2.408	7.225	17.50	9.87	172.8	76.00	31.96	2429
0.750	0.794	0.596	3.500	2.724	8.535	19.00	10.54	200.3	80.00	36.53	3293
0.813	0.847	0.689	4.000	3.031	12.13	20.00	10.98	219.7	100.00	39.81	3981

Fuente: Dynamax (2010)

De acuerdo a la Tabla N°11, se tiene que el factor de empuje ( $F_T$ ) es de 0,263 pulg y el Factor de Torque ( $F_M$ ) es de 0,049 pulg. Teniendo como dato que se va a trabajar con una broca de 3/16 pulg, lo que es equivalente a 0,1875 pulg.

Después de haber hallado el factor de avance, empuje y torque, se procedió a encontrar los valores A, B y J, como es una broca estándar para hallar estos valores, se toma el valor  $c/d = 0,18$ .

En la tabla N°12 se detallan los valores del factor de borde de cincel para empuje.

Tabla N°12: Factor de borde de cincel para empuje

c/d	Approx. w/d	Torque Factor A	Thrust Factor B	Thrust Factor J	c/d	Approx. w/d	Torque Factor A	Thrust Factor B	Thrust Factor J
0.03	0.025	1.000	1.100	0.001	0.18	0.155	1.085	1.355	0.030
0.05	0.045	1.005	1.140	0.003	0.20	0.175	1.105	1.380	0.040
0.08	0.070	1.015	1.200	0.006	0.25	0.220	1.155	1.445	0.065
0.10	0.085	1.020	1.235	0.010	0.30	0.260	1.235	1.500	0.090
0.13	0.110	1.040	1.270	0.017	0.35	0.300	1.310	1.575	0.120
0.15	0.130	1.080	1.310	0.022	0.40	0.350	1.395	1.620	0.160

Fuente: Dynamax (2010)

De acuerdo a la Tabla N°12 obtenemos que el valor de  $A = 1,085$ ;  $B = 1,355$  y  $J = 0,030$ .

Después de haber encontrado los valores de A, B Y J, se procedió a hallar el factor de material de trabajo,

En la Tabla N°13 se detalla los valores del Factor de material de Trabajo.

Tabla N°13: Factor de material de trabajo

Work Material	Constant $K_d$
AISI 1117 (Resulfurized free machining mild steel)	12,000
Steel, 200 Bhn	24,000
Steel, 300 Bhn	31,000
Steel, 400 Bhn	34,000
cast Iron, 150 Bhn	14,000
Most Aluminum Alloys	7,000
Most Magnesium Alloys	4,000
Most Brasses	14,000
Leaded Brass	7,000
Austenitic Stainless Steel (Type 316)	24,000 <sup>a</sup> for Torque 35,000 <sup>a</sup> for Thrust
Titanium Alloy T16A	18000 <sup>a</sup> for Torque 29,000 <sup>a</sup> for Thrust
Rent 41	40,000 <sup>ab</sup> min.
Hastelloy-c	30,000 <sup>a</sup> for Torque 37,000 <sup>a</sup> for Thrust

Fuente: Dynamax (2010)

De acuerdo a la Tabla N°13, se ha considerado como factor de material de trabajo una constante de 14, 000 ya que se encuentra dentro del rango de la dureza del material.

Teniendo la constante ya definida, se procedió a encontrar el factor de desgaste de la herramienta.

En la Tabla N°14 se detalla el factor de desgaste de la herramienta

Tabla N°14: Factor de desgaste de la herramienta

Type of Operation		W
For all operations with sharp cutting tools:		1.00
<b>Turning</b>	Finish turning (light cuts)	1.10
	Normal rough and semifinish turning	1.30
	Extra-heavy-duty rough turning	1.60 - 2.00
<b>Milling</b>	Slab milling	1.10
	End milling	1.10
	Light and medium face milling	1.10 - 1.25
<b>Drilling</b>	Extra-heavy-duty face milling	1.30 - 1.60
	Normal drilling	1.30
	Drilling hard-to-machine materials and drilling with a very dull drill	1.50
<b>Broaching</b>	Normal broaching	1.05 - 1.10
	Heavy-duty surface broaching	1.20 - 1.30

Fuente: Dynamax (2010)

De acuerdo a la Tabla N°14, se ha considerado un factor de desgaste de herramienta 1 (a todas las operaciones de corte se establece este valor).

Luego de haber obtenido cada uno de los datos requeridos, se procedió a determinar la fuerza de corte, mediante la siguiente formula:

$$T = 2 K_d F_f F_t B W + K_d d^2 J W$$

Dónde:

$K_d$  : Factor de material de trabajo.

$F_f$ : Factor de avance.

$F_t$ : Factor de empuje.

B: Factor de borde para empuje.

W: Factor de desgaste de la herramienta.

J: Factor de borde de cincel para empuje.

d: Diámetro de la broca.

Reemplazando los datos en la fórmula nos queda de la siguiente manera:

$$T = 2 K_d F_f F_t B W + K_d d^2 J W$$

$$T = 2 * 14000 * 0,010 * 0,263 * 1,355 * 1 + 14000 * 01875^2 * 0,030 * 1$$

$$T = 114.55 \text{ lb}$$

Por lo tanto, la Fuerza de corte que necesita nuestra máquina es de 114,55 lb.

De acuerdo a los factores encontrados para calcular la fuerza de corte, se procedió a hallar el torque necesario para que la maquina remueva el material del tubo.

$$M = K_d F_f F_M A W$$

$$M = 14000 \times 0,010 \times 0,049 \times 1,085 \times 1$$

$$M = 7,44 \text{ lb/pulg}$$

Por lo tanto, el torque es 7,44 lb/pulg.

Luego de haber determinado el torque de nuestra máquina, se procedió a hallar la velocidad de husillo mediante la siguiente fórmula:

$$N = \frac{12V_c}{\pi d}$$
$$N = \frac{12 \times 63.63}{3,1416 \times 0,1875}$$
$$N = 1296 \text{ rpm}$$

Por lo tanto, la velocidad del husillo es de 1296 rpm.

Después de haber encontrado la velocidad del husillo, se procedió a calcular la potencia de nuestro motor mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{MN}{63025}$$
$$P = \frac{7,44 \times 1296}{63025}$$
$$P = 0,153 \text{ HP}$$

Entonces, como el sistema consta de triple husillo se necesita una potencia estimada mínima de 0.459 HP.

Después de haber hallado la velocidad y fuerza de corte para el diseño de la maquinaria a realizar, se procedió a seleccionar el Sistema de Transmisión mediante la utilización de una Matriz de Selección por Ponderación.

Cruz (2010), señala que para poder transmitir la potencia del motor hacia una máquina existen dos mecanismos utilizados en la mecánica que son: las polea-correa y los engranajes.

En la figura N°5 se muestra el sistema de transmisión Polea – Correa

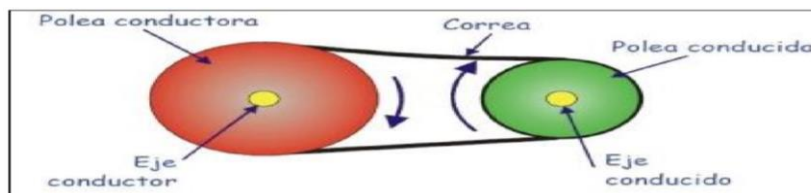


Figura N°5: Sistema de transmisión polea - correa

Fuente: Cruz (2010)

En la figura N°5 se muestra el sistema de transmisión polea – correa, el cual presenta las siguientes ventajas: fiabilidad, bajo coste, funcionamiento silencioso, no precisa lubricación, elasticidad, sin embargo, su principal desventaja es la tensión alta.

En la Figura N°6 se muestra el sistema de Transmisión de Engranajes

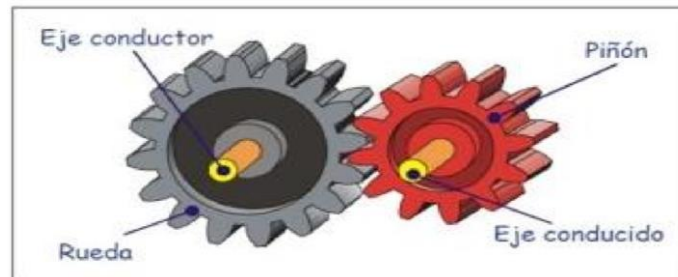


Figura N°6: Sistema de transmisión de engranajes

Fuente: Cruz (2010)

En la figura N°6 se muestra el sistema de transmisión de engranajes, el cual presenta las siguientes ventajas: funcionamiento silencioso, mayor eficiencia mecánica, sin embargo, sus principales desventajas es su alto coste, poca flexibilidad y lubricación (engrase) para poder evitar el desgaste prematuro de los dientes y así reducir el ruido de funcionamiento.

Después de haber dado a conocer sobre las ventajas y desventajas de los dos sistemas de transmisión más comunes en la mecánica, procedemos a realizar la matriz de evaluación, para ello se consideraron los siguientes criterios:

- Seguridad: Permite evaluar la seguridad con la que se diseñaría el mecanismo.
- Montaje: Este criterio evalúa con qué facilidad se puede instalar el mecanismo.
- Costo: Se consideró los costos de fabricación o compra de los componentes del mecanismo.
- Eficiencia mecánica: Este criterio permitió evaluar el rendimiento del mecanismo.

Para continuar con la matriz de ponderación se debe definir la puntuación, la cual será:

1=Bajo

2=Alto

Para los casos particulares de los criterios de montaje y costo la puntuación será distinta:

- Si su montaje es sencillo tendrá valor de 2, si es complejo tendrá valor de 1.
- Si su costo es alto tendrá valor de 1, si es bajo tendrá valor de 2.

En la tabla N°15 se presenta la matriz de selección por Ponderación de la elección del mecanismo de transmisión, la cual es la siguiente:

Tabla N°15: Matriz de selección por ponderación del mecanismo de transmisión

Elección de mecanismo de transmisión		Sistema polea-correa		Sistema de engranajes	
Criterio	Pond (%)	P	PP	P	PP
Seguridad	30	2	0,6	2	0,6
Montaje	20	2	0,4	1	0,2
Costo	25	2	0,5	1	0,25
Eficiencia mecánica	25	1	0,25	2	0,5
Total	100	7	1,75	6	1,55

Fuente: Elaboración propia, 2020

En la Tabla N°15 se muestra la matriz de selección por ponderación de los dos mecanismos de Transmisión de la máquina a diseñar, donde se establecieron 5 criterios, para ello se le fué asignado a cada uno de estos un ponderado de acuerdo a su nivel de importancia, además se realizó una evaluación de cada uno de los mecanismos, llegando a la conclusión que el Sistema polea – correa es el mejor mecanismo de transmisión con un puntaje de 7 puntos.

Una vez elegido el correcto mecanismo de trasmisión, se procedió a realizar los cálculos de poleas y correas.

En los cálculos anteriores ya hemos determinado la potencia del motor la cual es 0.459 HP, a esta potencia hallada la multiplicaremos por un factor de seguridad 3, por lo tanto, el motor a escoger debe ser mayor a la potencia de 1.377 HP.

Para esto se ha seleccionado un motor de 1.5HP a 1730 rpm.



En la Figura N°7 se muestran las características del motor seleccionado.

**Motor 1.5 cv 4P F56H 1F 110-127/220-254 V 60 Hz IC01 - ODP - Con pies**

Producto: 14639572



Motor ODP de carcasa de chapa, para uso general, desarrollado para atender las más variadas aplicaciones en ambientes donde la suciedad y la humedad son mínimas. Opcionalmente, puede ser suministrado con condensador de arranque, eje y brida, conforme norma NEMA.

**Resumen de las características técnicas**

Norma	ABNT NBR 17094	Potencia	1.5 cv
Frecuencia	60 Hz	Fijación	Con pies
Tensión	110-127/220-254 V	Brida	Sin
Numero de polos	4	Forma constructiva	B3D
Grado de protección	IP21	Caja de conexión <sup>1</sup>	Sin caja de conexión
Rotación sincrónica	1800 rpm	Refrigeración	IC01 - ODP

Figura N°7: Características técnicas del motor seleccionado.

Fuente: Weg (2019)

En la Tabla N°16 se muestran los factores de servicio para bandas V.

Tabla N°16: Factor de servicio para bandas V

Tipo de máquina impulsada	Motores de CA: par torsional normal <sup>2</sup> Motores de CD: bobinado en derivación Motores de combustión: múltiples cilindros			Motores de CA: Alto par torsional <sup>1</sup> Motores de CD: bobinado en serie, bobinado compuesto Motores de combustión: 4 cilindros o menos		
	<6 h por día	6-15 h por día	>15 h por día	<6 h por día	6-15 h por día	>15 h por día
Agitadores, sopladores, ventiladores, bombas centrífugas, transportadores ligeros	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Generadores, máquinas herramienta, mezcladores, transportadores de grava	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Elevadores de cangilones, máquinas textiles, molinos de martillos, transportadores pesados	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Trituradoras, molinos de bolas, malacates, extrusoras de hule	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8
Toda máquina que se pueda ahogar	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

<sup>1</sup>Síncronos, fase dividida, trifásicos con par de torsión de arranque o par de torsión al paro máximo menor que 175% de par torsional con carga total.  
<sup>2</sup>Monofásicos, trifásicos con par de torsión de arranque o par de torsión al paro máximo menor que 175% de par torsional con carga total.

Fuente: Mott (2006)

De acuerdo a la Tabla N°16 se determinó que el factor de servicio es de 1.2 considerando que nuestra maquinaria va a operar de 6-15 hr por día.

En la figura N°8 se presenta la gráfica para la selección de bandas en V

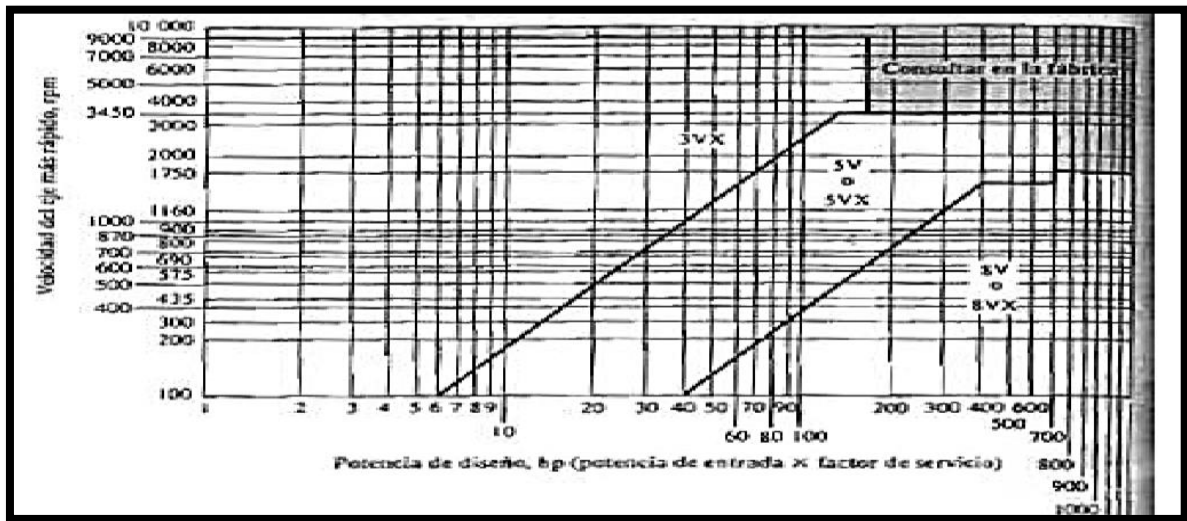


Figura N°8: Gráfica para la selección de bandas en V

Fuente: Mott (2006)

De acuerdo a la Figura N°8 se establece la relación entre la velocidad del eje más rápido (motor), el cual es de 1730 rpm y la potencia de diseño que es de 1,377 HP. De acuerdo a la gráfica mostrada la banda ideal para nuestro diseño va a ser de 3V.

Después de haber establecido esta relación y continuando con los cálculos se eligió el diámetro de la polea del motor, la cual es de 120 mm (4,72pulg).

Teniendo los datos del motor y el diámetro de la polea del motor hallamos el diámetro del husillo utilizando la siguiente fórmula:

$$N_1 \times D_1 = N_2 \times D_2$$

$$8165.6 = 1296 \times D_2$$

$$D_2 = 6,30 \text{ pulg}$$

Por lo tanto, el diámetro de la polea es de 6,30 pulg.

Teniendo el diámetro de la polea del motor se determina la distancia entre centros sugerido por Mott, la cual se expresa de la siguiente manera:

$$D_2 < C < 3(D_2 + D_1)$$

$$6,30 < C < 3(6,30 + 4,72)$$

$$6,30 < C < 33,06$$

De acuerdo a lo calculado la distancia entre centros debe ser mayor al diámetro de la polea mayor y menor a 3 veces de la suma de los diámetros de las poleas, lo que se estima que el valor es de 7 pulg.

Siguiendo las fórmulas de Mott calculamos la longitud de las bandas usando las siguientes fórmulas:

$$L = 2C + 1,57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)}{4C}$$

$$L = 2(7) + 1,57(6,30 + 4,72) + \frac{(6,30 - 4,72)}{4(7)}$$

$$L = 31,36 \text{ pulg}$$

De acuerdo a lo calculado, se tiene que el valor de la longitud de las bandas es de 31,36 pulg. Además, se recurre a la tabla de longitudes de bandas estándar.

En la Tabla N°17 se muestran las longitudes de bandas estándar 3V, 5V y 8V(pulg)

Tabla N°17: Longitud de bandas estándar 3V, 5V, 8V

Sólo 3V	3V y 5V	3V, 5V y 8V	5V y 8V	Sólo 8V
25	50	100	150	375
26.5	53	106	160	400
28	56	112	170	425
30	60	118	180	450
31.5	63	125	190	475
33.5	67	132	200	500
35.5	71	140	212	
37.5	75		224	
40	80		236	
42.5	85		250	
45	90		265	
47.5	95		280	
			300	
			315	
			335	
165				

Fuente: Mott (2006)

De acuerdo a la Tabla N°17 y la longitud hallada anteriormente, se encontró que la longitud real de la banda para 3V, la cual es 31,5 pulg.

Luego, se procedió a hallar la distancia entre centros corregida de acuerdo a la fórmula de Mott.

Primero debemos hallar la constante B, la cual se expresa en la siguiente fórmula:

$$B = 4L - 6,28 (D_2 + D_1)$$

$$B = 4(31,5) - 6,28 (6,30 + 4,72)$$

$$B = 56,79$$

Después de haber determinado la constante, se procedió a calcular la distancia entre centros corregida.

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32 (D_2 - D_1)^2}}{16}$$

$$C = \frac{56,79 + \sqrt{56,79^2 - 32 (6,30 - 4,72)^2}}{16}$$

$$C = 7,05 \text{ pulg}$$

Luego de haber hallado la distancia entre centros, se calculó el ángulo de contacto de la banda utilizando la siguiente fórmula:

$$\theta_1 = 180^\circ + 2 \operatorname{sen}^{-1} \left[ \frac{D_2 - D_1}{2C} \right]$$

$$\theta = 192,87^\circ$$

En la Figura N°9 se detalla el factor de corrección por ángulo de contacto.

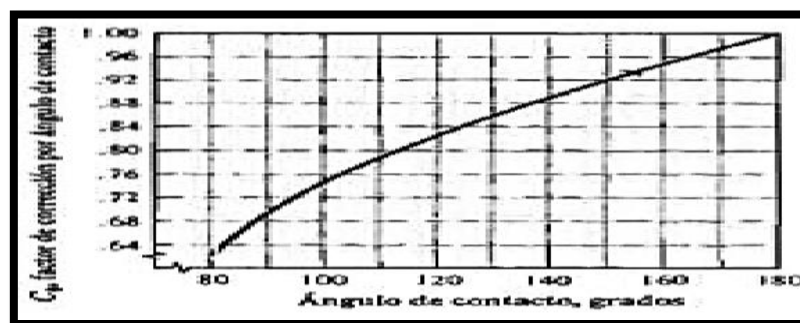


Figura N°9: Factor de corrección por ángulo de contacto.

Fuente: Mott (2006)

De acuerdo a la Figura N°9 y tomando como referencia que nuestro ángulo de contacto es de  $192.87^\circ$  encontramos que el factor de corrección para el ángulo de contacto es de 1.

En la Figura N°10 se presenta el factor de corrección por longitud de banda.

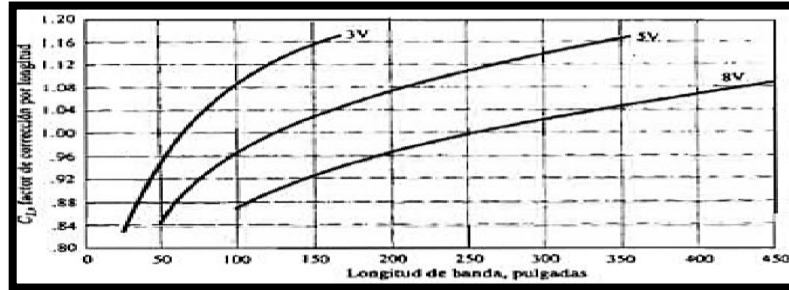


Figura N°10: Factor de corrección por longitud de banda

Fuente: Mott (2006)

De acuerdo a la Figura N°9 y N°10 se determina que la potencia de la correa es de 1.8 HP debido a que nuestro factor de corrección es 1.

En la Figura N°11 se muestra la capacidad de las bandas 3V de acuerdo al diámetro de la polea menor(pulg).

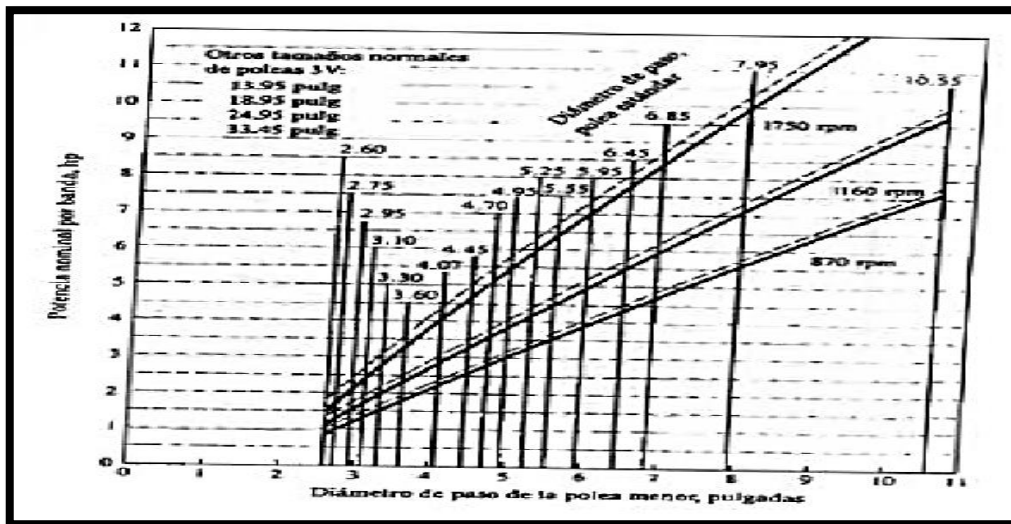


Figura N°11: Capacidades de bandas 3V

Fuente: Mott (2006)

De acuerdo a la Figura N°11 se estableció que una banda resiste hasta 5HP, por lo tanto, solo será necesaria la utilización de una banda.

De acuerdo al diseño propuesto se estimaron los costos de fabricación de la máquina perforadora de tubos Schedule 40.

A partir del peso de cada una de las piezas obtenido mediante el programa Solidwork y considerando el costo por kilogramo del acero AISI 1020 y de la aleación de aluminio 1060 se calculó el costo total de la materia prima.

En la Tabla N°18 se muestran los costos de materia prima

Tabla N°18: Costos de materia prima

N°	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (S/)	Total (S/)
1	Polea del motor	0.57	Kg	5.47	3.12
2	Polea del eje	0.78	Kg	5.47	4.27
3	Carcasa	26.7	Kg	5.47	146.05
4	Base de máquina	213.5	Kg	3.25	693.88
5	Soporte de tubo	17.87	Kg	3.25	58.08
6	Soporte de engranes y motor	38.23	Kg	3.25	124.25
7	Eje	1.1	Kg	3.25	3.58
8	Palanca	0.47	Kg	3.25	1.53
9	Barra de palanca	0.22	Kg	3.25	0.72
Total					1035.48

Fuente: Elaboración propia, 2020

En la Tabla N°19 se muestran los costos de componentes

Tabla N°19: Costos de componentes

N°	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (S/)	Total (S/)
1	Motor de 1.5 Hp	1	Unid	580.00	580.00
2	Rodaje	1	Unid	5.50	5.50
3	Engranaje cónico	2	Unid	356.85	713.70
4	Engranaje recto	3	Unid	248.25	744.75
5	Chaveta	3	Unid	3.00	9.00
6	Mecanismo de broca	3	Unid	286.68	860.04
7	Correa	1	Unid	79.66	79.66
8	Broca 3/16"	3	Unid	14.90	44.70
Total					3037.35

Fuente: Elaboración propia, 2020

Los costos de los componentes de la máquina han sido obtenidos por medio del encargado de producción de la empresa PRO 3 SAC, del rubro metalmecánica dedicada al diseño y fabricación de herramientas.

Para finalizar, el costo de mano de obra especializada para la fabricación de las piezas y montaje de la máquina, se presupuestó en S/ 5 600.00, considerando como gastos varios S/ 3 800.00, en los cuales están incluidos el precio de pernos, tuercas, arandelas de la máquina, así como contingencias futuras que puedan ocurrir, y como último ítem se considera el costo de ingeniería el cual será de S/ 4 200.00. Por lo tanto, el costo total de fabricación se presenta a continuación:

En la Tabla N°20 se presentan los costos de fabricación de la máquina que se diseñó.

Tabla N°20: Costos de fabricación

N°	Descripción	Costo (S/)
1	Costo de materia prima	1035.48
2	Costo de componentes	3037.35
3	Costo de ingeniería	4200.00
4	Costo de mano de obra	5600.00
8	Gastos varios	3800.00
<b>TOTAL</b>		<b>17672.83</b>

Fuente: Elaboración propia, 2020

En la siguiente tabla se muestra el costo total de fabricación de la máquina que es de S/ 17,672.83 en moneda peruana y \$ 5,047.33 en moneda extranjera, monto que está por debajo del precio de un taladro de banco con husillo múltiple el cual es aproximadamente \$ 9,800.00 dólares americanos.

## V. DISCUSIÓN:

Para realizar el análisis actual de la producción de filtros, se determinó que en el año 2019 la eficacia fué 100% y la eficiencia del 89%, por lo tanto, con el planteamiento de la propuesta el nivel de eficacia seguiría siendo de 100%, mientras que la eficiencia aumentaría a un 99.2%, lo que indica que la empresa no pagaría penalidades y entregaría la cantidad de filtros pedidos en el tiempo establecido por su cliente. Estos resultados coinciden con los hallados por Arrasco y otros (2018), quienes en su investigación indicaron que la empresa en estudio tuvo una eficacia de 100% y una eficiencia de 76,74%. Después del planteamiento de la propuesta de solución, la eficacia se mantuvo en 100%, la eficiencia se incrementó a 85%, mejorando las ineficiencias y consecuencias generadas por el pago de horas extra al personal. Esto guarda relación con lo mencionado por Gerencie (2018), quien indica que para medir la producción en una empresa se deben evaluar los indicadores de eficacia y eficiencia.

Para la descripción del proceso de fabricación de filtros se utilizó como método de ingeniería un DAP, en el cual se identificaron un total de 15 actividades, con un tiempo de producción total de 830:44:43 hr, con la propuesta de mejora el tiempo se reduciría a 249:15:00 hr. Estos resultados coinciden con los hallados por Arrasco y otros (2018), quienes realizaron una descripción detallada de cada uno de los procesos para la fabricación de la maquinaria Muki H-200, donde se identificaron 30 actividades, con un tiempo de producción total de 129:10:00 hr, pero con el planteamiento de la mejora el nuevo tiempo de producción sería de 90:00:00 hr. Esto guarda relación con lo mencionado por Senati (2016), quien indica que para realizar un estudio de trabajo orientado a la mejora de la producción existen dos técnicas: estudio de método; que está dirigido a mejorar los métodos de trabajo (DAP Y DOP) y la medición del trabajo; que consiste en determinar el tiempo que se invierte para llevar a cabo una determinada tarea (Registro de Tiempos).

Para calcular la velocidad de corte, se consideraron las propiedades mecánicas del acero ASTM A53, encontrando la dureza del material a perforar (183 BHN), luego se realizó una interpolación con los valores recomendados a taladrar, donde se halló que la velocidad de corte mínima es de 49 pies/minuto y la velocidad máxima es de 148 pies/minuto, siendo una velocidad lineal debido a que la máquina realiza su movimiento de corte rectilíneo, es decir en una sola dirección. Esto se sustenta por Villacis (2014), quien señala que para determinar la velocidad de corte se tenía que conocer las propiedades mecánicas y físicas del PET, para



ello se utilizó una tabla de valores de perforación de botellas plásticas, determinando que la velocidad máxima para que un rodillo gire y perfora es de 70 rpm y su velocidad mínima es de 64,59 rpm, las velocidades obtenidas son de rotación ya que la máquina utilizará rodillos con puntas metálicas, lo que indica que tienen un movimiento de corte que gira por el contorno de la botella. Además, es sustentado como base teórica por Contreras (2017), quien menciona que, para realizar un correcto análisis de los procesos de arranque de viruta, se debe comprender los movimientos que se presentan. Estos movimientos pueden ser aplicados a la herramienta de corte o a la pieza de trabajo.

Para determinar la fuerza de corte de la maquinaria fue necesario la utilización de los siguientes factores: avance, empuje, torque, borde del cincel para empuje, material de trabajo, desgaste de la herramienta, de acuerdo a los valores encontrados en las tablas se determinó que la fuerza que necesita la máquina para perforar 3 orificios es de 114,55 lb, con un diámetro exterior de 1,5", diámetro de la broca 3/16", espesor de 3,68 mm y una resistencia del tubo de 60 Ksi en comparación a Pariente (2013), quien calculó que la fuerza necesaria para perforar en suelos para anclajes de diámetro 32 x 12 000 mm de largo para la estabilización de taludes, donde determinó que la fuerza necesaria para perforar en suelos es de 406,4 lb, lo que indica que la maquinaria va a requerir de mayor fuerza, ya que la resistencia del material que se va a perforar es de 354 psi. Esto se respalda con Belillo (2002), quien menciona que para determinar la fuerza de un elemento es necesario que una herramienta sobrepase la resistencia, pero esta no debe ser excesiva para evitar fallas prematuras.

Para elegir el adecuado sistema de transmisión, fue necesario la utilización de la matriz de selección por ponderación, donde se evaluó dos sistemas: polea- correa y engranajes, donde se consideraron 5 criterios: seguridad, montaje, costo, eficiencia mecánica, dando a cada uno de ellos una ponderación de 1 al 2, de acuerdo a la evaluación se determinó que el sistema polea- correa es el que se adecua a nuestra máquina. Lo mencionado se relaciona con lo hallado por Alarcón y otros (2014), donde seleccionaron el sistema de transmisión para la máquina proponiendo 3 alternativas utilizando una matriz de selección por ponderación donde estableció 3 sistemas: engranajes, catarinas y cadenas, poleas y bandas, estableciendo criterios, tales como: costo, mantenimiento y vida útil, seguridad, facilidad de fabricación, para ello se estableció una puntuación del 0 al 1, llegando a la conclusión que el sistema de catarinas y cadenas era el adecuado para la máquina perforadora de fundas plásticas. Esto

guarda relación con lo mencionado por Cruz (2010), quien expresa que para poder transmitir la potencia del motor hacia una máquina existen dos mecanismos utilizados en la mecánica: polea-correa y los engranajes.

El costo total de fabricación de la maquinaria perforadora de tubos Schedule 40 fué de \$ 5 047.33 dólares. Este resultado coincide con los hallados por Pariente (2013), quien luego de haber desarrollado el diseño de la perforadora hidráulica e identificado todas las piezas necesarias para su construcción, realizó un costo total para su fabricación de \$40 000 dólares, también este resultado fué hallado por Mori (2016), quien determinó que el costo para rediseñar la máquina perforadora fué de \$13 359 dólares. Para finalizar se concluyó que el costo de la máquina perforadora es mucho menor que el costo de un taladro de banco con husillo múltiple, el cual es de \$9, 800.00.

## **VI. CONCLUSIONES:**

- En el año 2019 la empresa Sermepet alcanzó una eficacia de 100% y una eficiencia del 89%, estos porcentajes indicaron que se debería de mejorar la producción de filtros, ya que la empresa estaba siendo penalizada por no cumplir con el tiempo establecido por su cliente.
- Para describir el proceso de fabricación de filtros se utilizó como método de ingeniería un diagrama analítico de procesos, donde se identificaron un total de 15 actividades, así mismo se determinó el tiempo total de producción, el cual es de 830:44:43 hr, este valor se obtuvo de acuerdo a las mediciones que se realizaron en el periodo 2019.
- Para realizar el diseño de la máquina se calculó la velocidad de corte que necesita el portabrocas para cortar el material, el cual es de 63.63 pies/minuto, por otro lado, se determinó la fuerza de corte que requiere la maquinaria para perforar el tubo Schedule 40, el cual es de 114,55 lb, además se seleccionó el sistema de polea – correa para el correcto funcionamiento de la máquina utilizando la Matriz de selección por ponderación.
- Para la fabricación de la maquina se consideraron los siguientes costos: materia prima (S/ 1 035.48), componentes (S/ 3 037.35), ingeniería (4 200.00), mano de obra (S/ 5 600.00), y gastos varios (S/ 3 800.00), por lo tanto, el costo de la maquinaria es de S/ 17 672.83.
- Con la propuesta se mejoraría el tiempo de producción para la fabricación de filtros, el cual sería de 249:15:00 hr, por otro lado, la eficacia se mantendría en un 100%, ya que la empresa seguiría cumpliendo con sus pedidos, así mismo la eficiencia aumentaría a un 99,2%, esto significaría que la empresa reduciría sus penalidades, ya que el tiempo en producir la demanda establecida seria en 31 días.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- La empresa tiene que tener un control permanente de la producción de filtros utilizando indicadores de eficacia y eficiencia.
- El Supervisor de producción debe realizar un análisis de cada una de las etapas que intervienen en la producción de filtros para encontrar procedimientos susceptibles de mejora, y así establecer tiempos estándares que sirvan de base para el estudio en las diferentes unidades de trabajo.
- A los colaboradores que intervienen en el proceso de perforado en la producción de filtros se les debe brindar una capacitación acerca del correcto funcionamiento de la máquina perforadora de tubos Schedule 40, así mismo se debe establecer un plan de mantenimiento preventivo para ampliar la vida útil de la maquinaria.
- El empleador debería invertir en la máquina perforadora, ya que el costo de la máquina es de \$5,047.33 en comparación a un Taladro de banco con husillo múltiple, el cual es de \$9,800.00.
- A todas las personas involucradas en el proceso productivo de filtros en la industria petrolera les sirva como guía esta investigación y a su vez realizar otros estudios para seguir mejorando esta propuesta

## REFERENCIAS

ALARCON, Jorge y MALES, Freddy. 2014. Diseño de una máquina perforadora de fundas plásticas para recuperación de aceite vegetal. Quito : s.n., 2014.

ARELLANO , Roberto. 2015. Diseño y construcción de una máquina perforadora de suelo para anclajes de diámetro 32 x 12 000 mm de largo para la estabilización de taludes. [En línea] Junio de 2015. [Citado el: 20 de Junio de 2019.] [file:///C:/Users/JOSUA%20JOEL/Downloads/Diseno\\_y\\_construccion\\_de\\_una\\_maquina\\_perforadora\\_d.pdf](file:///C:/Users/JOSUA%20JOEL/Downloads/Diseno_y_construccion_de_una_maquina_perforadora_d.pdf).

ARIAS, Fidias. 2012. Proyecto de investigacion. [En línea] 2012. [Citado el: 03 de Junio de 2019.] <https://es.slideshare.net/paundpro/el-proyecto-de-investigacion-fidias-arias-2012>.

ARRASCO, Jorge y GARCIA, Aurelio. 2018. Mejora del Proceso de producción de una empresa fabricante de maquinaria de perforación diamantina. [En línea] Febrero de 2018. [Citado el: 6 de Abril de 2020.]

BELILLO, Jose. 2002. Resistencia de materiales. [En línea] 2002. [Citado el: 08 de Abril de 2020.]

BORRELL, Pablo. 2017. Análisis de fuerzas de corte en procesos de taladrado. [En línea] 2017. [Citado el: 16 de Mayo de 2020.] [www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/14622/tesis%20final.pdf?sequence=1](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/14622/tesis%20final.pdf?sequence=1).

BUDYNAS, Richard y NISBETT, Keith. 2008. Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. Mexico : s.n., 2008. ISBN-13: 978-0-07-312193-2.

CASALLAS, Laura y MARTINEZ, Oscar. 2014. Evaluación de las propiedades mecánicas, microestructurales y resistencia a la corrosión del acero ASTM A53 Grado B sometido a fluidos corrosivos para aplicaciones geotérmicas. [En línea] 2014. [Citado el: 20 de Mayo de 2020.] <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7829/CasallasMoralesLauraCamila2014.pdf?sequence=1>.

CONZA, Angel. 2016. Metodología de la investigación. [En línea] 02 de Abril de 2016. [Citado el: 27 de Abril de 2020.] <https://es.slideshare.net/gublan/metodologa-de-la-investigacin-60363524>.

CORNEJO, Juan. 2009. Diseño de investigación. [En línea] 06 de Noviembre de 2009. [Citado el: 27 de Abril de 2020.] <https://es.slideshare.net/conejo920/diseo-de-investigacion-no-experimental>.

CRUZ, Victor. 2010. Diseño de una transmisión de potencia entre bomba y motor. [En línea] 19 de Marzo de 2010. [Citado el: 06 de Junio de 2020.] [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1275/IME\\_133.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1275/IME_133.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

CURIEL, Alex. 2016. Fuerza de corte. [En línea] 01 de Marzo de 2016. <https://mecanicacuriel.com/2016/03/01/mecanizados-cnc-la-fuerza-de-corte/>.

DYNOMAX. 2010. Book of spindels. 2010.

EBERHARDT. 2016. Producto de acero. [En línea] 2016. [Citado el: 02 de Mayo de 2020.] [http://www.eberhardt-sa.com/prod\\_acero1.html](http://www.eberhardt-sa.com/prod_acero1.html).

FERNANDEZ, Luis. 2018. Agoniza la industria petrolera en el Perú. [En línea] 17 de Octubre de 2018. [Citado el: 29 de Junio de 2019.] <https://www.lampadia.com/analisis/recursos-naturales/agoniza-la-industria-petrolera-en-el-peru>.

FLORES, Juan. 2016. Sistemas de transmisión mecánica. [En línea] 2016. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/15454/EG-1080-%20Flores%20Garc%C3%ADa%20Juan%20Carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

GENESIS. 2015. Manual de taladros para operario. [En línea] 2015. [Citado el: 07 de Mayo de 2020.] [file:///C:/Users/JOSUA%20JOEL/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge\\_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/FICHA%20TECNICA%201.pdf](file:///C:/Users/JOSUA%20JOEL/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/FICHA%20TECNICA%201.pdf).

GERENCIE. 2018. Indicadores de producción. [En línea] 23 de Abril de 2018. [Citado el: 01 de Mayo de 2020.]

GESTIÓN. 2018. GESTIÓN. Sector metalmeccánico registró crecimiento de 6.1% en el primer cuatrimestre 2018. 2018.

GROOVER, Mikell. 2010. Fundamentos de manufactura moderna. Estados Unidos : 4 ta edición, 2010.

GUILLEN, Enrique. 2017. Estudio para determinar la competitividad. [En línea] 2017. [Citado el: 15 de Abril de 2020.] [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/189121/0014-F-11032015\\_Estudio\\_de\\_Competitividad\\_de\\_la\\_Industria\\_metalmec\\_nica\\_Parte\\_1.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/189121/0014-F-11032015_Estudio_de_Competitividad_de_la_Industria_metalmec_nica_Parte_1.pdf).

HIBBELER, Russell. 2011. Mecánica de materiales. octava. Mexico : s.n., 2011. pág. 880. 978-607-32-0559-7.

INGEMECANICA. 2020. Características mecánicas del acero. [En línea] 14 de Mayo de 2020. [Citado el: 14 de Mayo de 2020.] <https://www.ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn100.htm>.

INTERNATIONAL MARKET RESEARCH. 2018. Investigación cuantitativa. [En línea] Febrero de 2018. [Citado el: 4 de Junio de 2019.] <https://www.sisinternational.com/investigacion-cuantitativa/>.

MEGAVAL. 2018. TUBO - SCH 40. [En línea] 2018. [Citado el: 02 de Mayo de 2020.] <http://www.megaval.com.pe/producto/tubo-sch-40/>.

MORI, Emerson. 2016. Rediseño de una perforadora hidraulica para mayor profundidad de pozos de agua en JAYANCA- 2016. [En línea] JUNIO de 2016. [Citado el: 09 de ABRIL de 2019.] <file:///C:/Users/JOSUA%20JOEL/Desktop/PROYECTO%20DE%20INVESTIGACIÒN/A%20ANTECEDENTE%20CHICLAYO%20REDISEÑO%20DE%20UNA%20PERFORADORA%20HIDRAULICA.pdf>.

MOTT, Robert. 2006. Diseño de elementos de máquinas. 4ta. Mexico : s.n., 2006. pág. 924. 970-26-0812-0.

NEWS MUNDO. 2019. Cuáles son los países con mayores reservas de petróleo y por qué esto no siempre es señal de riqueza. [En línea] 1 de Abril de 2019. [Citado el: 29 de Junio de 2019.] <https://www.bbc.com/mundo/noticias-47748488>.

ORTIZ, Armando. 2016. Modelado de procesos de manufactura. [En línea] 2016. [Citado el: 16 de Mayo de 2020.]

PARIENTE, Christian. 2013. Diseño y simulación de perfaradora hidráulica para pozos de agua. [En línea] Diciembre de 2013. [Citado el: 14 de Abril de 2019.] [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1765/IME\\_175.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1765/IME_175.pdf?sequence=1).

POZO, Rubier. 2009. Diseño y construcción de un prototipo de una máquina manual. 2009.

RODRIGUEZ, Daniela. 2019. Investigación aplicada: características, definición, ejemplos. [En línea] 2019. [Citado el: 03 de Junio de 2019.] <https://www.lifeder.com/investigacion-aplicada/>.

RODRIGUEZ, Eugenia. 2016. Diseño de una máquina. [En línea] 10 de Noviembre de 2016. [Citado el: 9 de Mayo de 2019.] <https://prezi.com/j7wj-hphwttq/un-diseno-es-el-resultado-final-de-un-proceso-cuyo-objetivo/>.

SENATI. 2016. Manual de mejora de métodos de trabajo. [En línea] Marzo de 2016. [file:///C:/Users/JOSUA%20JOEL/Desktop/Manual\\_mejora\\_de\\_metodos\\_1\\_Unidad\\_1.pdf](file:///C:/Users/JOSUA%20JOEL/Desktop/Manual_mejora_de_metodos_1_Unidad_1.pdf).

SUMINISTROS INDUSTRIALES DEL TAJO S.A. 2015. Motores eléctricos. [En línea] 2015. [Citado el: 04 de Mayo de 2020.] [file:///C:/Users/JOSUA%20JOEL/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge\\_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/02\\_1.pdf](file:///C:/Users/JOSUA%20JOEL/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/02_1.pdf).

TAMAYO, Luis. 2013. Metodología de la investigación , pautas para hacer tesis. [En línea] 17 de Agosto de 2013. [Citado el: 03 de Junio de 2019.] <http://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com/2013/08/que-es-la-poblacion.html>.

VENEGAS, Cesar. 2017. Máquinas y herramientas. [En línea] 8 de Diciembre de 2017. [Citado el: 7 de Mayo de 2020.] <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/taladro-de-banco-introduccion>.

VILLACIS, Carla. 2014. Diseño y construcción de un prototipo experimental de una máquina perforadora de botellas de PET para la empresa NEUMAC S.A. [En línea] Noviembre de 2014. [Citado el: 20 de Junio de 2019.] <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9559/1/T-ESPE-048529.pdf>.

WEG. 2019. Motores y sus aplicaciones. [En línea] 09 de Abril de 2019. [Citado el: 05 de Junio de 2020.] <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h05/h31/WEG-motores-aplicacoes-comerciais-e-residenciais-50041418-brochure-portuguese-web.pdf>.

XINHUA NEWS AGENCY. 2019. Industria metalmecánica de Perú crece 10,2% entre enero y octubre del 2018. 2019.



YOHERSA. 2010. TUBO SCHEDULE (SCH) | 40 y 80. [En línea] 2010. [Citado el: 05 de Mayo de 2020.] <https://www.yohersa.com/tubo-sch>.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente Diseño de una máquina perforadora de Tubos Schedule 40	<p>“ (...) Un diseño es el resultado final de un proceso (...)” Rodríguez (2016) con “(...) Una máquina perforadora es un equipo usado para crear orificios (...) Godoy (2015) con “(...) Los tubos de acero al carbono Schedule 40, son laminados en caliente con los extremos biselados o planos, y son utilizados para alta presión (...) Yohersa (2010).</p>	$\frac{Vc - Vc_{m\acute{a}xima}}{Vc_{m\acute{m}nima} - Vc_{m\acute{a}xima}} = \frac{BHN_{material} - BHN_{m\acute{m}nima}}{BHN_{m\acute{a}xima} - BHN_{m\acute{m}nima}}$ <p>Vc: Velocidad de corte BHN: Dureza del material</p>	Velocidad de Corte	Razón
		$T = 2 K_d F_f F_t B W + K_d d^2 J W$ <p>K<sub>d</sub> : Factor de material de trabajo. F<sub>f</sub>: Factor de avance. F<sub>t</sub>: Factor de empuje B: Factor de borde para empuje W: Factor de desgaste de la herramienta J: Factor de borde de cincel para empuje. d: Diámetro de la broca</p>	Fuerza de Corte	Razón
		$N_1 \times D_1 = N_2 \times D_2$ <p>N<sub>1</sub>: Velocidad del Motor D<sub>1</sub>: Diámetro polea del motor N<sub>2</sub>: Velocidad del husillo D<sub>2</sub>: Diámetro polea husillo</p>	Transmisión de Potencia	Razón
		<p>CT = C. materia prima + C. componentes + C. ingeniería + C. mano de obra + C. varios</p>	Costo de Fabricación	Razón
Variable Dependiente Producción de Filtros	<p>“(...) Es la creación de un bien o servicio mediante la combinación de factores necesarios para conseguir satisfacer la demanda del mercado (...)” Montoya, y otros (2011 - 2012) con “(...) Un filtro es un dispositivo que retiene ciertos elementos y deja pasar otros (...)” Pérez (2017) para la industria del petróleo.</p>	$\frac{\text{Cantidad de filtros producidos}}{\text{Cantidad de filtros pedidos}} \times 100$	Eficacia	Razón
		$\frac{\text{Cant. de F. E mes 1} \times P. V + \text{Cant. de F. E mes 2} \times P. V}{\text{Cant. de F. P} \times P. V} \times 100$	Eficiencia	Razón
		<p>Dónde: P. V: Precio de Venta F. E: Filros Entregados F. P: Filtros Pedidos</p> <p>T. P = Suma de todas las actividades</p>	Tiempo de Producción	Razón

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Instrumentos de recolección de datos

Hoja de Medición de la eficacia del servicio

Ítem	Mes	Cantidad de Filtros Pedidos	Cantidad de Filtros Producidos	Eficacia Del Servicio	Observación
1	Enero	90	48		
2	Febrero		42	100%	
3	Marzo	90	54		
4	Abril		36	100%	
5	Mayo	90	51	100%	
6	Junio		39		
7	Julio	90	57	100%	
8	Agosto		33		
9	Setiembre	90	45	100%	
10	Octubre		45		
11	Noviembre	90	48	100%	
12	Diciembre		42		

Fuente: Elaboración Propia.

## Producción de filtros en el año 2019

---

Mes	Cantidad de filtros pedidos	Cantidad de Filtros producidos	Precio Unitario (\$)
Enero	90	48	200
Febrero		42	150
Marzo	90	54	200
Abril		36	150
Mayo	90	51	200
Junio		39	150
Julio	90	57	200
Agosto		33	150
Septiembre	90	45	200
Octubre		45	150
Noviembre	90	48	200
Diciembre		42	150

---

Fuente: Elaboración propia.

Registro de tiempos de producción en el año 2019

Actividades	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Tiempos Promedio (Hr:min:seg)
Marcado	0:00:25	0:00:18	0:00:22	0:00:15	0:00:19	0:00:22	0:00:17	0:00:26	0:00:17	0:00:19	0:00:20
Cortado	0:02:53	0:03:00	0:03:06	0:02:55	0:03:03	0:02:58	0:03:05	0:03:00	0:02:56	0:03:03	0:03:00
Trazado	0:01:06	0:01:00	0:01:02	0:01:05	0:02:03	0:01:01	0:02:00	0:01:02	0:02:02	0:01:04	0:01:20
Perforado	7:34:57	6:45:59	6:22:56	7:31:58	6:40:59	7:26:57	7:38:56	7:41:58	7:56:57	7:44:59	7:20:40
Limpieza Manual	0:07:39	0:08:10	0:07:33	0:08:08	0:07:30	0:08:06	0:08:15	0:07:45	0:08:32	0:08:18	0:08:00
Inspección Visual	0:04:44	0:04:37	0:05:10	0:04:27	0:04:23	0:04:54	0:05:19	0:05:48	0:05:23	0:05:11	0:05:00
Roscado	1:03:14	0:55:00	1:19:25	1:00:02	0:45:19	1:13:00	0:51:30	1:03:17	1:00:13	0:49:00	1:00:00
Colocar Tapón	0:02:21	0:02:00	0:01:55	0:02:43	0:01:32	0:01:44	0:02:26	0:01:38	0:01:45	0:01:57	0:02:00
Montaje del tubo secundario	0:00:59	0:00:44	0:01:15	0:00:39	0:01:29	0:01:17	0:01:10	0:00:50	0:00:41	0:00:53	0:01:00
Llenado de confitillo	0:10:02	0:10:00	0:10:05	0:09:45	0:10:04	0:10:09	0:10:08	0:09:31	0:10:06	0:10:11	0:10:00
Colocar Conector de Rosca.	0:02:00	0:01:41	0:02:20	0:01:53	0:01:59	0:02:17	0:01:32	0:01:55	0:02:40	0:01:47	0:02:00
Limpieza Manual	0:02:48	0:02:24	0:02:35	0:02:27	0:02:49	0:03:39	0:03:46	0:03:52	0:02:33	0:03:10	0:03:00
Pintado	0:07:01	0:07:25	0:07:49	0:06:33	0:06:18	0:06:43	0:07:01	0:07:37	0:06:31	0:07:07	0:07:00
Encintado	0:00:29	0:00:28	0:00:35	0:00:26	0:00:20	0:00:23	0:00:34	0:00:22	0:00:36	0:00:47	0:00:30
Inspección Final	0:10:00	0:09:47	0:09:55	0:09:33	0:10:24	0:09:58	0:10:17	0:09:49	0:09:41	0:10:31	0:10:00

Fuente: Elaboración propia

Diagrama analítico de procesos actual

DIAGRAMA ANÁLITICO DE PROCESOS										
Diagrama Num: 01		Hoja de 1 de 1		Resumen						
Proceso: Producción de Filtros				Actividad		Actual	Propuesta	Economía		
Método: Actual				Operación		13	Indefinido	Indefinido		
Lugar: Sermepet S.R.L				Transporte		0				
Operario (s): 10				Espera		0				
Compuesto por: Josua Yoel Arismendiz Bolo				Inspección		2				
Fecha: 20/04/2020				Almacenamiento		0				
				Distancia (m)						
				Tiempo		830:44:43				
				Costo		Indefinido				
				- Mano de obra		Indefinido				
				- Material		Indefinido				
				Total						
Descripción		Cantidad	Tiempo	Distancia	Simbolo					Observaciones
					○	□	D	⇒	▽	
Marcado		90	0:30:10		●					
Cortado		90	4:29:51		●					
Trazado		90	2:00:00		●					
Perforado		90	661:00:00		●					
Limpieza Manual		90	11:59:24		●					
Inspección Visual		90	7:29:24		●					
Roscado		90	90:00:00		●					
Colocar Tapón		90	3:00:09		●					
Montaje de tubo secundario		90	1:29:33		●					
Llenado de confitillo		90	15:00:09		●					
Colocar Conector de Rosca.		90	3:00:36		●					
Limpieza Manual		90	4:30:27		●					
Pintado		90	10:30:45		●					
Encintado		90	0:45:00		●					
Inspección Final		90	14:59:15		●					
Total			830:44:43		13	2	0	0	0	

Fuente: Elaboración propia.

Propiedades mecánicas AISI 405

Características Mecánicas				
AISI	Resistencia a la Tracción	Limite Elástico	Dureza	
	Kg/mm <sup>2</sup>	Kg/mm <sup>2</sup>	H R <sub>c</sub> Máx.	Brinell Máx.
201	70-80	30	95	201
301	52-75	21	88	185
302	52-70	21	88	183
302 B	55-75	21	88	183
303	52-70	21	90	180
304	50-70	21	88	183
304 L	50-65	18	88	183
304 H	75	30	92	183
304 LN	75	30	92	202
305	50-70	20	88	183
308	50-70	21	88	183
309	50-75	25	95	217
309 S	50-75	25	95	217
310	50-75	25	95	217
310 S	50-75	25	95	217
314	50-75	25	95	217
316	50-75	21	95	217
316 L	50-70	18	95	217
316 N	80	35	95	217
316 LN	75	30	95	217
316 Ti	50-78	25	95	217
317	55-75	25	90	217
317 L	80	35	95	217
321	55-75	25	88	183
321 H	75	30	95	217
347	55-75	25	92	201
348	55-75	25	92	201
403-410 S	45-60	24	90	183
405	42-53	25	88	183
410	45-88	30	95	217
416	45-74	24	98	215
420	55-77	33	95	220
430	45-62	25	90	185
430 F	45-63	25	-	185
431	84-92	65	-	270
440 A	65-80	30	95	-
440 B	75-85	40	-	-
446	52-60	31	90	185

Fuente: Ingemecánica (2020)

Propiedades mecánicas Acero ASTM A53 GR. B

	<b>TIPO S</b>
	<b>GRADO B</b>
<b>Resistencia a la Tracción, Min, Psi [Mpa]</b>	60 000 [415]
<b>Limite elástico, Min, Psi [Mpa]</b>	35 000 [240]
<b>Elongación (Min)</b>	20%

Fuente: Casallas, y otros (2014)

Valores recomendados a taladrar

Workpiece material	Hardness	Cutting material	Cutting speed				Feed rate per revolution			
	[Bhn]		Vc [feet/min]		Vc [m/min]		f [inch]		f [mm]	
			MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
Cast irons	190...320	High speed steel	33	295	10	90	0,002	0,008	0,050	0,200
Steel - plain carbon	85. . .200	High speed steel	49	148	15	45	0,002	0,008	0,050	0,200
Steel - alloys	35...50Rc	High speed steel	16	66	5	20	0,002	0,008	0,050	0,200
Steel - tool	50. . .58Rc	High speed steel	16	66	5	20	0,002	0,008	0,050	0,200
Steel - stainless	150...450	High speed steel	16	33	5	10	0,002	0,008	0,050	0,200
Aluminum alloys	30. . . 150	High speed steel	16	377	5	115	0,002	0,008	0,050	0,200
Copper alloys	80...100Rb	High speed steel	66	230	20	70	0,002	0,008	0,050	0,200
Nickel alloys	80...360	High speed steel	33	66	10	20	0,002	0,008	0,050	0,200
Titanium	250...375	High speed steel	16	49	5	15	0,002	0,008	0,050	0,200

Fuente: Dynamax (2010)



Factor de avance

Inch Units				SI Metric Units			
Feed inch/rev.	F <sub>f</sub>	Feed inch/rev.	F <sub>f</sub>	Feed mm/rev.	F <sub>f</sub>	Feed mm/rev.	F <sub>f</sub>
0.0005	0.0023	0.012	0.029	0.01	0.025	0.30	0.382
0.001	0.004	0.013	0.031	0.03	0.060	0.35	0.432
0.002	0.007	0.015	0.035	0.05	0.091	0.40	0.480
0.003	0.010	0.018	0.040	0.08	0.133	0.45	0.528
0.004	0.012	0.020	0.044	0.10	0.158	0.50	0.574
0.005	0.014	0.022	0.047	0.12	0.183	0.55	0.620
0.006	0.017	0.025	0.052	0.15	0.219	0.65	0.708
0.007	0.019	0.030	0.060	0.18	0.254	0.75	0.794
0.008	0.021	0.035	0.068	0.20	0.276	0.90	0.919
0.009	0.023	0.040	0.076	0.22	0.298	1.00	1.000
0.010	0.025	0.050	0.091	0.25	0.330	1.25	1.195

Fuente: Dynamax (2010)

Factor de empuje y factor de torque

Inch Units						SI Metric Units					
Drill Dia. inch	F <sub>T</sub>	F <sub>M</sub>	Drill Dia. inch	F <sub>T</sub>	F <sub>M</sub>	Drill Dia. mm	F <sub>T</sub>	F <sub>M</sub>	Drill Dia. mm	F <sub>T</sub>	F <sub>M</sub>
0.063	0.110	0.007	0.875	0.899	0.786	1.60	1.46	2.33	22.00	11.86	260.8
0.094	0.151	0.014	0.938	0.950	0.891	2.40	2.02	4.84	24.00	12.71	305.1
0.125	0.189	0.024	1.000	1.000	1.000	3.20	2.54	8.12	25.50	13.34	340.2
0.156	0.226	0.035	1.063	1.050	1.116	4.00	3.03	12.12	27.00	13.97	377.1
0.188	0.263	0.049	1.125	1.099	1.236	4.80	3.51	16.84	28.50	14.58	415.6
0.219	0.297	0.065	1.250	1.195	1.494	5.60	3.97	22.22	32.00	16.00	512.0
0.250	0.330	0.082	1.375	1.290	1.774	6.40	4.42	28.26	35.00	17.19	601.4
0.281	0.362	0.102	1.500	1.383	2.075	7.20	4.85	34.93	38.00	18.36	697.6
0.313	0.395	0.124	1.625	1.475	2.396	8.00	5.28	42.22	42.00	19.89	835.3
0.344	0.426	0.146	1.750	1.565	2.738	8.80	5.96	50.13	45.00	21.02	945.8
0.375	0.456	0.171	1.875	1.653	3.100	9.50	6.06	57.53	48.00	22.13	1062
0.438	0.517	0.226	2.000	1.741	3.482	11.00	6.81	74.90	50.00	22.86	1143
0.500	0.574	0.287	2.250	1.913	4.305	12.50	7.54	94.28	58.00	25.75	1493
0.563	0.632	0.355	2.500	2.081	5.203	14.50	8.49	123.1	64.00	27.86	1783
0.625	0.687	0.429	2.750	2.246	6.177	16.00	9.19	147.0	70.00	29.93	2095
0.688	0.741	0.510	3.000	2.408	7.225	17.50	9.87	172.8	76.00	31.96	2429
0.750	0.794	0.596	3.500	2.724	9.535	19.00	10.54	200.3	90.00	36.53	3293
0.813	0.847	0.689	4.000	3.031	12.13	20.00	10.98	219.7	100.00	39.81	3981

Fuente: Dynamax (2010)

Factor de borde de cincel para empuje

c/d	Approx. w/d	Torque Factor A	Thrust Factor B	Thrust Factor J	c/d	Approx. w/d	Torque Factor A	Thrust Factor B	Thrust Factor J
0.03	0.025	1.000	1.100	0.001	0.18	0.155	1.085	1.355	0.030
0.05	0.045	1.005	1.140	0.003	0.20	0.175	1.105	1.380	0.040
0.08	0.070	1.015	1.200	0.006	0.25	0.220	1.155	1.445	0.065
0.10	0.085	1.020	1.235	0.010	0.30	0.260	1.235	1.500	0.090
0.13	0.110	1.040	1.270	0.017	0.35	0.300	1.310	1.575	0.120
0.15	0.130	1.080	1.310	0.022	0.40	0.350	1.395	1.620	0.160

Fuente: Dynamax (2010)

Factor de material de trabajo

Work Material	Constant $K_d$
AISI 1117 (Resulfurized free machining mild steel)	12,000
Steel, 200 Bhn	24,000
Steel, 300 Bhn	31,000
Steel, 400 Bhn	34,000
cast Iron, 150 Bhn	14,000
Most Aluminum Alloys	7,000
Most Magnesium Alloys	4,000
Most Brasses	14,000
Leaded Brass	7,000
Austenitic Stainless Steel (Type 316)	24,000 <sup>a</sup> for Torque 35,000 <sup>a</sup> for Thrust
Titanium Alloy T16A	18,000 <sup>a</sup> for Torque 29,000 <sup>a</sup> for Thrust
Rent 41	40,000 <sup>ab</sup> min.
Hastelloy-c	30,000 <sup>a</sup> for Torque 37,000 <sup>a</sup> for Thrust

Fuente: Dynamax (2010)

Factor de Desgaste de la herramienta

Type of Operation		W
For all operations with sharp cutting tools:		1.00
<b>Turning</b>	Finish turning (light cuts)	1.10
	Normal rough and semifinish turning	1.30
	Extra-heavy-duty rough turning	1.60 - 2.00
<b>Milling</b>	Slab milling	1.10
	End milling	1.10
	Light and medium face milling	1.10 - 1.25
<b>Drilling</b>	Extra-heavy-duty face milling	1.30 - 1.60
	Normal drilling	1.30
	Drilling hard-to-machine materials and drilling with a very dull drill	1.50
<b>Broaching</b>	Normal broaching	1.05 - 1.10
	Heavy-duty surface broaching	1.20 - 1.30

Fuente: Dynamax (2010)

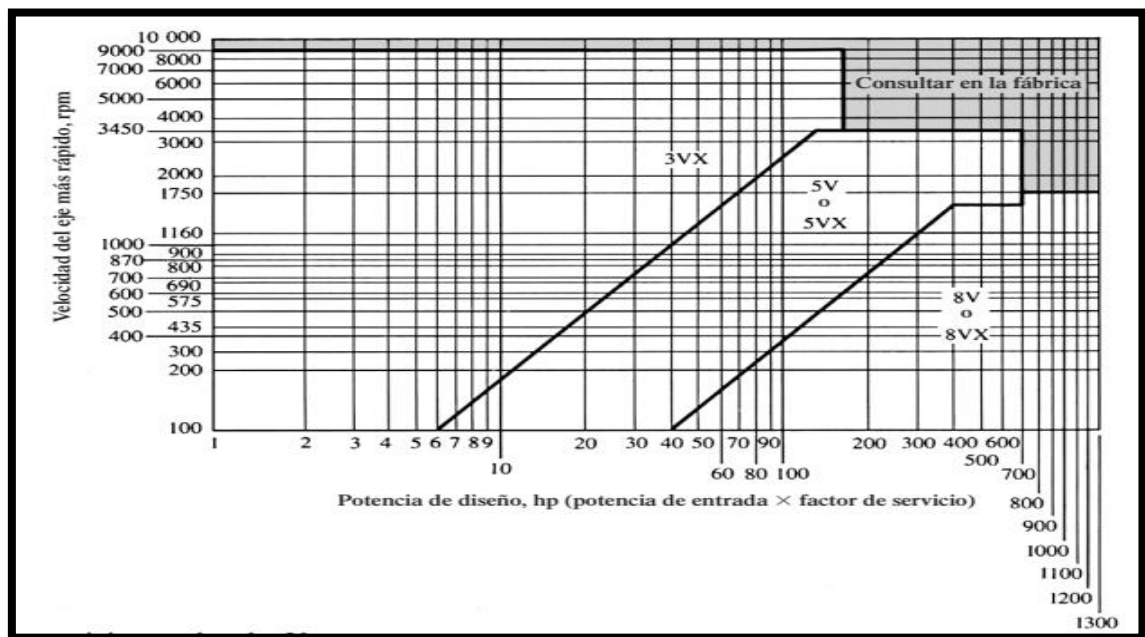
## Factor de servicio para bandas

Tipo de máquina impulsada	Tipo de impulsor					
	Motores de CA: par torsional normal <sup>a</sup> Motores de CD: bobinado en derivación Motores de combustión: múltiples cilindros			Motores de CA: Alto par torsional <sup>b</sup> Motores de CD: bobinado en serie, bobinado compuesto Motores de combustión: 4 cilindros o menos		
	<6 h por día	6-15 h por día	>15 h por día	<6 h por día	6-15 h por día	>15 h por día
Agitadores, sopladores, ventiladores, bombas centrífugas, transportadores ligeros	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Generadores, máquinas herramienta, mezcladores, transportadores de grava	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Elevadores de cangilones, máquinas textiles, molinos de martillos, transportadores pesados	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Trituradoras, molinos de bolas, malacates, extrusoras de hule	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8
Toda máquina que se pueda ahogar	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

<sup>a</sup>Síncronos, fase dividida, trifásicos con par de torsión de arranque o par de torsión al paro máximo menor que 175% de par torsional con carga total.  
<sup>b</sup>Monofásicos, trifásicos con par de torsión de arranque o par de torsión al paro máximo menor que 175% de par torsional con carga total.

Fuente: Mott (2006)

Gráfica para la selección de bandas en V



Fuente: Mott (2006)

## Hoja de registros de costos de fabricación

N°	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (S/.)	Total (S/.)
01	Polea del Motor	0,57	Kg	5,47	3,12
02	Polea del eje	0,78	Kg	5,47	4,27
03	Carcasa	26,7	Kg	5,47	146,05
04	Base de la Máquina	213,5	Kg	3,25	693,88
05	Soporte del Tubo	17,87	Kg	3,25	58,08
06	Soporte de Engranajes y motor	38,23	Kg	3,25	124,25
07	Eje	1,1	Kg	3,25	3,58
08	Palanca	0,47	Kg	3,25	1,53
09	Barra de la Palanca	0,22	Kg	3,25	0,72
10	Motor de 1,5 HP	1	Unid	580,00	580,00
11	Rodaje	1	Unid	5,50	5,50
12	Engranaje Cónico	2	Unid	356,85	713,70
13	Engranaje Recto	3	Unid	248,25	744,75
14	Chaveta	3	Unid	3,00	9,00
15	Mecanismo de broca	3	Unid	266,68	860,04
16	Correa	1	Unid	79,66	79,66
17	Broca de 3/16	3	Unid	14,90	44,70
Total					4072,83

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 3: Validación de los instrumentos de recolección de datos



#### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Luciana Mercedes Torres Ludeña con DNI N° 02854952, Magister en Administración con Mención en Gerencia Empresarial, con N° CIP 94321, de profesión Ingeniera Industrial, desempeñándome actualmente como Docente Adscrita en el Departamento de Investigación de Operaciones de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Piura.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- Registro de tiempos de producción.
- Hoja de medición de eficacia del servicio.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

Registro de tiempos de producción	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

Hoja de medición de eficacia del servicio.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

En señal de conformidad, firmo la presente en la ciudad de Piura a los 11 días del mes de junio del dos mil diecinueve.



Mgtr. : Ing. MBA LUCIANA MERCEDES TORRES LUDEÑA  
DNI : 02854952  
Especialidad : Ingeniera Industrial  
E-mail : ing.lucianatorres@gmail.com



### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Hugo Daniel Garcia Juárez con DNI N° 41947380, de profesión Ingeniero Industrial, desempeñándome actualmente como Docente tiempo completo de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Cesar Vallejo Filial Piura.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- Registro de tiempos de producción.
- Hoja de medición de eficacia del servicio.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

Registro de tiempos de producción	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					X
2. Objetividad					X
3. Actualidad					X
4. Organización					X
5. Suficiencia					X
6. Intencionalidad					X
7. Consistencia					X
8. Coherencia					X
9. Metodología					X



Hoja de medición de eficacia del servicio.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					X
2. Objetividad					X
3. Actualidad					X
4. Organización					X
5. Suficiencia					X
6. Intencionalidad					X
7. Consistencia					X
8. Coherencia					X
9. Metodología					X

En señal de conformidad, firmo la presente en la ciudad de Piura a los 11 días del mes de junio del dos mil diecinueve.


Mgtr. : Ing. HUGO DANIEL GARCIA JUAREZ  
 DNI : 41947380  
 Especialidad : Ingeniera Industrial  
 E-mail : inghdgj@83gmail.com



### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Agustín Medina Marchena con DNI N° 028977150, de profesión Ing. Economista, desempeñándome actualmente como Coordinador de la Facultad de Ingeniería Empresarial de la Universidad Cesar Vallejo Filial Piura.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- Registro de tiempos de producción.
- Hoja de medición de eficacia del servicio.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

Registro de tiempos de producción	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				/	
2. Objetividad				/	
3. Actualidad				/	
4. Organización			/		
5. Suficiencia			/		
6. Intencionalidad			/		
7. Consistencia				/	
8. Coherencia				/	
9. Metodología			/		

Hoja de medición de eficacia del servicio.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				/	
2. Objetividad				/	
3. Actualidad			/		
4. Organización			/		
5. Suficiencia			/		
6. Intencionalidad				/	
7. Consistencia			/	/	
8. Coherencia				/	
9. Metodología			/		

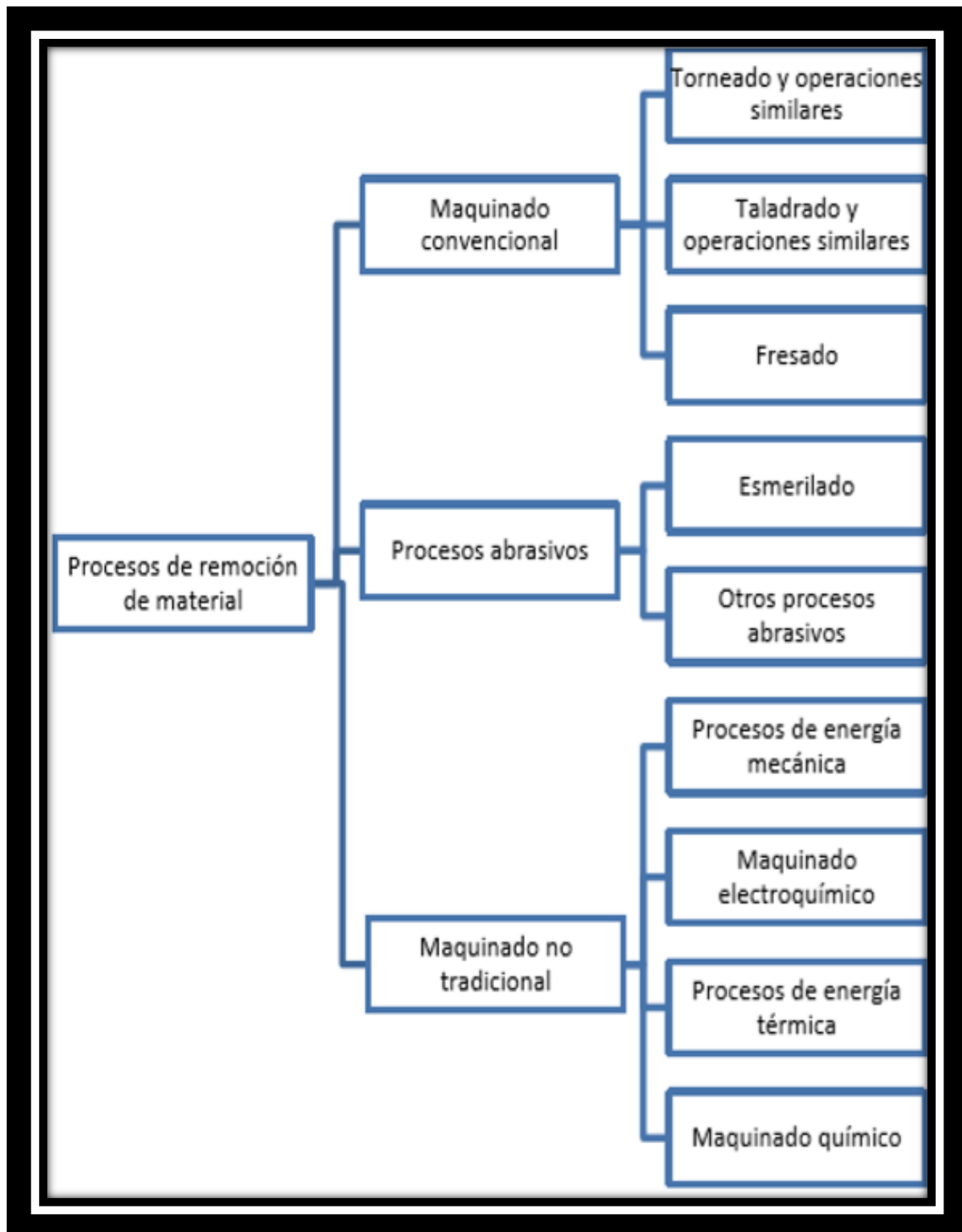
En señal de conformidad, firmo la presente en la ciudad de Piura a los 18 días del mes de junio del dos mil diecinueve.

Mgr. : Agustín Medina Marchena  
DNI : 02897150  
Especialidad : Ing. Economista  
E-mail : amedina@ucv.edu.pe



AGUSTÍN MEDINA MARCHENA  
INGENIERO ECONOMISTA  
Reg. CIP N° 227343

Anexo 4: Clasificación de los procesos de remoción de material



Fuente: Groover (2010)

Anexo 5: Cálculos de la eficacia de la producción de filtros.

$$EFICACIA_{(\text{Enero Y Febrero})} = \frac{\text{Cantidad de filtros producidos}}{\text{Cantidad de filtros pedidos}} \times 100$$

$$EFICACIA_{(\text{Enero y Febrero})} = \frac{90}{90} \times 100$$

$$EFICACIA_{(\text{Enero y Febrero})} = 100\%$$

$$EFICACIA_{(\text{Marzo y Abril})} = \frac{\text{Cantidad de filtros producidos}}{\text{Cantidad de filtros pedidos}} \times 100$$

$$EFICACIA_{(\text{Marzo y Abril})} = \frac{90}{90} \times 100$$

$$EFICACIA_{(\text{Marzo y Abril})} = 100\%$$

$$EFICACIA_{(\text{Mayo y Junio})} = \frac{\text{Cantidad de filtros producidos}}{\text{Cantidad de filtros pedidos}} \times 100$$

$$EFICACIA_{(\text{Mayo y Junio})} = \frac{90}{90} \times 100$$

$$EFICACIA_{(\text{Mayo y Junio})} = 100\%$$

$$EFICACIA_{(\text{Julio y Agosto})} = \frac{\text{Cantidad de filtros producidos}}{\text{Cantidad de filtros pedidos}} \times 100$$

$$EFICACIA_{(\text{Julio y Agosto})} = \frac{90}{90} \times 100$$

$$EFICACIA_{(\text{Julio y Agosto})} = 100\%$$

$$EFICACIA_{(\text{Septiembre y Octubre})} = \frac{\text{Cantidad de filtros producidos}}{\text{Cantidad de filtros pedidos}} \times 100$$

$$EFICACIA_{(\text{Septiembre y Octubre})} = \frac{90}{90} \times 100$$

$$EFICACIA_{(\text{Septiembre y Octubre})} = 100\%$$

$$EFICACIA_{(\text{Noviembre y Diciembre})} = \frac{\text{Cantidad de filtros producidos}}{\text{Cantidad de filtros pedidos}} \times 100$$

$$EFICACIA_{(\text{Noviembre y Diciembre})} = \frac{90}{90} \times 100$$

$$EFICACIA_{(\text{Noviembre y Diciembre})} = 100\%$$

## Anexo 6: Cálculos de la eficiencia de la producción de filtros

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Enero y Febrero})} = \frac{\text{Cant. de F. E mes 1 x P. V} + \text{Cant. de F. E mes 2 x P. V}}{\text{Cant. de F. P x P. V}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Enero y Febrero})} = \frac{48 \times 200 + 42 \times 150}{90 \times 200} \times 100$$

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Enero y Febrero})} = \frac{15900}{18000} \times 100$$

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Enero y Febrero})} = 88.3\%$$

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Marzo y Abril})} = \frac{\text{Cant. de F. E mes 1 x P. V} + \text{Cant. de F. E mes 2 x P. V}}{\text{Cant. de F. P x P. V}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Marzo y Abril})} = \frac{54 \times 200 + 36 \times 150}{90 \times 200} \times 100$$

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Marzo y Abril})} = \frac{16200}{18000} \times 100$$

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Marzo y Abril})} = 90.0\%$$

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Mayo y Junio})} = \frac{\text{Cant. de F. E mes 1 x P. V} + \text{Cant. de F. E mes 2 x P. V}}{\text{Cant. de F. P x P. V}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Mayo y Junio})} = \frac{51 \times 200 + 39 \times 150}{90 \times 200} \times 100$$

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Mayo y Junio})} = \frac{16050}{18000} \times 100$$

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Mayo y Junio})} = 89.2\%$$

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Julio y Agosto})} = \frac{\text{Cant. de F. E mes 1 x P. V} + \text{Cant. de F. E mes 2 x P. V}}{\text{Cant. de F. P x P. V}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Julio y Agosto})} = \frac{57 \times 200 + 33 \times 150}{90 \times 200} \times 100$$

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Julio y Agosto})} = \frac{16350}{18000} \times 100$$

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Julio y Agosto})} = 90.8\%$$

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Septiembre y Octubre})} = \frac{\text{Cant. de F. E mes 1 x P. V} + \text{Cant. de F. E mes 2 x P. V}}{\text{Cant. de F. P x P. V}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Septiembre y octubre})} = \frac{45 \times 200 + 45 \times 150}{90 \times 200} \times 100$$

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Septiembre y Octubre})} = \frac{15750}{18000} \times 100$$

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Septiembre y Octubre})} = 87.5\%$$

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Noviembre y Diciembre})} = \frac{\text{Cant. de F. E mes 1 x P. V} + \text{Cant. de F. E mes 2 x P. V}}{\text{Cant. de F. P x P. V}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Noviembre y Diciembre})} = \frac{48 \times 200 + 42 \times 150}{90 \times 200} \times 100$$

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Noviembre y Diciembre})} = \frac{15900}{18000} \times 100$$

$$\text{Eficiencia}_{(\text{Noviembre y Diciembre})} = 88.3\%$$

## Anexo 7: Propuesta

Para desarrollar la propuesta se consideró realizar una breve descripción de la empresa en estudio.

Servicios Metalúrgicos Petroleros S.R.L se localiza en el departamento de Piura, provincia de Talara, distrito de Pariñas, en un área de  $500m^2$  con dirección en PQ. Industrial Talara Alta Mza. A Lote 68.

Es una organización con más de 15 años en el sector metalmeccánico brindando servicios de construcción de estructuras metálicas, mantenimiento, diseño y fabricación de accesorios para la industria del petróleo.

Su misión es proveer soluciones integrales a necesidades del área metalmeccánica en general a través de la fabricación, comercialización, generando valor al servicio, clientes y accionistas.

Su visión es ser en el año 2020 una empresa líder a nivel local en la fabricación y comercialización de productos y/o servicios, generando rentabilidad, confianza, satisfacción para sus clientes y colaboradores.

Tiene como política brindar un servicio de calidad y alcanzar los más altos estándares para lograr la satisfacción de sus clientes, basándose en la estandarización de sus procesos y en la mejora continua, para ello se han trazado los siguientes objetivos:

- ✓ Reducir un 5% el número de reclamaciones de clientes respecto al año anterior.
- ✓ Reducir los plazos de entrega de manera mensual.

Sus clientes son: Savia Perú S.A, BHDC Perú S.A.C, Demen S.A, Graña y Montero Petrolera S.A, Schlumberger S.A, Jefron y Compañía Perú S.A.C, Newsco Directional Drilling S.A y CNPC. Perú S.A.

Después de haber realizado la descripción de la empresa, se conoció la problemática a solucionar.



La compañía Servicios Metalúrgicos Petroleros presentó deficiencias en el proceso de producción de filtros, esto se debe a que una de sus actividades (perforación de tubos) demanda de mayor tiempo, lo que ha generado que la empresa no cumpla con los plazos de entrega establecido por su cliente y sea penalizada.

Luego de haber identificado el problema a resolver, se mencionó el objetivo general de la presente investigación, el cual es el siguiente:

Mejorar la producción de filtros utilizados en la industria del petróleo a través del diseño de una máquina perforadora de tubos de material Schedule 40

Por consiguiente, se mostrará una síntesis de los resultados obtenidos del problema de estudio.

En la Tabla N°21 se muestra la síntesis de los resultados de los objetivos en estudio

Tabla N°21: Síntesis de los resultados obtenidos

Indicador	Pregunta	Técnica	Instrumento
Eficacia	¿Cómo se determinará la producción de filtros de la empresa Servicios Metalúrgicos Petroleros durante el periodo 2019?	Análisis Documentario	Hoja de Medición de la Eficacia del Servicio
Eficiencia		Análisis Documentario	Tabla de Producción
Tiempo de Producción	¿Cómo se describirá el proceso de fabricación de filtros utilizados en la industria del petróleo?	Observación	Registro de Tiempos de Producción y DAP

---

Fuente: Elaboración propia

Después de haber realizado una síntesis de los resultados obtenidos, se detalló los alcances de la propuesta, los cuales son:

Diseñar la máquina perforadora de tubos de material Schedule 40 y realizar un análisis de costo beneficio.

Para ello se procedió a desarrollar los cálculos necesarios para realizar el diseño de cada uno de los componentes de la máquina.

#### Cálculo del Portabrocas:

Para realizar el cálculo del esfuerzo de compresión y cortante del portabrocas, se consideró los siguientes datos:

- ✓ Fuerza de Corte: 114,55 lb
- ✓ Momento Torsor: 7,44 lb/pulg
- ✓ Diámetro del Portabrocas: 0,5 pulg

De acuerdo a los valores mencionados anteriormente, se calculó el esfuerzo de compresión utilizando la siguiente fórmula:

$$\sigma_{\text{comp}} = \frac{F}{\pi \frac{D^2}{4}}$$

$$\sigma_{\text{comp}} = \frac{114,55 \text{ lb}}{\pi \frac{0,5 \text{ pulg}^2}{4}}$$

$$\sigma_{\text{comp}} = 583.4 \text{ lb/pulg}^2$$

Luego, se determinó el esfuerzo cortante del portabrocas utilizando la siguiente fórmula:

$$\sigma_{\text{cortadura}} = \frac{M}{\pi \frac{D^3}{16}}$$

$$\sigma_{\text{cortadura}} = \frac{7,44 \text{ lb/pulg}}{\pi \frac{0,5^3 \text{ pulg}}{16}}$$

$$\sigma_{\text{cortadura}} = 303.13 \text{ lb/pulg}^2$$

Luego que se calculó el esfuerzo de compresión y cortante del portabrocas, se halló el esfuerzo máximo

En la Tabla N°22 se muestran las propiedades de los materiales seleccionados en Ingeniería

Tabla N°22: Propiedades típicas de materiales seleccionados en ingeniería

Material	Peso específico lb/in. <sup>3</sup>	Resistencia última			Cedencia <sup>a</sup>		Módulo de elasticidad, 10 <sup>6</sup> psi	Módulo de rigidez, 10 <sup>6</sup> psi	Coeficiente de expansión, 10 <sup>-6</sup> /°F	Ductilidad, porcentaje de elongación en 2 in.
		Tensión, ksi	Compresión, ksi	Cortante, ksi	Tensión, ksi	Cortante, ksi				
<b>Acero</b>										
Estructural (ASTM-A36)	0.284	58			36	21	29	11.2	6.5	21
Alta resistencia-baja aleación										
ASTM-A709 Grado 50	0.284	65			50		29	11.2	6.5	21
ASTM-A913 Grado 65	0.284	80			65		29	11.2	6.5	17
ASTM-A992 Grado 50	0.284	65			50		29	11.2	6.5	21
<b>Templado</b>										
ASTM-A709 Grado 100	0.284	110			100		29	11.2	6.5	18
<b>Inoxidable AISI 302</b>										
Laminado en frío	0.286	125			75		28	10.8	9.6	12
Recocido	0.286	95			38	22	28	10.8	9.6	50
<b>Acero de refuerzo</b>										
Resistencia media	0.283	70			40		29	11	6.5	
Alta resistencia	0.283	90			60		29	11	6.5	
<b>Fundición:</b>										
Fundición gris										
4.5% C, ASTM A-48	0.260	25	95	35			10	4.1	6.7	0.5
Hierro fundido										
2% C, 1% Si, ASTM A-47	0.264	50	90	48	33		24	9.3	6.7	10
<b>Aluminio</b>										
Aleación 1100-H14										
(99% Al)	0.098	16		10	14	8	10.1	3.7	13.1	9
Aleación 2014-T6										
	0.101	66		40	58	33	10.9	3.9	12.8	13
Aleación 2024-T4										
	0.101	68		41	47		10.6		12.9	19
Aleación 5456-H116										
	0.095	46		27	33	19	10.4		13.3	16
Aleación 6061-T6										
	0.098	38		24	35	20	10.1	3.7	13.1	17
Aleación 7075-T6										
	0.101	83		48	73		10.4	4	13.1	11
<b>Cobre</b>										
Libre de oxígeno										
(99.9% Cu)										
Recocido	0.322	32		22	10		17	6.4	9.4	45
Endurecido	0.322	57		29	53		17	6.4	9.4	4
<b>Latón amarillo</b>										
(65% Cu, 35% Zn)										
Laminado en frío	0.306	74		43	60	36	15	5.6	11.6	8
Recocido	0.306	46		32	15	9	15	5.6	11.6	65
<b>Latón rojo</b>										
(85% Cu, 15% Zn)										
Laminado en frío	0.316	85		46	63		17	6.4	10.4	3
Recocido	0.316	39		31	10		17	6.4	10.4	48
<b>Estaño bronce</b>										
(88 Cu, 8 Sn, 4 Zn)										
	0.318	45			21		14		10	30
<b>Manganeso bronce</b>										
(63 Cu, 25 Zn, 6 Al, 3 Mn, 3 Fe)										
	0.302	95			48		15		12	20
<b>Aluminio bronce</b>										
(81 Cu, 4 Ni, 4 Fe, 11 Al)										
	0.301	90	130		40		16	6.1	9	6

Fuente: Hibbeler (2011)

De acuerdo a la Tabla N°22 se determinó que el esfuerzo máximo del portabrocas es de 38 Ksi, ya que el material que se ha seleccionado es AISI 302 recocido.

Para finalizar, se calculó el factor de seguridad utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{\text{Esfuerzo Máximo}}{\text{Esfuerzo de Compresión}}$$

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{38000}{583.4}$$

$$\text{Factor de Seguridad} = 65 \text{ veces}$$

### Cálculo de Engranajes:

Para realizar los cálculos respectivos de los engranajes, se consideró los siguientes datos:

- ✓ Cantidad de dientes del piñón:  $Z=14$
- ✓ Cantidad de dientes en el engrane:  $Z=27$
- ✓ Espesor del engrane: 10 mm
- ✓ Espesor del piñón: 14 mm
- ✓ Modulo: 2.5 mm
- ✓ Diámetro primitivo del piñón: 35 mm
- ✓ Diámetro primitivo engrane: 67.5 mm
- ✓ Angulo de Precisión:  $20^\circ$
- ✓ Material: Acero al Carbono 1045 Estirado en Frio

De acuerdo a los datos seleccionados para los engranajes, se calculó la velocidad del piñón utilizando la siguiente fórmula:

$$V_{\text{piñon}} = \frac{1750 \times 27 \times 120}{14 \times 159.6}$$

$$V_{\text{piñon}} = 2537 \text{ rpm}$$

Luego que se halló la velocidad del piñón, se determinó la velocidad tangencial utilizando la siguiente fórmula:

$$V_{\text{Tangencial}} = \frac{\pi \times 1750 \times 67,5}{60000}$$

$$V_{\text{Tangencial}} = 6,19 \text{ m/s}$$

Después de calcular la velocidad tangencial, se halló la fuerza tangencial y radial utilizando las siguientes fórmulas:

$$F_{\text{tangencial}} = \frac{P}{V}$$

$$F_{\text{tangencial}} = \frac{0,459 \text{ HP}}{6,19 \text{ m/s}}$$

$$F_{\text{tangencial}} = 55,3 \text{ lb}$$

$$F_{\text{radial}} = \text{Tang (ángulo de precisión)} \times F_{\text{tangencial}}$$

$$F_{\text{radial}} = 20,13 \text{ lb}$$

### Cálculo del Eje:

Para realizar el cálculo del eje se utilizó la ecuación de Soderberg, la cual se muestra a continuación:

*ED-Soderberg*

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} [4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2]^{1/2} + \frac{1}{S_{yt}} [4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2]^{1/2} \right\}$$

$$d = \left( \frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} [4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2]^{1/2} + \frac{1}{S_{yt}} [4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2]^{1/2} \right\} \right)^{1/3}$$

Luego de haber definido la fórmula de Soderberg, se calculó el momento torsor utilizando la siguiente fórmula:

$$T_{\text{mayor}} = \frac{1,5 * 63000}{1730 * \frac{120}{159,6}} = 72,65 \text{ lb. in}$$

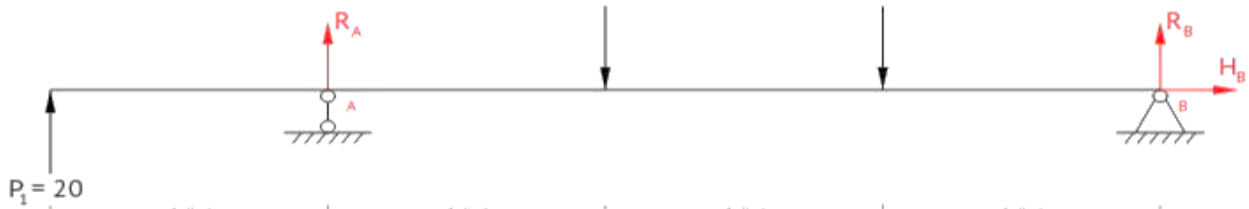
Después de calcular el momento torsor, se analizó el diagrama de cuerpo libre, para ello se consideró los siguientes datos:

- Fuerza Tangencial: 55,3 lb
- Fuerza Radial: 20,13 lb

## Momentos Flectores:

### Eje "X"

Para el momento torsor en el eje "X" se halló la reacción en el punto de apoyo A. Para ello se utilizó el principio del diagrama de cuerpo libre, que menciona que la sumatoria de momentos en un punto debe ser igual a 0.



Para determinar la reacción en A, nos basamos en el principio de equilibrio estático, el cual se expresa de la siguiente manera:

$$\sum M_B = 0$$
$$\sum M_B = 20 * 16 + R_A * 12 - 55.3 * 8 - 55.3 * 4 = 0$$
$$R_A = 28.6 \text{ lb}$$

Para calcular la reacción en B se tomó como referencia la fuerza tangencial de los engranes, la cual es la siguiente:

$$F_{\text{tangencial}} = 55.3 \text{ lb}$$
$$\sum F = 0$$
$$20 + R_A - 55.3 * 2 + R_B = 0$$
$$R_B = 62 \text{ lb}$$

De acuerdo a los datos obtenidos, se realizó el diagrama de fuerza cortante y flector en el eje "X".

Para los cálculos de los diagramas de fuerza cortante y de momento flector se ha utilizado el programa "XVIGAS".

En la figura N°12 se muestra el diagrama de fuerza cortante y el diagrama flector en el eje “X”.

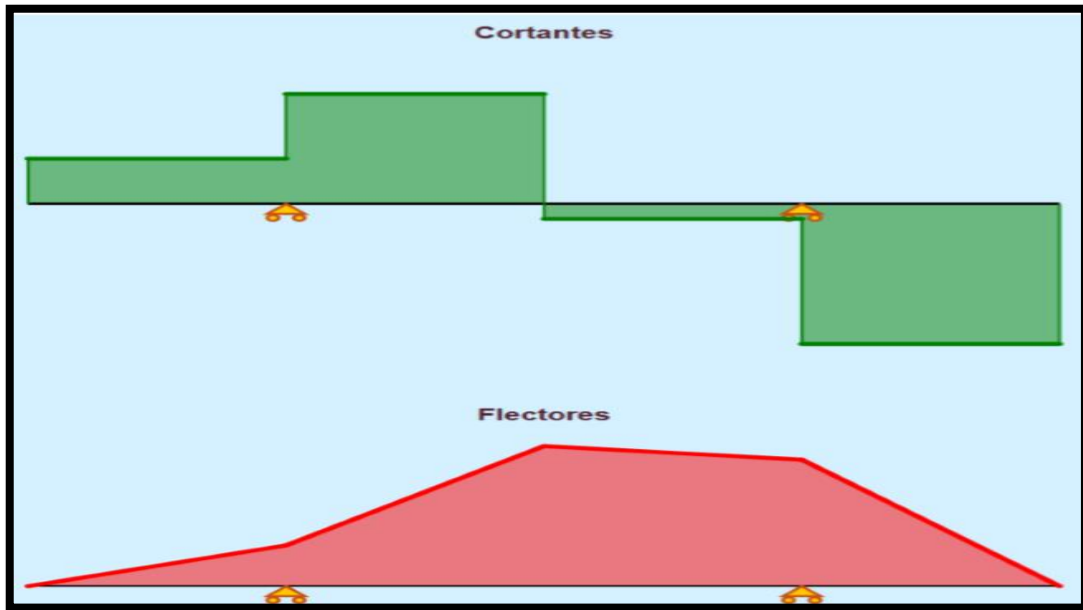


Figura N°12: Diagrama de fuerza cortante y de flector en el eje “X”

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N°23 se indica los valores máximos cortantes y momento flector en el eje “X”

Tabla N°23: Valores máximos cortantes y momento flector en el eje “X”

Valores máximo			
	Cortantes	flectores	
Posición	12.000	8.0000	
Valor	-62.000	274.60	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla N°23 se obtiene que el momento flector máximo será:

$$M_{\text{flector}_{\text{máx}}} = 274.6 \text{ lb. pulg}$$

Luego de haber determinado el momento flector máximo en el eje “X”, se realizó los cálculos en el eje” Y”

Para el momento torsor en el eje “Y” se halló la reacción en el punto de apoyo A, de acuerdo al principio de diagrama de cuerpo libre, el cual señala que la sumatoria en un punto debe ser igual a 0.



Para calcular la reacción en “A” se determinó el valor de P1, para ello se consideró los siguientes datos de la polea:

- Diámetro: 33.02 cm
- Área de sección: 5
- Densidad: 2.7 g /cm<sup>3</sup>
- Volumen: 2566.6 cm<sup>3</sup>

De acuerdo con estos valores se indicó que la masa de la polea es de 15 lb. Sin embargo, se aplica un factor de reducción debido al maquinado especial que se les realiza para que no generen tanta inercia, en este caso la masa es reducida a menos de la mitad resultando lo siguiente:

$$P = 7 \text{ lb}$$

Después de haber obtenido el peso de la polea en libras, se calculó la reacción en “A” según el principio de equilibrio estático, el cual se expresa de la siguiente manera:

$$\sum M_B = 0$$

$$\sum M_B = -7 * 16 + R_A * 12 + 55.3 * 8 + 55.3 * 4 = 0$$

$$R_A = -46 \text{ lb}$$

Para hallar la reacción en B, se tomó como referencia la fuerza tangencial de los engranes



$$F_{\text{tangencial}} = 55.3 \text{ lb}$$

$$\sum F = 0$$

$$-7 + R_A + 55.3 * 2 + R_B = 0$$

$$R_B = -57.6 \text{ lb}$$

En la Figura N°13 se muestra el diagrama fuerza cortante y el diagrama flector en el eje “Y”



Figura N°13: Diagrama fuerza cortante y de flector en el eje “Y”

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N°24 se indica los valores máximos cortante y el momento flector en el eje “Y”

Tabla N°24: Valores máximos cortantes y momento flector en el eje “Y”

Valores máximos			
	Cortantes	flectores	
Posición	12.000	8.0000	
Valor	57.600	-239.80	

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la Tabla N°24 se obtiene que el momento flector máximo será:

$$M_{\text{flector}_{\text{máx}}} = -239.8 \text{ lb. pulg}$$

Luego de haber determinado el momento flector en el eje “Y”, se halló el diámetro mínimo permisible de eje mediante la siguiente fórmula:

$$d = \left( \frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} [4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2]^{1/2} + \frac{1}{S_{yt}} [4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2]^{1/2} \right\} \right)^{1/3}$$

Antes de aplicar la ecuación, se consideró los siguientes datos:

$M_m = 0$  ya que no existe momentos medios

$T_A = 0$  ya que no existen torques alternantes

Por lo tanto, la fórmula para calcular el diámetro del eje es de la siguiente manera:

$$d = \left( \frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} [4(K_f M_a)^2]^{1/2} + \frac{1}{S_{yt}} [3(K_{fs} T_m)^2]^{1/2} \right\} \right)^{1/3}$$

Para hallar el diámetro permisible se tuvo que corregir la resistencia a la fatiga, la cual se expresa de la siguiente manera:

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e$$

Dónde:

$k_a$  = factor de modificación de la condición superficial

$k_b$  = factor de modificación del tamaño

$k_c$  = factor de modificación de la carga

$k_d$  = factor de modificación de la temperatura

$k_e$  = factor de confiabilidad<sup>13</sup>

$k_f$  = factor de modificación de efectos varios

$S'_e$  = límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

$S_e$  = límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso.

Por lo tanto, estos valores dieron un  $S_e$  de 28 ksi

Después de haber corregido la resistencia a la fatiga, se calculó el diámetro mínimo del eje de acuerdo a los siguientes datos:

✓  $K_f = K_{fs} = 1.5$

✓  $S_e = 28$  ksi

✓  $S_{yt} = 71$  ksi

- ✓  $M_a = 239.8$  lb. pulg
- ✓  $T_m = 72.65$  lb. pulg
- ✓  $n = 1730$  rpm

$$d = \left( \frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} [4(K_f M_a)^2]^{1/2} + \frac{1}{S_{yt}} [3(K_{fs} T_m)^2]^{1/2} \right\} \right)^{1/3}$$

$$d = 63 \text{ mm} = 2.48 \text{ pulg}$$

El sistema se diseñará teniendo en cuenta un eje de 63 mm.

Rodajes:

Para el diseño de la máquina se seleccionaron los rodajes tipo SK 5615 con un factor de seguridad 7.

Pernos:

Para el análisis de pernos se tomó en cuenta las reacciones sobre los apoyos en el diagrama de cuerpo libre.

Se tiene que:

Reacción	Plano 1	Plano 2
Apoyo 1	-1.67	-20.88
Apoyo 2	-38.35	-32.54

Entonces se determinó que en el apoyo 2 es donde se tienen más esfuerzos.

De acuerdo a estos datos se tiene que:

- ✓ Distancia de aplicación de la fuerza a los pernos = 74 mm
- ✓ Distancia entre pernos = 70 mm

Para ello se seleccionaron los pernos tipo M10, ya que cumplirán de manera satisfactoria la sujeción.

Luego de haber dado a conocer los cálculos correspondientes al diseño, se realizó un análisis costo beneficio considerando una inversión inicial de S/ 17,672.83.

En la Tabla N°25 se muestran los gastos de mantenimiento

Tabla N°25: Gastos por mantenimiento

N°	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (S/)	Total (S/)
1	Mantenimiento	3	Und	800.00	2400.00
Total					2400.00

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°26 se muestran los gastos de Mano de Obra

Los gastos por mano de obra se consideraron como sueldos anuales.

Tabla N°26: Gastos por mano de obra

N°	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (S/)	Total (S/)
1	Operador	3	Und	21600.00	64800.00
2	Ayudante	7	Und	18000.00	126000.00
Total					190800.00

Fuente: Elaboración propia

Para realizar la evaluación económica se consideró utilizar una máquina, reduciendo así costos de mantenimiento y mano de obra especializada.

En la Tabla N°27 se muestra el flujo financiero.

Tabla N°27: Flujo financiero

	Año 0	Año 1
Egresos		
Inversión inicial	17672.83	
Total de egresos		800.00
Mantenimiento		800.00

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°28 se muestran los ahorros de la nueva máquina

Tabla N°28: Ahorros de la nueva máquina

	Año 1
Ingreso	44800.00
Operador	43200.00
Mantenimiento	1600.00

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°29 se muestra el Valor Anual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Tabla N°29: VAN Y TIR

Tasa de Interés		15%
Año	Flujo Efectivo Neto	Valor
		Presente
0	-17672.83	-17672.83
1	44000.00	38260.87
Valor Anual Neto (VAN)		20588.04
Tasa Interna de Retorno (TIR)		116%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla N°29 se logró observar que la inversión en la fabricación de la máquina será muy rentable.

En la Tabla N°30 se muestra la estrategia de solución orientada a los indicadores de la variable dependiente.

Tabla N°30: Síntesis de la estrategia de la solución

Actividad	Procedimiento	Metas	Duración	Responsable	Presupuesto
Diseño de una Máquina Perforadora de Tubos Schedule 40 para mejorar la Producción de Filtros utilizados en la Industria del Petróleo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir las necesidades.</li> <li>• Conceptualización del diseño.</li> <li>• Análisis de Viabilidad.</li> <li>• Toma de decisiones.</li> <li>• Cálculo de la velocidad de corte.</li> <li>• Cálculo de la velocidad de avance.</li> <li>• Cálculo de la fuerza de corte.</li> <li>• Cálculo del torque.</li> <li>• Cálculo de la velocidad del husillo.</li> <li>• Cálculo de la potencia del Motor.</li> <li>• Selección del Sistema de Transmisión</li> <li>• Cálculo de la longitud de las bandas.</li> <li>• Cálculo de la distancia entre centros.</li> <li>• Cálculo de portabrocas</li> <li>• Cálculo de Engranajes.</li> <li>• Cálculo de ejes</li> <li>• Selección de rodajes</li> <li>• Selección de pernos</li> <li>• Cálculo del Tiempo de perforado</li> <li>• Diseño de la polea del eje.</li> <li>• Diseño de la polea del motor.</li> <li>• Diseño del soporte del tubo.</li> <li>• Diseño de la barra para la palanca.</li> <li>• Diseño de la palanca.</li> <li>• Ensamble de la palanca.</li> <li>• Diseño de la base de la máquina.</li> <li>• Diseño del eje</li> <li>• Diseño del mecanismo de la broca.</li> <li>• Diseño del soporte del motor y engranajes.</li> <li>• Diseño de la carcasa.</li> <li>• Ensamble de la máquina</li> <li>• Simulación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficacia</li> <li>• Eficiencia</li> <li>• Tiempo de Producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abril 2019 - Julio 2020</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Josua Yoel Arismendiz Bolo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo de Materia Prima S/1035,48</li> <li>• Costo de componentes S/3037,35</li> <li>• Costo de Ingeniería S/4200,00</li> <li>• Costo de Mano de obra S/5600,00</li> <li>• Gastos Varios S/3800,00</li> <li>• Costo de Máquina S/17672,83</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

Después de haber presentado la estrategia de solución, se procederá a proyectar los resultados de la propuesta de la mejora tomando como referencia el tiempo de perforación estimado.

Para ello se consideran los siguientes datos:

- ✓ Espesor de la tubería: 0.145 pulg
- ✓ Velocidad del husillo:  $1296 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$
- ✓ Velocidad de avance:  $0.003 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}}$

$$t = \frac{e}{N * f}$$

$$t = \frac{0.145 \cancel{\text{pulg}}}{1296 \frac{\cancel{\text{rev}}}{\text{min}} * 0.003 \frac{\cancel{\text{pulg}}}{\text{rev}}}$$

$$t = 0.04 \text{ min}$$

Por lo tanto, el tiempo de perforación será de 0,12 minutos, ya que la máquina se ha diseñado con tres husillos.

Para calcular el tiempo de perforación de un tubo, se considerará el siguiente dato:

1 tubo = 1332 orificios

~~3 orificios
0,12 minutos~~

~~1332 orificios
X~~

$$X = \frac{1332 \times 0,12}{3}$$

$$X = 53 \text{ minutos}$$

De acuerdo al diseño propuesto, el tiempo para perforar un tubo será de 53 minutos. Para ello se modificará el estándar de producción actual.

En la Tabla N°31 se muestra el tiempo estándar mejorado

Tabla N°31: Tiempo estándar mejorado

---

TIEMPO ESTÁNDAR PARA UN FILTRO	
Actividades	Tiempo Estándar (Hr: min: seg)
Marcado	0:00:20
Cortado	0:03:00
Trazado	0:01:20
Perforado	0:53:00
Limpieza Manual	0:08:00
Inspección Visual	0:05:00
Roscado	1:00:00
Colocar tapón	0:02:00
Montaje de Tubo Secundario	0:01:00
Llenado de confitillo	0:10:00
Colocar conector de rosca	0:02:00
Limpieza Manual	0:03:00
Pintado	0:07:00
Encintado	0:00:30
Inspección Final	0:10:00
Tiempo Total de Producción	2:46:10

---

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°31 se observa que la operación de perforado ya no es un cuello de botella para la empresa, debido a que el tiempo de producción será de 53 minutos.

Luego que se establece el estándar de producción mejorado, se determinará el tiempo total de fabricación para 90 filtros en base a la tabla de producción del año 2019.



En la Tabla N°32 se muestra el tiempo total de producción para la fabricación de 90 filtros.

Tabla N°32: Tiempo total de producción mejorado

Tiempo Total de Producción	
Actividades	Tiempo Total (Hr: min: seg)
Marcado	0:30:00
Cortado	4:30:00
Trazado	2:00:00
Perforado	79:30:00
Limpieza Manual	12:00:00
Inspección Visual	7:30:00
Roscado	90:00:00
Colocar Tapón	3:00:00
Montaje de tubo secundario	1:30:00
Llenado de confitillo	15:00:00
Colocar conector de rosca	3:00:00
Limpieza Manual	4:30:00
Pintado	10:30:00
Encintado	0:45:00
Inspección Final	15:00:00
<b>Total</b>	<b>249:15:00</b>

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°32 se observa que el tiempo de perforación para 90 tubos es de 79:30:00 hr, esto significa que con la fabricación de la maquinaria la empresa se beneficiará, ya que con un solo equipo se estará cubriendo toda la necesidad del mercado.

Luego de haber mostrado el tiempo total de la producción en horas, se determinará la cantidad de días para producir 90 filtros, para ello se considera el siguiente dato:

1 jornada Laboral = 8 horas

$$\begin{array}{r}
 \text{X} \quad 1 \text{ día} \quad \times \quad 8 \text{ horas} \\
 \hline
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad 249,15 \text{ horas}
 \end{array}$$

$$X = \frac{249,15 \times 1}{8}$$

$$X = 31 \text{ días}$$

Después de haber especificado los días para producir todos los filtros requeridos, se estimará el nivel de eficacia tomando como referencia la tabla de producción del año 2019.

En la figura N°14 se muestra la eficacia del servicio mejorado.

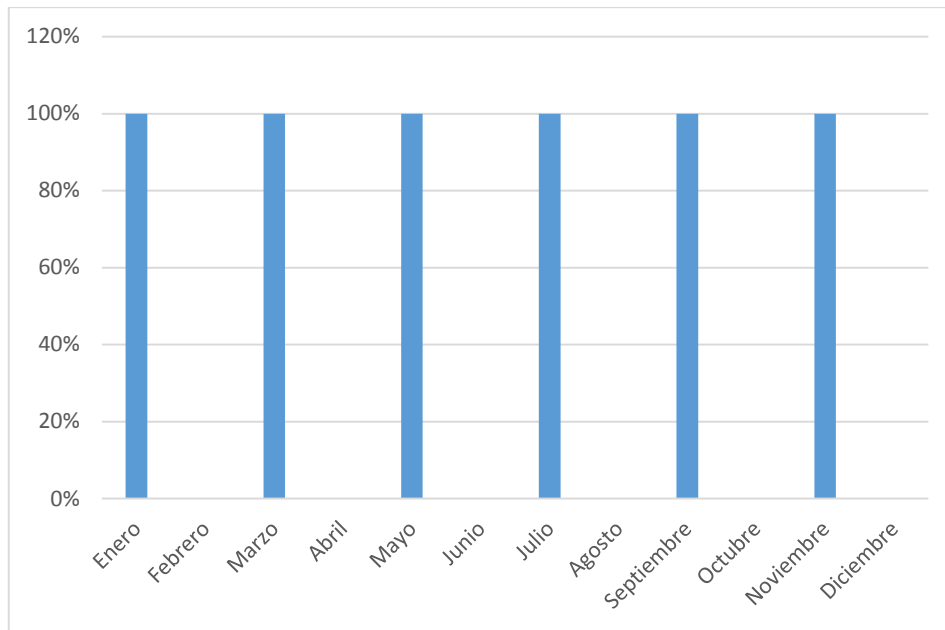


Figura N°14: Eficacia del servicio con la mejora.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°14 se muestra la eficacia del servicio con la propuesta de mejora, la cual se mantendrá en 100%, lo que indica que la empresa cumplirá con los pedidos de su cliente. Luego de haber estimado el nivel eficacia, se determinará la cantidad de filtros que se fabricarán en un mes, para ello se considera el siguiente dato:

1 mes = 30 días

$$\begin{array}{r} 90 \text{ filtros} \\ X \end{array} \begin{array}{r} \diagup 31 \text{ días} \\ \diagdown 30 \text{ días} \end{array}$$

$X = 87 \text{ filtros}$

Por lo tanto, en un mes se producirán 87 filtros

Luego de haber determinado la cantidad de filtros que se fabricarán en un mes, se evaluará el nivel de eficiencia tomando como referencia la tabla de producción del año 2019.

En la Figura N°15 se muestra la eficiencia proyectada de la producción de filtros

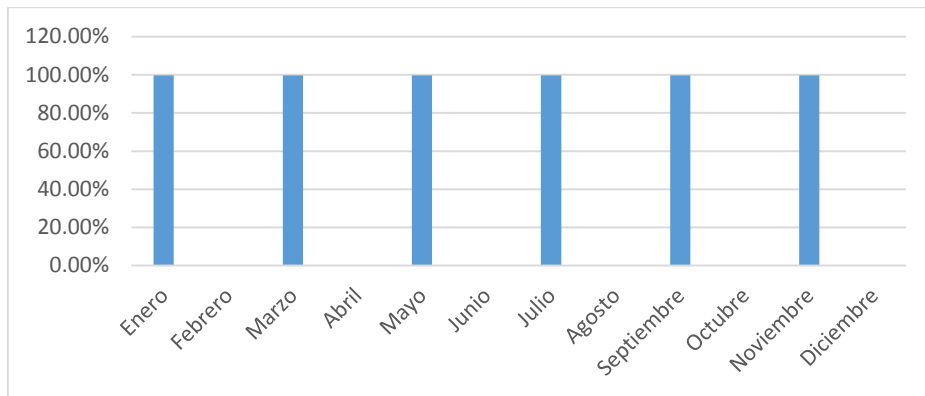


Figura N°15: Eficiencia de la producción proyectada a la mejora

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N°15 se muestra el nivel de eficiencia proyectada, la cual será de 99,2%, lo que indica que la empresa cumplirá con los filtros pedidos por su cliente utilizando los mínimos recursos (tiempo, equipos, mano de obra, costos, etc.).

Anexo 8: Diagrama analítico de procesos propuesto

DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS									
Diagrama Num: 02		Hoja de 1 de 1		Resumen					
Proceso: Producción de Filtros		Actividad			Actual			Propuesta	Economía
Actividad: Proceso de Fabricación de Filtros.		Operación			13			Indefinido	Indefinido
Método: Propuesto		Transporte			0				
Lugar: Sermepet S.R.L		Espera			0				
Operario (s): 8		Inspección			2				
		Almacenamiento			0				
		Distancia (m)							
		Tiempo			249:15:00				
Compuesto por: Josua Yoel Arismendiz Bolo		Fecha: 30/05/2020			- Mano de obra			Indefinido	Indefinido
		Total							
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo					Observaciones
				○	□	D	⇨	▽	
Marcado	90	0:30:00		●					
Cortado	90	4:30:00		●					
Trazado	90	2:00:00		●					
Perforado	90	79:30:00		●					
Limpieza Manual	90	12:00:00		●					
Inspección Visual	90	7:30:00		●					
Roscado	90	90:00:00		●					
Colocar tapón	90	3:00:00		●					
Montaje de tubo secundario	90	1:30:00		●					
Llenado de confitillo	90	15:00:00		●					
Colocar conector de rosca	90	3:00:00		●					
Limpieza Manual	90	4:30:00		●					
Pintado	90	10:30:00		●					
Encintado	90	0:45:00		●					
Inspección Final	90	15:00:00		●					
Total		249:15:00		13	2	0	0	0	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9: Cronograma de actividades para el diseño de la máquina

FASES	ACTIVIDADES	2019									2020						
		ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
I	Definir las Necesidades	X															
	Conceptualización del diseño.	X	X	X	X												
	Análisis de viabilidad				X	X											
	Toma de decisiones					X											
II	Cálculo de la velocidad de corte						X										
	Cálculo de la Velocidad de avance						X										
	Cálculo de la Fuerza de corte						X										
	Cálculo del Torque							X									
	Cálculo de la velocidad del husillo							X									
	Cálculo de la potencia del motor							X									
	Selección del Sistema de Transmisión								X								
	Cálculo de la longitud de bandas								X								
	Cálculo de la distancia entre centros								X								
	Cálculo de portabrocas								X	X							
	Cálculo de los engranajes										X						
	Cálculo del eje											X					
	Selección de rodajes												X				
	Selección de pernos												X				
Cálculo del tiempo de perforado													X				
III	Diseño de la polea del eje														X		
	Diseño de la polea del motor														X		
	Diseño del soporte del tubo														X		
	Diseño de la barra para la palanca														X		
	Diseño de la palanca														X		
	Ensamble de la palanca														X		
	Diseño de la base de la máquina														X		
	Diseño del eje														X		
	Diseño del mecanismo de la broca														X		
	Diseño del soporte del motor y engranes														X		
	Diseño de la carcasa														X		
	Ensamble de la máquina														X		
	Simulación																X
Presentación Final																	X

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10: Elaboración del presupuesto para la investigación

PARTIDAS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL (S/.)
<b>REMUNERACIONES</b>					
Asesor Especialista 1	Asesoría	5	S/100,00	S/500,00	S/3,450.00
Asesor Especialista 2	Asesoría	10	S/100,00	S/1,000	
Asesor Técnico 1	Asesoría	7	S/50,00	S/350,00	
Asesor Técnico 2	Asesoría	12	S/50,00	S/600,00	
Pago de Derecho de Sustentación.	Total	1	S/1,000	S/1,000	
<b>BIENES</b>					
Memoria USB 8GB	Unidad	1	S/30,00	S/30,00	S/2,412.00
Hojas Bond 80 gr	Millar	3	S/14,00	S/42,00	
Tinta para Impresora	Unidad	4	S/10,00	S/40,00	
Laptop (Depreciación) "Lenovo"	Unidad	1	S/600,00	S/600,00	
Impresora "Canon"	Unidad	1	S/200,00	S/200,00	
Materiales de Ingeniería	Total	1	S/1,500.00	S/1,500.00	
<b>SERVICIOS</b>					
Telefonía	Total	1	S/300,00	S/300,00	S/3,350.00
Transporte	Total	1	S/750,00	S/750,00	
Fotocopias	Total	1	S/200,00	S/200,00	
Impresiones	Total	1	S/400,00	S/400,00	
Internet	Total	1	S/800,00	S/800,00	
Luz	Total	1	S/900,00	S/900,00	
<b>TOTAL</b>					<b>S/9,212.00</b>

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 11: Pesos de las piezas de la máquina

### Peso de la polea del motor

The screenshot displays the SolidWorks interface with the 'Propiedades físicas' (Physical Properties) dialog box open for the part 'rueda motor-1@Maq\_total\_sin\_carcasa'. The dialog box shows the following data:

Reemplazar las propiedades de masa... Recalcular

Incluir sólidos/componentes ocultos  
 Crear operación de centro de masa  
 Mostrar masa de cordón de soldadura  
Informar de valores de coordenadas relativos a: -- predeterminado --

Propiedades de masa de rueda motor:  
Configuración: Predeterminado  
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

El centro de masa y los momentos de inercia son los resultados en el sistema  
Densidad = 0.00 gramos por milímetro cúbico

Masa = 565.41 gramos  
Volumen = 209410.57 milímetros cúbicos  
Área de superficie = 34296.00 milímetros cuadrados

Centro de masa: ( milímetros )  
X = -165.00  
Y = 306.00  
Z = 1106.99

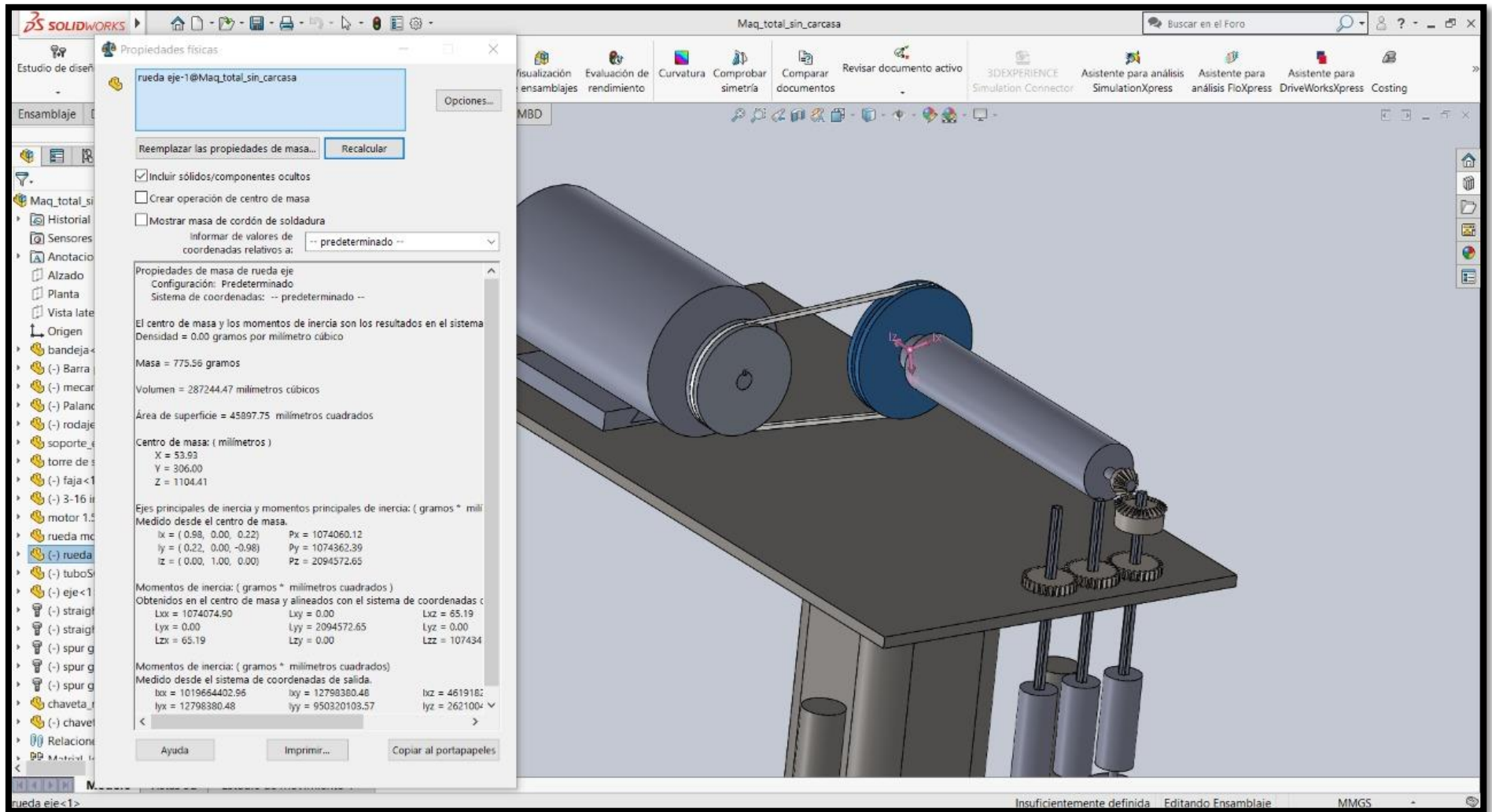
Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: ( gramos \* milímetros cuadrados )  
Medido desde el centro de masa.  
I<sub>x</sub> = ( 1.00, 0.00, 0.00)    P<sub>x</sub> = 520493.79  
I<sub>y</sub> = ( 0.00, 0.00, -1.00)    P<sub>y</sub> = 520568.90  
I<sub>z</sub> = ( 0.00, 1.00, 0.00)    P<sub>z</sub> = 1001593.44

Momentos de inercia: ( gramos \* milímetros cuadrados )  
Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de salida.  
I<sub>xx</sub> = 520493.79    I<sub>xy</sub> = 0.00    I<sub>xz</sub> = 0.00  
I<sub>yy</sub> = 0.00    I<sub>yy</sub> = 1001593.44    I<sub>yz</sub> = 0.00  
I<sub>zz</sub> = 0.00    I<sub>zz</sub> = 520568.90

Momentos de inercia: ( gramos \* milímetros cuadrados )  
Medido desde el sistema de coordenadas de salida.  
I<sub>xx</sub> = 746326724.54    I<sub>yy</sub> = -28547477.29    I<sub>zz</sub> = -103273.00  
I<sub>xy</sub> = -28547477.29    I<sub>yy</sub> = 709258477.50    I<sub>yz</sub> = 1915254.00

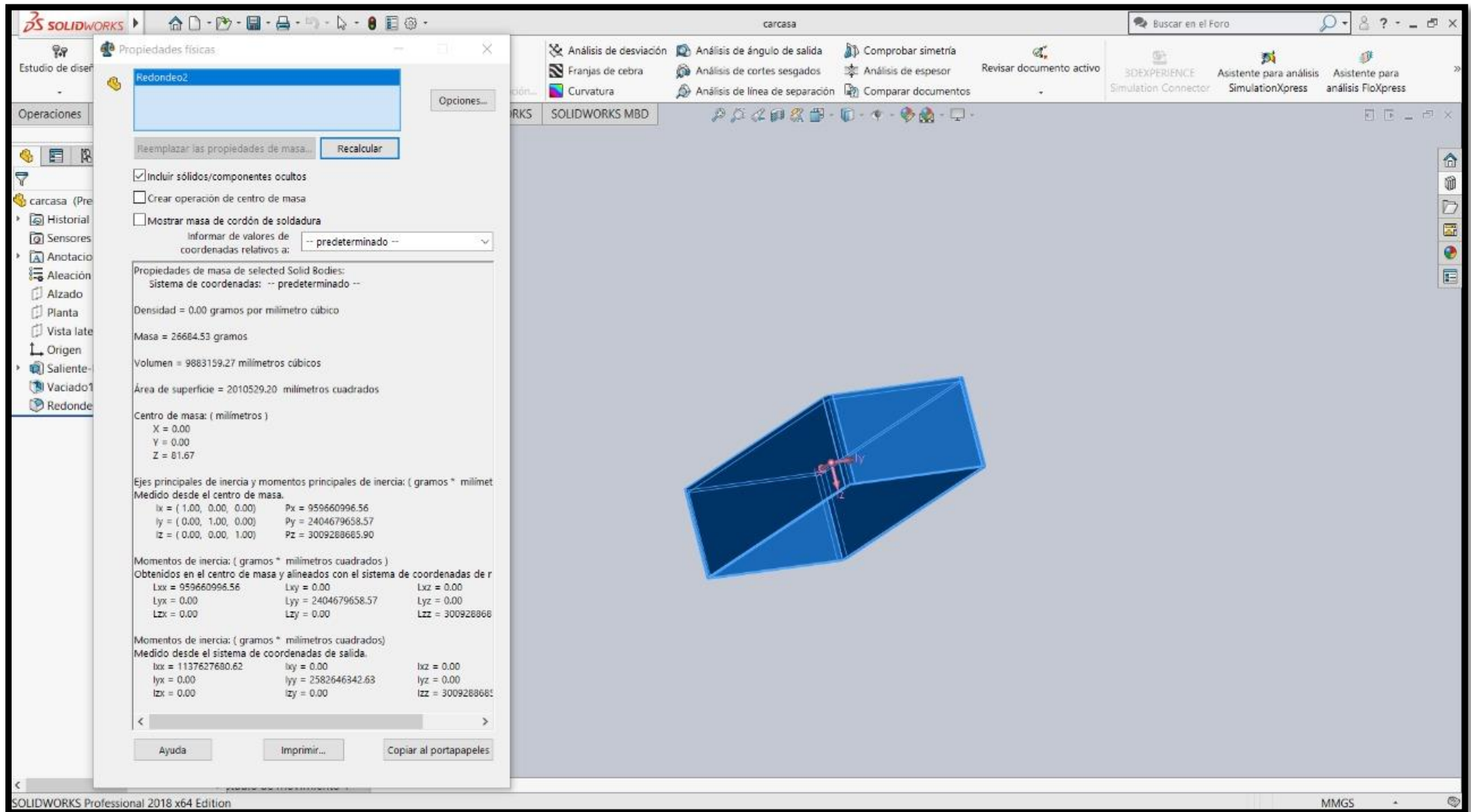
Ayuda    Imprimir...    Copiar al portapapeles

# Peso de la p Polea del eje





# Peso de la carcasa



# Peso de la base de la maquina

**Propiedades físicas**

torre de sujeción-1@Maq\_total\_sin\_carcasa

Reemplazar las propiedades de masa... Recalcular

Incluir sólidos/componentes ocultos  
 Crear operación de centro de masa  
 Mostrar masa de cordón de soldadura

Informar de valores de coordenadas relativos a: -- predeterminado --

Propiedades de masa de torre de sujeción  
Configuración: Predeterminado  
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

El centro de masa y los momentos de inercia son los resultados en el sistema  
Densidad = 0.01 gramos por milímetro cúbico

Masa = 213476.27 gramos  
Volumen = 27022312.89 milímetros cúbicos  
Área de superficie = 2382676.09 milímetros cuadrados

Centro de masa: ( milímetros )  
X = 0.00  
Y = 99.76  
Z = 261.67

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: ( gramos \* milímetros cuadrados )  
Medido desde el centro de masa.  
Ix = ( 0.00, 0.28, 0.96 ) Px = 9023923365.34  
Iy = ( 1.00, 0.00, 0.00 ) Py = 24564999878.51  
Iz = ( 0.00, 0.96, -0.28 ) Pz = 27055985614.10

Momentos de inercia: ( gramos \* milímetros cuadrados )  
Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas c  
Lxx = 24564999878.52 Lxy = -2164.37 Lxz = 2274.37  
Lyx = -2164.37 Lyy = 25727545261.51 Lyz = 461368  
Lzx = 2274.33 Lzy = 4613680667.12 Lzz = 111623

Momentos de inercia: ( gramos \* milímetros cuadrados )  
Medido desde el sistema de coordenadas de salida.  
Ixx = 41307116953.41 Ixy = -3456.21 Ixz = -1114.05  
Iyx = -3456.21 Iyy = 40344958147.74 Iyz = 101866.21

Ayuda Imprimir... Copiar al portapapeles

SOLIDWORKS Professional 2018 x64 Edition Insuficientemente definida Editando Ensamblaje MMGS

## Peso del soporte del tubo

The screenshot displays the SolidWorks interface with the 'Propiedades físicas' (Physical Properties) window open for the part 'bandeja-1@Maq\_total\_sin\_carcasa'. The window shows the following data:

**Propiedades de masa de bandeja**  
Configuración: Predeterminado  
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

El centro de masa y los momentos de inercia son los resultados en el sistema  
Densidad = 0.01 gramos por milímetro cúbico

Masa = 17865.48 gramos

Volumen = 2261453.75 milímetros cúbicos

Área de superficie = 392625.25 milímetros cuadrados

Centro de masa: ( milímetros )  
X = 0.00  
Y = -87.01  
Z = 631.49

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: ( gramos \* milímetros cuadrados )  
Medido desde el centro de masa.

$I_x = ( 1.00, 0.00, 0.00 )$	$P_x = 191276089.80$
$I_y = ( 0.00, 1.00, 0.01 )$	$P_y = 445585493.71$
$I_z = ( 0.00, -0.01, 1.00 )$	$P_z = 632896083.27$

Momentos de inercia: ( gramos \* milímetros cuadrados )  
Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas c

$L_{xx} = 191276089.80$	$L_{xy} = 0.00$	$L_{xz} = 0.00$
$L_{yx} = 0.00$	$L_{yy} = 445625054.00$	$L_{yz} = 272185$
$L_{zx} = 0.00$	$L_{zy} = 2721855.28$	$L_{zz} = 632856$

Momentos de inercia: ( gramos \* milímetros cuadrados )  
Medido desde el sistema de coordenadas de salida.

$b_{xx} = 7450965753.11$	$b_{yy} = 0.00$	$b_{zz} = 0.00$
$b_{yx} = 0.00$	$b_{yy} = 7570062817.08$	$b_{yz} = -978906$

The background shows a 3D model of a mechanical assembly with a blue tray-like component highlighted. The status bar at the bottom indicates 'Insuficientemente definida' (Underdefined) and 'Editando Ensamblaje' (Editing Assembly).

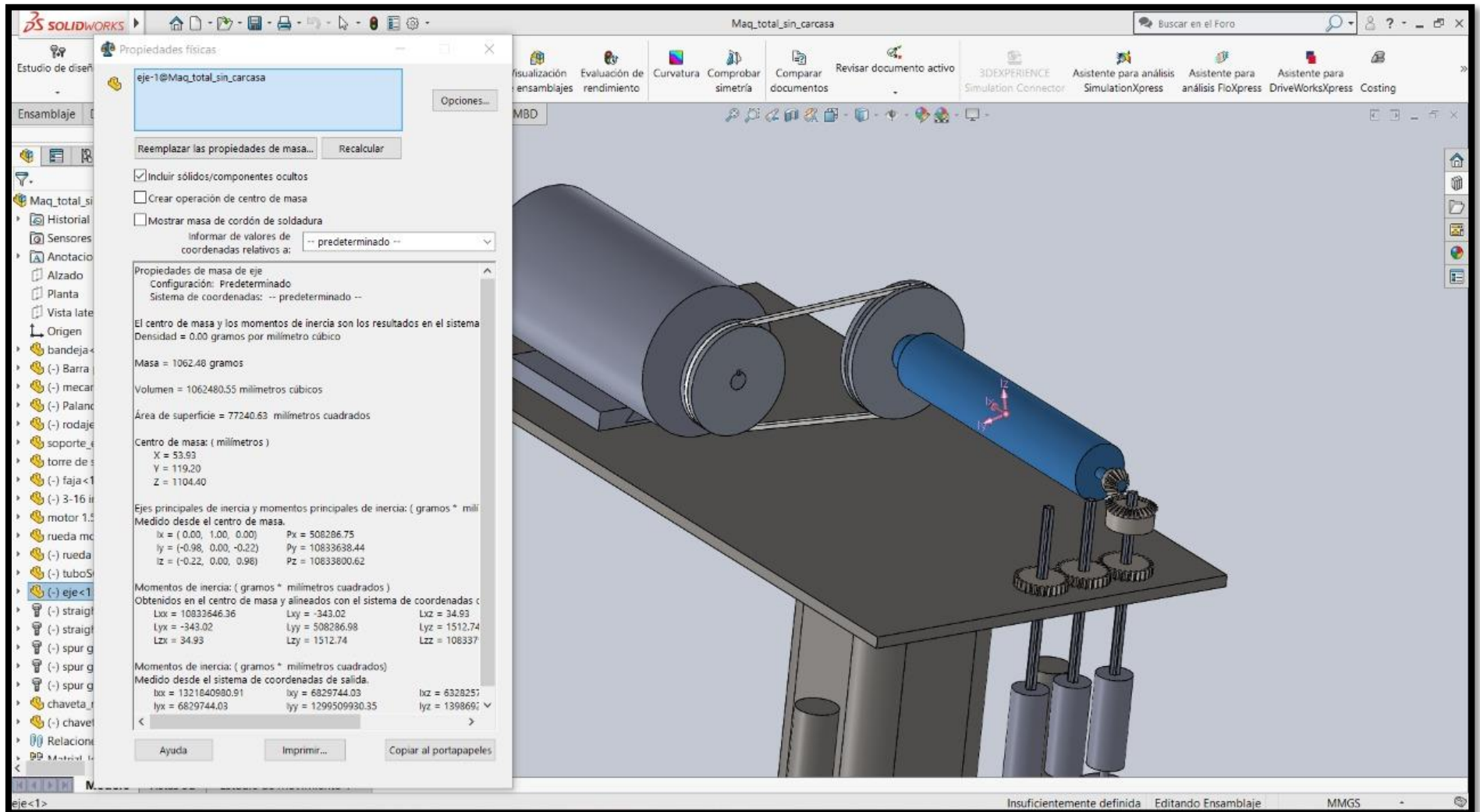
## Peso del soporte de engranes y motor.

The image shows a SolidWorks CAD application window with the 'Propiedades físicas' (Physical Properties) dialog box open for a component named 'soporte\_engranes\_motor-1@Maq\_total\_sin\_carcasa'. The dialog box displays the following information:

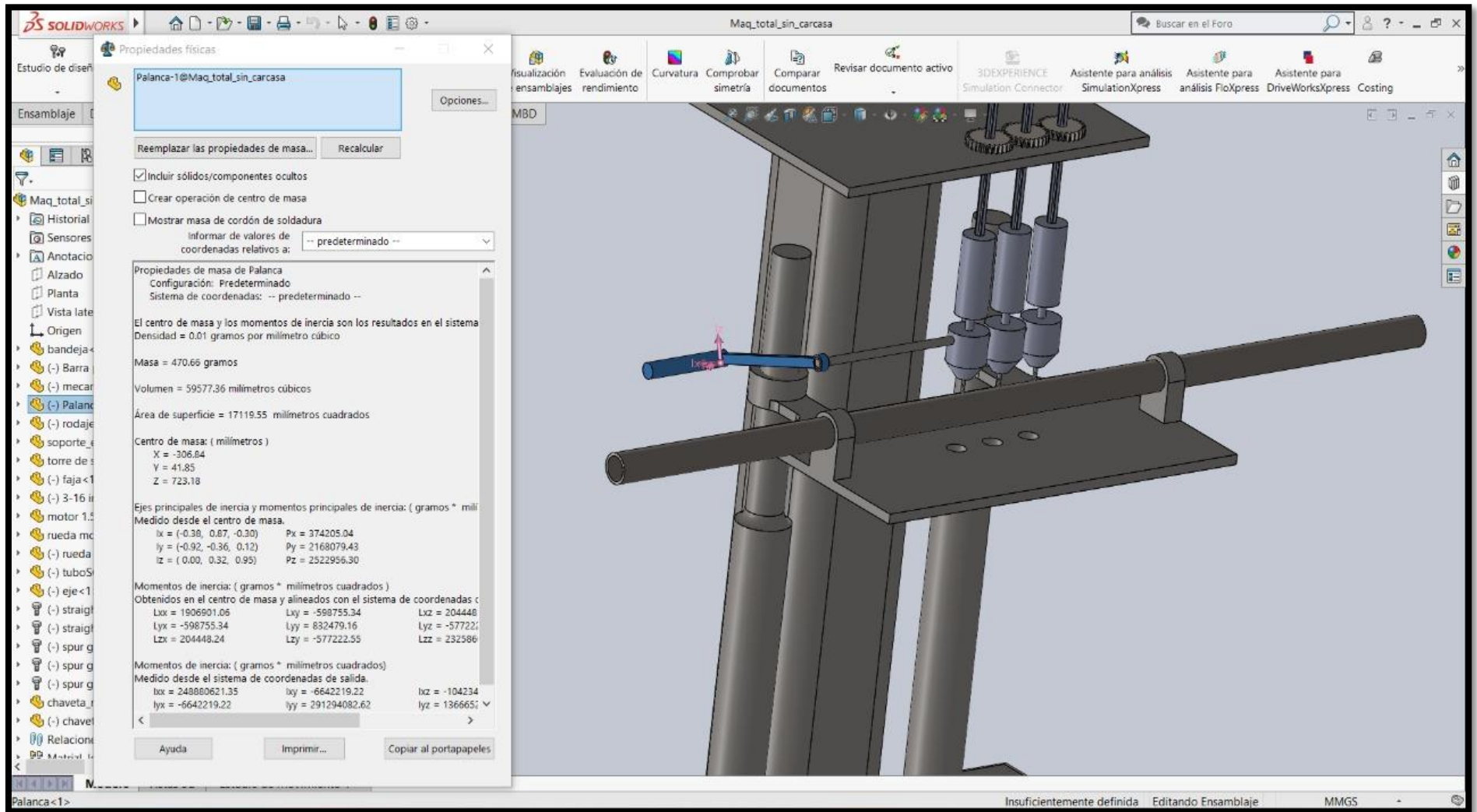
- Reemplazar las propiedades de masa...** (Buttons: Reemplazar, Recalcular)
- Incluir sólidos/componentes ocultos
- Crear operación de centro de masa
- Mostrar masa de cordón de soldadura
- Informar de valores de coordenadas relativos a: -- predeterminado --
- Propiedades de masa de soporte\_engranes\_motor
- Configuración: Predeterminado
- Sistema de coordenadas: -- predeterminado --
- El centro de masa y los momentos de inercia son los resultados en el sistema
- Densidad = 0.01 gramos por milímetro cúbico
- Masa = 38228.48 gramos
- Volumen = 4839047.71 milímetros cúbicos
- Área de superficie = 798067.12 milímetros cuadrados
- Centro de masa: ( milímetros )  
X = -75.29  
Y = 266.45  
Z = 1011.75
- Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: ( gramos \* milímetros cuadrados )  
Medido desde el centro de masa.  
Ix = ( 0.00, 1.00, 0.00) Px = 646974740.95  
Iy = (-1.00, 0.00, 0.00) Py = 2290229807.39  
Iz = ( 0.00, 0.00, 1.00) Pz = 2936176903.17
- Momentos de inercia: ( gramos \* milímetros cuadrados )  
Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas c  
Lxx = 2290219217.84 Lxy = 4171476.04 Lxz = 0.00  
Lyx = 4171476.04 Lyy = 646985330.50 Lyz = 0.00  
Lzx = 0.00 Lzy = 0.00 Lzz = 2936176903.17
- Momentos de inercia: ( gramos \* milímetros cuadrados )  
Medido desde el sistema de coordenadas de salida.  
Ixx = 44136383251.42 Ixy = -762727471.88 Izx = -291203  
Iyx = -762727471.88 Iyy = 39995809896.33 Iyz = 103056: ▾

The background shows a 3D model of a mechanical assembly with a motor, gears, and a support structure. The status bar at the bottom indicates 'Insuficientemente definida' (Underdefined) and 'Editando Ensamblaje' (Editing Assembly).

# Peso del eje



# Peso de la palanca



## Peso de la barra de la palanca

**Propiedades físicas**

Palanca-1@Maq\_total\_sin\_carcasa

Reemplazar las propiedades de masa... Recalcular

Incluir sólidos/componentes ocultos  
 Crear operación de centro de masa  
 Mostrar masa de cordón de soldadura

Informar de valores de coordenadas relativos a: -- predeterminado --

Propiedades de masa de Palanca  
Configuración: Predeterminado  
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

El centro de masa y los momentos de inercia son los resultados en el sistema  
Densidad = 0.01 gramos por milímetro cúbico

Masa = 470.66 gramos

Volumen = 59577.36 milímetros cúbicos

Área de superficie = 17119.55 milímetros cuadrados

Centro de masa: ( milímetros )  
X = -306.84  
Y = 41.85  
Z = 723.18

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: ( gramos \* milímetros cuadrados )  
Medido desde el centro de masa.

ix = (-0.38, 0.87, -0.30)	Px = 374205.04
iy = (-0.92, -0.36, 0.12)	Py = 2168079.43
iz = (0.00, 0.32, 0.95)	Pz = 2522956.30

Momentos de inercia: ( gramos \* milímetros cuadrados )  
Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas c

Lxx = 1906901.06	Lxy = -598755.34	Lxz = 204448
Lyx = -598755.34	Lyx = 832479.16	Lyz = -57722
Lzx = 204448.24	Lzy = -577222.55	Lzz = 232586

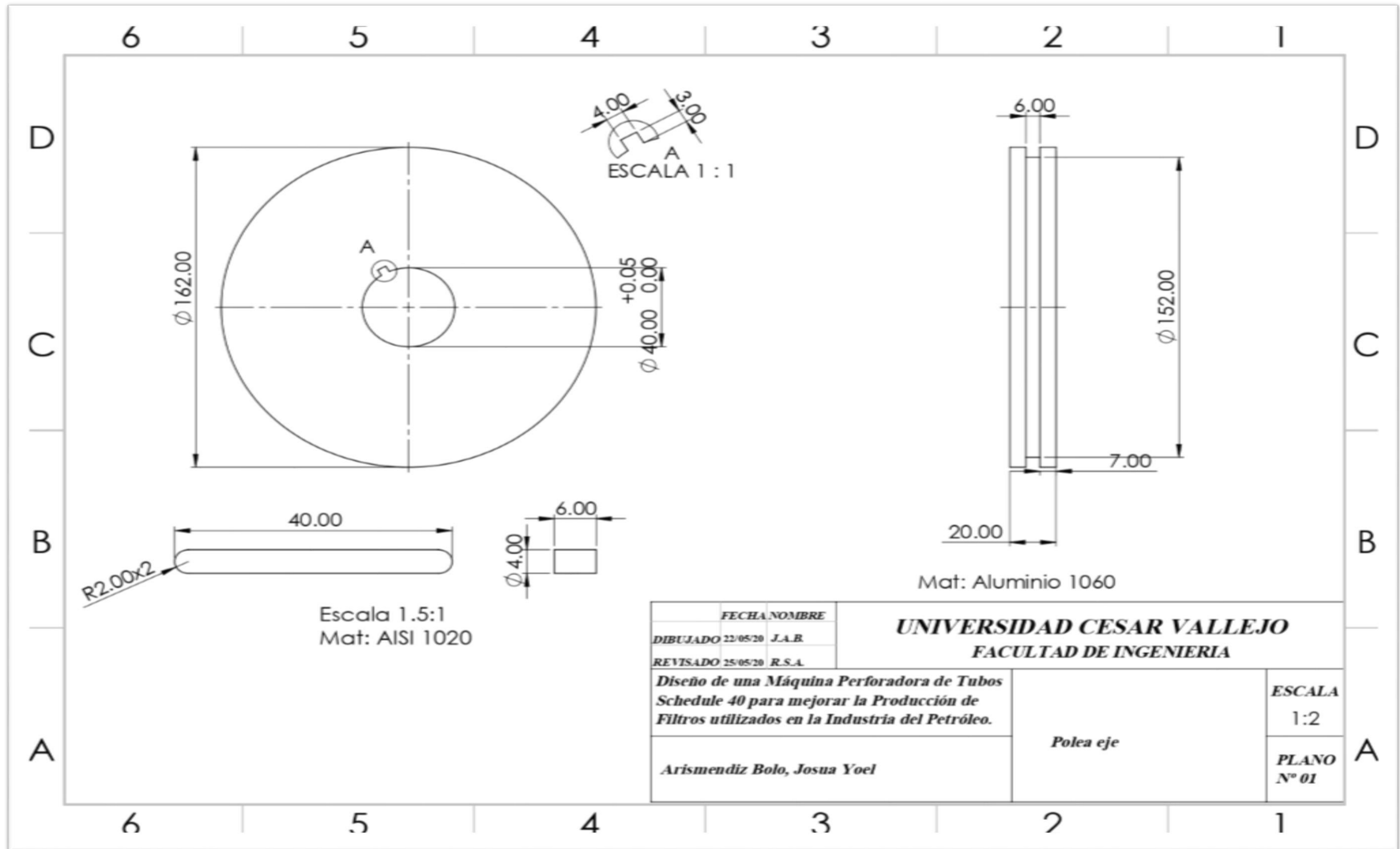
Momentos de inercia: ( gramos \* milímetros cuadrados )  
Medido desde el sistema de coordenadas de salida.

lxx = 248880621.35	lxy = -6642219.22	lxz = -104234
lyx = -6642219.22	lyy = 291294082.62	lyz = 136665

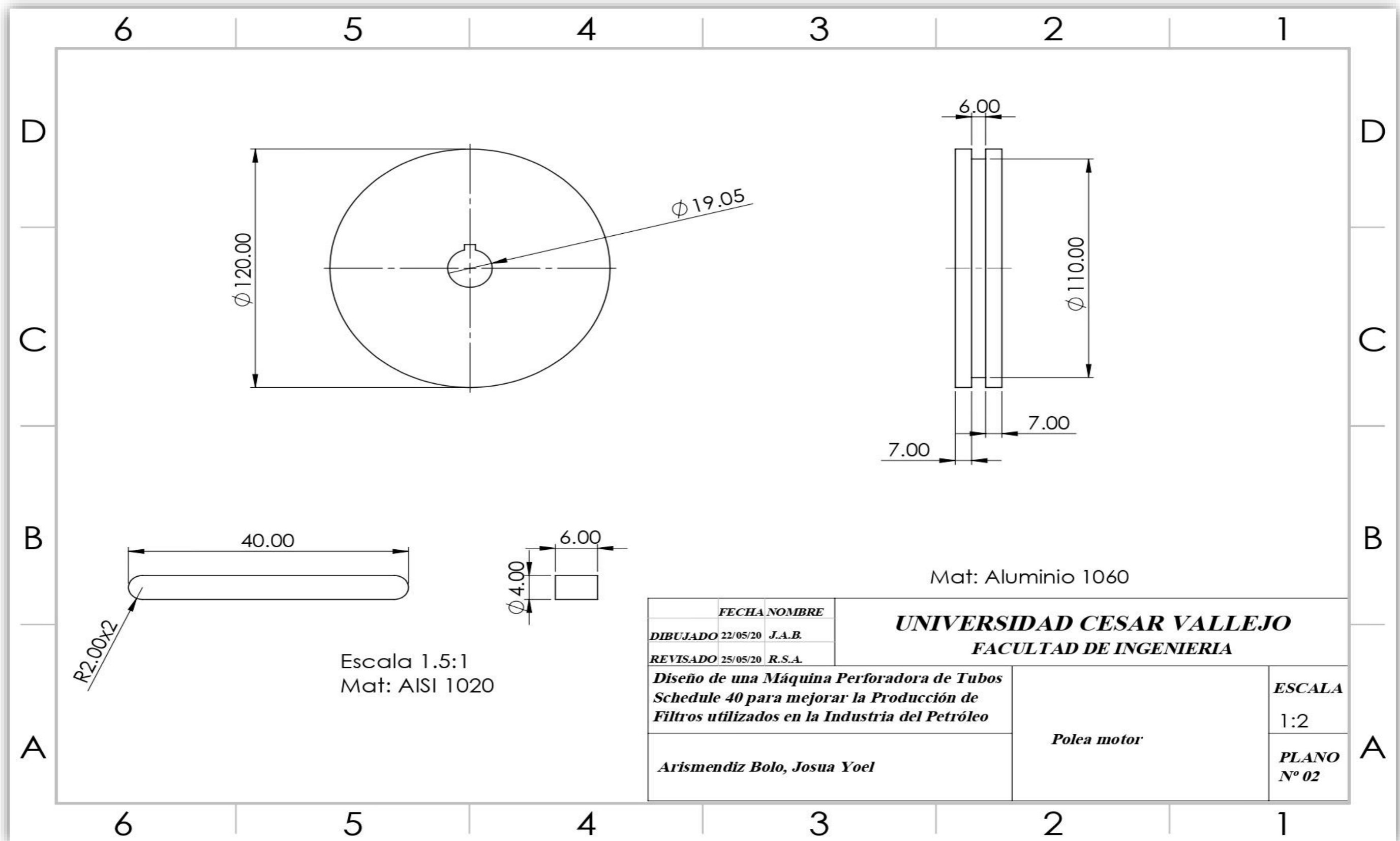
Ayuda Imprimir... Copiar al portapapeles

Insuficientemente definida Editando Ensamblaje MMGS

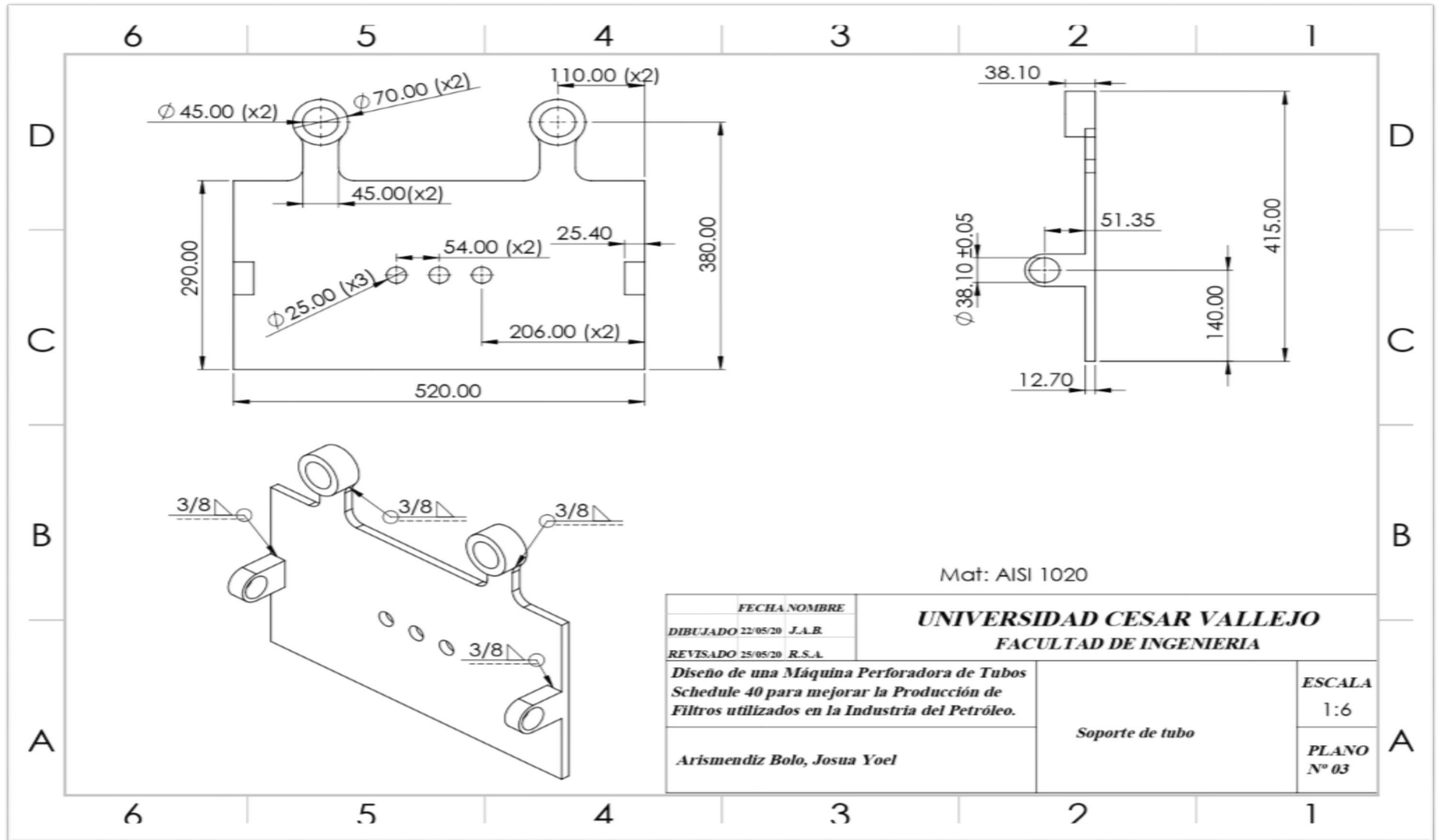
Plano N° 01: Diseño de la Polea del Eje







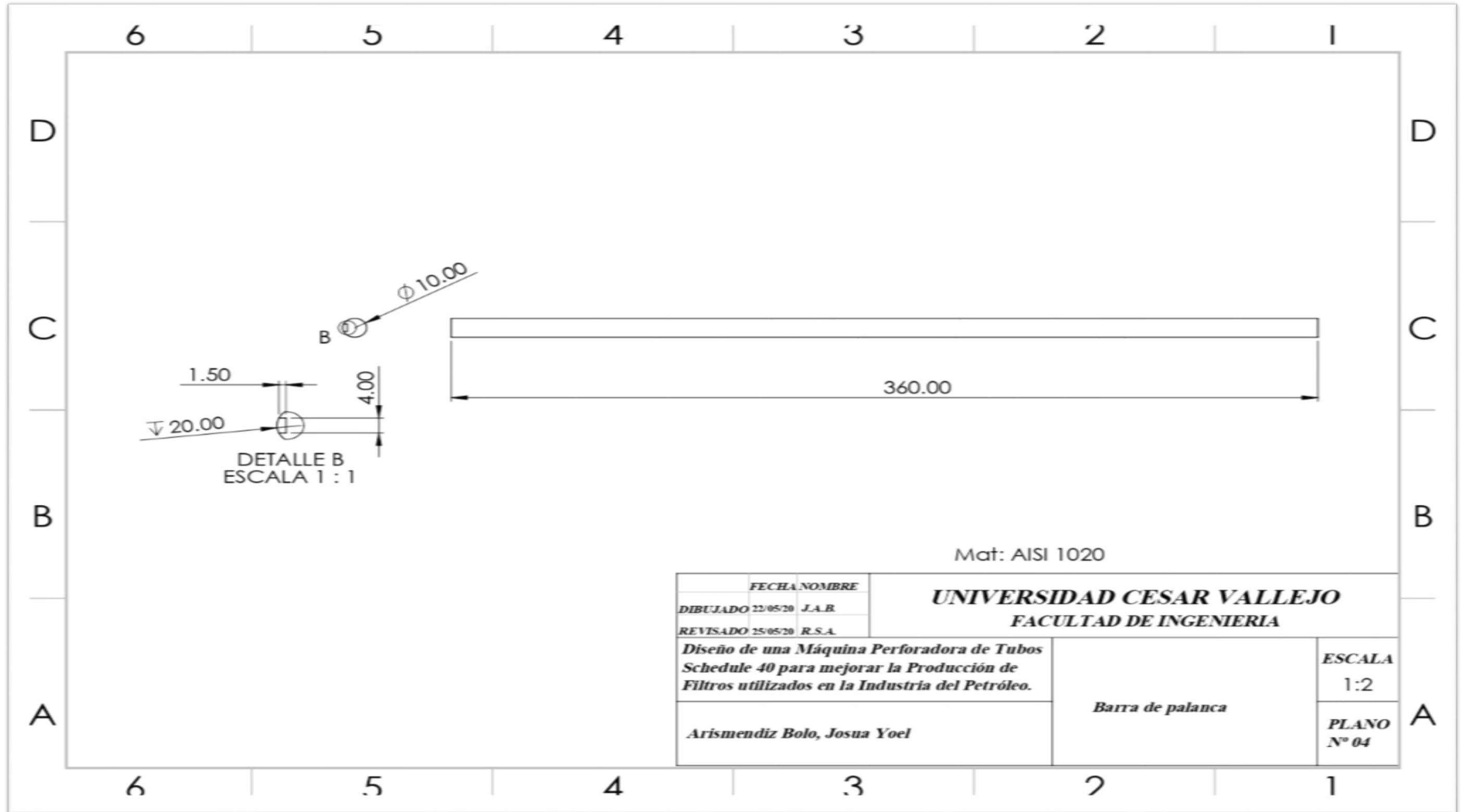
FECHA		NOMBRE		<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
DIBUJADO	22/05/20	J.A.B.			
REVISADO	25/05/20	R.S.A.		<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>Arismendiz Bolo, Josua Yoel</b>				<b>Polea motor</b>	
				<b>PLANO</b> N° 02	



Mat: AISI 1020

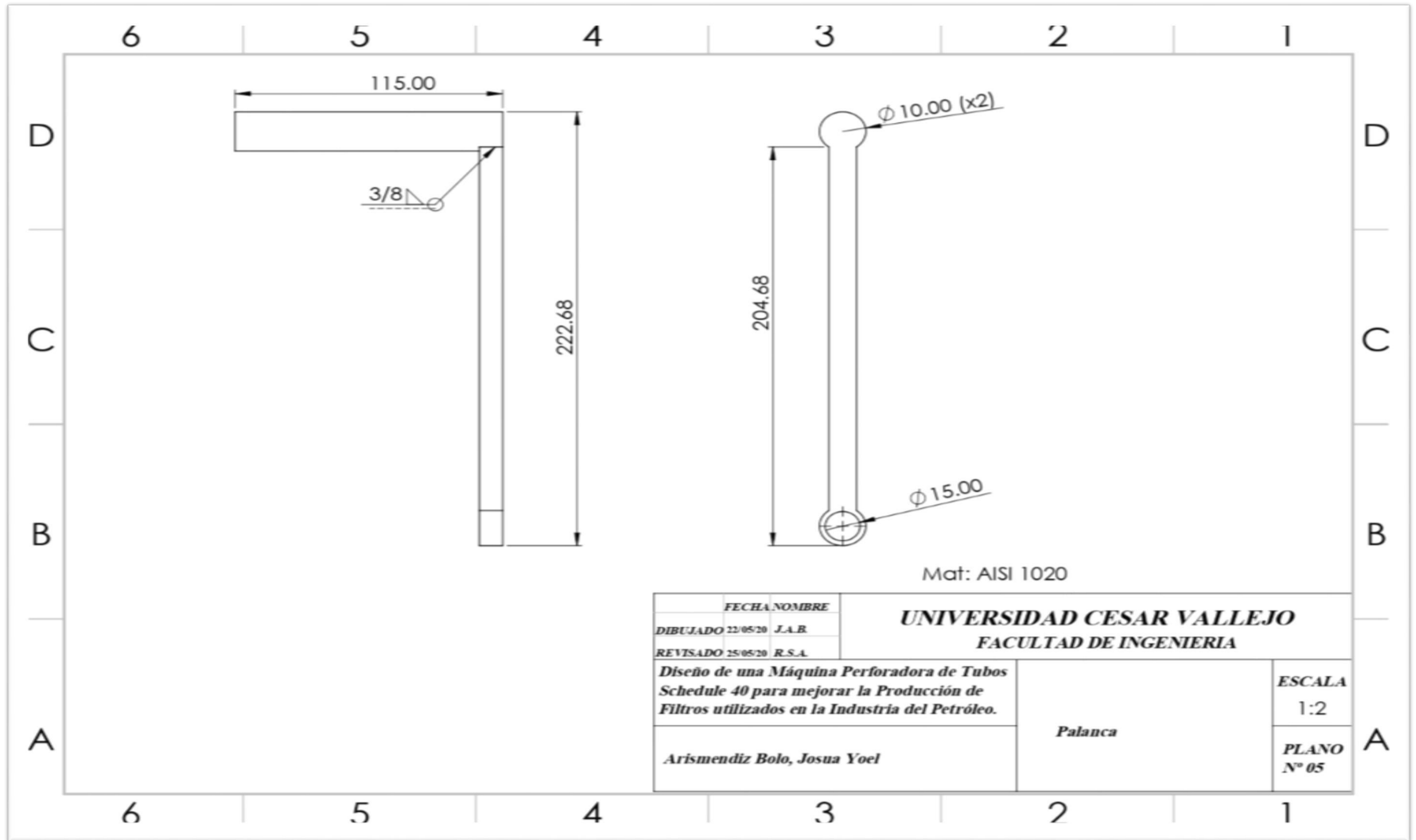
FECHA		NOMBRE		<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>			
DIBUJADO	22/05/20	J.A.B.				<b>Diseño de una Máquina Perforadora de Tubos Schedule 40 para mejorar la Producción de Filtros utilizados en la Industria del Petróleo.</b>	<b>ESCALA</b> 1:6
REVISADO	25/05/20	R.S.A.					<b>PLANO</b> N° 03
<b>Arismendiz Bolo, Josua Yoel</b>				<b>Soporte de tubo</b>			

Plano N° 04: Diseño de la Barra para la Palanca



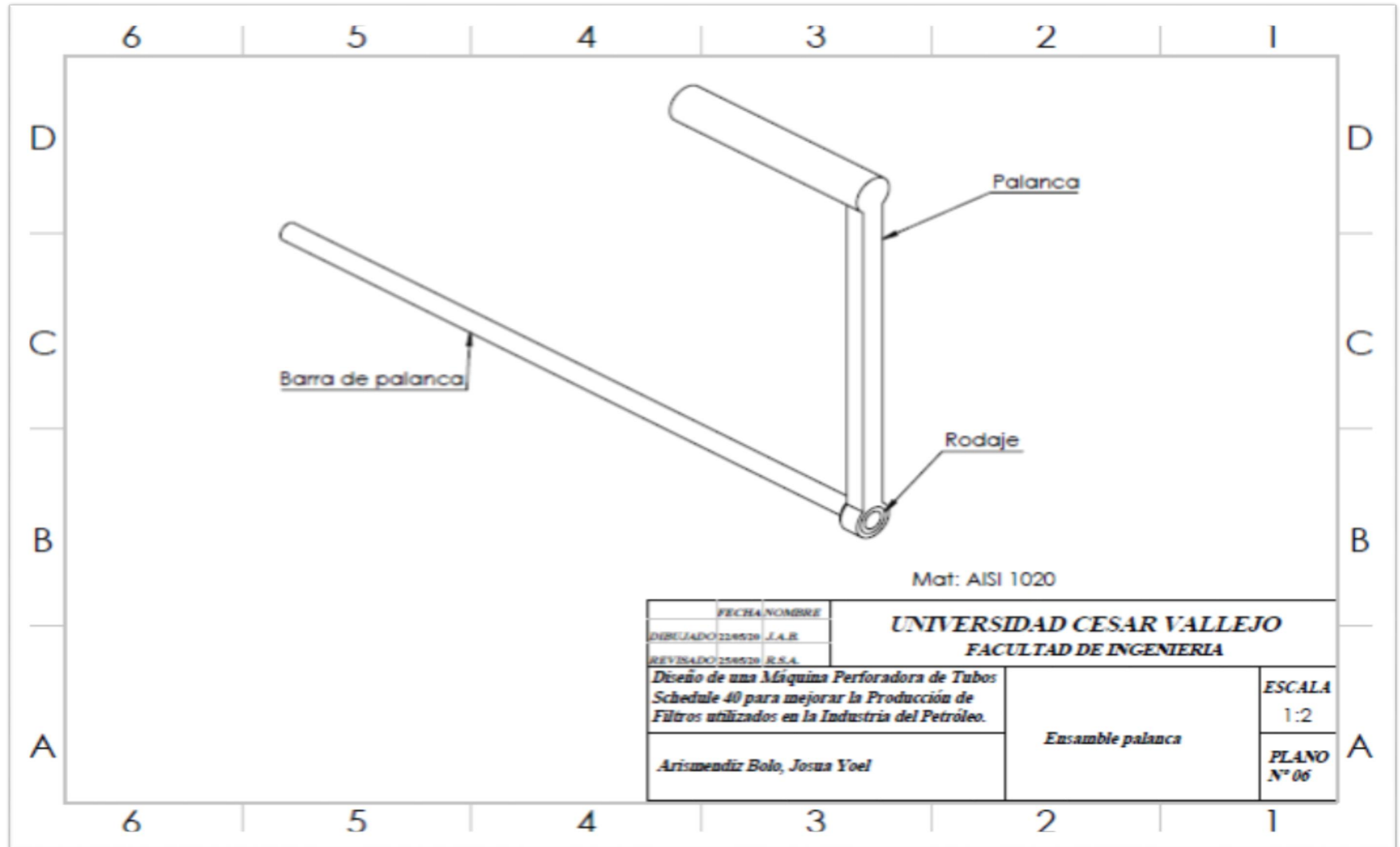
Mat: AISI 1020

FECHA		NOMBRE		<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>		
DIBUJADO	22/05/20	J.A.B.				
REVISADO	25/05/20	R.S.A.		Barra de palanca	1:2	
Arismendiz Bolo, Josua Yoel						PLANO
						N° 04

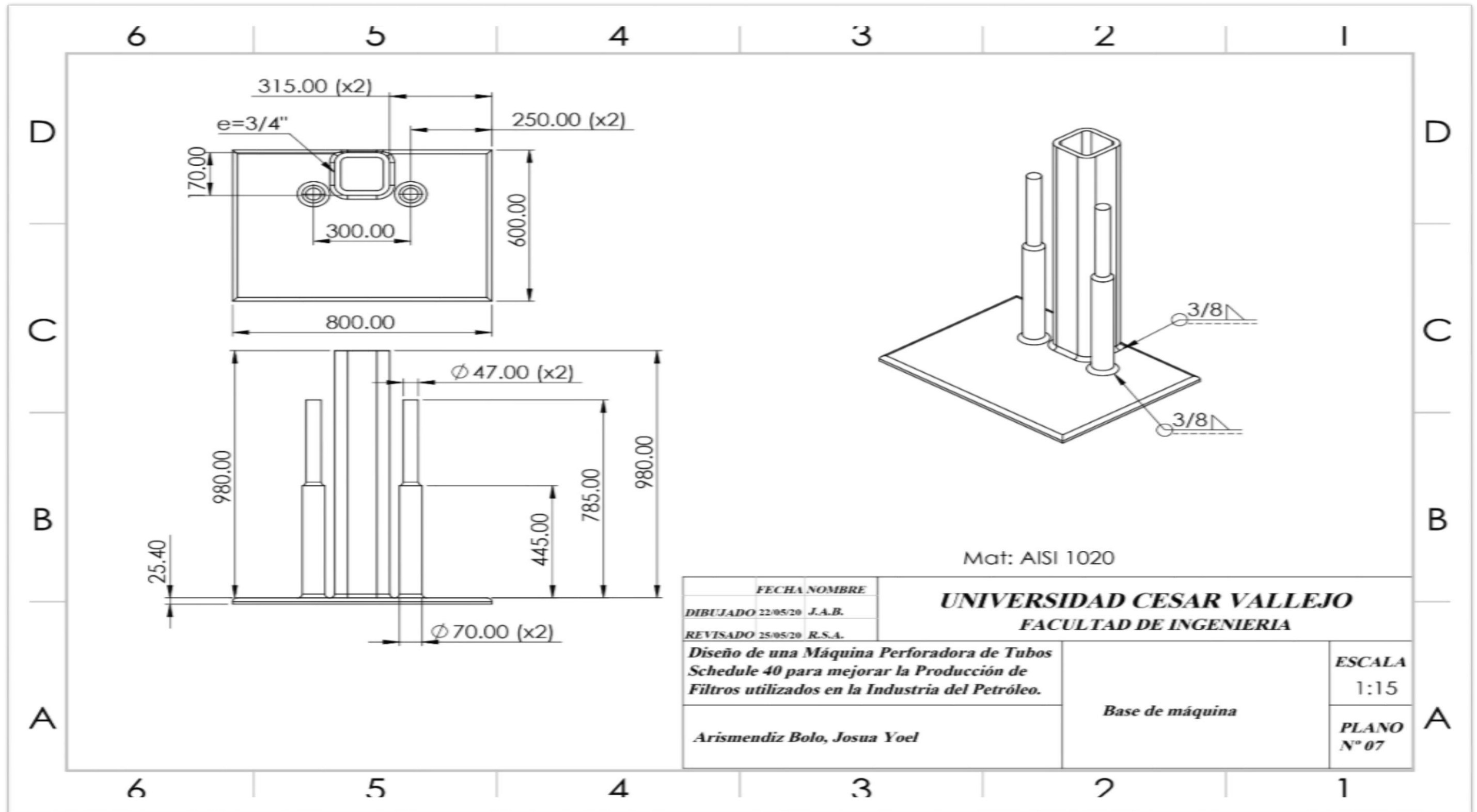


FECHA		NOMBRE		<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>			
DIBUJADO	22/05/20	J.A.B.				<b>Diseño de una Máquina Perforadora de Tubos Schedule 40 para mejorar la Producción de Filtros utilizados en la Industria del Petróleo.</b>	<b>ESCALA</b> 1:2
REVISADO	25/05/20	R.S.A.					<b>Palanca</b>
<b>Arismendiz Bolo, Josua Yoel</b>							

Plano N° 06: Ensamble de la Palanca



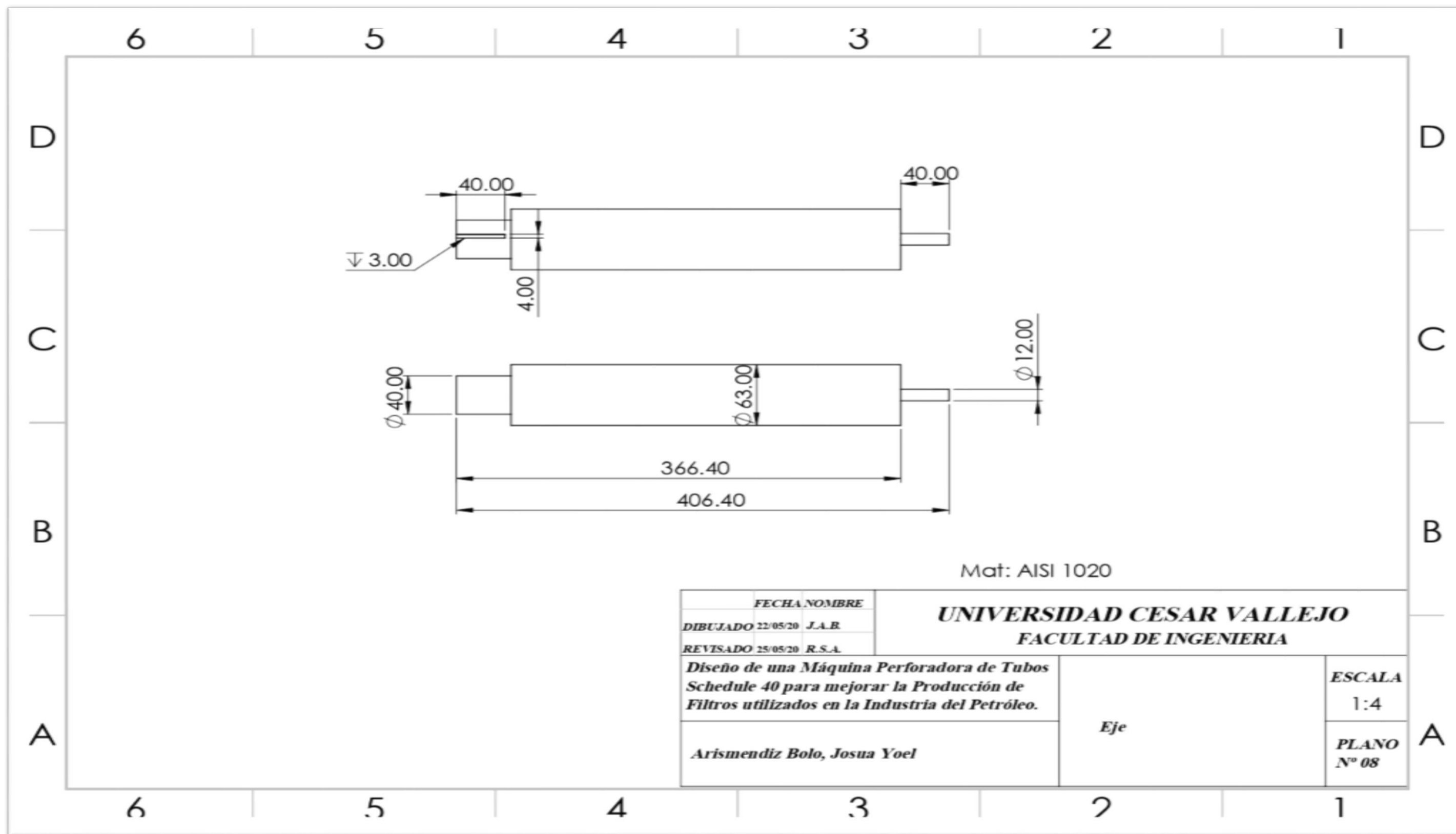
Plano N° 07: Diseño Base de la Máquina

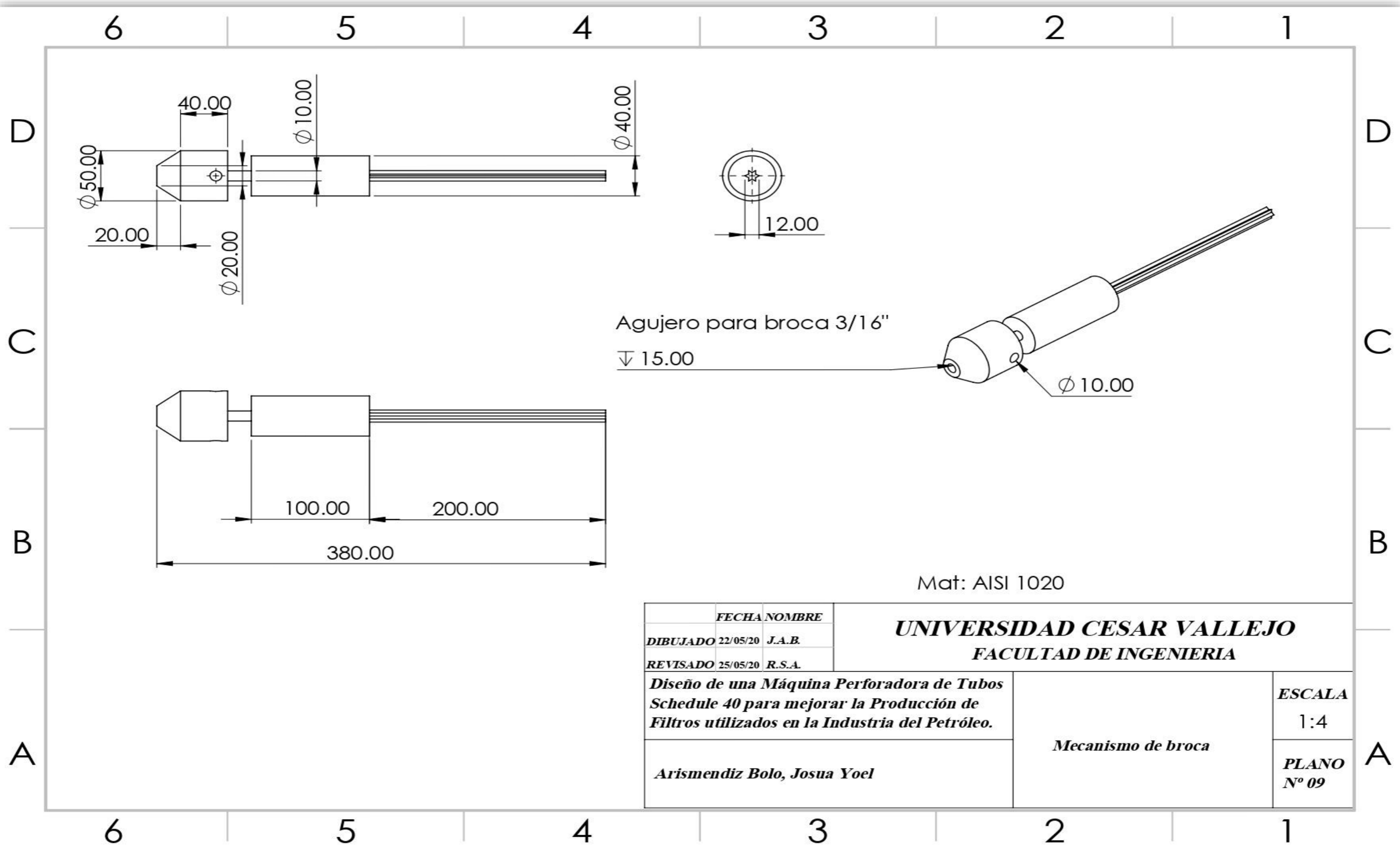


Mat: AISI 1020

FECHA		NOMBRE		<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>			
DIBUJADO	22/05/20	J.A.B.				Diseño de una Máquina Perforadora de Tubos Schedule 40 para mejorar la Producción de Filtros utilizados en la Industria del Petróleo.	ESCALA 1:15
REVISADO	25/05/20	R.S.A.					Base de máquina
Arismendiz Bolo, Josua Yoel							

Plano N° 08: Diseño del Eje

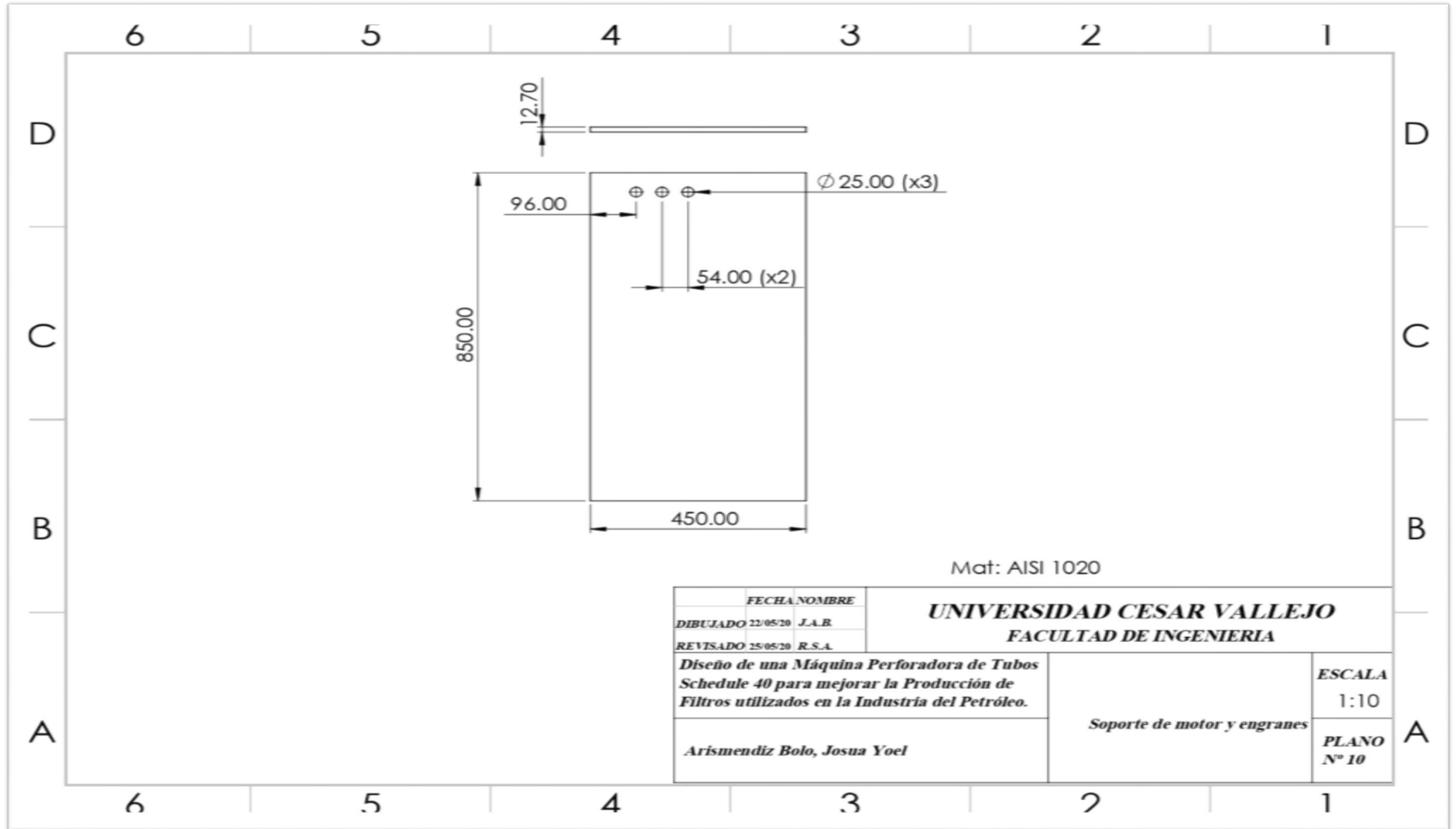




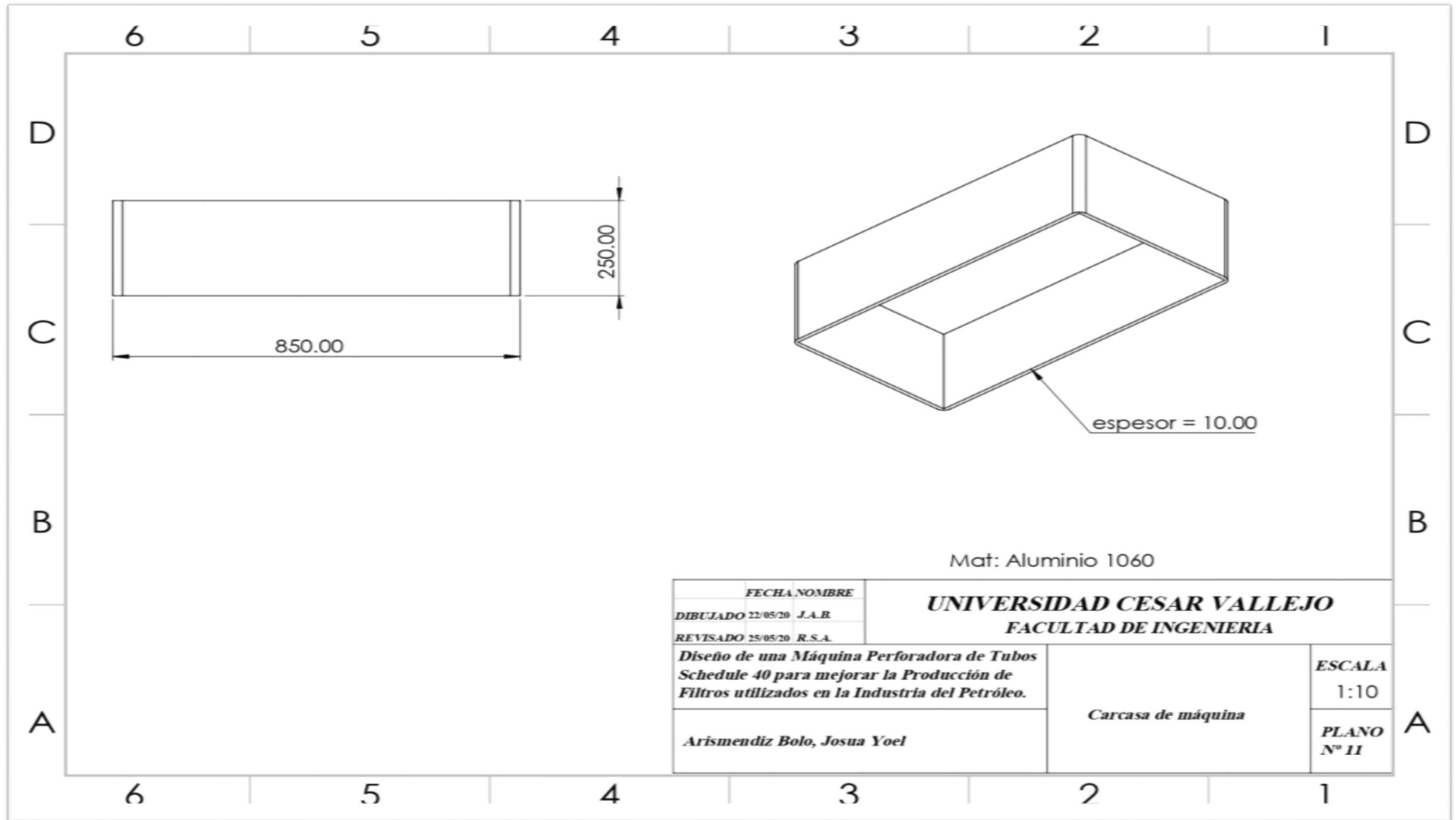
FECHA		NOMBRE		<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>		
DIBUJADO	22/05/20	J.A.B.				
REVISADO	25/05/20	R.S.A.		Mecanismo de broca	PLANO N° 09	
Arismendiz Bolo, Josua Yoel						

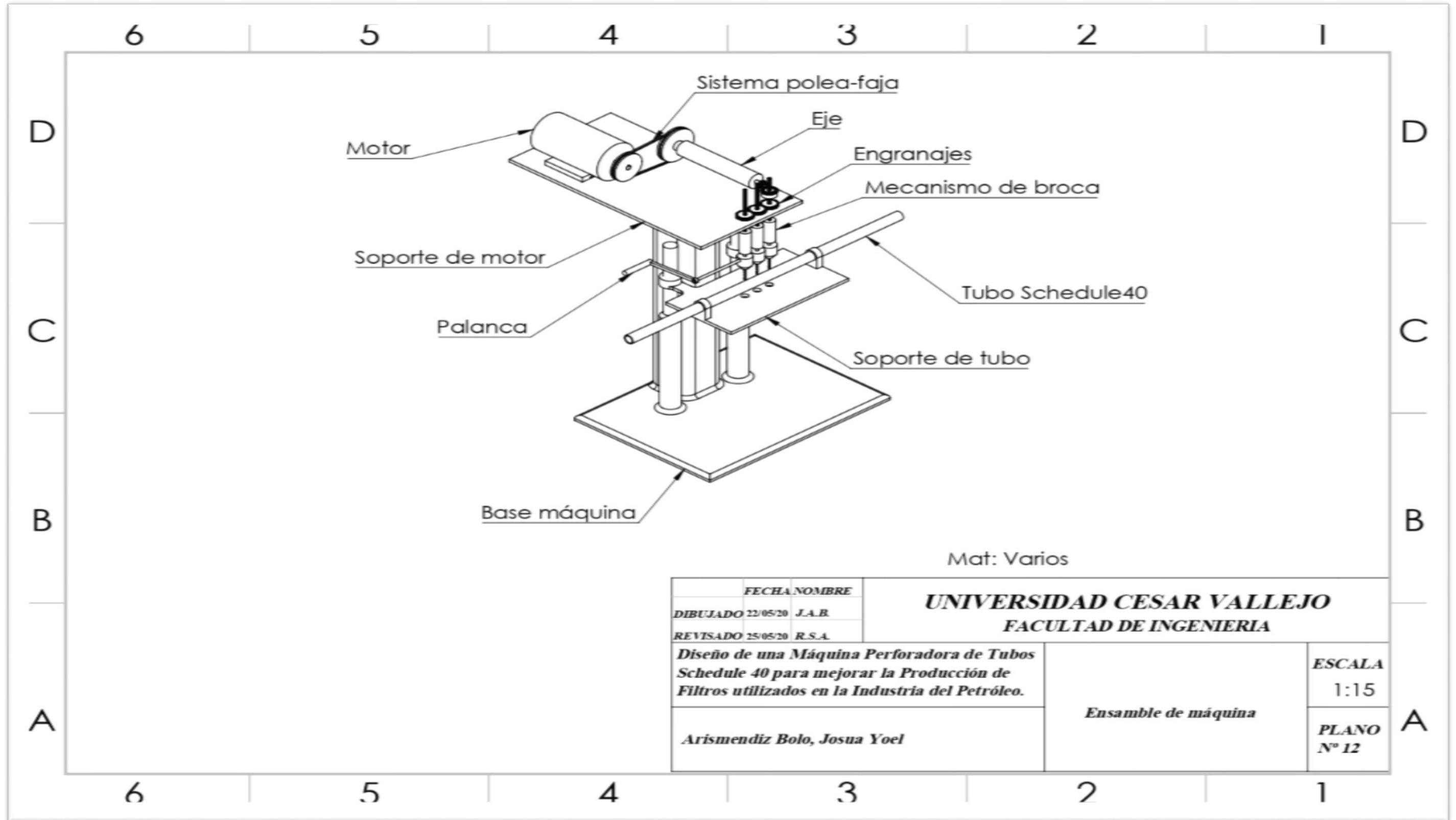


Plano N° 10: Diseño del Soporte del Motor engranes

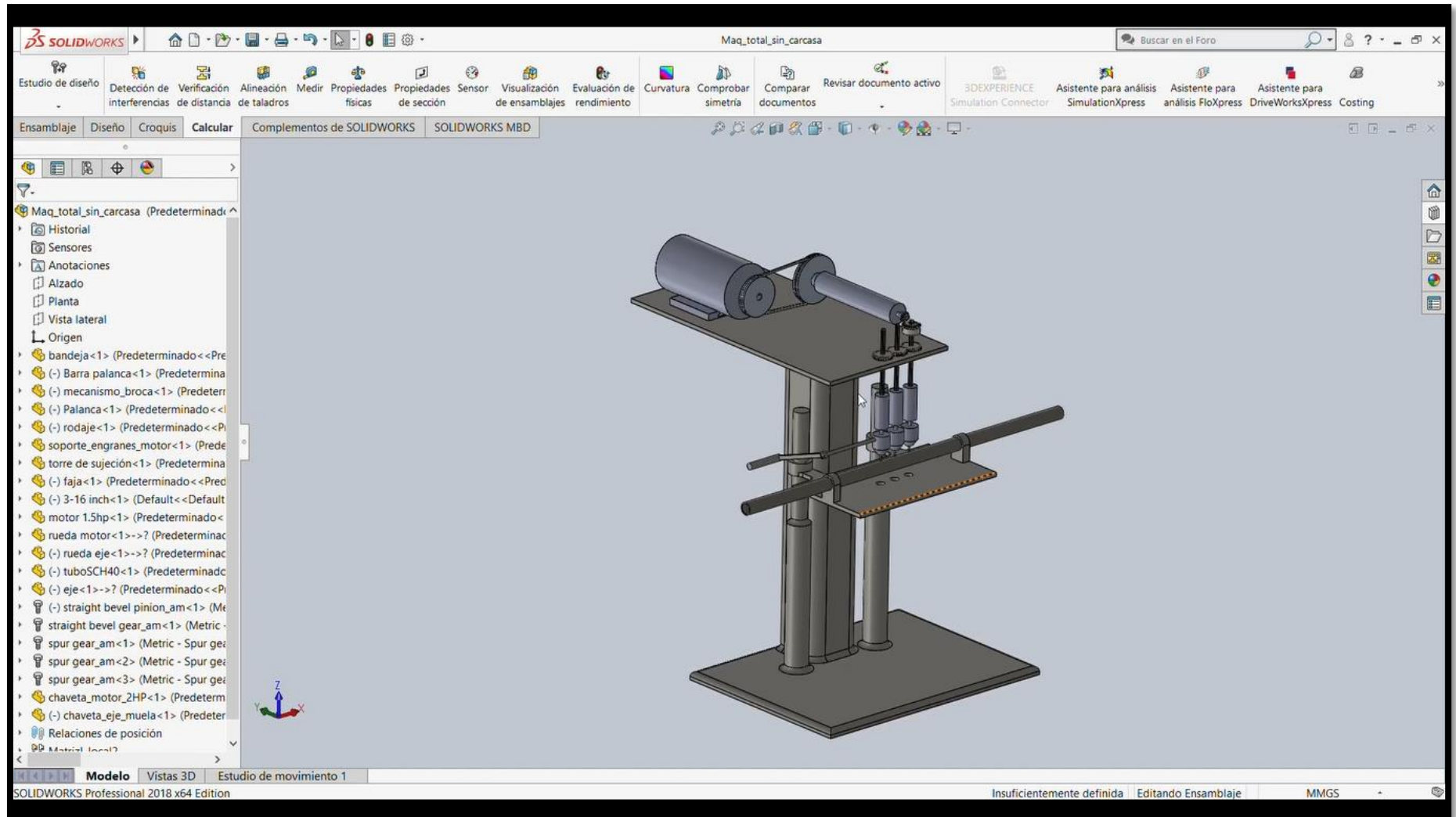


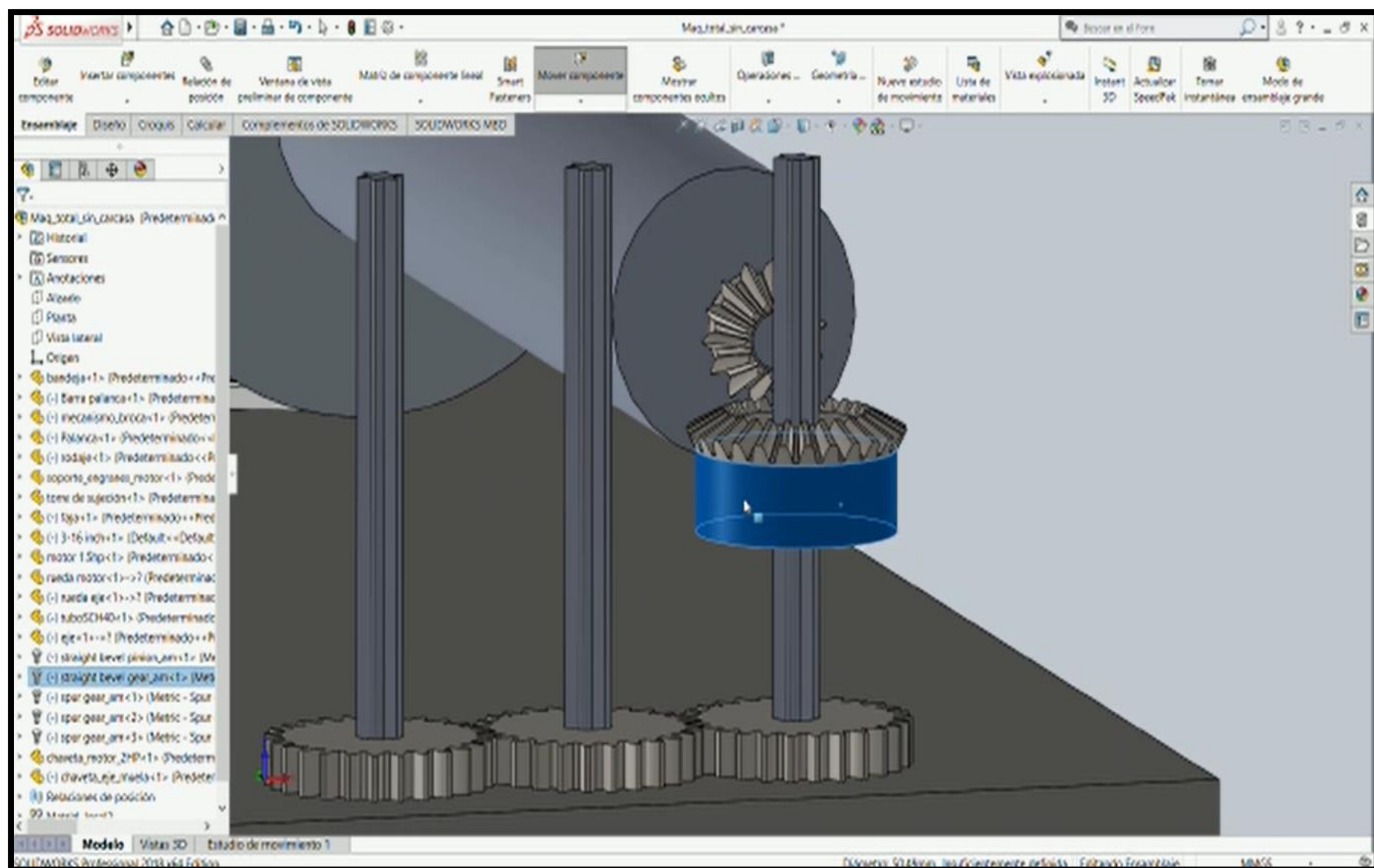
Plano N° 11: Diseño de la Carcasa

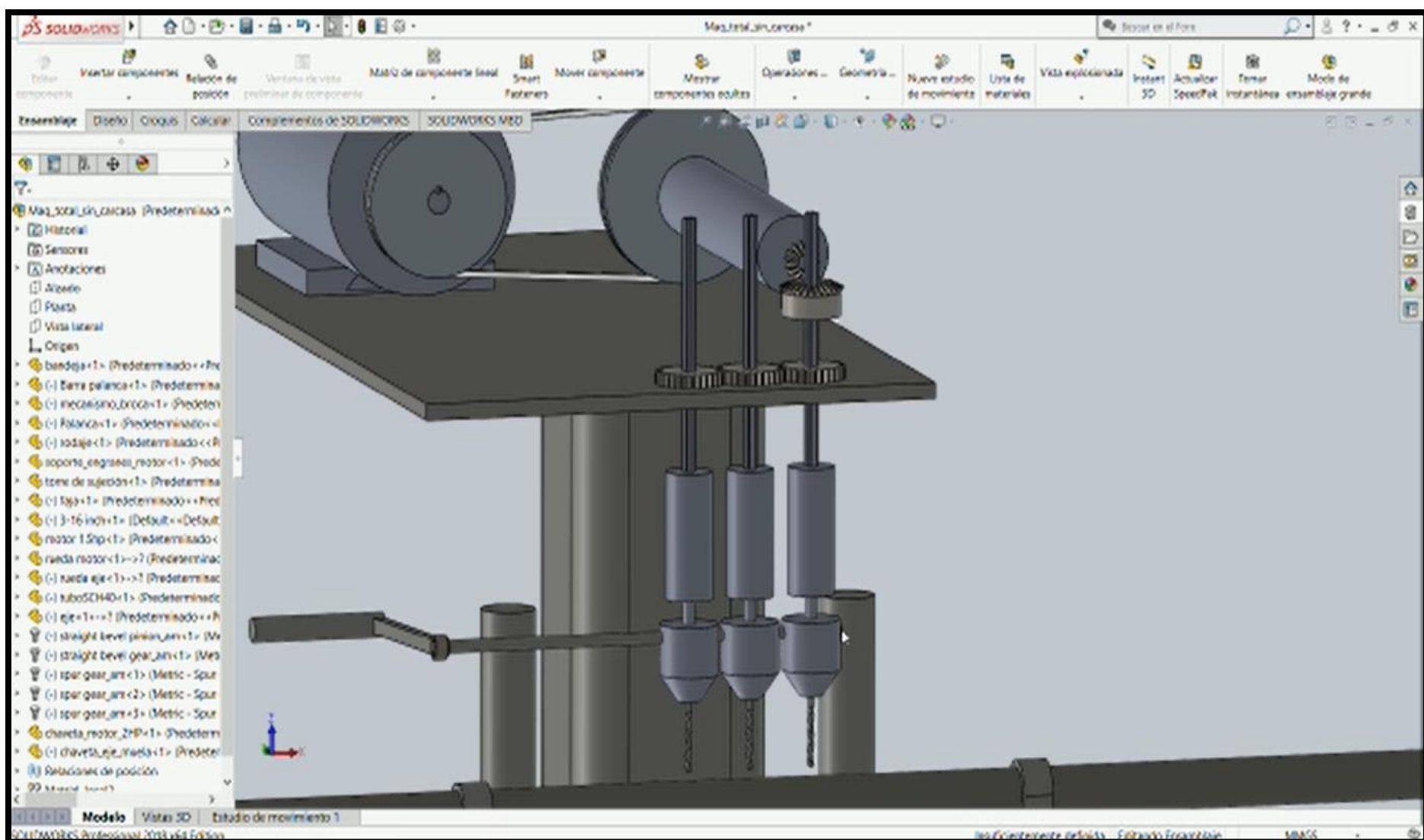


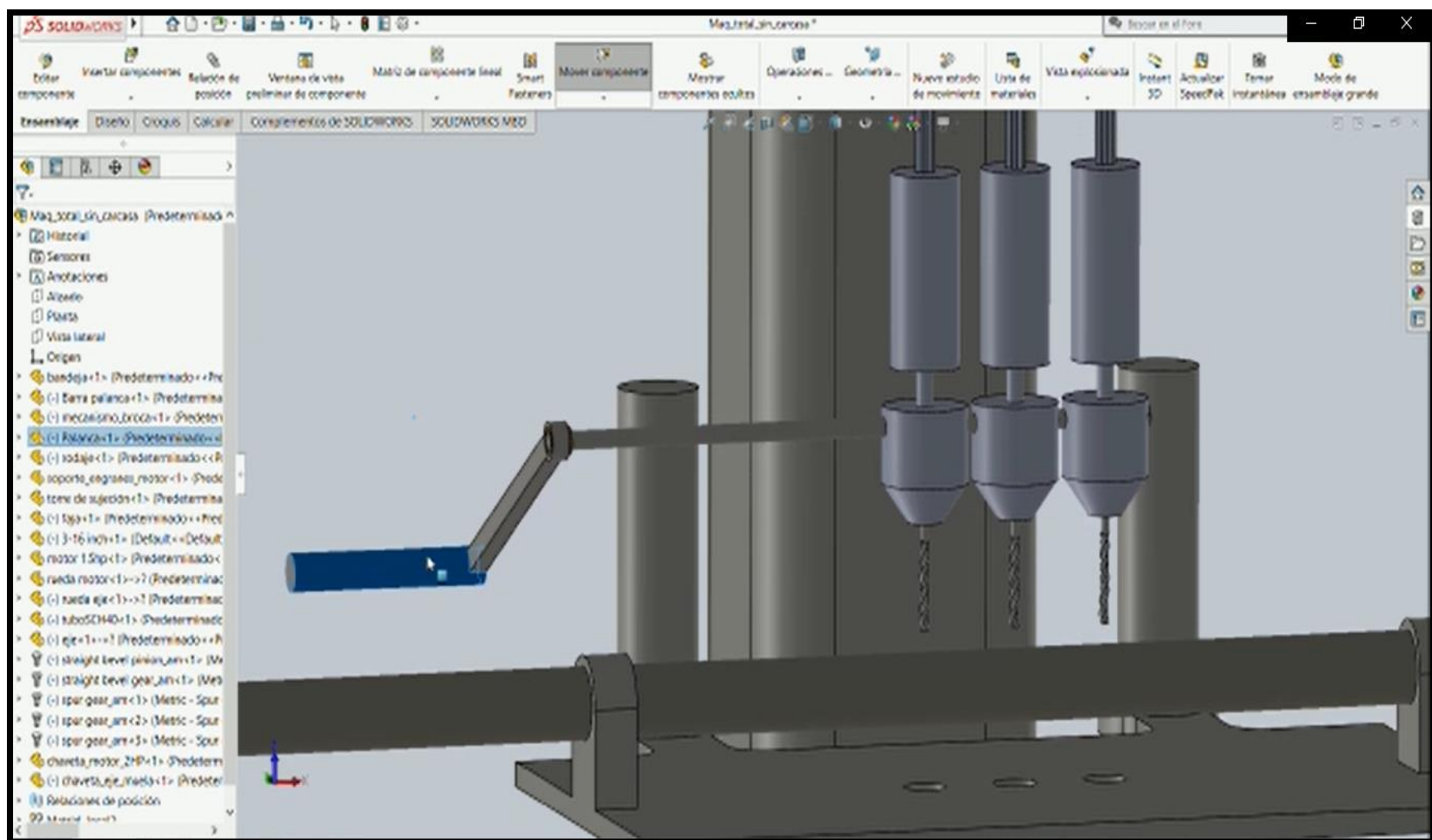


## Anexo 13: Simulación









## Anexo 14: Evidencias de la investigación

### Conocimiento de la problemática



Fuente: Elaboración propia.

### Proceso de cortado



Fuente: Elaboración propia.



## Proceso de perforado



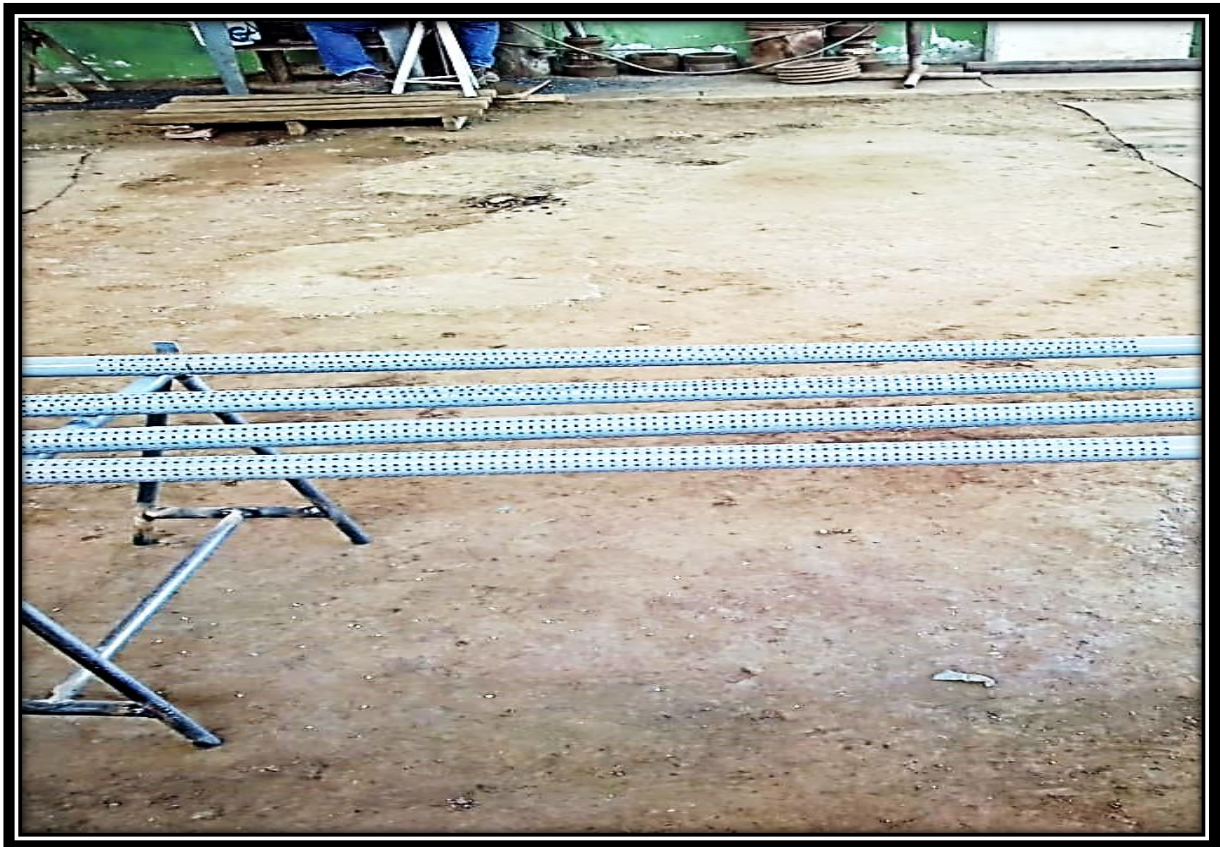
Fuente: Elaboración Propia

## Proceso de roscado



Fuente: Elaboración propia.

Pintado de filtros



Fuente: Elaboración propia