

**TRAMPA MAGNÉTICA PARA HIDROCARBUROS EN UNIDADES DE BOMBEO**

**MARIA FERNANDA VERA QUINTERO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2018**

**TRAMPA MAGNÉTICA PARA HIDROCARBUROS EN UNIDADES DE BOMBEO**

**MARIA FERNANDA VERA QUINTERO**

**Trabajo de grado para optar el título de Diseñador Industrial**

**Director**

**EDGAR AUGUSTO SARMIENTO LEÓN**

**M.Sc. Diseño Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2018**

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios por estar cada segundo a mi lado.*

*Con amor para mis padres ALBERTO Y ROSA, por su incondicional apoyo, amor y por hacer parte de todos mis sueños y triunfos. Gracias a mis hermanos, en especial a mi hermana Laura, por su gran compañía y apoyo en mi carrera.*

*A mi esposo Carlos Andrés, por su amor y apoyo constante.*

*A mi hijo Carlos Andrés, por regalarme su tiempo para dedicarlo a mi proyecto.*

*Agradecimiento especial a mi director de proyecto, Edgar Augusto Sarmiento león, por su guía y soporte durante este proceso.*

*Al ingeniero Leonardo Quiroz por permitirme aplicar mis conocimientos en su empresa Industrias Tanuzi S.A.*

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.1 OBJETIVOS.....	25
1.1.1 Objetivo general.....	25
1.1.2 Objetivos específicos .....	25
1.2 MARCO TEÓRICO .....	26
1.2.1 Filtración magnética.....	26
1.2.2 Funcionamiento de los filtros magnéticos .....	28
1.2.3 Tipos y aplicaciones de filtros magnéticos .....	30
1.2.4 Imanes permanentes .....	31
1.3 METODOLOGÍA .....	32
2. INDUSTRIAS TANUZI S.A.....	34
2.1 UBICACIÓN .....	34
2.2 MISIÓN .....	34
2.3 VISIÓN.....	35
2.4 SERVICIOS .....	35
3. ESTRUCTURACIÓN .....	37
3.1 RECOPIACIÓN DE DATOS.....	37
3.1.1 Información clave de los usuarios.....	37
3.1.2 Información clave de contexto .....	41
3.2 ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE.....	46
3.2.1 Conclusiones análisis del estado del arte .....	49
3.3 DEFINICIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DEL PROUDCTO .....	49
4. CONCEPTO DE DISEÑO .....	52
4.1 GENERACIÓN DE CONPCEPTOS.....	54

4.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS .....	58
4.2.1 Recomendaciones .....	59
4.3 DISEÑO DETALLADO .....	60
5. FABRICACIÓN .....	65
5.1 PLANOS. Anexo A.....	66
5.1.1 Partes/Explosión .....	66
5.2 MATERIA PRIMA.....	68
5.3 PROCESOS.....	69
5.4 PARTES.....	74
5.5 ENSAMBLES .....	78
6. VALIDACIÓN .....	80
6.1 DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA.....	80
6.2 PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA.....	83
6.3 EVIDENCIA.....	87
6.4 RESULTADOS.....	88
7. CONCLUSIONES .....	98
BIBLIOGRAFÍA.....	99
ANEXOS.....	102

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	<b>Pág.</b>
Ilustración 1. Costo promedio en dólares de producir un barril .....	15
Ilustración 2 Costos de Operación en Colombia .....	16
Ilustración 3 Corrosión Química.....	19
Ilustración 4 Erosión .....	20
Ilustración 5 Metodología proyectual .....	32
Ilustración 6 Contexto geográfico.....	34
Ilustración 7 Diagrama de tareas del proceso de limpieza filtro .....	42
Ilustración 8 Diagrama proceso de limpieza filtro.....	40
Ilustración 9 Área sistema de filtrado .....	44
Ilustración 10 Dimensiones canasta filtro .....	45
Ilustración 11 Proceso de ubicación de la canasta filtro .....	45
Ilustración 12 Diseño detallado ensamble A .....	61
Ilustración 13 Diseño detallado ensamble B .....	62
Ilustración 14 Imágenes de presentación .....	63
Ilustración 15 Imágenes de presentación .....	64
Ilustración 16 Proceso de fabricación .....	65
Ilustración 17 Vista explosión canasta filtro .....	66
Ilustración 18 Soporte tubos .....	67
Ilustración 19 Soporte Tubos .....	67
Ilustración 20 Materia Prima .....	68
Ilustración 21 Mecanizado CNC.....	69
Ilustración 22 Corte laser .....	70
Ilustración 23 Soldadura .....	72
Ilustración 24 Roladora .....	73
Ilustración 25 Pulido.....	74

Ilustración 26 Evidencia .....	87
Ilustración 27 Antes y después de la trampa magnética .....	94
Ilustración 28 Platina izaje .....	102
Ilustración 29 Tubería imantada.....	103
Ilustración 30 Platina porta imágenes .....	104
Ilustración 31 Platina porta imanes .....	105
Ilustración 32 Ensamble camisa .....	106
Ilustración 33 Camisa 1 .....	107
Ilustración 34 Ensamble camisa 2 .....	108
Ilustración 35 Platina porta imanes .....	109
Ilustración 36 Perfil exterior .....	110
Ilustración 37 Lámina exterior .....	111
Ilustración 38 Lámina exterior .....	112
Ilustración 39 Tubos camisa .....	113

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Tipos filtros magnéticos .....	28
Tabla 2 Identificación de las necesidades del cliente .....	38
Tabla 3 Organización de las necesidades/ requisitos .....	40
Tabla 4 Análisis estado del arte .....	46
Tabla 5 Empresas Proveedores de filtración magnética .....	48
Tabla 6 Requerimientos del producto .....	49
Tabla 7 Función y subfunciones del diseño de la trampa magnética.....	53
Tabla 8 Generación de Conceptos .....	54
Tabla 9 Análisis alternativa 1 .....	55
Tabla 10 Análisis alternativa 2 .....	56
Tabla 11 Análisis alternativa 3 .....	57
Tabla 12 Criterio de Diseño .....	59
Tabla 13 Partes.....	74
Tabla 14 Ensamblés .....	78
Tabla 16 Descripción Metodológica, Numero de tareas .....	81
Tabla 17 Pruebas de capacidad de los imanes (distancia vs peso).....	83
Tabla 18 TEST N°1 .....	86
Tabla 19 TEST N°2.....	86
Tabla 20 Eficiencia canasta filtro .....	89
Tabla 21 Tiempo de Mantenimiento canasta filtro .....	90
Tabla 22 Tiempo Total Mantenimiento Canasta Filtro .....	90
Tabla 23 Eficiencia trampa magnética .....	91
Tabla 24 Tiempo de Mantenimiento trampa Magnética .....	92
Tabla 25 Tiempo total Mantenimiento trampa magnética .....	92
Tabla 26 Mantenimiento de Limpieza Canasta vs Trampa .....	93

Tabla 27 Satisfacción: Facilidad de uso.....95  
Tabla 28 Satisfacción: Facilidad de aprender .....96  
Tabla 29 Satisfacción: Facilidad de hacer la limpieza.....96  
Tabla 30 Satisfacción: Facilidad de instalar el producto .....97

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO A Planos técnicos .....	102

## RESUMEN

**TITULO:** TRAMPA MAGNÉTICA EN LAS UNIDADES DE BOMBEO DE OLEODUCTOS PARA ATRAPAR RESIDUOS FERROSOS COMO SOLUCION A EL TRANSPORTE DE LOS HIDROCARBUROS\*

**AUTOR:** MARIA FERNANDA VERA QUINTERO\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Trampa magnética, sistemas de filtración, usabilidad, metalmecánica.

Industrias Tanuzi S.A. brinda servicios en el área de metalmecánica a los sectores de petróleo, gas y combustible del país, con una gama de soluciones de alta calidad para problemas operativos críticos de tuberías, como corrosión y contaminación de tuberías.

Actualmente en el sector petrolero de Colombia se presenta una deficiencia en la capacidad de captar y filtrar el producto de la corrosión presentes en el flujo de los hidrocarburos transportados a través de los oleoductos. Como consecuencia, el paso de las partículas corrosivas producen deterioro de los componentes de las estaciones de bombeo, incluyendo la contaminación de los sistema de filtración (enfocada a las impurezas de carácter físico; que pueden provenir del mismo yacimiento o se generan durante las operaciones de extracción, transporte, separación y compresión) y que al ser comprometidos conducen a la restricción e interrupción del flujo.

A través del diseño y la creación de una trampa magnética se busca la filtración del material ferroso, componente químico producido durante el transporte de los fluidos a través de los oleoductos, para evitar la limpieza y los cambios permanentes de los filtros de carácter físico, así como también extender la vida útil de los componentes de las estaciones de bombeo y los ductos. Esto representa un gran ahorro y eficiencia en el transporte de los hidrocarburos además de la entrega de un producto más limpio impactando así el valor agregado del producto.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director Edgar Augusto Sarmiento León

## ABSTRACT

**TITLE:** MAGNETIC SEPARATION SYSTEM FOR FULL FLOW APPLICATION OF HYDROCARBON FLUID TRANSMISSION PIPELINES AS A SOLUCION TO PIPELINE CORROSION\*.

**AUTHOR:** MARIA FERNANDA VERA QUINTERO\*\*

**KEY WORDS:** Magnetic separator, filtration systems, usability, metalworking.

Tanuzi Industries S.A. provides services in the area of metalworking to the oil, gas and fuel sectors of the country, with a range of high quality solutions for critical operational problems of pipelines, such as corrosion and contamination of pipelines.

Currently in the Colombian oil sector there is a deficiency in the ability to capture and filter the corrosion products present in the flow of hydrocarbons transported through pipelines. As a consequence, the passage of corrosive particles causes deterioration of the components of the pumping stations, including contamination of the filtration system (focused on impurities of a physical nature, which may come from the same deposit or are generated during the operations of extraction, transport, separation and compression) and that when compromised lead to the restriction and interruption of the flow.

Through the design and creation of a magnetic separation system, the capture of ferrous material, a chemical component produced during the transportation of fluids through pipelines, is sought to avoid cleaning and permanent changes of physical filters, as well as extending the useful life of the components of pumping stations and pipelines. This represents a great saving and efficiency in the transportation of hydrocarbons as well as the delivery of a cleaner product, thus impacting the added value of the product.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director Edgar Augusto Sarmiento León

## INTRODUCCIÓN

El transporte de hidrocarburos es un proceso fundamental para el procesamiento y distribución de los productos del crudo. El uso de tuberías o ductos para este fin, oleoductos, es el método más común y eficiente. Los oleoductos son tuberías compuestas de aleaciones de metales susceptibles interna y externamente a la corrosión. Industrias Tanuzi S.A., una empresa metalmecánica dedicada al diseño, fabricación, adaptación, mantenimiento y reparación de maquinaria Industrial y sus componentes<sup>1</sup>, intenta brindar una solución eficiente para atrapar los residuos ferrosos, que se producen durante la corrosión interna, en las estaciones de bombeo de los oleoductos.

El petróleo es una de las materias primas más importantes que existen del que se derivan cientos de productos de uso cotidiano. La industria petrolífera enfrenta numerosos retos desde la extracción hasta la entrega del producto final y uno de ellos es el transporte. Las tuberías de petróleo transportan petróleo crudo o líquidos de gas natural. Se encuentran tres tipos principales de tuberías de petróleo involucradas en este proceso: sistemas de recolección, sistemas de tuberías de petróleo crudo y sistemas de tuberías de productos refinados. Los sistemas de tuberías de recolección reúnen el petróleo crudo o el líquido de gas natural de los pozos de producción. Luego se transporta con el sistema de tubería de petróleo crudo a una refinería. Una vez que el petróleo se refina en productos tales como gasolina o queroseno, se transporta a través de los sistemas de tuberías de productos refinados a estaciones de almacenamiento o distribución. Gracias al transporte, el petróleo puede ser transformado para darle el uso a diferentes industrias y por ende representa un proceso imprescindible en la cadena de valor.

---

<sup>1</sup> Industrias Tanuzi S.A. Lo que somos

El objetivo principal del transporte de hidrocarburos no solamente es el traslado de un punto a otro del crudo y los productos refinados, sino también garantizar el flujo constante de los mismos, el cual se obtiene a través de las estaciones de bombeo. La mayoría de los oleoductos cubren grandes distancias a través de variedad de terrenos con cambio de elevaciones. Gracias a las estaciones de bombeo el líquido que pasa a través del oleoducto<sup>2</sup> mantiene una presión constante, a través de tecnologías que garantiza el transporte eficiente de los líquidos. Entre sus componentes principales están las bombas centrifugas, así como también filtros para remover contaminantes, calentadores y enfriadores, estaciones de medición de flujo, sistemas de aire comprimido, sistemas de seguridad, entre otros.

Existen métodos de filtración para las impurezas de carácter físico, constituidas por gotas y partículas que pueden provenir del mismo yacimiento o se generan durante las operaciones de extracción, transporte, separación y compresión, cuyas características y propiedades físicas son conocidas y las instalaciones en cada estación de bombeo dispone de sistemas adecuados para separarlas y eliminarlas. Sin embargo, hasta el momento en la industria, no existe un método para la filtración de materiales ferrosos, o mejor llamado en la industria como polvo negro, que son derivados de la corrosión de los metales de las tuberías de transporte y almacenamientos. El efecto de la acumulación de polvo negro en las bombas y los sistemas de filtración de compuestos físicos interrumpen el flujo de los líquidos que generan un gran impacto en el costo eficiencia del producto, no solo por las demoras en las entregas sino también por el incremento de mantenimientos no programados y el deterioro de los componentes de las estaciones de servicio.

Este proyecto presenta una solución a la industria de transportes de hidrocarburos mediante el diseño y creación de una trampa magnética que se pueda integrar a los sistemas de filtración de las estaciones de bombeo para la captación de polvo negro.

---

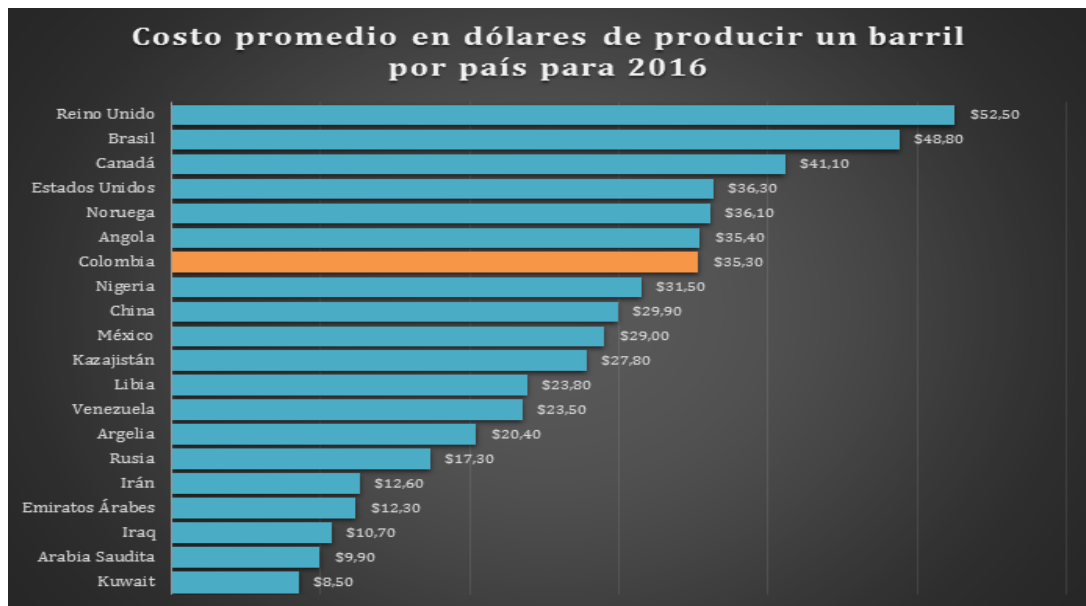
<sup>2</sup> IPL Technology & Consulting Services Inc. Fundamentals for the design of pipelines

Esta solución elimina daños a los componentes de las estaciones así como también a los mismos oleoductos, evitando paros en la producción por disminución de presión, contaminación y averías de componentes, así como la disminución de mantenimientos preventivos, cambios y limpiezas de filtros de materiales físicos.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A partir de la mitad del año 2014 se produjo una caída importante en el precio internacional del barril de petróleo llegando a alcanzar el valor más bajo en los últimos cinco años. Esto provocó que las empresas petroleras intensifiquen la búsqueda de la optimización de costos, para generar el mayor beneficio posible en tiempos difíciles. Un indicador importante dentro de este contexto es el costo por barril de petróleo producido en un yacimiento y se calcula a partir de dos componentes: el nivel de producción y el nivel de gasto. Por lo tanto, para reducirlo se debe incrementar el primer componente o disminuir el segundo. El desafío en estos tiempos es mantener un determinado nivel de producción al menor gasto posible.

**Ilustración 1. Costo promedio en dólares de producir un barril**

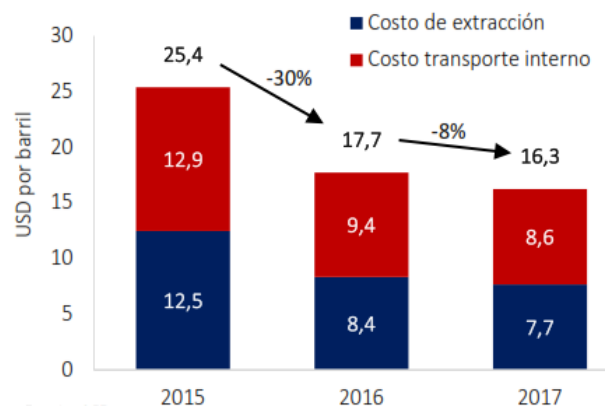


Fuente: Ecopetrol

Colombia se encuentra entre los productores con costos más altos a \$35.30 dólares por barril con respecto a su competencia (Ilustración 1)

Las empresas petroleras colombianas han desarrollado varios programas para reducir los gastos de producción, entre ellos la eficiencia en el transporte que representa el rubro más alto del total del gasto de producción.

### Ilustración 2. Costos de Operación en Colombia



Fuente. Asociación Colombiana de petróleo

El transporte interno de crudo y refinados en Colombia tiene muchas variables que pueden ser controladas por los productores y otras que dependen del ambiente político del país. La reducción en el mantenimiento y paros en el flujo de transporte en las estaciones de bombeo es una de estas importantes variables que influye profundamente en el costo eficiencia del producto final y una de cuáles pueden ser contraladas a través de métodos más eficaces al alcance de los productores y en la cual se enfoca este proyecto.

Las estaciones de bombeo están estratégicamente ubicadas a lo largo del oleoducto para proveer la presión que permite al líquido pasar a la capacidad que está diseñado el oleoducto. La cantidad y tamaño de las bombas que se necesitan en una estación de bombeo dependen de la cantidad de presión que se necesita para

soportar las pérdidas de presión entre las estaciones. Los factores principales que causan las pérdidas de presión y consecuentemente los requerimientos de bombas son: la viscosidad del fluido (viscosidad es directamente proporcional a la fricción con el metal del oleoducto), tasa de flujo y elevación. Todos los componentes de una estación de bombeo y su buen funcionamiento determinan la eficiencia y efectividad del transporte. Estas mediciones ayudan a establecer el impacto del costo del transporte en la producción general del petróleo.

La **eficiencia** es medida en términos de la cantidad de presión que genera la unidad de bombeo y por la cantidad de energía que ésta consume. Considerando que la presión causa el flujo, la eficiencia de la unidad de bombeo se mide por la cantidad de energía que ésta requiere para crear el flujo. La **efectividad**, con respecto a la operación del oleoducto, es la medida en términos del balance del oleoducto: esto significa una tasa de flujo estable, con volúmenes aproximadamente iguales entrando y saliendo, sin condiciones de embotellamiento ni drenaje presentes a lo largo del oleoducto<sup>3</sup>. Como consecuencia, cada paro en el flujo en las estaciones de bombeo afecta directamente la eficiencia y efectividad operacional incrementando así los costos de transporte y como resultado la disminución en los ingresos de la empresa.

Polvo negro es un nombre industrial para las partículas abrasivas, de contaminación reactiva presentes en todas las líneas de transmisión de gas e hidrocarburos derivadas del efecto químico de la corrosión. El polvo negro varía de marrón claro a negro y la composición mineral varía por campo de producción en todo el mundo.

El polvo negro se forma a través de la tubería durante todo el proceso de transporte; desde la extracción del crudo, a través de pozos, en líneas de recolección, en depósitos para la separación de fluidos y a lo largo de las tuberías del oleoducto.

---

<sup>3</sup> David Senvese. Informe de estaciones de bombeo.

Después del refinamiento, el polvo negro continúa creciendo en las plantas de gas y refinerías, depósitos de almacenamiento y finalmente hasta el usuario final. El polvo negro es un compuesto de óxidos de hierro, sulfuros de hierro, suciedad variable como sílice (Óxido de silicio) y calcio, así como cloruro, sodio y otras partículas de material.

Como la mayoría de los **ductos**, los **sistemas de transporte (carro tanques y buques) y los depósitos de almacenamiento se fabrican con acero al carbono**, lo que los hace vulnerables a la erosión por exposición al polvo negro. Los sulfuros de hierro y los óxidos de hierro dañan significativamente los componentes desde el origen de la tubería hasta la entrega del producto final porque están a niveles inferiores a la micra, por lo que no se detectan cuando pasan a través de sistemas de filtración. El polvo negro, de este tamaño, daña los sellos de la bomba, los contadores, las válvulas y los componentes del compresor (componentes de la estación de bombeo).

El polvo negro resulta de reacciones tanto químicas como bacterianas dentro de los sistemas de hidrocarburos. Las bacterias reductoras de sulfato y las bacterias productoras de ácido dependen de la reacción del agua y el hierro para formar los sulfuros de hidrógeno que causan la oxidación y, a su vez, el polvo negro. Químicamente, los tres principales catalizadores de la contaminación de corrosión son humedad, H<sub>2</sub>S (ácido sulfhídrico, el crudo desde sus yacimientos contiene el azufre, el cual al combinarse con moléculas de hidrogeno, conforma este acido) y variación de temperatura o presión. Dentro de los sistemas de ductos, la humedad, siempre presente, cataliza la corrosión bacteriana y química de las paredes de acero al carbono dentro de las tuberías y los depósitos de almacenamiento. En refinerías, plantas de procesamiento y depósitos de almacenamiento, si hay H<sub>2</sub>S, se corroerán todos los componentes de acero al carbono y se generará más corrosión. Cambios severos de temperatura y presión ocurren a lo largo de los oleoductos, plantas procesadoras y refinerías, precipitando óxidos de hierro, sulfuros de hierro y azufre

del gas o líquidos hidrocarbonados. Estas partículas tienen una afinidad entre ellas, mezclándose entre sí y durante el resto del proceso alcanzarán niveles mensurables que causan instantáneamente nubes de polvo negro en el flujo<sup>4</sup>.

- Corrosión química

### **Ilustración 3. Corrosión Química**



Fuente: Dave Raymond C.E.T. Mechanical E 1

Cuando hay humedad presente, se produce corrosión y el subproducto son partículas muy abrasivas de sulfuro de hierro y óxido de hierro. Estos dos componentes interactúan entre sí porque el sulfuro se formará y residirá en la tubería en ausencia de oxígeno, pero se convertirá en óxidos de hierro en presencia de oxígeno. El oxígeno no tiene que ser oxígeno libre, pero puede provenir de la descomposición de otros compuestos que contienen átomos de oxígeno.

---

<sup>4</sup> Logran controlar las bacterias en los campos petroleros. Investigación Ecopetrol y la Universidad Industrial de Santander (UIS). [www.eltiempo.com](http://www.eltiempo.com); biblioteca UIS, investigaciones UIS para la industria hidrocarburos.

## - Erosión

El flujo de un gas o líquido de hidrocarburo por ductos inevitablemente produce erosión durante el contacto entre la pared de la tubería y el flujo que se transporta. Los principales factores que aumentan la erosión son la velocidad de flujo y los niveles de contaminación presentes en el gas o el fluido de hidrocarburo. El grado de erosión aumenta en la medida que los niveles de contaminación de polvo negro aumentan durante el proceso de transporte.

### **Ilustración 4. Erosión**



Fuente. <https://www.oei.es/historico/dec>

Como conclusión, la corrosión causa muchos problemas que incrementan los costos de transporte e industrias de procesamiento; tales como: degradación del producto suministrado al consumidor, valores de producción reducidos por desgaste prematuro de los componentes de las estaciones de bombeo, desgaste prematuro de las líneas de transmisión y taponamiento de los medidores y filtros tradicionales, impactando enormemente la eficacia y eficiencia del flujo de transporte en el rubro

más representativo de la explotación y usabilidad de hidrocarburos. La industria cuenta con métodos de prevención de corrosión, pero ante la inevitabilidad de este proceso natural por exposición a los diferentes factores antes explicados, no se cuenta con un sistema efectivo para detener la continua contaminación del líquido transportado y por ende la acumulación de polvo negro por el transporte del mismo fluido.

Un sistema de separación magnético fue desarrollado por la compañía Industrias Tanuzi S.A y la autora del proyecto, como una solución para problemas de tuberías y procesamiento causados por el polvo negro. Utilizando diferentes tecnologías, la trampa magnética, permite la separación de metales ferrosos y en muchas aplicaciones de partículas no ferrosas (debido a la adherencia estática) en sistemas de transmisión de gas e hidrocarburos. El diseño crea múltiples campos magnéticos comprimidos potentes que rodean los separadores magnéticos. Los separadores magnéticos funcionan a plena potencia hasta 150 ° C (300 ° F) y son altamente resistentes a las vibraciones.

La eliminación de la contaminación por materiales ferrosos reducirá significativamente el factor de erosión y puede actuar como una herramienta de monitoreo para el ciclo de vida de la pared de los oleoductos. La integración de la trampa magnética a los filtros de las estaciones de bombeo mejorará la pureza y calidad del producto que aumentará significativamente el valor del producto final.

La aplicación del separador magnético en la entrada principal de plantas químicas y refinerías mejorará el costo de producción de calidad y reducirá el desgaste prematuro en el equipo del proceso. El potencial de este producto en la industria de los hidrocarburos puede significar una de las soluciones más representativa en la reducción de costos para el transporte de los hidrocarburos.

Los separadores magnéticos también eliminan minerales paramagnéticos como el níquel del proceso de producción. El empleo de la trampa magnética en EB (estaciones de bombeo) reducirá significativamente el consumo de la filtración tradicional y al hacerlo reducirá los costos y mejorará su huella ambiental.

Para efectos de este proyecto, las pruebas y enfoque serán en la integración de la trampa magnética a los filtros tradicionales en las estaciones de bombeo y los beneficios en mantenimientos y cambios de filtros.

Pregunta de diseño

¿En qué medida se reduciría el tiempo en que un operario realiza el proceso de mantenimiento de una trampa magnética respecto al filtro que actualmente opera en el sistema?

## **1.1 OBJETIVOS**

**1.1.1 Objetivo general** Diseñar una propuesta para integrar una trampa magnética a los sistemas de filtración existentes, mejorando su proceso de mantenimiento y limpieza en unidades de bombeo como práctica empresarial en la empresa Industrias Tanuzi S.A.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Indagar e interpretar los conceptos y fundamentos relacionados con la extracción de partículas metálicas en hidrocarburos y sistemas de filtración.

- Establecer las características, requerimientos y limitaciones de una trampa magnética destinada a mejorar el proceso de mantenimiento y limpieza, de acuerdo a las especificaciones de Industrias Tanuzi S.A
- Generar una propuesta de diseño de una trampa magnética a partir de los atributos y requerimientos obtenidos.
- Establecer el grado de cumplimiento de los requerimientos a partir de la validación y verificación de un modelo a escala 1:1.

## 1.2 MARCO TEÓRICO

La selección del mejor equipo de separación para determinada aplicación requiere la comprensión de los principios básicos del magnetismo, además de la capacidad del separador en base a las variables de diseño y de aplicación. A continuación se pretende reforzar y ayudar a comprender de forma clara y sencilla el contenido de este libro.

**1.2.1 Filtración magnética** La separación magnética busca principalmente aprovechar las propiedades magnéticas de un material determinado, ferroso en la mayoría de los casos, para separarlo de una mezcla de sólidos.<sup>5</sup>

Todos los materiales se alteran en alguna forma al colocarlos en un campo magnético, aunque en la mayor parte de las sustancias, el efecto es demasiado ligero para detectarlo. En la separación magnética la unidad más comúnmente utilizada es el Gauss (G).

---

<sup>5</sup> SALLERAS, Nuri. Placas magnéticas: conceptos básicos de la separación magnética. [En línea]. (21 de Marzo de 2017). Disponible en: <https://www.interempresas.net/Metall/Articles/181287-.html>

Dependiendo de las características magnéticas los materiales pueden ser clasificados en:

**Ferromagnéticos:** Materiales que pueden ser magnetizados de forma permanente y que tienen momentos magnéticos por unidad de volumen de gran magnitud.

**Paramagnéticos:** son materiales que además pueden ser clasificados en magnéticamente fuertes o magnéticamente débiles de acuerdo a la fuerza del momento magnético producido por unidad de volumen en un campo magnético externo.

**Diamagnéticos:** Materiales que son repelidos por un campo magnético.

Un campo magnético puede ser producido en diferentes formas y geometrías. Para un imán el campo se representa como un conjunto de líneas conocidas como líneas de fuerza magnética.

Los sistemas de separación magnética tienen como objetivo eliminar de la materia prima las partículas contaminantes de metales ferromagnéticos durante su procesamiento. Esta contaminación puede provenir tanto de la propia materia prima, como haber sido introducida en ella durante la manipulación o el transporte.

*Campo magnético* Un campo magnético es un conjunto de fuerzas que actúan en el espacio que rodea a un imán.

*Flujo magnético* El flujo magnético es la medida del número de líneas de campo magnético que pasan por unidad de área

*Permeabilidad magnética* Capacidad de conducción magnética<sup>6</sup>

**1.2.2 Funcionamiento de los filtros magnéticos** Aunque hay muchas configuraciones, la mayoría de los filtros magnéticos funcionan produciendo un campo magnético o zonas de carga que atrapan las partículas de hierro o acero. Los magnetos son acomodados geoméricamente para formar un campo magnético que tiene una densidad de flujo no uniforme.

Las partículas son separadas más efectivamente cuando hay un fuerte gradiente magnético de bajo a alto. En otras palabras, mientras mayor sea el gradiente magnético, mayor será la fuerza de atracción a las partículas llevándolas a la zona de recolección. La fuerza del gradiente magnético es determinada por la densidad de flujo, espaciamiento y alineamiento de los magnetos.

La clave para el logro de la pureza necesaria del producto final es el separador magnético. Por eso en el proceso de su elección se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- *Propiedades del material a limpiar*, piezas grandes o materiales altamente viscosos podrían dañar rápidamente o atascar, por ejemplo los separadores con rejilla muy populares entre los clientes.

- *El tipo del imán* a utilizar en el separador depende del grado y tipo de contaminación, así como del nivel requerido de la pureza del producto final. Por eso, la definición de las propiedades del material a limpiar es uno de los parámetros muy importantes para la selección del separador adecuado.

- *Temperatura* la eficiencia de ciertos tipos de imanes permanentes disminuye considerablemente con la temperatura creciente, por eso es necesario especificar

---

<sup>6</sup> CHANG, V. L. High Gradient Magnetic Separation : Recovery and Enrichment Analysis separacion magnetica de alto gradiente : analisis, (March). 2017

muy detalladamente el entorno y las temperaturas que actuarán sobre el imán en el proceso de separación.


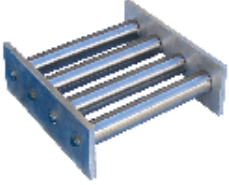


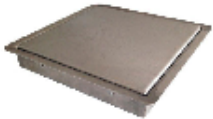

- *Flujo* los mejores resultados de separación se consiguen cuando la capa más fina posible del material limpiado se desplace lo más cerca del núcleo magnético, por eso es necesario buscar para cada aplicación un separador que se acerque lo máximo a esta definición general. Asimismo es importante saber el tipo de flujo es decir si el material pasa a través del separador de forma continua o más bien de forma ocasional. Y finalmente es necesario saber si es posible interrumpir el flujo del material a limpiar o si eso no es posible por causas técnicas, organizativas o productivas, lo que determina la selección de un separador que se limpie ya sea manualmente, o automáticamente.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> NORIA.mx. Aplicaciones y beneficios de la filtración magnética. [En línea]. (21 de Nov de 2013). Disponible en: <http://noria.mx/biblioteca/>

### 1.2.3 Tipos y aplicaciones de filtros magnéticos

Tabla 1. Tipos filtros magnéticos

	<b>TAPÓN MAGNÉTICO</b>	Utilizados en el cárter de los motores, en cajas de engranes y ocasionalmente en tanques hidráulicos.
	<b>BARRAS MAGNÉTICAS</b>	Las barras magnéticas pueden instalarse en todos los puntos posibles de un sistema de transporte de productos sólidos o líquidos y actúan como filtro.
	<b>FILTRO MAGNÉTICO</b>	Se utilizan para filtrar las partículas férricas de productos líquidos, en circuitos hidráulicos y en sistemas de refrigeración
	<b>CINTA MAGNÉTICA</b>	Los filtros enroscables son usados comúnmente en la industria automotriz, pero también se utilizan en varias aplicaciones de baja presión en equipo industrial.
	<b>PLACAS MAGNÉTICAS</b>	Las placas magnéticas se utilizan para la separación de materiales férricos de los flujos de materiales sobre cintas transportadoras, en caída libre, en las tuberías verticales o inclinadas, por debajo de rampas, tubos, etc
	<b>TUBO MAGNÉTICO</b>	Los tubos de imanes permanentes se utilizan siempre que sea posible la eliminación manual de los materiales férricos

Fuente: selter.es

**1.2.4 Imanes permanentes** Material ferromagnético con características magnéticas permanentes, incluso fuera de un campo magnético. Entre los tipos de imanes permanentes se encuentran:

*Ferritas* de la familia de los cerámicos, tienen una gran dureza y fragilidad al choque. Utilización hasta los 250°C. Compuesto de óxido de hierro y estroncio. Tipos: rectangulares, cilíndricos y anulares.

*Alnico* esta aleación se utiliza principalmente por su estabilidad a la temperatura pudiendo llegar a los 450°C. Compuesto de aleación de aluminio, níquel, cobalto y hierro. Tipos: Barras cilíndricas,

*Neodimio Fer Boro* es uno de los materiales más pujantes del mercado. Su aplicación se encuentra donde es necesaria la presencia de un imán muy potente para un espacio reducido. Utilización hasta los 180°C. La fuerza de atracción permanece elevada aunque la distancia entre el imán y la pieza sea importante. Compuesto de aleación de neodimio, hierro y boro. Los imanes de neodimio tienen las mejores características magnéticas del mercado. Se diseñan para reducir sus dimensiones y aumentar potencia pudiéndose utilizar a gran temperatura. Tipos: paralelepípedos, anulares, cilíndricos.

*Samarium* cobalto con una temperatura de utilización de hasta los 250°C. Muy alta resistencia a la desmagnetización. Compuesto de cocido a base de tierras raras. Tipos: rectangulares, cilíndricos.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Iparraguire, J. M. (n.d.). Imanes Y Sistemas Magnéticos, 56. Disponible en: [http://www.arelec.com/es/iso\\_album/catalogo\\_imanes\\_para\\_la\\_industria.pdf](http://www.arelec.com/es/iso_album/catalogo_imanes_para_la_industria.pdf)

### 1.3 METODOLOGÍA

A continuación, se plantea de forma detallada la metodología propuesta, compuesta por cuatro etapas desarrolladas con diferentes métodos que se deben llevar a cabo para el cumplimiento de los objetivos planteados.

#### Ilustración 5 Metodología proyectual



### MANOS A LA OBRA

-Generar una propuesta de diseño de una trampa magnética a partir de los atributos y requerimientos obtenidos.

3

#### MÉTODOS

- Generación de concepto. Visión exploratoria inicial del aspecto que tendrán las alternativas de diseño, usados para describir los parámetros dimensionales, datos de los componentes disponibles a emplear y requisitos ergonómicos.
- Descripción del diseño: Se busca la realización del modelo en 3d por medio del software Solidworks de una trampa magnética con el fin de mostrar el diseño final que llevara a cabo en la fabricación del modelo.

### VALIDACIÓN

- Establecer el grado de cumplimiento de los requerimientos a partir de la validación y verificación de un modelo a escala 1:1

4

#### MÉTODOS

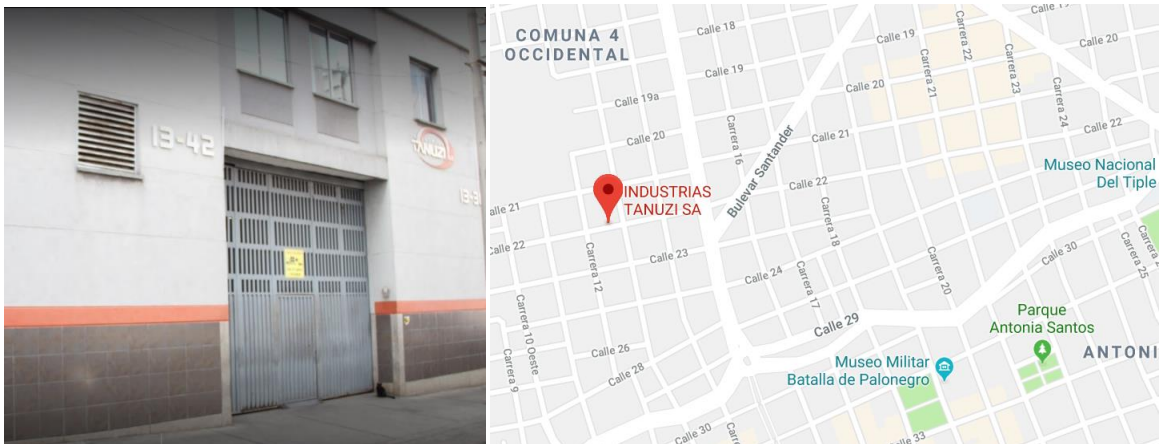
- Compra de implementos y materiales: Una vez obtenidos los materiales para la fabricación de los elementos se puede proceder a la fabricación del modelo.
- Fabricación del prototipo: Realizar la fabricación del modelo a escala 1:1 y hacer la respectiva validación y comprobación del mismo.

## 2. INDUSTRIAS TANUZI S.A

### 2.1 UBICACIÓN

Industrias Tanuzi S.A, ubicada en la calle 22 No. 13-42 en Bucaramanga, Santander. Contexto geográfico

#### Ilustración 6. Contexto geográfico



Fuente Industriastanuzi.com

### 2.2 MISIÓN

"Somos una empresa del sector metalmeccánico que busca satisfacer las expectativas del cliente mediante la creación de valor, con la oferta de repuestos y servicios de alta calidad que permitan obtener beneficios para nuestros colaboradores, socios, proveedores y la comunidad en general."

## **2.3 VISIÓN**

"Ser una empresa de categoría mundial, de alta calidad, competitividad, productividad y rentabilidad que garanticen un negocio estable para el cliente y nuestra organización, siendo reconocidos como los mejores proveedores."

## **2.4 SERVICIOS**

Industrias Tanuzi S.A es una empresa de metalmecánica dedicada al diseño, fabricación, adaptación, mantenimiento y reparación de maquinaria Industrial y sus componentes. Brinda soluciones para los sectores de embotellado, minería, petróleo y gas, concreto- cemento y agregados, ferroviario, palmicultor e industrial.

El compromiso de industrias Tanuzi S.A es brindar soluciones óptimas basadas en un trabajo en equipo orientado por la creatividad, la iniciativa, el entusiasmo, la honestidad y la responsabilidad, que son los valores de la compañía y la principal directriz para la ejecución de nuestros proyectos. Cuentan con un equipo humano excepcional, capacitado y calificado para la realización de cada una de sus labores en diferentes áreas.

- Ingeniería y diseño

Es el área encargada de la ingeniería y desarrollo para la construcción y mantenimiento de máquinas, sistemas, estructuras, herramientas, repuestos, entre otros. Esta área está compuesta por ingenieros mecánicos, ingenieros mecatrónicos, diseñadores industriales y dibujantes que diseñan, recrean y evalúan el funcionamiento de cualquier tipo de proyecto, con el fin de adaptarnos al tamaño de las necesidades de nuestros clientes.

- Mecanizado

Nuestra planta ubicada en Bucaramanga, Santander, cuenta con una capacidad instalada disponible 24 horas, destacándose:

- Centros de mecanizado CNC.
- Tornos CNC.
- Mandriladoras horizontales con capacidad para soportar piezas de 5 y 16 toneladas sobre la mesa de trabajo.
- Tornos convencionales.
- Fresadoras.
- Taladros radiales.
- Equipo de plasma entre otros equipos que nos permiten adaptarnos al tamaño de sus necesidades.

- Soldadura.

- Contamos con equipos de soldadura convencional, mig y tig.

El equipo de soldadores se encuentra calificado bajo diferentes tipos de códigos y estándares, lo que nos permite garantizar nuestro trabajo y realizar los WPS (Welding WeldingProcedure Specification) requeridos para cada trabajo en especial.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> INDUSTRIAS TANUZI S.A. 1991. [En línea]. Disponible en: <http://www.industriastanuzi.com/nosotros/index.php>

### 3. ESTRUCTURACIÓN

El presente capítulo demuestra en tres pasos el cumplimiento del primer objetivo específico N°2. Establecer las características, requerimientos y limitaciones de una trampa magnética destinada a mejorar el proceso de mantenimiento y limpieza, de acuerdo a las especificaciones de Industrias Tanuzi S.A

1. Recopilación de datos
2. Interpretación de datos en términos de las necesidades, requisitos y limitaciones dadas por el cliente y su respectiva jerarquía.
3. Reflexión de los resultados

Para la recopilación y análisis de los datos, la investigación se centró en obtener información para mejorar el tiempo en que un operario realiza el mantenimiento de una trampa magnética con respecto a la que actualmente opera en el sistema.

#### 3.1 RECOPIACIÓN DE DATOS

Se realizó en dos etapas, la primera es la etapa de antecedentes que incluye la recopilación de información clave de los usuarios, en este caso el cliente de Industrias Tanuzi S.A, para recoger esta información se realizó una entrevista cerrada y de la cual se obtuvieron las necesidades principales del producto. En la segunda parte, la etapa de exploración, incluye la recopilación de información clave de contexto, por medio de una observación de campo guiada.

**3.1.1 Información clave de los usuarios** Mediante la aplicación de una entrevista al coordinador de la planta se buscó identificar las necesidades del personal del

área encargada, para que a partir de su experiencia se establezcan las necesidades que surgen en la operación de mantenimiento de los filtros.

**Tabla 2 Identificación de las necesidades del cliente**

<b>Entrevistador:</b> María Fernanda Vera		<b>Fecha:</b> 14 de Febrero del 2018	
		<b>Tipo de usuario:</b> Coordinador de la planta	
<b>0</b>	<b>Pregunta/Sugerencia</b>	<b>Enunciado del cliente</b>	<b>Necesidad interpretada</b>
1	¿Cuál es la consecuencia del taponamiento en la canasta filtro por contaminación?	La pérdida de presión del fluido, lo cual hace que se deban limpiar los filtros	La TM permite el paso del fluido con la presión requerida por la operación
2	¿Qué consecuencia genera la limpieza de los filtros?	Demoras en la entrega del producto	La TM tiene un proceso de limpieza rápida
3	¿Con que frecuencia se realiza la limpieza?	Por lo general una o dos veces por día, cada vez que se realiza un descargue	La TM se ubica de manera que no interfiera con el material que recoge la canasta filtro
4	¿Cuánto tiempo requieren para realizar la limpieza?	Aproximadamente dos horas	La TM requiere menos de dos horas para realizar su debida limpieza
5	¿Qué equipo herramental se requiere para realizar la tarea?	Atornillador neumático Puente grúa Recolector de material ferroso Hidrolavadora	Para el montaje y armado, la TM requiere el equipo de herramientas existentes en el área.

<b>Entrevistador:</b> María Fernanda Vera		<b>Fecha:</b> 14 de Febrero del 2018	
		<b>Tipo de usuario:</b> Coordinador de la planta	
<b>0</b>	<b>Pregunta/Sugerencia</b>	<b>Enunciado del cliente</b>	<b>Necesidad interpretada</b>
6	¿Cuál es el peligro que enfrenta el usuario al ejecutar la tarea?	Contusiones Lesiones graves por caída de objetos pesados Inflamabilidad	La TM tiene una estructura que protege a los usuarios de los imanes
7	¿Cuántos usuarios se requieren para realizar la tarea?	Tres personas para desmontar, una para limpiar.	La TM requiere de máximo cuatro personas para su montaje y armado
8	¿Cuál es la indumentaria y equipo de seguridad que requiere el usuario?	Uniforme Casco Industrial Lentes de seguridad Botas de seguridad Guantes Careta con filtros para gases No se permiten, artículos metálicos ni celulares, cámaras o equipos electrónicos.	La TM requiere del uso de la indumentaria industrial requerida por el cliente
9	¿Se han generado soluciones de mejora para la contaminación ferrosa?	Se han realizado algunas pruebas con imanes pero no se ha desarrollado ninguna mejora aplicada	La TM es un dispositivo con una estructura que genera eficiencia, efectividad y satisfacción en el usuario
10	¿En dónde se debe instalar la trampa magnética?	Debe estar ubicada dentro de la canasta filtro por cuestión de dimensiones	La TM está integrada a la canasta filtro

<b>Entrevistador:</b> María Fernanda Vera		<b>Fecha:</b> 14 de Febrero del 2018	
		<b>Tipo de usuario:</b> Coordinador de la planta	
<b>0</b>	<b>Pregunta/Sugerencia</b>	<b>Enunciado del cliente</b>	<b>Necesidad interpretada</b>
11	¿Qué es lo más complejo de la actividad de limpieza del filtro?	Se dificulta la limpieza de material ferroso, ya que este compacta como una especie de lodo y es difícil la remoción de la canasta filtro	La TM tiene un sistema de limpieza eficiente que permite la remoción de material ferroso
13	Sugerencias	Se debe tener presente que la seguridad del usuario representa para la empresa el mayor grado de importancia.	El diseño de la TM permite acceder de manera segura al usuario

**Tabla 3 Organización de las necesidades/ requisitos en una jerarquía de necesidades primarias, secundarias y llegando al caso terciarias**

<ul style="list-style-type: none"> <li>- La TM permite el paso del fluido con la presión requerida por la operación</li> <li>**La estructura de la TM tiene espacios de vacío por donde pasa el fluido</li> <li>*La TM debe tener una resistencia para soportar la presión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La TM tiene un proceso de limpieza rápida</li> <li>** La TM tiene un subsistema que ayuda al desprendimiento de las partículas</li> <li>*La TM tiene mecanismos de fácil acceso</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- La TM se ubica de manera que no interfiera con el material que recoge la canasta filtro</li> <li>**La TM cabe fácilmente en la canasta</li> <li>*La TM se ubica por encima del fondo de la canasta filtro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La TM requiere menos de dos horas para realizar su debida limpieza</li> <li>* La trampa magnética se puede desmontar sin necesidad de sacar la canasta filtro</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para el montaje y armado, la TM requiere el equipo de herramientas existentes en el área.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La TM tiene una estructura que protege a los usuarios de los imanes</li> </ul>

<p>* La TM va sujeta a la canasta por medio de tornillos</p>	<p>*La TM tiene una estructura protectora de los imanes  **Los imanes de la TM deben ir soldados en una misma estructura</p>
<p>- La TM requiere de máximo cuatro personas para su montaje y armado  *La estructura de la trampa magnética es sencilla y los diferentes sistemas de signos/formas permiten la comunicación rápida con el usuario.</p>	<p>- La TM es un dispositivo con una estructura que genera eficiencia y satisfacción en el usuario  *La trampa magnética cumple con la función requerida por el usuario  **La trampa magnética reduce el tiempo de limpieza requerido actualmente</p>
<p>- La TM está integrada a la canasta filtro  *La TM no genera cambios en diseño de la canasta  **La TM se integra en la parte superior de la canasta</p>	<p>- La TM requiere del uso de la indumentaria industrial requerida por el cliente</p>

**3.1.2 Información clave de contexto** En este punto se realizó lo referente a la observación, identificación y análisis del proceso de mantenimiento del sistema de filtración, mediante una observación de campo guiada. Como resultado se obtuvo el diagrama del proceso de limpieza actual de los filtros el cual se muestra en la ilustración. De esta visita se pudo identificar el entorno del problema y sus características.

## Ilustración 7 Diagrama de tareas del proceso de limpieza filtro



**Ilustración 8. Diagrama proceso de limpieza filtro**

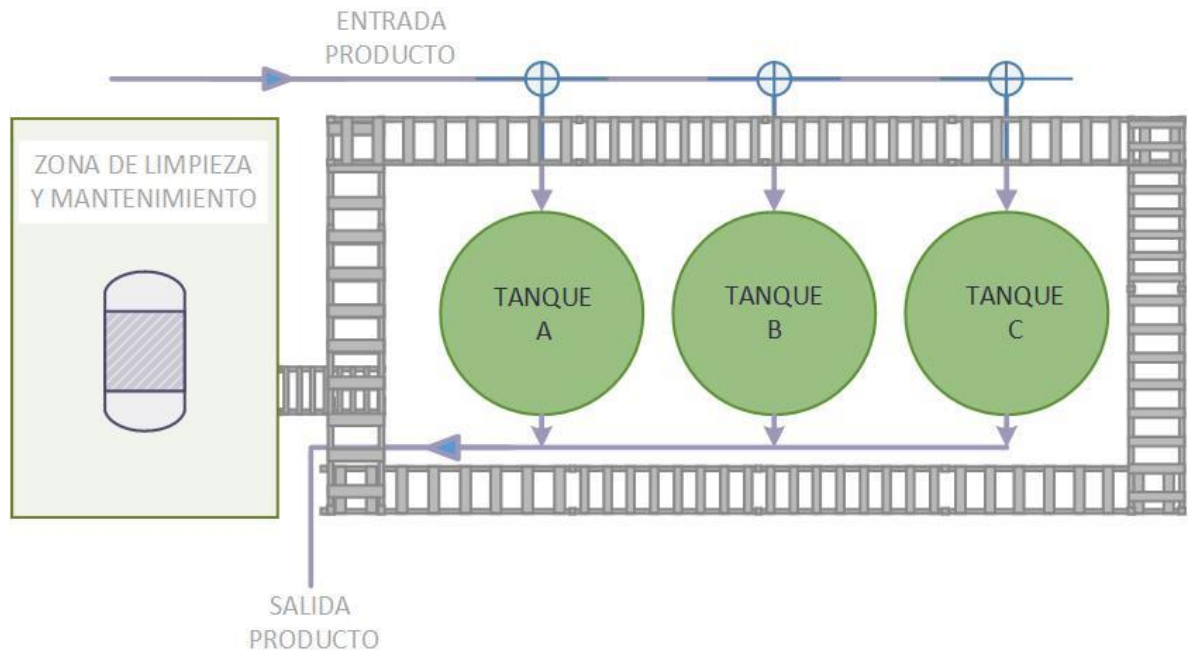


**Información técnica**

- *Área sistema de filtrado* El área de sistemas de filtrado se encuentra conformado dos zonas, en la primera se encuentra la operación de tres tanques para filtrado. La

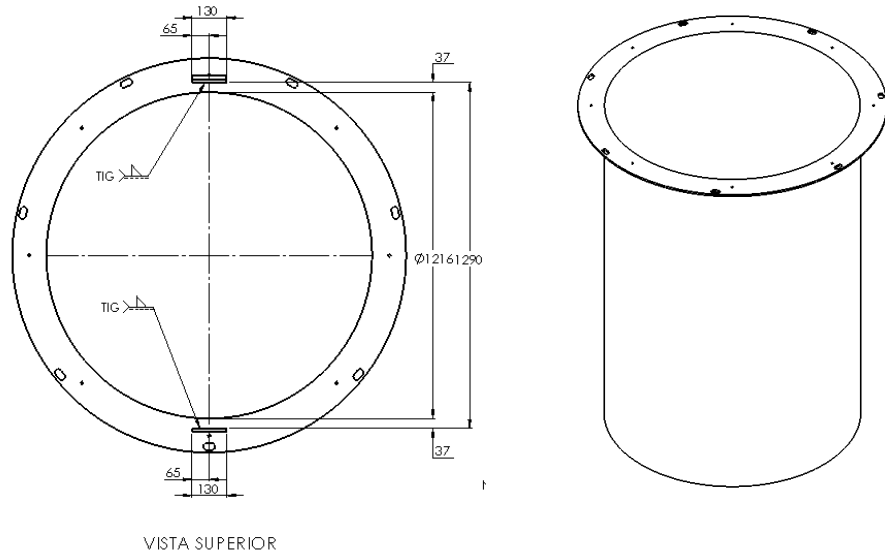
segunda zona es de descargue en donde se realizan los mantenimientos de los componentes de todo el sistema.

### Ilustración 9 Área sistema de filtrado



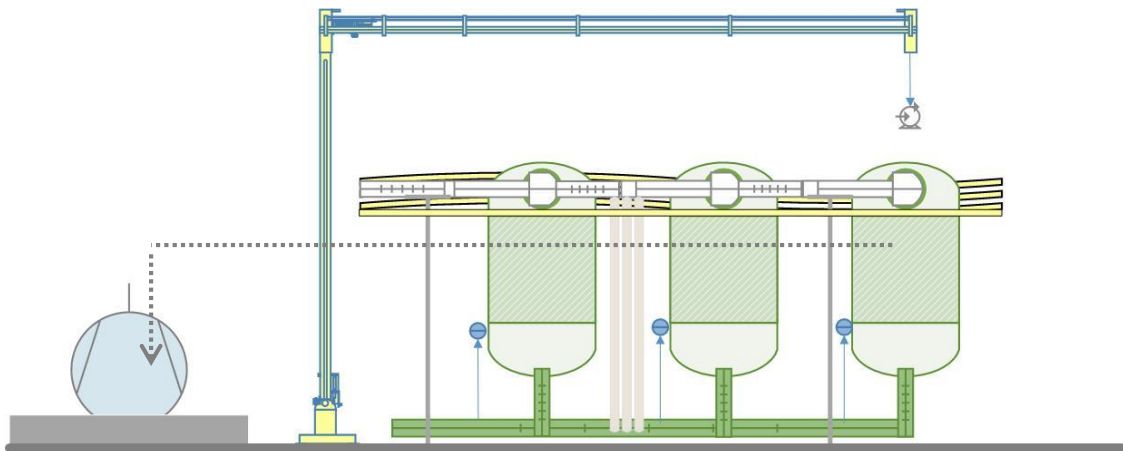
- Los tres tanques cuentan cada uno con un filtro tipo canasta, las cuales están fabricadas en acero inoxidable, con un peso aproximado de 450Kg.
- *El fluido* que pasa a través del sistema de filtración es, gasolina, nafta y diésel.
- *La presión* del fluido es de 80 psi
- *Cantidad de fluido* por hora es de 5000 barriles

### Ilustración 10. Dimensiones canasta filtro



- El *transporte y ubicación* de los elementos del filtro sobre la zona de descargue, es un proceso que se realiza por medio de un montacargas o puente grúa y el personal de mantenimiento ejecuta la adecuación del espacio para la ubicación de las mismas.


### Ilustración 11 Proceso de ubicación de la canasta filtro sobre la zona de limpieza



### 3.2 ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE

Evaluar los productos y marcas actuales en el mercado nacional e internacional fue necesario para poder comparar y contrastar sus fortalezas y debilidades, teniendo en cuenta que el producto a diseñar es especializado para una tarea en particular.

**Tabla 4 Análisis estado del arte**

<b>BARRAS</b>		
<p><b>Descripción</b> Tubos rellenos con imanes permanentes de neodimio, constituyen una solución fácil y eficaz para separar finas partículas metálicas magnéticas de un material húmedo o seco. Se instalan y se transportan fácilmente de un lugar de uso a otro, no son muy exigentes desde el punto de vista económico, se limpian fácilmente. Este tipo de separadores se pueden incluir en cualquier punto que se desee en el proceso de un flujo sólido o líquido.</p>		
<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>	<i>Imagen</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Alta eficiencia</li> <li>+ Facilidad de uso y montaje</li> <li>+ Bajos costos de mantenimiento</li> <li>+ Disponibles en el mercado a diferentes tamaños.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Proceso de limpieza manual</li> </ul>	<p>Materiales: Acero inoxidable</p>  <p style="text-align: right;">Fuente: Ima.es</p>
<b>PARRILLA MAGNÉTICA</b>		
<p><b>Descripción</b> Usamos el tipo más básico de configuración con varillas en una sola capa, para aplicaciones simples o si se requiere una baja altura de instalación.</p>		
<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>	<i>Imagen</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Para fluidos livianos, fibrosos o viscosos</li> <li>+ Alta potencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto precio</li> <li>- Peso elevado</li> </ul>	<p>Materiales: Acero inoxidable</p>

+Permite diferentes configuraciones		 <p>Fuente Eclipsemagnetics.com</p>
-------------------------------------	--	---

### FILTRO MAGNÉTICO DE FLUJO

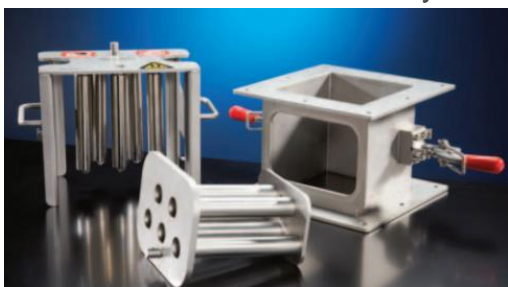
**Descripción** El centro del separador magnético automático con rejilla se encuentra un sistema de tubos magnéticos de acero inoxidable. Las partículas magnéticas capturadas se mantienen en las partes traseras de los tubos magnéticos durante el proceso de separación de tal modo que no bloquean el flujo del material de limpiar. En la limpieza manual se saca el cuerpo del separador, los núcleos magnéticos se desplazan a su posición superior por medio de una palanca de mando y las impurezas ferromagnéticas capturadas caen de forma espontánea

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>	<i>Imagen</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Resistencia térmica</li> <li>+ Estabilidad magnética</li> <li>+ Bajo precio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Estructura muy robusta</li> <li>-Solo para utilizar en bandas transportadoras</li> <li>- Limitada las configuraciones de uso</li> </ul>	<p>Materiales: Acero inoxidable</p>  <p>Fuente Sollau.com</p>

### FILTRO MAGNÉTICO DE FLUJO

**Descripción** Para la separación eficiente se coloca dos o más capas de barras, una por encima de otra. Se encierran dos capas en una carcasa de acero. Este imán está equipado con un abre fácil de inspección y escotilla de limpieza que garantiza la eliminación y limpieza rápida.

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>	<i>Imagen</i>
-----------------	--------------------	---------------

<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Alta eficiencia</li> <li>+ Facilidad de uso y montaje</li> <li>+ Bajos costos de mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limitación de usos</li> <li>- Medidas máxima de la carcasa de 150-300 mm</li> </ul>	<p>Materiales: Acero inoxidable y acero</p>  <p>Fuente goudsmitmagnets.com</p>
--	--	--

**Tabla 5 Empresas Proveedores de filtración magnética**

 <p>Fuente Sollau.com</p>	<p>La actividad principal de la sociedad SOLLAU s. r. o. consiste en el desarrollo, fabricación y aplicaciones de los dispositivos de separación magnética</p>
 <p>Fuente Quantum.com</p>	<p>Empresa chilena, dedicada al desarrollo de soluciones magnéticas, equipos industriales e imanes industriales</p>
 <p>Fuente Eclipsemagnetics.com</p>	<p>Fabricante en Sheffield, Inglaterra, tienen experiencia en el diseño y la fabricación de sistemas magnéticos de alto rendimiento.</p>
 <p>Fuente Magnom.com</p>	<p>Compañía de diseño de ingeniería británica. Que ofrece una solución a la causa de la mayoría de las fallas catastróficas en los sistemas de fluidos mediante la filtración de partículas ferrosas.</p>
 <p>Fuente nemco.com</p>	<p>Empresa Colombiana, dedicada a la fabricación de productos magnéticos para soluciones industriales</p>

**3.2.1 Conclusiones análisis del estado del arte** A partir de los resultados del análisis del estado de arte se pudo determinar que la principal característica en los productos es el uso del acero inoxidable como material estructural, para una mejor resistencia al desgaste de materiales corrosivos y atmósferas. Otra característica importante es el uso de imanes de neodimio que garantizan la efectividad de la tarea en la atracción de material ferroso. Respecto a las desventajas de los filtros son los limitados usos respecto al diámetro de la tubería que presentan. Las barras representan el producto más versátil para realizar cualquier tipo de configuración necesaria, que este caso requiere de medidas específicas.

### 3.3 DEFINICIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DEL PROUDCTO

A partir de las necesidades del cliente se plantean los requerimientos y limitaciones de diseño, las cuales permitirán establecer un rango a partir del cual se debe trabajar la trampa magnética. Los requerimientos fueron clasificados según un orden y escala de importancia en estricto (E), deseable (D) u opcional (O), para saber cuáles son las prioridades del usuario.

**Tabla 6 Requerimientos del producto**

REQUERIMIENTOS		
	DETERMINANTE	PARÁMETRO
USO	Para la limpieza de la trampa, los componentes deben ser fácilmente desmontables. (D)	Sistema de ensambles y uniones desmontables.
	Las partes de la trampa deben poder asegurarse para evitar vibraciones, pérdida de equilibrio o movimientos inesperados. (E)	Ensamble con tornillería de alta resistencia y anticorrosiva. Simetría de la estructura.
	Reducir el tiempo de limpieza de material ferroso. (E)	Uso de mecanismos magnéticos.

REQUERIMIENTOS		
	DETERMINANTE	PARÁMETRO
	Deben permitir ser instalado o desmontado por un puente grúa. (E)	Sistema de agarre tipo manija, mango, argolla.
	Para el mantenimiento la trampa debe poder ser movilizada de un sitio a otro. (E)	Peso de la trampa Sistema de ensamble a la canasta filtro.
	Los elementos de protección deben estar sujetos firmemente y no deben poder ser desmontados sin el uso de una herramienta. (D)	_____
	Reparación y mantenimiento a manos de personal calificado en mantenimiento industrial.(E)	_____
<b>FUNCIÓN</b>	La canasta filtro debe resistir el peso de la trampa magnética. (E)	Peso de la canasta/completa 800kg.
	Los mecanismos y principales componentes serán normalizados para adquirirlos en el mercado. (D)	_____
	Permite atraer el 60% de material ferroso presente en el fluido. (D)	Unidad de campo magnético 9000Gauss.
	Algunos componentes realizan más de una función. (D)	La carcasa utilizada para protección y para adaptarse a la canasta. Dimensiones de la canasta.
<b>ESTRUCTURALES</b>	La estructura debe permitir el paso del fluido sin afectar su presión. (E)	Estructura no maciza ni compacta.
	El acabado debe ser resistente al deterioro por rozamiento. (D)	Acabado externo: pulido.
	Los materiales de la carcasa deben ser resistentes para otorgarle protección a los imanes. (E)	Material carcasa: acero inoxidable.

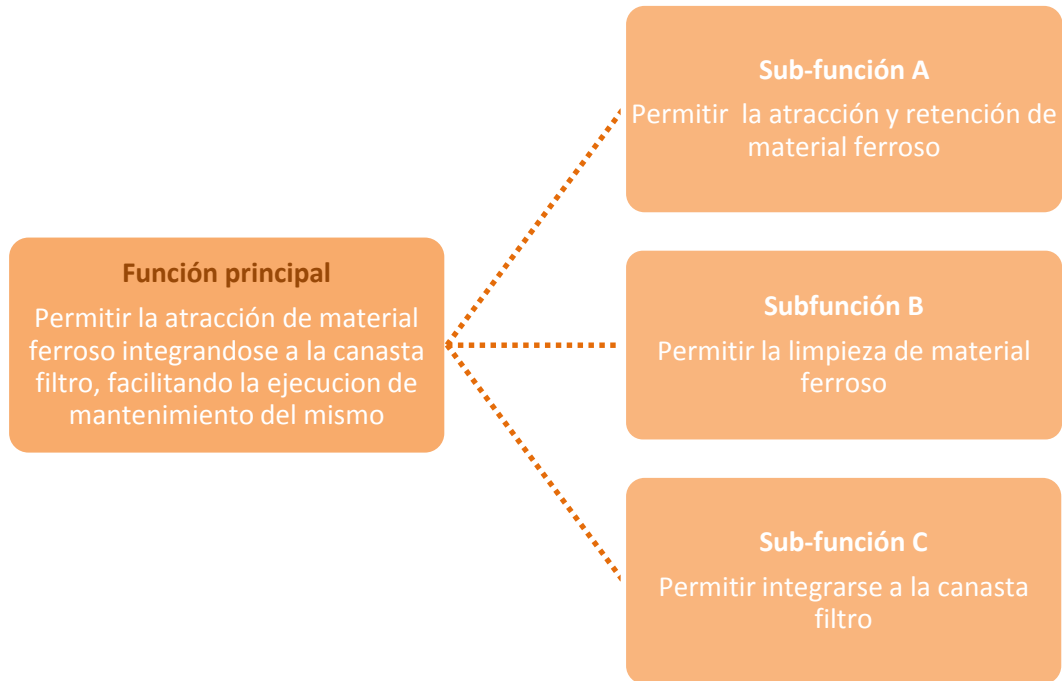
REQUERIMIENTOS		
	DETERMINANTE	PARÁMETRO
<b>FORMAL</b>	Los componentes del sistema deben tener coherencia intra-formal. (D)	Modularidad entre sus componentes. Simplicidad de formas. Estabilidad visual.

#### **4. CONCEPTO DE DISEÑO**

Este capítulo presenta la etapa de elaboración del concepto de diseño, con el cual se cumple el objetivo específico N°3. Generar una propuesta de diseño de una trampa magnética a partir de los atributos y requerimientos obtenidos. Para generó conceptos de diseño que sean viables cumpliendo los requisitos del producto establecidos en la especificación de diseño del producto. También se encuentra la técnica de evaluación y selección del concepto para elegir y desarrollar el más adecuado.

Se estableció la función principal que debe cumplir el producto a diseñar, a partir de esta se consideran sub-funciones para la elaboración de las alternativas. Algunas sub-funciones conllevan a un solo tipo de solución debido a los requerimientos y restricciones de los procesos productivos.

**Tabla 7 Función y subfunciones del diseño de la trampa magnética**

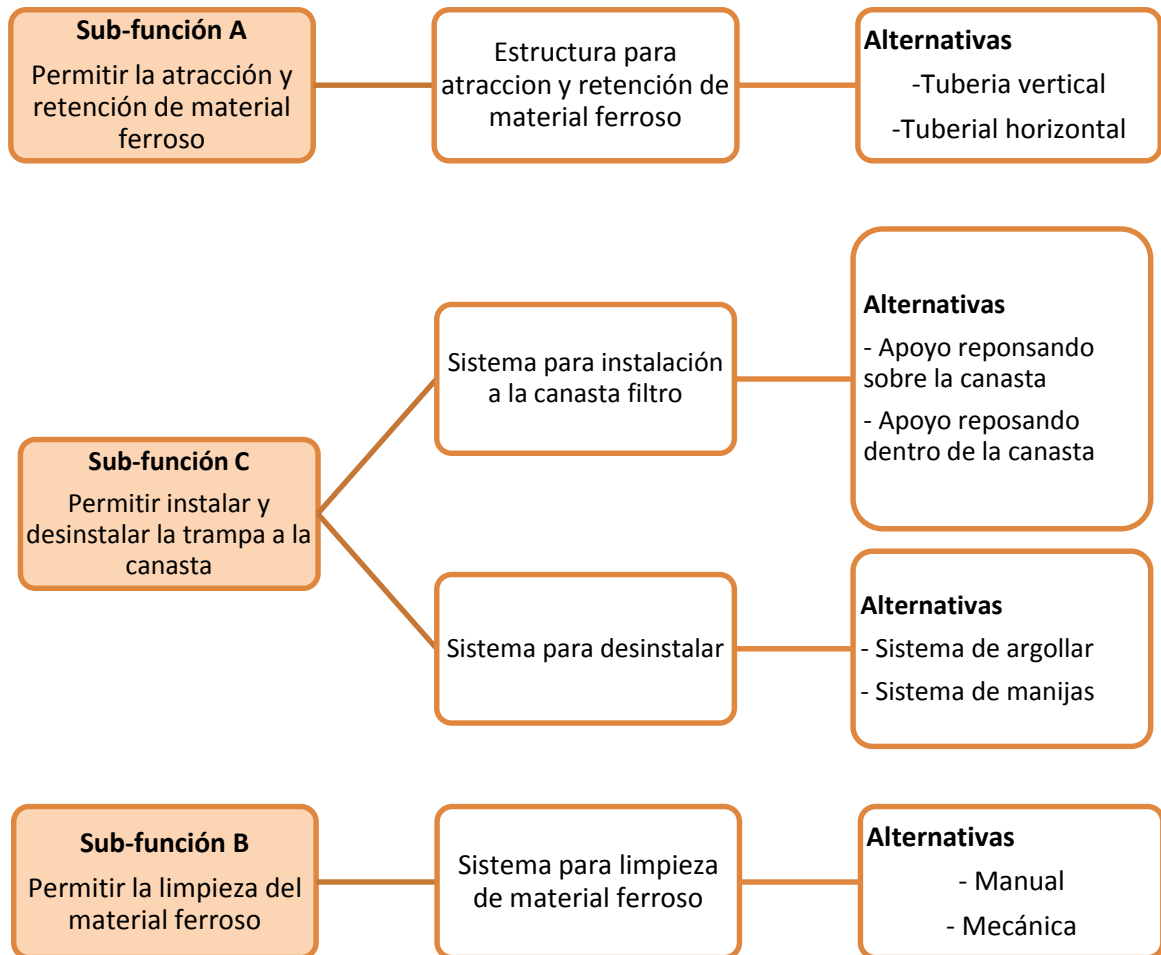


**Criterios de diseño**

- Facilidad de montaje
- Facilidad de mantenimiento
- Seguridad
- Permite paso del fluido

## 4.1 GENERACIÓN DE CONCEPTOS

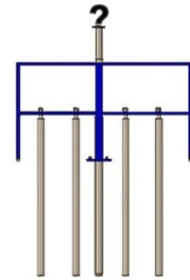
Tabla 8 Generación de Conceptos



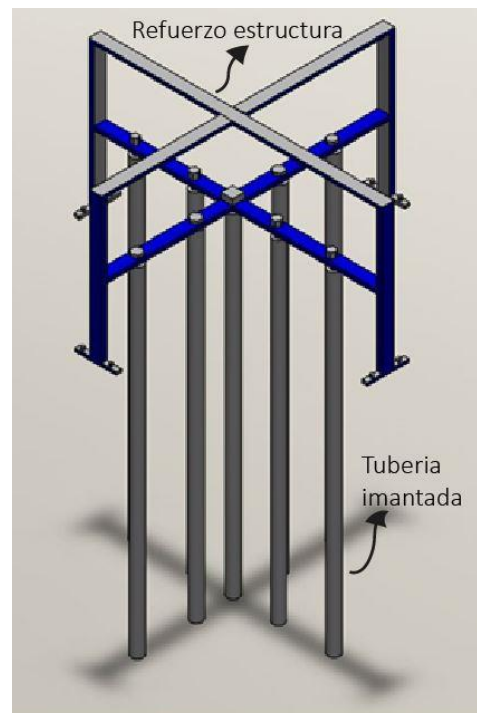
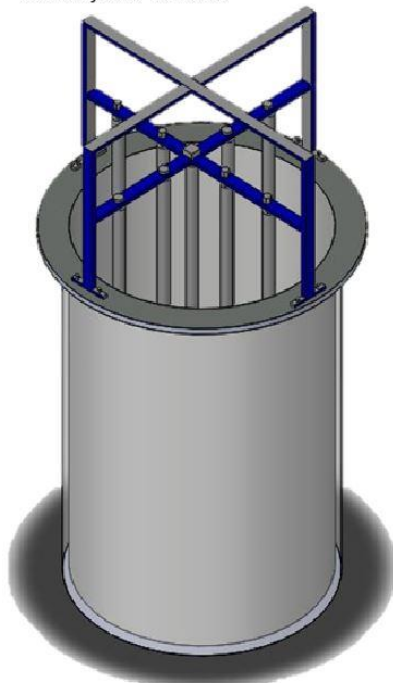
Con las alternativas de cada sub-función presentadas en la tabla anterior. Se inició el proceso de diseño en el cual se combinan las diferentes alternativas para llegar a un conjunto completo que represente el producto completo.

**Tabla 9 Análisis alternativa 1**

ALTERNATIVA 1	
Tubería vertical – Limpieza manual – Apoyo sobre canasta - Argolla	
Descripción	Se compone por 9 tubos imantados en posición vertical los cuales están apoyados por una estructura tipo cruz rígida. La tubería se fija a la estructura por medio de tornillos. Para la extracción de la trampa se compone de una argolla. Para la instalación en apoya sobre la canasta con
Ventajas	<p>Permite el paso del fluido</p> <p>Se instala de manera segura a la canasta</p>
Desventajas	<p>No abarca toda la área de paso del fluido</p> <p>Fácil montaje</p> <p>No permite la facilidad de mantenimiento</p>

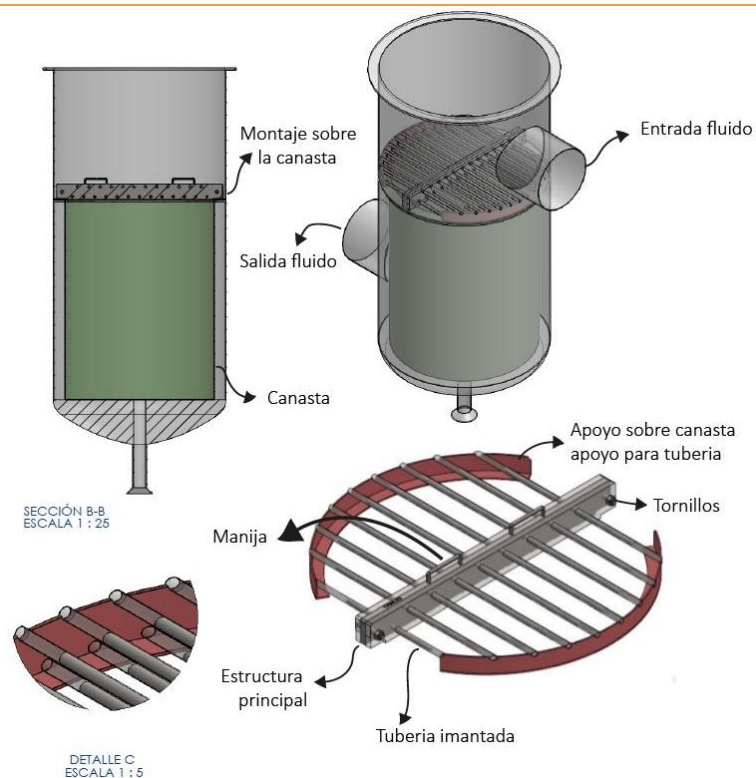


Montaje en canasta



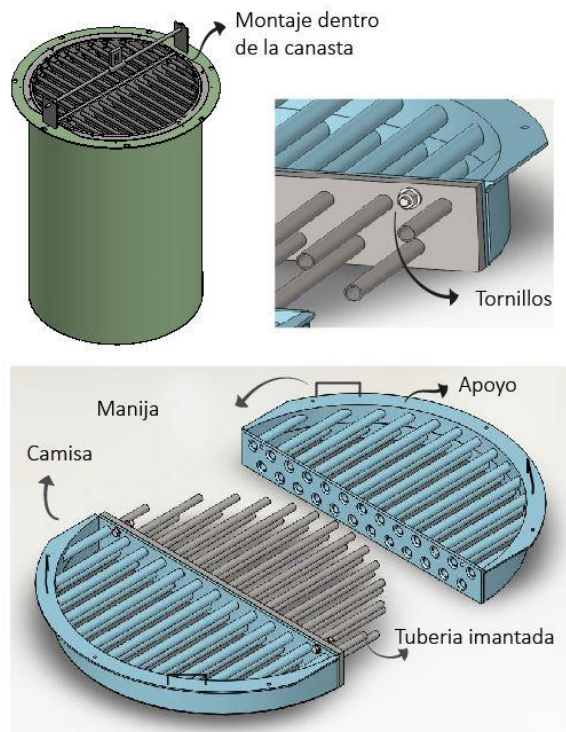
**Tabla 10 Análisis alternativa 2**

<b>ALTERNATIVA 2</b>			
<b>Tubería horizontal – Limpieza mecánica – Apoyo sobre canasta - manija</b>			
<b>Descripción</b>	Consta de 18 tubos imantados en posición horizontal los cuales están soldados en una estructura principal con forma rectangular que se encuentra en el centro del objeto, esto permite que se realice la limpieza por acción mecánica de desplazamiento de dos camisas en acero inoxidable. La estructura principal cuenta con dos manijas que permiten la instalación y extracción de la trampa. El apoyo descansa sobre la estructura de la canasta y este también permite un apoyo para la tubería.		
<b>Ventajas</b>	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Permite el paso del fluido Fácil montaje</td> <td style="width: 50%;">Abarca gran parte del área del fluido Facilidad de mantenimiento</td> </tr> </table>	Permite el paso del fluido Fácil montaje	Abarca gran parte del área del fluido Facilidad de mantenimiento
Permite el paso del fluido Fácil montaje	Abarca gran parte del área del fluido Facilidad de mantenimiento		
<b>Desventajas</b>	Seguridad		



**Tabla 11 Análisis alternativa 3**

<b>ALTERNATIVA 3</b>					
<b>Tubería horizontal – Limpieza mecánica – Apoyo sobre canasta - manija</b>					
<b>Descripción</b>	Consta de 25 tubos imantados soldados en una estructura central que permite su correcta alineación con las dos camisas en acero NO imantadas que permiten cubrir los tubos para realizar la limpieza. Cuenta con cuatro manijas para realizar la instalación y el desmonte de la trampa. Se asegura las camisas y la estructura de tubería por medio de tornillos. La trampa reposa sobre la canasta por medio de unos apoyos que se encuentran en las camisas, quedando la tubería imantada dentro.				
<b>Ventajas</b>	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Permite el paso del fluido del fluido</td> <td style="width: 50%;">Abarca gran parte del área</td> </tr> <tr> <td>Fácil montaje</td> <td>Facilidad de mantenimiento</td> </tr> </table>	Permite el paso del fluido del fluido	Abarca gran parte del área	Fácil montaje	Facilidad de mantenimiento
Permite el paso del fluido del fluido	Abarca gran parte del área				
Fácil montaje	Facilidad de mantenimiento				
<b>Desventajas</b>	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Seguridad</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td>Mayor peso</td> <td></td> </tr> </table>	Seguridad		Mayor peso	
Seguridad					
Mayor peso					



## 4.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Para la selección de alternativas se tomó en cuenta la satisfacción de las necesidades del usuario y el cumplimiento de los requerimientos establecidos en el capítulo 3. A través del método Pugh, en donde se evaluaron los siguientes de criterios ponderados, los cuales son:

- Rápida instalación

Factor que ayudará a la eficiencia del sistema de filtración, mejorando el proceso de limpieza y ayudando a que los productos se entreguen en el tiempo requerido sin atrasos no previstos.

- Fácil limpieza

Sistema de ensamble que le permite al operador no entrar en contacto directo con los imanes y realizar la limpieza de la trampa magnética de manera sencilla. No requiere de herramientas adicionales.

- Seguridad

La construcción del sistema permite que el operario no manipule los imanes los cuales representa riesgos por la potencia que poseen. De igual manera ayuda a que no exista un contacto directo con el material particulado generando más confianza en el usuario que operará la trampa.

- Permite el paso del fluido

Con este factor el diseño permite el paso del fluido sin interferencias en la presión.

Criterio de selección de alternativas

<b>C</b>	<b>CRITERIO DE DISEÑO</b>	<b>Peso</b>
<b>C1</b>	Rápida instalación	2
<b>C2</b>	Fácil limpieza	2
<b>C3</b>	Seguridad	3
<b>C4</b>	Paso del fluido	3

**Tabla 12 Criterio de Diseño**

Alternativa/ Criterio	Canasta filtro actual	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
C1	/	0	1	0
C2	/	1	-1	1
C3	/	-1	0	1
C4	/	1	1	0
Suma positivo (+)		3	2	2
Suma negativo (-)		-1	-2	-1
Total		2	0	1

Alternativa/ Criterio	P 100%	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
C1	2	0	2	0
C2	2	2	-2	2
C3	3	-3	0	3
C4	3	2.5	2.5	0
Suma positivo (+)		5	4.5	5
Suma negativo (-)		-3	-2.5	-0.5
Total		2	2	4.5

**4.2.1 Recomendaciones** La alternativa seleccionada N°3 fue expuesta ante el cliente, siendo la que cuenta con una solución integral de las principales necesidades en el proceso de seguridad, limpieza y montaje de la trampa. Y se tuvieron en cuenta las observaciones hechas por el usuario las cuales fueron:

- Se requiere mejora en el diseño para que al momento de introducir la camisa en acero inoxidable a las barras de imanes no se produzca atascamiento.
- Se requiere del diseño de una manija o argollas para poder realizar su correcta manipulación de la trampa dentro del tanque
- Se sugiere que la trampa magnética se apoye de la canasta filtro para evitar vibraciones que provoquen daños en las barras magnéticas.

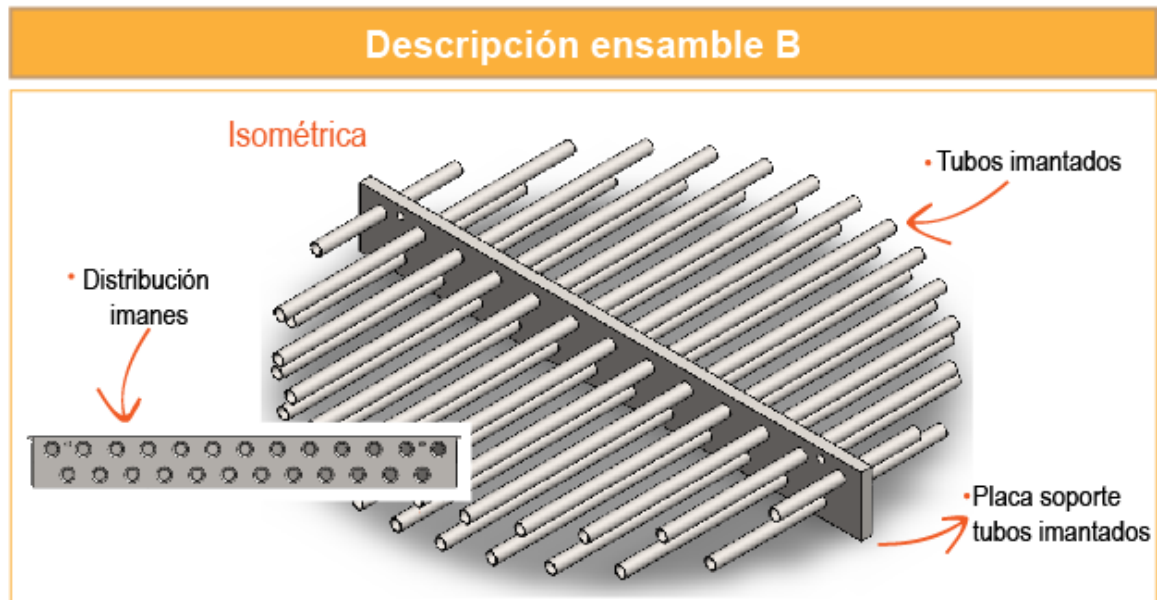
### **4.3 DISEÑO DETALLADO**

Se realizó la definición del concepto con la combinación de la alternativa seleccionada y las mejoras realizadas por el cliente y se obtuvo el siguiente resultado.

## Ilustración 12 Diseño detallado ensamble A



Ilustración 13 Diseño detallado ensamble B



**Función.** Estructura diseñada de tal manera que se pueda manipular los imanes por medio de un puente grúa, los imanes por ser altamente potentes pueden generar riesgos al usuario, por tal motivo se diseñó este concepto pensando en que el usuario deba manipular lo menos posible esta pieza, en especial el contacto con los imanes. Los tubos imantados van soldados a una placa que los soporta y les genera la estabilidad necesaria para acoplarse a las camisas .

**Uso.** Esta estructura está sujeta a las camisas por medio de tornillos, no requiere de limpieza. La distribución de las barras imantadas fue diseñada por el equipo de ingeniería de Industrias Tanuzi S.A. y su tarea es poder abarcar todo el área de paso del fluido.

**Material.** Acero inoxidable  
Imanes de Neodimio

**Nº de piezas.** Una (1)

**Ilustración 14 Imágenes de presentación**

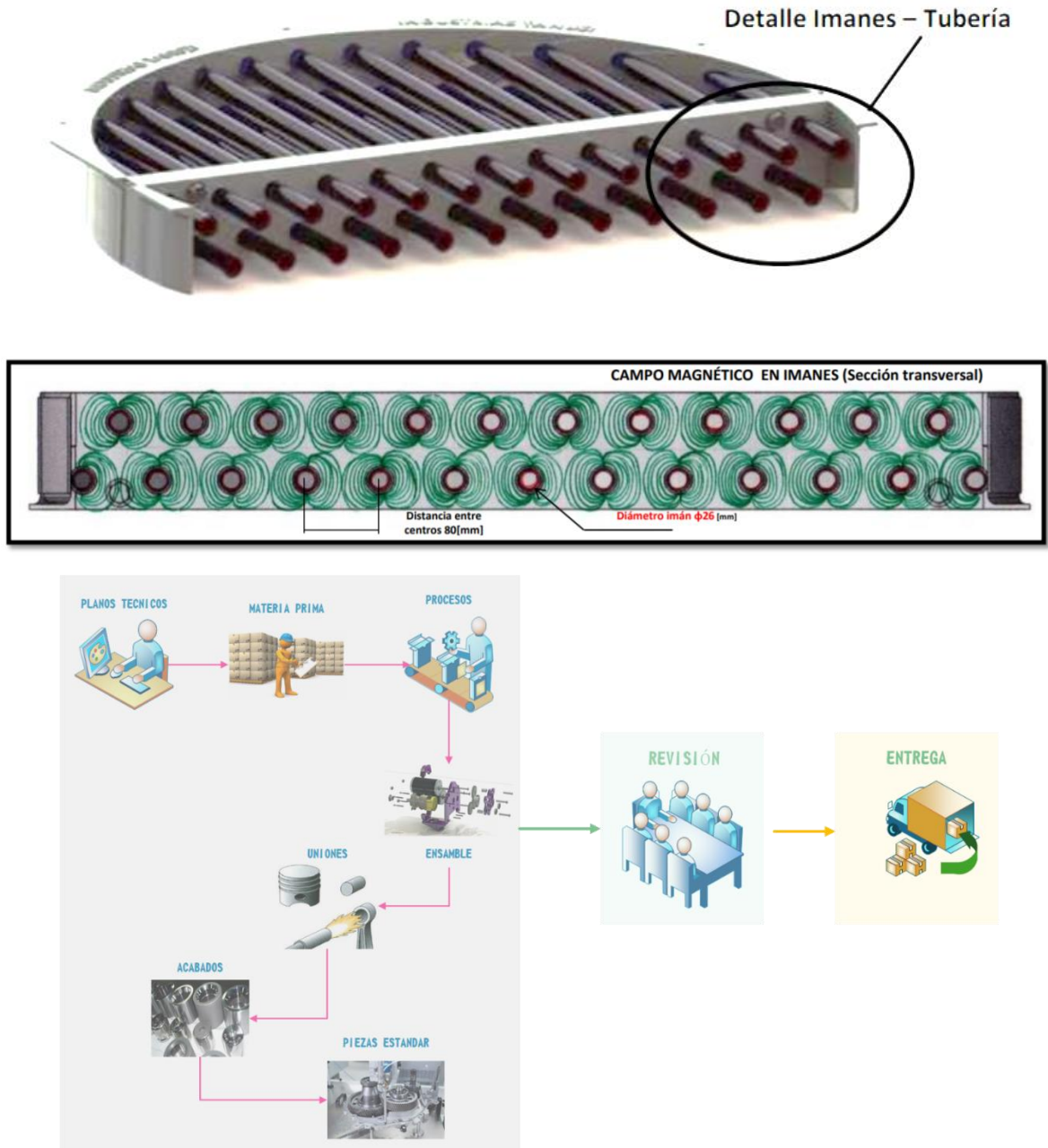


Ilustración 15 Imágenes de presentación



## 5. FABRICACIÓN

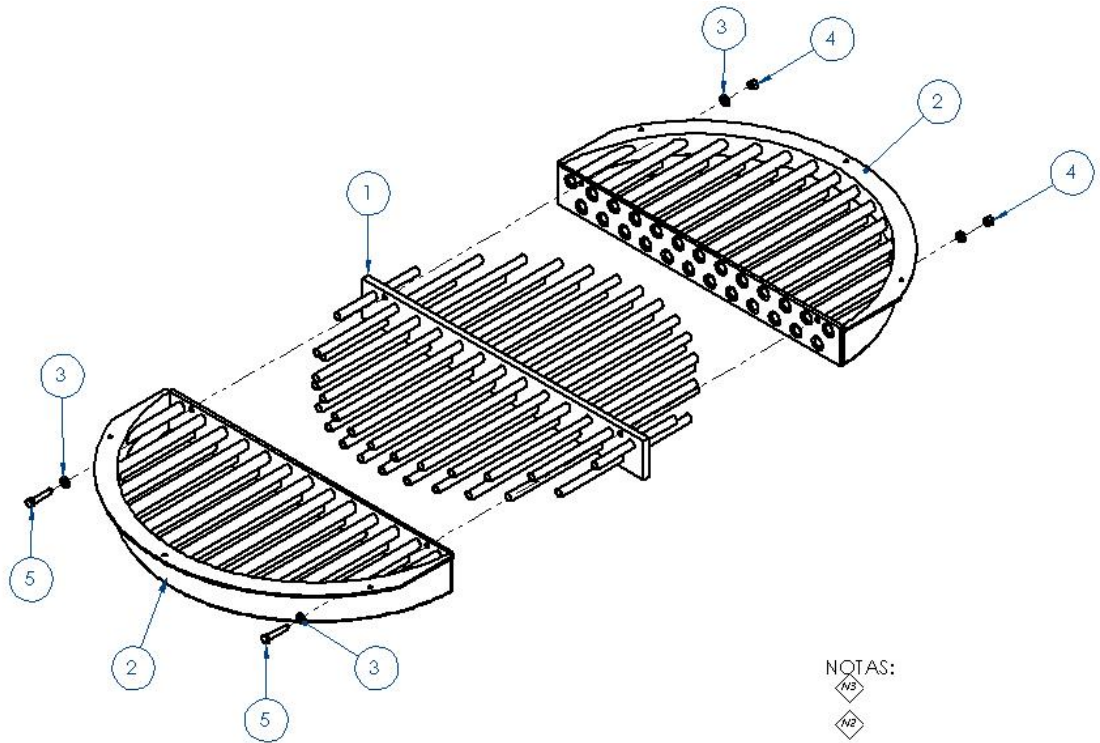
Ilustración 16 Proceso de fabricación



## 5.1 PLANOS. Anexo A

### 5.1.1 Partes/Explosión

Ilustración 17 Vista explosión canasta filtro

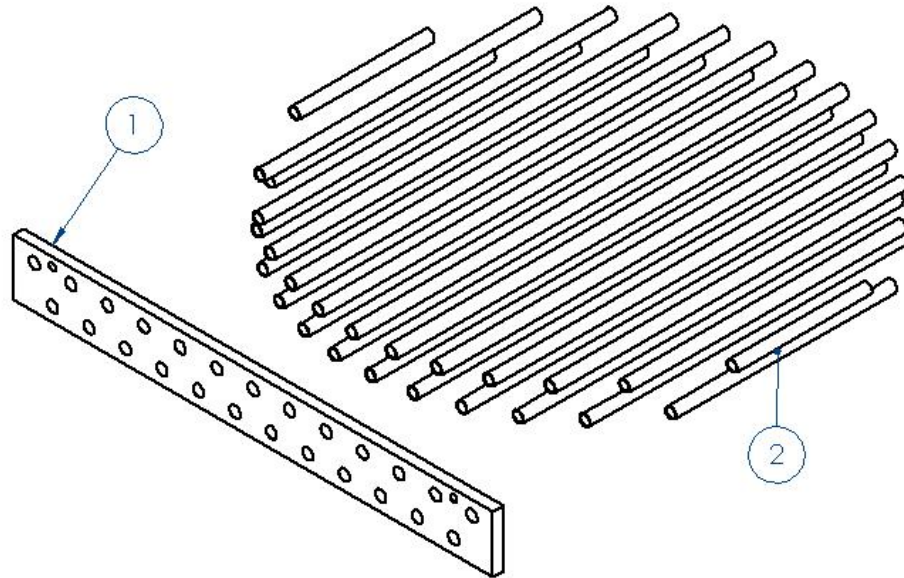


NOTAS:



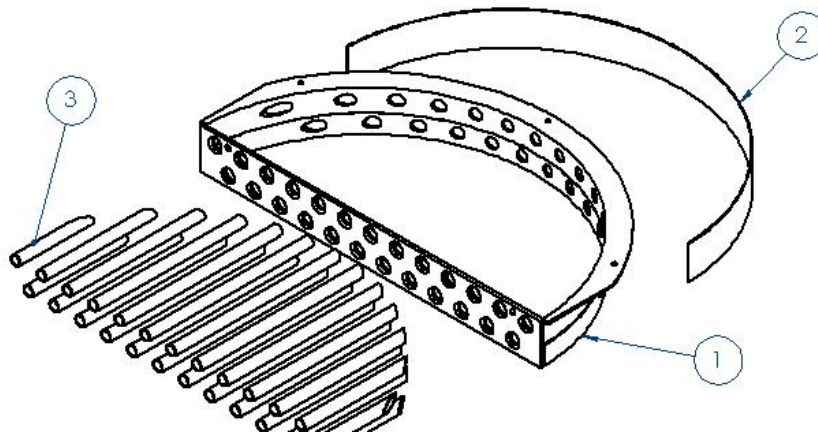
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CodPlano	CANTIDAD
1	Portaimanes	18-0011-B-1	1
2	Soporte de tubos	18-0011-B-2	2
3	plain washer hardened_iso		4
4	tuerca hexagonal INOX M16	N.A.	2
5	hex bolt gradec_iso		2

### Ilustración 18 Soporte tubos



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CodPlano	CANTIDAD
1	Placa de soporte tubos imantados	18-0011-B-1-1	1
2	Tubos 0.75 inch sch 10	18-0011-B-1-2	1

### Ilustración 19 Soporte Tubos



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CodPlano	CANTIDAD
1	Estructura soporte de tubos	18-0011-B-2-1	1
2	Cubierta externa soporte de tubos	18-0011-B-2-2	1
3	Tubos 1 inch sch 10	18-0011-B-2-3	1

## 5.2 MATERIA PRIMA

### Acero inoxidable austenítico

Un metal duro, fuerte muy resistente a la oxidación y completamente reciclable, de baja ductilidad, que es la capacidad mecánica que define la capacidad de los metales de deformarse sin romperse.

- Excelente resistencia a la corrosión
- Endurecidos por trabajo en frío y no por tratamiento térmico
- Excelente soldabilidad
- Excelente factor de higiene y limpieza
- Formado sencillo y de fácil transformación
- Tienen la habilidad de ser funcionales en temperaturas extremas
- *Son no magnéticos*<sup>10</sup>

### Ilustración 20 Materia Prima

Tubería



Laminas



Platinas



Piezas estándar



Fuente: <http://www.metalcenter.com.co/ca>

---

<sup>10</sup> BONNET. (1967). Clasificación De Los Aceros Inoxidables. *Suministro Y Máquinas*. [En línea]. Disponible en: <http://www.bonnet.es/clasificacionacerinox.pdf>

## 5.3 PROCESOS

### CORTE

El corte es la división de un objeto físico o una parte del mismo en dos porciones mediante la aplicación de una fuerza aguda controlada.

### Mecanización

El mecanizado abarca numerosos procesos de corte o eliminación de materiales de una pieza sólida. La mecanización tiene la ventaja de ser una técnica muy versátil para producir una amplia variedad de formas complejas en prácticamente cualquier material sólido y con un alto grado de precisión.

<b>Costo</b>	Bajo costo de utillaje y bajo costo por unidad
<b>Calidad</b>	Alta
<b>Escala</b>	Desde piezas únicas a volúmenes de fabricación medianos

Mecanizado CNC

### Ilustración 21 Mecanizado CNC

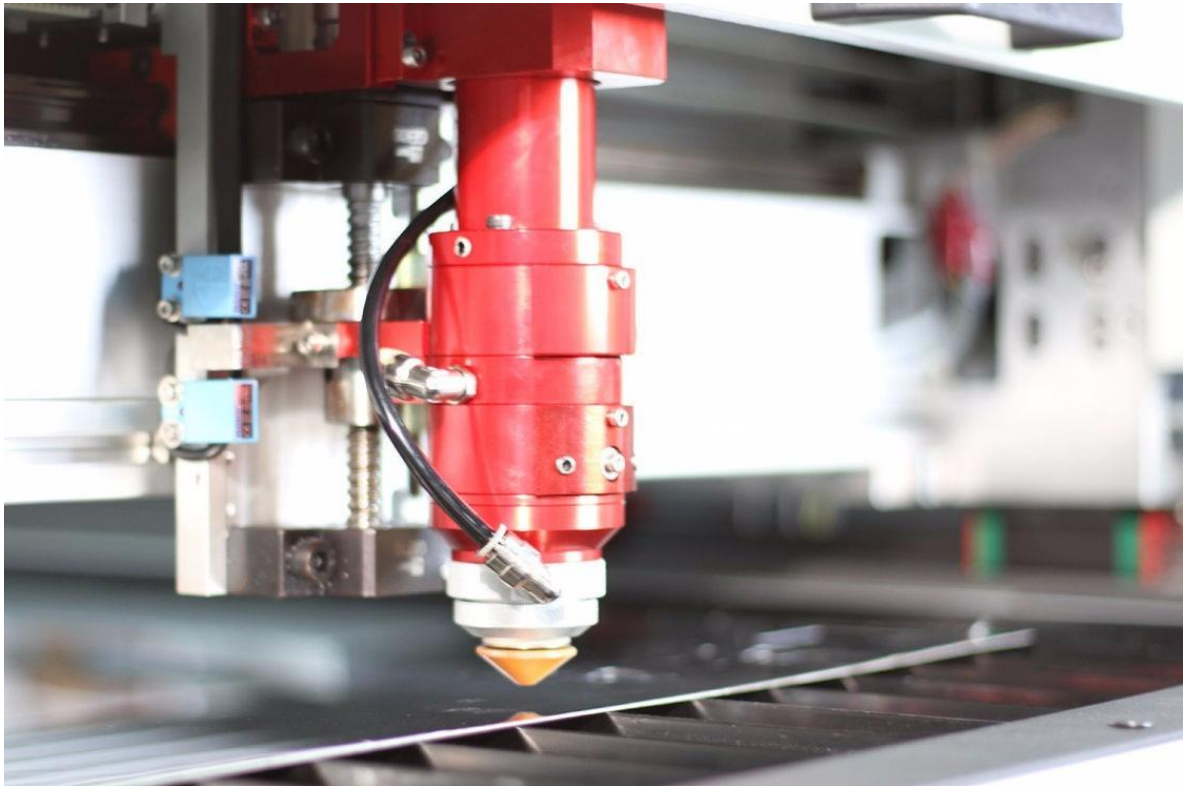


## Corte laser

Consiste en cortar metales y otros materiales no reflectantes mediante un potente laser controlado por ordenador. El proceso permite cortes complicados y dejan un acabado limpio, de alta calidad. Aunque el proceso no tiene gastos de utillaje, su baja velocidad lo hace más adecuado para piezas únicas o series pequeñas.

<b>Costo</b>	Sin costos de utillaje; costo medio-alto por pieza
<b>Calidad</b>	Alta
<b>Escala</b>	Desde piezas únicas a volúmenes de fabricación alto

**Ilustración 22 Corte laser**



## UNIÓN

La unión consiste en acoplar dos objetos para crear otro mayor, por medios mecánicos, estructurales o químicos.

### Uniones mecánicas

Para el montaje se emplean diversas formas de cierre permanente o no, tales como remaches, tornillos y abrazaderas.

<b>Costo</b>	Sin costos de utillaje
<b>Calidad</b>	La resistencia de las fijaciones va de baja a elevada
<b>Escala</b>	Desde una pieza a un volumen de fabricación alto

### Soldadura TIG

Unión de componentes metálicos, La ventaja de este método de soldadura es, básicamente, la obtención de cordones más resistentes y menos sensibles a la corrosión que en el resto de procedimientos.

<b>Costo</b>	Sin costos de utillaje: aunque puede requerir plantillas
<b>Calidad</b>	Unión muy resistente
<b>Escala</b>	Desde una pieza hasta un alto volumen de fabricación

### Ilustración 23 Soldadura



### CONFORMADO

El conformado abarca un conjunto de procesos de fabricación consistentes en la manipulación de láminas, tubos, varillas para darles formas predeterminadas.

#### Rolado

Proceso de conformado mecánico por flexión que consiste en deformar laminas o perfiles metálicos al hacerlos pasar por medio de rodillos.

<b>Costo</b>	Costo por unidad alto
<b>Calidad</b>	La manufactura produce acabados de alta calidad
<b>Escala</b>	Desde una pieza hasta un volumen de fabricación bajo

## Ilustración 24 Roladora



## ACABADO

Muchas piezas fabricadas deben someterse a procesos adicionales para mejorar su aspecto, su rendimiento o su resistencia a la corrosión.

### Procesos sustractivos Pulido

Este conjunto de procesos comprende el pulido, el lijado y el fresado de las piezas para darles el acabado de superficie deseado<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> RODGERS, Paul. MILTON, Alex. Diseño de producto. Traducido por: Jesús de Cos Pinto. Primera edición en español: 2011. Editorial Laurence King Publishing Ltd., Londres. Pág. 128-153.

<b>Costo</b>	Costo por unidad
<b>Calidad</b>	Acabados de alta calidad
<b>Escala</b>	Desde una pieza hasta un alto volumen de fabricación

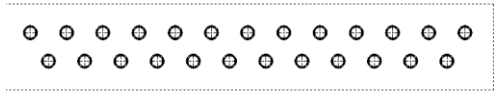
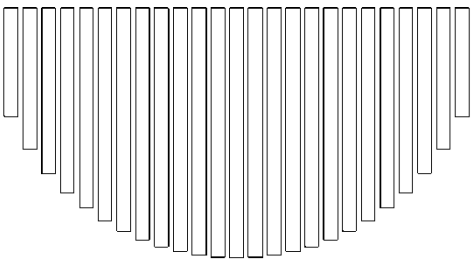
### Ilustración 25 Pulido

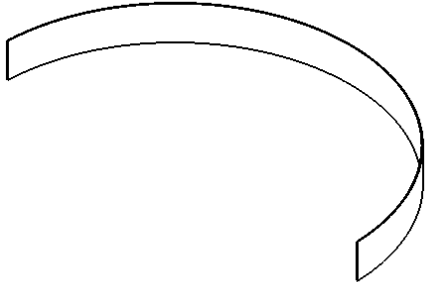

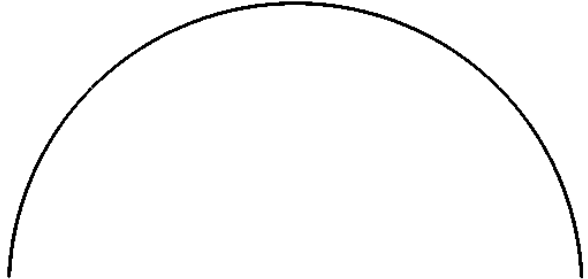


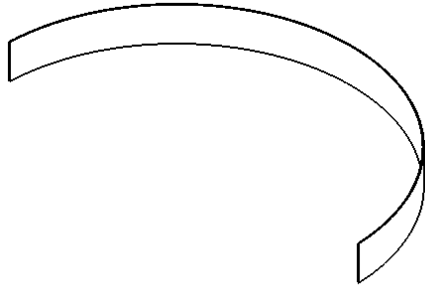
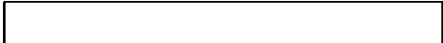
## 5.4 PARTES

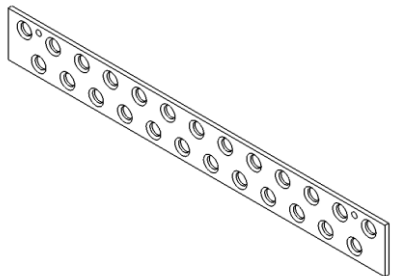
Tabla 13 Partes


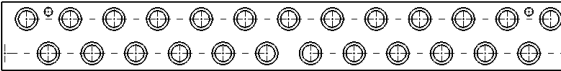

PIEZA #1	
Proceso	Vistas
<p><b>Cantidad de material</b>            25 tubos acero inoxidable            1" SCH 10            Diámetro externo 33,4 mm            Espesor pared 2,77 mm</p> <p><b>Proceso</b>            Corte, deformado y soldadura ti</p> <p><b>N° de piezas</b> 25</p>	<p>Vista isométrica</p>

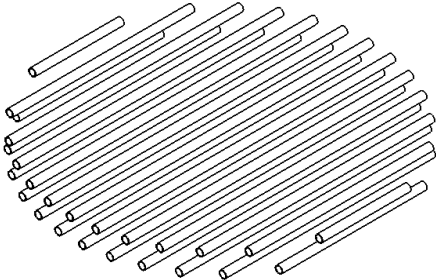

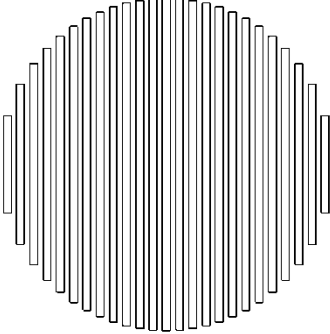
Vista frontal	Vista superior
	

PIEZA #2	
Proceso	Vistas
<p><b>Cantidad de material</b> Lamina acero inoxidable 304 Espesor 3 mm</p> <p><b>Proceso</b> Corte laser, rolado</p> <p><b>N° de piezas 2</b></p>	<p>Vista isométrica</p> 
Vista frontal	Vista superior
	

PIEZA #3	
Proceso	Vistas
<p><b>Cantidad de material</b> Acero inoxidable 304 Espesor 6 mm</p> <p><b>Proceso</b> Corte laser, rolado</p> <p><b>N° de piezas 2</b></p>	<p>Vista isométrica</p> 
	<p>Vista frontal</p> 

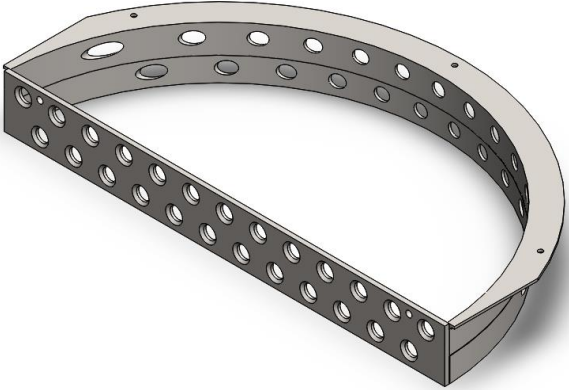

PIEZA #4	
Proceso	Vistas
<p><b>Cantidad de material</b> Acero inoxidable 304 Espesor 12 mm</p> <p><b>Proceso</b> Corte laser, mecanizado CNC</p> <p><b>N° de piezas 2</b></p>	<p>Vista isométrica</p> 

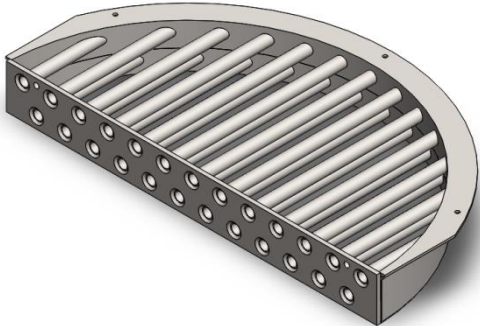

	
Vista frontal	Vista lateral
	

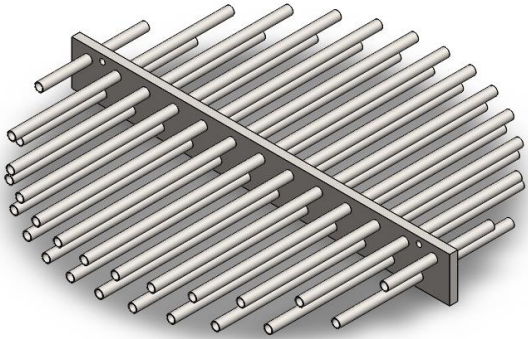
PIEZA #2	
Proceso	Vistas
<p><b>Cantidad de material</b>            25 tubos acero inoxidable            3/4" SCH 10            Diámetro externo 26.7 mm            Espesor de pared 2.11 mm</p> <p><b>Proceso</b>            Corte</p> <p><b>N° de piezas 2</b></p>	<p>Vista isométrica</p> 
Vista frontal	Vista superior
	

5.5 ENSAMBLES

Tabla 14 Ensamblados

ENSAMBLE #1	
Proceso	Vistas
<p><b>Proceso</b> Soldadura TIG</p> <p><b>N° de piezas</b> 2</p>	<p>Vista isométrica</p>  

ENSAMBLE #2	
Proceso	Vistas
<p><b>Proceso</b> Soldadura TIG</p> <p><b>N° de piezas</b> 2</p>	<p>Vista isométrica</p>  

ENSAMBLE #3	
Proceso	Vistas
<p><b>Proceso</b> Soldadura TIG</p> <p><b>N° de piezas</b> 1</p>	<p>Vista isométrica</p> 

## 6. VALIDACIÓN

### 6.1 DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO por sus siglas en inglés) hace referencia a los criterios para la evaluación de la usabilidad en un proyecto de diseño industrial en la «ISO 9241-11:1998. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs). Part 11: Guidance on usability» y ofrece las siguientes definiciones<sup>12</sup>:

**Usabilidad** La medida en que un producto puede ser usado por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico.

**Efectividad o eficacia** La exactitud e integridad con la que los usuarios logran los objetivos especificados.

**Eficiencia** Los recursos invertidos en relación con la exactitud e integridad con la que los usuarios alcanzan los objetivos.

**Satisfacción** Libre de molestias y actitud positiva para el uso del producto.

La evaluación de la usabilidad implica analizar el entorno y los usuarios que van a utilizar el producto, probar un prototipo, con una selección de usuarios, analizar el proyecto permitiendo la realización de un diseño centrado en el usuario

---

<sup>12</sup> INTI. Usabilidad Productos para las necesidades de los usuarios. 2014. [En línea]. Disponible en: [http://www.inti.gov.ar/prodiseno/pdf/docto\\_usabilidad.pdf](http://www.inti.gov.ar/prodiseno/pdf/docto_usabilidad.pdf)

Para la evaluación de la trampa magnética se utilizó el método de medida de prestaciones, el cual es un método de usabilidad por test en donde usuarios trabajan en tareas utilizando el prototipo.

Un test de medida de prestaciones comparte estas características:

- El primer objetivo es evaluar la usabilidad del producto.
- Los participantes representan usuarios reales.
- Los participantes hacen tareas reales.
- Se observa y se registra lo que los participantes hacen y dicen.
- Se analizan los datos y se recomiendan cambios.

Selección de tareas

**Tabla 15 Descripción Metodológica, Numero de tareas**

Nº	Número de tareas	
1	Extracción trampa	Esta tarea consiste en colocar el gancho del puente grúa en las 4 manijas de la trampa para extraerla de la canasta.
2	Ubicación trampa	El puente grúa ubica la trampa en el área de descarga.
3	Desarmado	Se retiran los tornillos que están ubicados en la parte central de la trampa. Con las manijas se procede a sacar las camisas.
4	Limpieza	Al sacar las camisas el material ferroso cae. De igual forma se pueden limpiar los tubos con un trapo húmedo para retirar impurezas.
5	Armado	Se introducen las dos camisas y se aseguran los tornillos para que quede completamente ensamblada para su correcta instalación.
6	Instalación	Colocar el gancho del puente grúa en las 4 manijas de la trampa para instalarla en la canasta.

**Medidas de rendimiento.**

Tiempo en completar la tarea

Numero de errores en realizar la tarea

Tarea completada

### **Medidas subjetivas.**

Facilidad de uso del producto

Facilidad de aprender el producto

Facilidad de hacer una tarea determinada

Facilidad de instalar el producto

### **Resultados del test**

- Recomendaciones o sugerencias que han ido creciendo durante la realización del test.
- Datos cuantitativos de tiempo, errores y observaciones.
- Datos cuantitativos de valoraciones subjetivas.<sup>13</sup>

### **Antecedentes**

En el sistema de filtrado entre el 20% y 60% de los sólidos pasan a través del mesh 60 y el 13% de los sólidos pasan a través del mesh 80. Aproximadamente El 70% de las partículas son magnéticas.

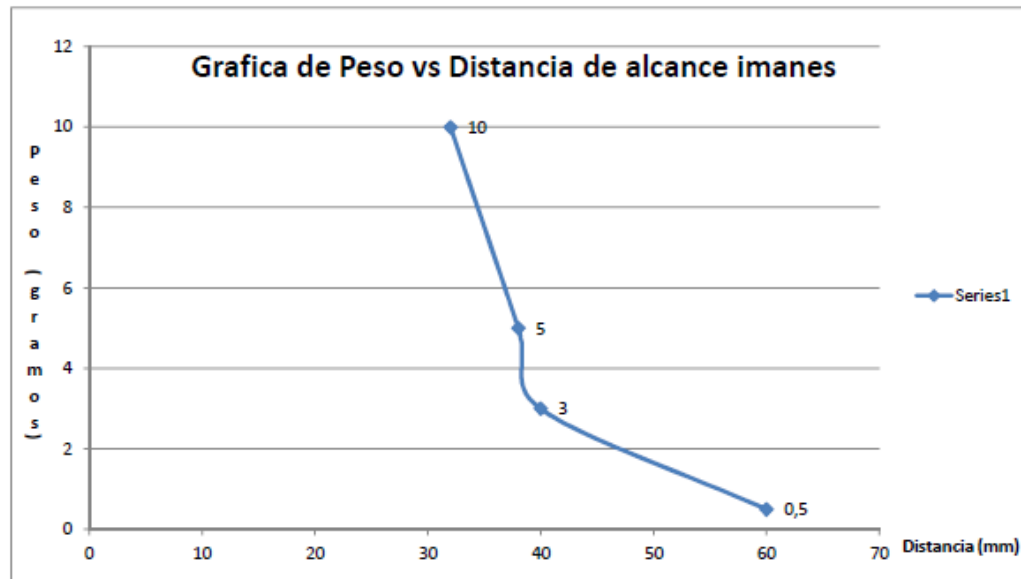
Históricamente los filtros han estado operando con mesh 60 y mesh 80, en este último presentando taponamientos recurrentes durante el 2018 en el producto recibido.

La trampa magnética diseñada tiene la siguiente capacidad de atracción de partículas, se proyecta una capacidad de retención de solidos de hasta 100 kgrs dependiendo de la cantidad de solidos que transporte el fluido.

---

<sup>13</sup> LORÉS, J., SENDÍN, M., & AGOST, J. (2002). Evaluación. *La Interacción Persona-Ordenador*, 1–31. [En línea]. Disponible en: <http://aipo.es/libro/pdf/04Evalua.pdf>

**Tabla 16 Pruebas de capacidad de los imanes (distancia vs peso)**



## **6.2 PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA**

### **VARIABLE INDEPENDIENTE**

Se estableció que la variable independiente a evaluar en este experimento eran los filtros (objeto que sirve para separar las partes sólidas de un líquido), para esto se utilizó la canasta filtro actual y la trampa magnética desarrollada en este proyecto.

### **VARIABLES DEPENDIENTES**

Con el objetivo de medir la usabilidad de la trampa magnética respecto a la canasta filtro se tuvo en cuenta:

- Satisfacción

Variable que tuvo como finalidad evaluar el grado de satisfacción de los usuarios con respecto a la trampa magnética por medio de una escala de Likert mostrada a continuación en el TEST 2 la cual fue entregada al finalizar la actividad.

- Eficiencia

Variable determinada por el tiempo que le tomo a cada uno de los usuarios finalizar cada tarea y medida por medio de un cronometro y documentada por una cámara digital la cual se situó sobre el área de trabajo para obtener toda la información posible.

## **VARIABLES CONTROLADAS**

- Día y hora.
- Producto desplazado.
- Cambio en el diferencial de presión.
- Flujo.
- Cantidad de sólidos (peso de sólidos) y caracterización de sólidos en la canastilla.
- Cantidad de sólidos (peso de sólidos) y caracterización de sólidos en el filtro magnético.
- Tiempo de filtración útil.

## **PROCEDIMIENTO**

La prueba de filtración de separación magnética se va a realizar en el filtro TFL-4410, con malla mesh 80.

Según los datos históricos del cliente, para el 2018 el 70% el taponamiento de los sistemas de filtración ocurre en el desplace de la línea submarina. Durante la operación el momento del desplace de la línea submarina es cuando se mueve el producto que queda almacenado del último descargue del buque, en el que se ha encontrado que en el 60% de los casos el taponamiento es con Nafta, el 27% es con ULSD y el 23 con Gasolina Motor.

Por consiguiente en la prueba de separación magnética se manejaron tres valores de flujo que se describen en la actividad 1 y se aplicó el producto Nafta por tener mayor porcentaje de casos de taponamiento.

### **ACTIVIDAD 1**

Se visualizan los siguientes escenarios de prueba bajo los cuales se deben tomar los datos de campo a fin de definir la efectividad del sistema de remoción de solidos de manera magnética:

E1. Escenario operativo normal en el descargue del buque.

E2. Escenario operativo con frente contaminado en el desplace de la línea submarina y la primera de hora de descarga del buque.

E3. Escenario operativo una hora antes de terminar el descargue del buque.

En la ejecución de las pruebas se realizó el siguiente cuestionario teniendo en cuenta lo descrito anteriormente:

**Tabla 17 Test N°1**

<b>Entrevistador:</b> María Fernanda Vera		<b>Tipo de filtro:</b>	
<b>Fecha:</b>		<b>Hora:</b>	
		<b>Escenario:</b>	
<b>DATOS PARÁMETROS</b>			
<b>MR</b>	<b>A. Tiempo en completar la tarea</b>	<b>B. N° de errores</b>	
<b>N°</b>			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
<b>PARÁMETROS A EVALUAR</b>			
<b>MR</b>	<b>Medidas de rendimiento</b>	<b>N°T</b>	<b>Número de tareas</b>
<b>A</b>	Tiempo en completar la tarea	1	Extracción filtro
		2	Ubicación filtro
<b>B</b>	Numero de errores en realizar la tarea	3	Desarmado
		4	Limpieza
		5	Armado
		6	Instalación

**Tabla 18 Test N°2**

<b>Cliente:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Entrevistador:</b> María Fernanda Vera	<b>Tipo de filtro:</b>
Industrias Tanuzi S.A, comprometido con la calidad de sus productos busca con esta encuesta conocer su experiencia. Por favor valore su nivel de satisfacción con cada uno de los siguientes aspectos sobre el uso de los elementos filtrantes.	

	PROPOSICIÓN	NIVEL DE SATISFACCIÓN				
		Muy satisfactorio	Bastante satisfactorio	Algo satisfactorio	Poco satisfactorio	Nada satisfactorio
A	Facilidad de uso	5	4	3	2	1
B	Facilidad de aprender	5	4	3	2	1
C	Facilidad de hacer la limpieza	5	4	3	2	1
D	Facilidad de instalar el producto	5	4	3	2	1

Recomendaciones o sugerencias:

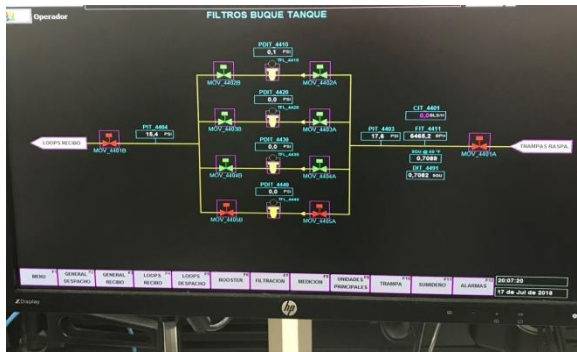
---

Gracias por la participación en esta encuesta

### 6.3 EVIDENCIA

#### Ilustración 26 Evidencia





## 6.4 RESULTADOS

A fin de conocer el comportamiento interno de los datos se decide realizar una serie de tablas de frecuencia y porcentajes para cada tratamiento.

## RESULTADOS EFICIENCIA

### Tiempo:

Determinada por el tiempo que tomo a los usuarios finalizar cada tarea las cuales fueron medidas en minutos.

**Tabla 19 Eficiencia canasta filtro**

Escenarios	CANASTA FILTRO						Tiempo total
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
<b>E1</b>	9,59	1,53	5,35	41,65	5,01	8,56	71,69
<b>E2</b>	9,05	1,68	4,67	45,03	4,56	9,32	74,31
<b>E3</b>	9,87	1,9	4,98	59,81	5,04	9,95	91,55
<b>MEDIA</b>	4,751	0,851	2,5	24,415	2,435	4,63	39,59
<b>N</b>	3	3	3	3	3	3	3
<b>MINIMO</b>	9,05	1,53	4,67	41,65	4,56	8,56	71,69
<b>Q1 (25%)</b>	9,05	1,53	4,67	41,65	4,56	8,56	71,69
<b>MEDIANA (Q2 - 50%)</b>	9,59	1,68	4,98	45,03	5,01	9,32	74,31
<b>Q3 (75%)</b>	9,87	1,9	5,35	59,81	5,04	9,95	91,55
<b>MAXIMO</b>	9,87	1,9	5,35	59,81	5,04	9,95	91,55
<b>VARIANZA</b>	0,115	0,023	0,07	62,18	0,048	0,322	77,61
<b>DESVIACION ESTANDAR</b>	0,416	0,186	0,34	9,65	0,26	0,696	10,78
<b>RANGO</b>	0,82	0,37	0,68	18,16	0,48	1,39	19,86

Tabla 20 Tiempo de Mantenimiento canasta filtro

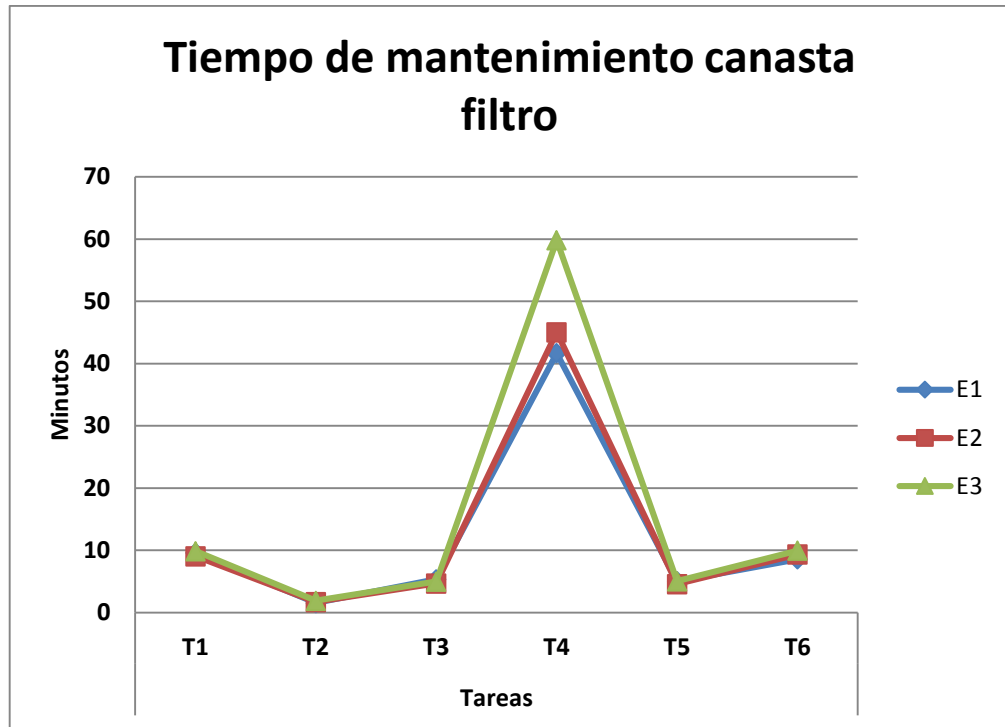
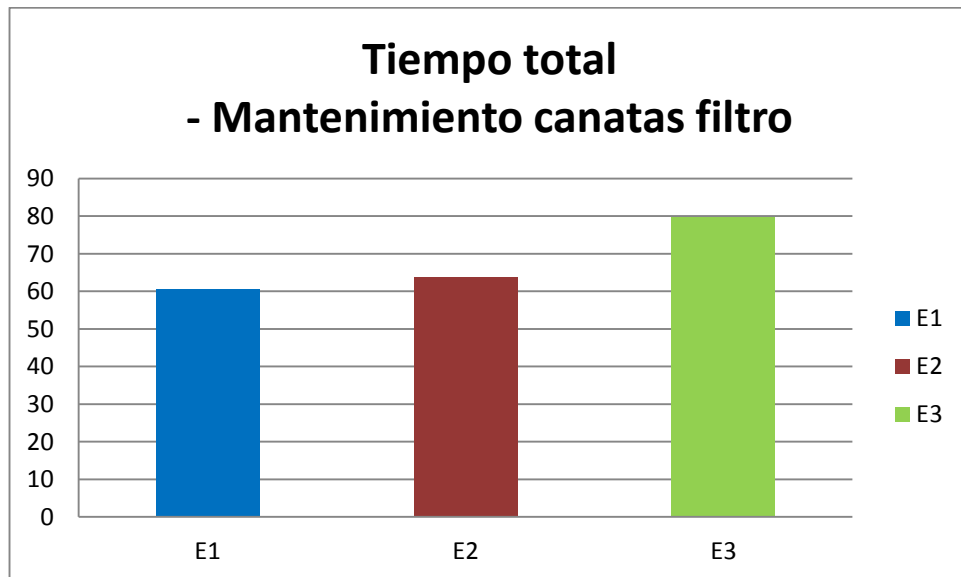


Tabla 21 Tiempo Total Mantenimiento Canasta Filtro

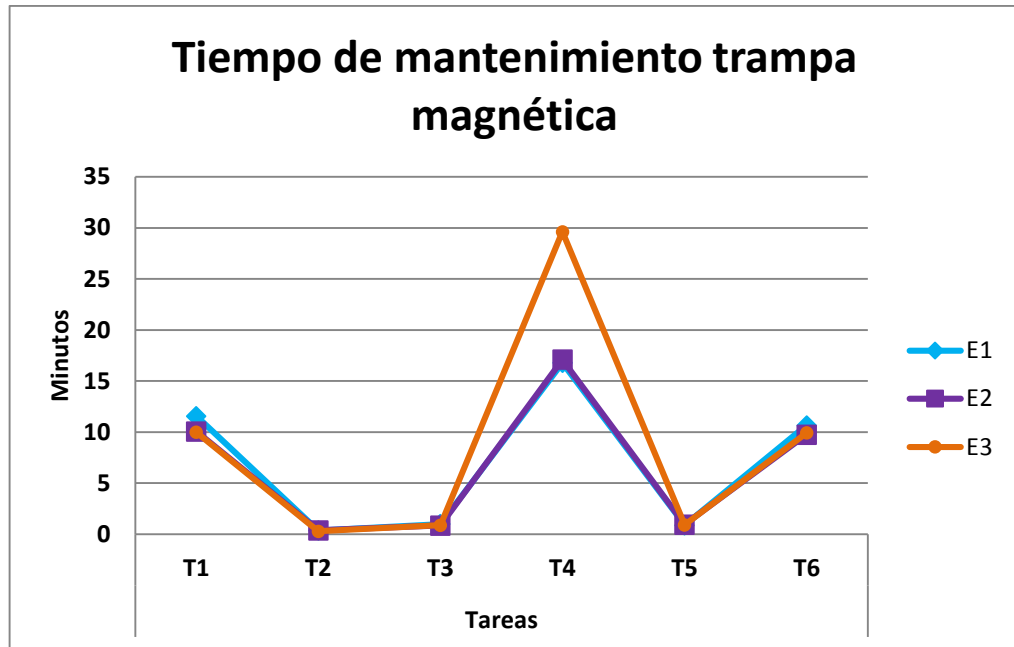


Resultados Tabla 18 .En los tres escenarios planteados se cumplieron la totalidad de las tareas, correspondiente a 6 tareas cada uno. El tiempo de las tareas para realizar el mantenimiento de la canasta filtro estuvo en un rango entre 2 a 60 minutos aproximadamente de dependiendo de la tarea a realizar. El pico más alto se presenta en la tarea T4 para todos los escenarios. El pico más bajo se presenta en la tarea T2 para los tres escenarios. El mayor tiempo en el mantenimiento de limpieza de la canasta transcurre en el escenario E3.

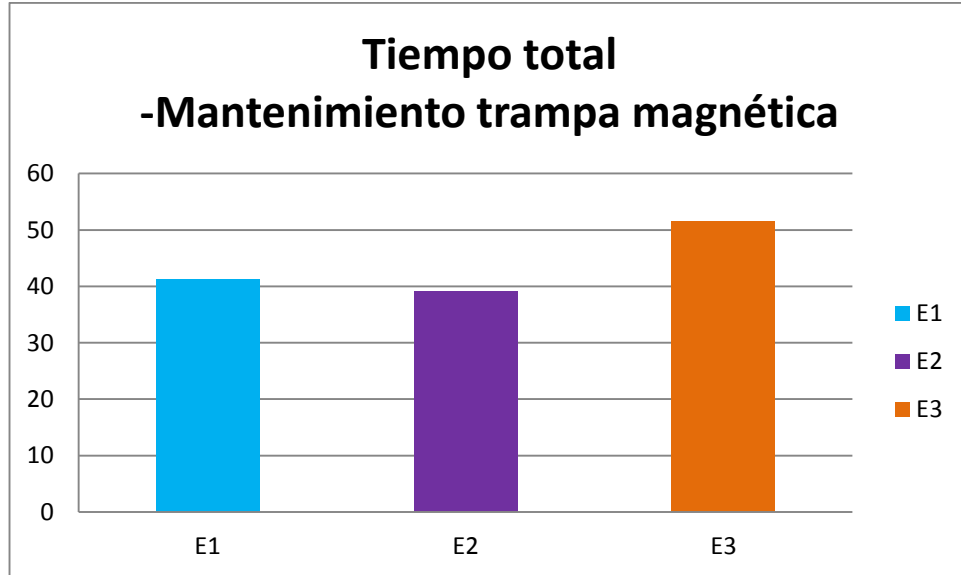
**Tabla 22 Eficiencia trampa magnética**

Escenarios	TRAMPA MAGNÉTICA						Tiempo total
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
<b>E1</b>	11,56	0,35	0,98	16,78	0,87	10,65	41,19
<b>E2</b>	10,05	0,38	0,85	17,1	0,93	9,74	39,05
<b>E3</b>	9,98	0,28	0,87	29,61	0,91	9,91	51,56
<b>MEDIA</b>	5,265	0,168	0,45	10,581	0,451	5,05	21,9666
<b>N</b>	3	3	3	3	3	3	3
<b>MINIMO</b>	9,98	0,28	0,85	16,78	0,87	9,74	39,05
<b>Q1 (25%)</b>	9,98	0,28	0,85	16,78	0,87	9,74	39,05
<b>MEDIANA (Q2 - 50%)</b>	10,05	0,35	0,87	17,1	0,91	9,91	41,19
<b>Q3 (75%)</b>	11,56	0,38	0,98	29,61	0,93	10,65	51,56
<b>MAXIMO</b>	11,56	0,38	0,98	29,61	0,93	10,65	51,56
<b>VARIANZA</b>	0,531	0,001	0,0032	35,690	0,00062	0,15606	29,8462
<b>DESVIAICON ESTANDAR</b>	0,892	0,051	0,07	7,316	0,03055	0,48383	6,69099
<b>RANGO</b>	1,58	0,1	0,13	12,83	0,06	0,91	12,51

**Tabla 23 Tiempo de Mantenimiento trampa Magnética**



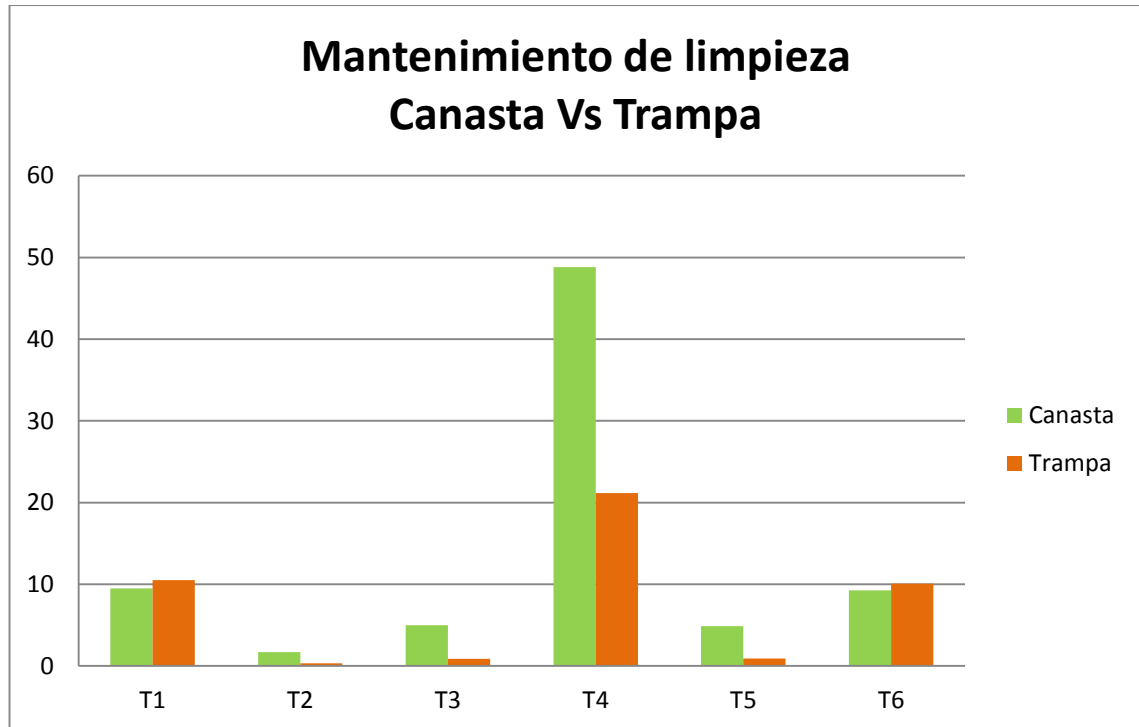
**Tabla 24 Tiempo total Mantenimiento trampa magnética**



Resultados tabla 19, 20 y 21. En los tres escenarios planteados se cumplió la totalidad de las tareas, correspondiente a 6 tareas cada uno. El tiempo de las tareas para realizar el mantenimiento de la canasta filtro estuvo en un rango entre 1 a 30

minutos aproximadamente dependiendo de la tarea a realizar. El pico más alto se presenta en la tarea T4 para todos los escenarios. El pico más bajo se presenta en la tarea T2 y T5 para los tres escenarios. El mayor tiempo en el mantenimiento de limpieza de la canasta transcurre en el escenario E3.

**Tabla 25 Mantenimiento de Limpieza Canasta vs Trampa**



En la tabla 28 se encontró una comparación de los dos sistemas de filtración, el cual demuestra que la trampa magnética presenta en el cumplimiento de la tarea T2, T3, T4 Y T5 un tiempo menor al de la canasta filtro actual.

**Ilustración 27 Antes y después de la trampa magnética**

**ANTES DE LA TRAMPA MAGNÉTICA**



**DESPUES DE LA TRAMPA MAGNÉTICA**

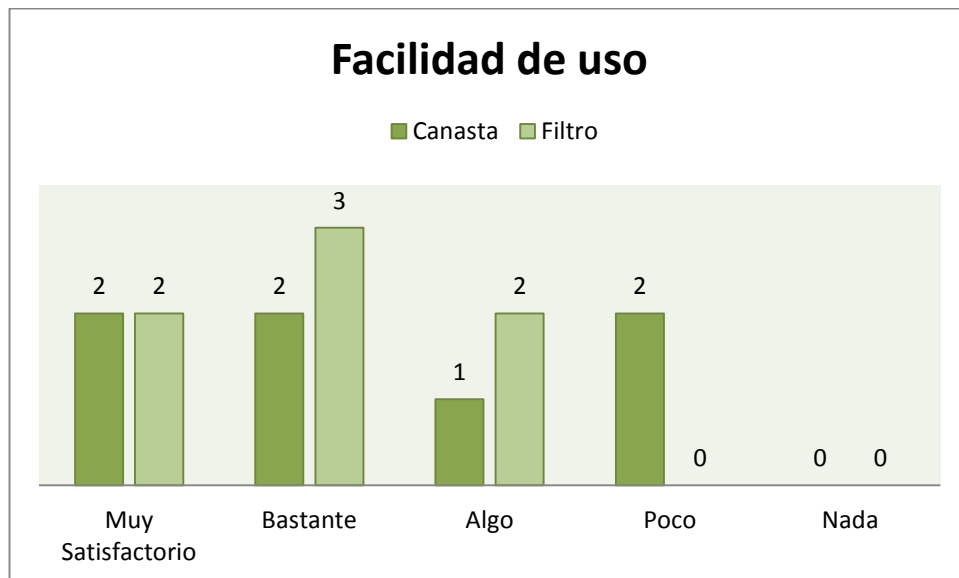


## RESULTADOS SATISFACCIÓN

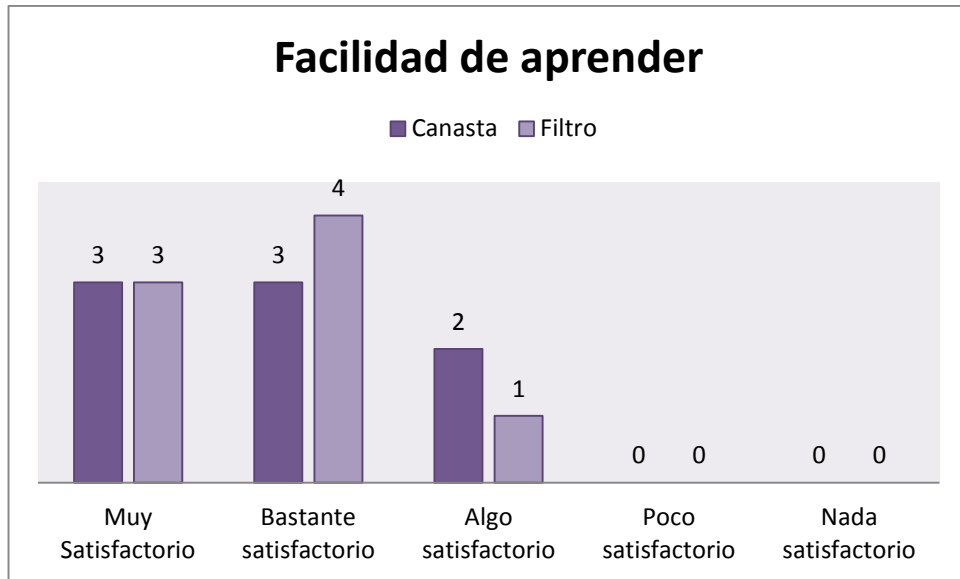
### Escala de Likert:

Evaluar el grado de satisfacción de los usuarios con respecto a la trampa magnética propuesta. La prueba se aplicó en 8 usuarios con cargo en la empresa de operador de campo.

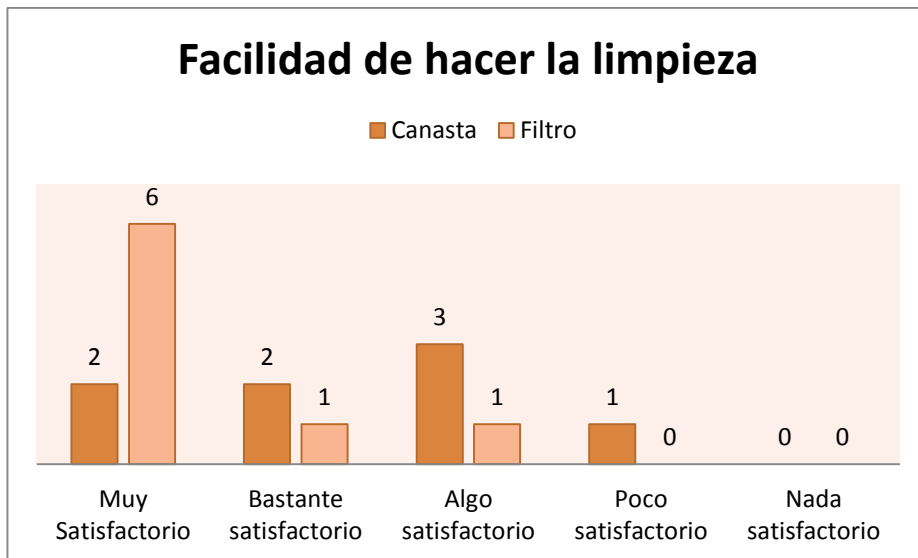
**Tabla 26 Satisfacción: Facilidad de uso**



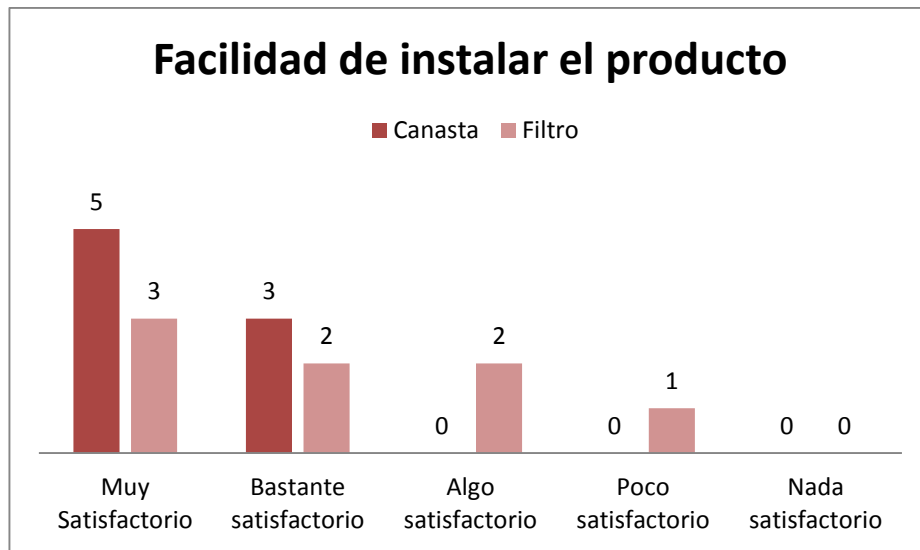
**Tabla 27 Satisfacción: Facilidad de aprender**



**Tabla 28 Satisfacción: Facilidad de hacer la limpieza**



**Tabla 29 Satisfacción: Facilidad de instalar el producto**



De los resultados obtenidos se observa que para la canasta filtro la mayoría de usuarios destaca su fácil instalación y fácil de aprender, pero identifican dificultad en la limpieza y en su uso. Para la trampa magnética la mayoría de los usuarios destaca su fácil limpieza, la facilidad de aprender y facilidad de uso, pero identifican dificultad en la instalación.

## 7. CONCLUSIONES

Se concluye que a partir del diseño de una trampa magnética que se integra a los sistemas de filtración actuales se logra disminuir en un 55% el tiempo en que un operario realiza el mantenimiento de limpieza por material ferroso en las estaciones de bombeo en comparación con el filtro actual.

La trampa magnética permite garantizar el flujo constante del producto, sin demoras en las entregas gracias a la disminución de mantenimientos no programados. Esto se debe a que la trampa ayuda a captar el material ferroso permitiendo que la presión de entrada y de salida del producto no se altere por taponamiento en la canasta filtro.

El prototipo de la trampa magnética logra reducir el deterioro de los componentes (bombas, medidores, filtros tradicionales) de las estaciones de bombeo. Esto se logró comprobar por medio del peso de material captado por la trampa, el cual se encuentra en un promedio entre el 50 y 55% del total del material que fluye en el producto.

El usuario es parte fundamental del desarrollo de un producto es por eso que en el proceso de diseño siempre se tuvo en cuenta su punto de vista; teniendo en cuenta esto se logró desarrollar un producto donde su funcionamiento contribuye a la facilidad de uso, facilidad de limpieza y facilidad de aprender.

Para comprobar la eficiencia de la trampa en un contexto real y en gran escala, se realizó una validación en la estación de bombeo Pozos Colorado, Santa Marta, esto con el fin de evaluar el prototipo funcional; dando como resultado un prototipo funcional eficaz en la captura y eliminación de material ferroso.

## BIBLIOGRAFÍA

BONNET. Clasificación De Los Aceros Inoxidables. *Suministro Y Máquinas*. 1967 [En línea]. Disponible en: <http://www.bonnet.es/clasificacionacerinox.pdf>

BUENAHORA LÓPEZ, Diana. Dispositivo para el mantenimiento y reparación de herramientas instrumentadas ILI (inspección en línea) en la empresa ROSEN EUROPE B.V sucursal COLOMBIA. Trabajo de grado diseño industrial. Universidad Industrial de Santander. Escuela de diseño industrial. [En línea]. <http://tangara.uis.edu.co/>

CHANG, V. L. High Gradient Magnetic Separation : Recovery and Enrichment Analysis SEPARACION MAGNETICA DE ALTO GRADIENTE : ANALISIS. Marzo 2017.

ECOPETROL. Reglamento de Operación y Transporte, 1–53. (2014). [En línea]. Disponible en: <https://www.ecopetrol.com.co/documentos/Manual-Transportador-Oleoductos-Ecopetrol.pdf>

GOUDSMIT, magnetics group. Filtros magnéticos: Magnetic rod systems. [En línea]. Disponible en: <https://www.goudsmitmagnets.com/industrial-magnetic-systems/magnetic-filtering/magnetic-filters>

HUELVES, Za. Á., AGUAYO, G. F., LAMA, R. J., & SOLTERO, S. V. (2009). Diseño para la usabilidad de productos. *Técnica Industrial*, p.47.

INDUSTRIAS TANUZI S.A. 1991. [En línea]. Disponible en: <http://www.industriastanuzi.com/nosotros/index.php>

INTI. Usabilidad Productos para las necesidades de los usuarios. 2014. [En línea]. Disponible en: [http://www.inti.gob.ar/prodiseno/pdf/docto\\_usabilidad.pdf](http://www.inti.gob.ar/prodiseno/pdf/docto_usabilidad.pdf)

IPARRAGUIRE, J. M. Imanes Y Sistemas Magnéticos. [En línea] Disponible en: [http://www.arelec.com/es/iso\\_album/catalogo\\_imanes\\_para\\_la\\_industria.pdf](http://www.arelec.com/es/iso_album/catalogo_imanes_para_la_industria.pdf)

IPL TECHNOLOGY & CONSULTING SERVICE INC. Estaciones de bombeo: comportamiento básico de fluidos. [En línea]. Nov 1997. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/345185178/94325094-Estaciones-de-bombeo-pdf>

LORÉS, J., SENDÍN, M., & AGOST, J. Evaluación. *La Interacción Persona-Ordenador*, 2002 1–31. [En línea]. Disponible en: <http://aipo.es/libro/pdf/04Evalua.pdf>

NORIA.mx. Aplicaciones y beneficios de la filtración magnética. [En línea]. (21 de Nov de 2013). Disponible en: <http://noria.mx/biblioteca/>

OCPECUADOR. ¿Cómo funciona una estación de bombeo? [En línea]. Disponible en: <http://ocpecuador.com/es/funcionamiento/como-funciona-una-estacion-de-bombeo>

PÉREZ ALCAZAR, G. A. Imanes permanentes: características, aplicaciones y futuro. 2016. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 40(155), 221. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.361>

RODGERS, Paul. MILTON, Alex. Diseño de producto. Traducido por: Jesús de Cos Pinto. Primera edición en español: 2011. Editorial Laurence King Publishing Ltd., Londres.

SALLERAS, Nuri. Placas magnéticas: conceptos básicos de la separación magnética. [En línea]. (21 de Marzo de 2017). Disponible en: <https://www.interempresas.net/Metall/Articles/181287-.html>

WATSON, J. H. P. Magnetic filtration. *Journal of Applied Physics*, 44(9), 4209–4213. [En línea]. Disponible en: <https://www.eclipsemagnetics.com/row/>













Ilustración 34 Ensamble camisa 2

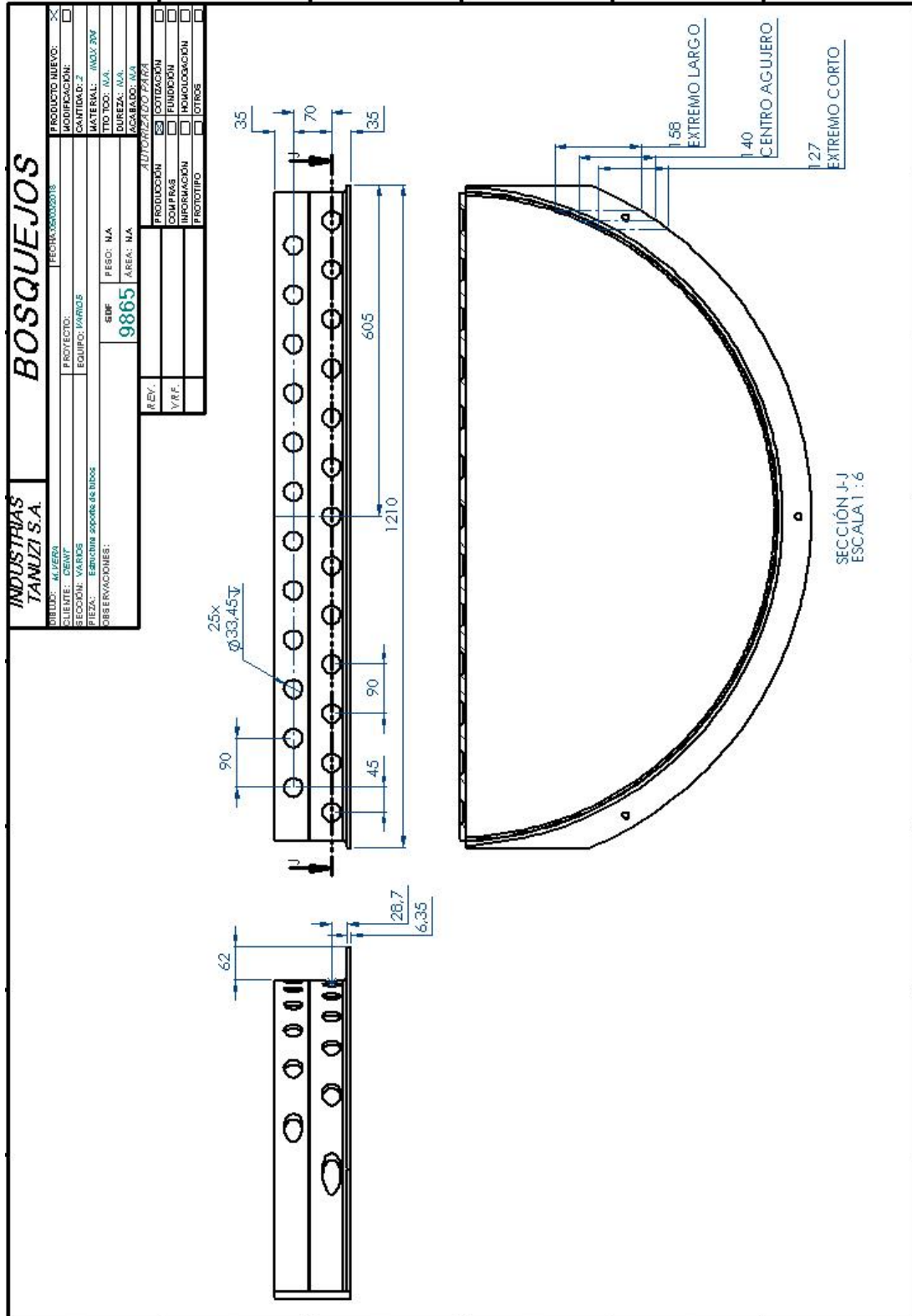
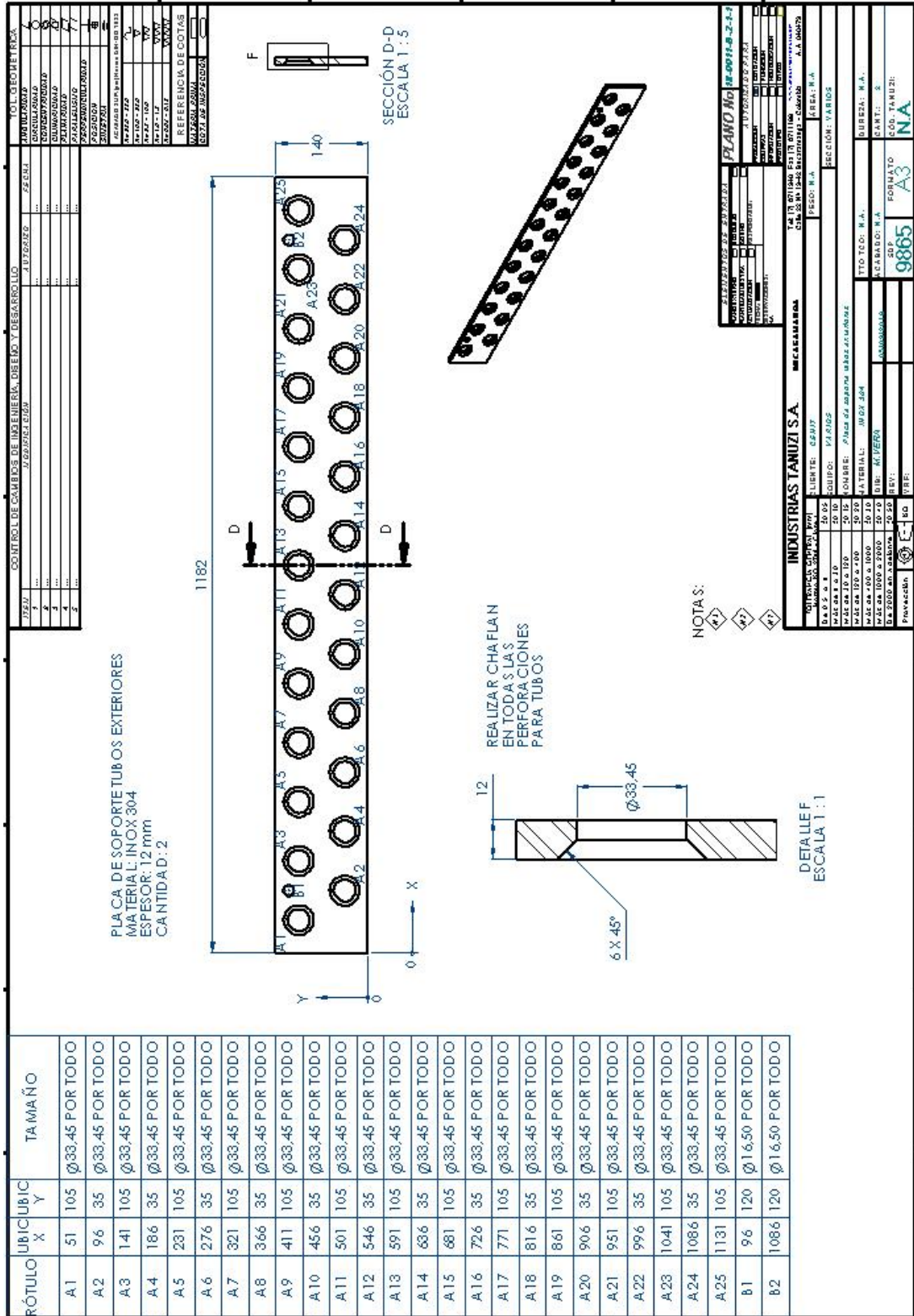


Ilustración 35 Platina porta imanes



# Ilustración 36 Perfil exterior

CONTROL DE CAMBIOS DE INGENIERIA, DISEÑO Y DESARROLLO		NOTAS DEL DISEÑO	
1320	...	11702420	25243
1	...	...	...
2	...	...	...
3	...	...	...
4	...	...	...
5	...	...	...

INDUSTRIAS TANUZI SA	INDUSTRIAS TANUZI SA	INDUSTRIAS TANUZI SA	INDUSTRIAS TANUZI SA
AV. 25 de Agosto 100	AV. 25 de Agosto 100	AV. 25 de Agosto 100	AV. 25 de Agosto 100
Caracas, Venezuela	Caracas, Venezuela	Caracas, Venezuela	Caracas, Venezuela
Tel: +58 (0) 212 9123111	Tel: +58 (0) 212 9123111	Tel: +58 (0) 212 9123111	Tel: +58 (0) 212 9123111
Fax: +58 (0) 212 9123112	Fax: +58 (0) 212 9123112	Fax: +58 (0) 212 9123112	Fax: +58 (0) 212 9123112
Correo: ventas@tanuzi.com.ve	Correo: ventas@tanuzi.com.ve	Correo: ventas@tanuzi.com.ve	Correo: ventas@tanuzi.com.ve
Web: www.tanuzi.com.ve	Web: www.tanuzi.com.ve	Web: www.tanuzi.com.ve	Web: www.tanuzi.com.ve

1325

**ANGULO 3 INCH ROLADO**  
**MATERIAL: INOX 304**  
**PERFIL: ANGULO 3"x3"x1/4"**  
**CANTIDAD: 2**

NOTAS:

- ④
- ④
- ④





