



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**Facultad de Ciencia Y Tecnología**

**Escuela de Ingeniería Mecánica**

**Diseño y construcción de una máquina prototipo para el  
reciclaje de filtros de aceite de motores de gasolina**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de  
Ingeniero mecánico automotriz**

**AUTORES:**

**Gustavo Andrés Burbano Villavicencio**

**José Luis Vásquez Arce**

**DIRECTOR:**

**Cesar Vinicio Arévalo Vélez**

**CUENCA – ECUADOR**

**2011**

**Dedicatoria:**

Este trabajo de graduación quiero dedicar a mis padres Jaime Burbano y Lucía Villavicencio, quienes siempre han sido una guía constante e incondicional, gracias a ellos he superado cualquier obstáculo en la vida cotidiana y a lo largo de mi formación profesional, buscando convertirme en una mejor persona y llegar algún día a ser alguien tan excepcional y único como ellos.

También quiero dedicarlo a mi esposa Gabriela Toledo quien forma parte esencial en mí presente y futuro, gracias a ella he crecido y me he convertido en quién soy. Por último, a la fuerza que me impulsa a levantarme cada día y luchar por un futuro mejor, a la razón de mi esfuerzo y alegría de cada mañana, a la personita más amada, mi hijo Joaquín Burbano.

Gustavo Burbano V.

**Dedicatoria:**

Dedico este trabajo de graduación primeramente a Dios por tenerme aquí y por haberme dado salud y vida, a mi madre en especial por estar en los momentos más indicados de mi vida, que gracias a sus ejemplos de vida pude entender lo que ella deseaba para mí y eso era que yo pueda tener una profesión.

José Vázquez A.

### **Agradecimientos:**

Queremos agradecer a las siguientes personas que nos apoyaron en el desarrollo de este proyecto de tesis, como son:

**Ing. Cesar Arévalo**, director del proyecto de tesis, por sus invaluable consejos, aportaciones y por su apertura para con el proyecto.

**Ing. Hernán Viteri**, director de escuela de Mecánica Automotriz, por su guía en el diseño de la máquina prototipo y por su constante apoyo hacia nosotros.

**Ing. Fernando Guerrero y Dr. Juan Calderón**, miembros del tribunal, por su participación e interés en este proyecto.

Por último queremos agradecer a todo el cuerpo docente de la Escuela de Automotriz por su invaluable aporte de conocimientos hacia nosotros a lo largo de nuestra formación profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iv
Índice de contenidos.....	v
Índice de figuras.....	ix
Índice de tablas.....	xiii
Índice de anexos.....	xiv
Resumen.....	xv
Abstract.....	xvi
Introducción.....	1

### CAPITULO I: LOS FILTROS DE ACEITE PARA MOTORES DE GASOLINA

1.1. El filtro de aceite.....	2
1.1.1. Constitución.....	4
1.1.2. Funcionamiento.....	5
1.2. Componentes del filtro.....	7
1.2.1. Carcasa.....	7
1.2.2. Válvula de derivación.....	11
1.2.3. Cartucho filtrante.....	12
1.2.4. Válvula anti-reflujo.....	16
1.2.5. Junta o anillo de caucho.....	17

### CAPÍTULO II: IMPACTO AMBIENTAL DEBIDO A LOS FILTROS DE ACEITE USADOS

2.1. Impacto ambiental.....	18
2.1.1. Principales contaminantes.....	20
2.1.2. Impacto ambiental en el suelo.....	26
2.1.3. Impacto ambiental en el agua.....	27

2.1.4. Impacto ambiental en el aire.....	28
2.2. Análisis actual del tratamiento de los filtros usados.....	29
2.2.1. Encuestas.....	29
2.2.2. Tabulación de datos.....	30
2.2.3. Resultados.....	30

### **CAPITULO III: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA**

3.1. Diseño del prototipo de máquina.....	33
3.1.1. Principio de funcionamiento.....	33
3.1.2. Elementos constitutivos de la máquina prototipo.....	34
3.1.2.1. Estructuras.....	34
3.1.2.2. Motor.....	36
3.1.2.3. Eje de rotación.....	36
3.1.2.4. Poleas de transmisión.....	37
3.1.2.5. Banda de transmisión.....	38
3.1.2.6. Mandril de sujeción.....	40
3.1.2.7. Porta cuchillas y cuchilla.....	41
3.1.2.8. Bandejas de recolección de aceite.....	42
3.1.2.9. Bandeja de retención de elementos internos.....	43
3.1.2.10. Base de recolección de aceite.....	44
3.1.2.11. Accionamiento hidráulico de la prensa.....	44
3.1.2.12. Placa de compactación y placa base.....	45
3.1.2.13. Móvil de transporte.....	45
3.1.3. Datos técnicos involucrados.....	47
3.1.3.1. Diseño de las estructuras del prototipo de máquina..	47
3.1.3.2. Diseño del eje de rotación.....	52
3.1.4. Diseño de elementos auxiliares para prevención de accidentes (seguridad industrial).....	61
3.1.5. Procedimiento de trabajo que efectuará la máquina prototipo.....	64

3.2. Procedimientos de construcción.....	68
3.2.1. Mecanismo de sujeción y corte.....	68
3.2.2. Mecanismo de compactación.....	75
3.3. Pruebas de funcionamiento.....	77
3.3.1. Pruebas de control de interruptores de seguridad.....	77
3.3.2. Prueba de corte.....	79
3.3.3. Prueba de compactación.....	80
3.4. Calibraciones y ajustes.....	81
3.5. Obtención del tiempo estándar.....	82
3.6. Rendimiento de la máquina.....	85
3.6.1. Proyección del rendimiento.....	86
3.6.2. Optimización del rendimiento.....	89
3.6.2.1. Accesibilidad a los filtros.....	90
3.6.2.2. Sujeción de los filtros.....	90
3.6.2.3. Avance de la cuchilla.....	90
3.6.2.4. Proceso de prensado o compactación.....	91
3.6.2.5. Lavado y compactación de la carcasa.....	91
3.7. Análisis económico.....	92

**CAPITULO IV: RECICLAJE DE LOS ELEMENTOS DE LOS FILTROS DE ACEITE**

4.1. Clasificación de los elementos.....	95
4.1.1. Acero.....	95
4.1.2. Caucho.....	97
4.1.3. Aceite usado.....	98
4.2. Tratamientos que se les puede dar a los componentes reciclables del filtro de aceite.....	99
4.2.1. Tratamiento para el acero.....	99
4.2.2. Tratamiento para el caucho.....	100
4.2.3. Tratamiento para el aceite usado.....	102

4.3. Ventajas del reciclaje.....	103
4.3.1. Ventajas de reciclar el acero.....	103
4.3.2. Ventajas de reciclar el caucho.....	104
4.3.3. Ventajas de reciclar el aceite usado.....	105
Conclusiones y recomendaciones.....	107
Bibliografía.....	109
Anexos.....	111



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1.1. Imagen de un filtro de cartucho intercambiable.....	4
Figura N°1.2. Filtro de aceite genérico.....	5
Figura N°1.3. Constitución de un filtro de aceite.....	6
Figura N°1.4. Fotografía de un filtro de aceite marca VORT.....	8
Figura N°1.5. Fotografía de filtros CHAMP y VORT.....	9
Figura N°1.6. Fotografía de un filtro de aceite marca CHAMP.....	9
Figura N°1.7. Fotografía de un filtro de aceite marca VORT.....	10
Figura N°1.8. Fotografía de un filtro de aceite marca Shogun.....	10
Figura N°1.9. Fotografía de instrucciones de un filtro de aceite marca Shogun.....	11
Figura N°1.10. Válvula de derivación.....	12
Figura N°1.11. Imagen microscópica.....	13
Figura N°1.12. Fotografía del papel filtrante.....	14
Figura N°1.13. Fotografía de un filtro seccionado.....	14
Figura N°1.14. Micro-fotografía del papel filtrante (aumentando 10x).....	15
Figura N°1.15. Micro-fotografía del papel filtrante (aumentando 40x).....	15
Figura N°1.16. Fotografía de la válvula anti-reflujo.....	16
Figura N°1.17. Fotografía del anillo de caucho.....	17
Figura N°2.1. Desechos sólidos.....	19
Figura N° 2.2. Imagen de derrame de aceite en el suelo.....	27
Figura N°3.1. Esquema de la estructura de sujeción y corte.....	35
Figura N°3.2. Esquema de la estructura de prensado.....	35
Figura N° 3.3. Fotografía del motor eléctrico.....	36
Figura N° 3.4. Esquema del eje de rotación.....	37
Figura N° 3.5. Esquema de las poleas de transmisión.....	38
Figura N° 3.6. Esquema del Sistema de tensión.....	39
Figura N° 3.7. Banda de transmisión.....	39
Figura N° 3.8. Esquema del mandril de sujeción.....	40

Figura N° 3.9. Fotografía de la sujeción del mandril.....	41
Figura N° 3.10. Esquema del porta-cuchillas.....	42
Figura N°3.11. Esquema de las bandejas de recolección.....	43
Figura N°3.12. Bandeja de retención.....	43
Figura N° 3.13. Dibujo de la base de recolección.....	44
Figura N° 3.14. Dibujo de una de la bombas de presión.....	45
Figura N° 3.15. Placa de compactación.....	46
Figura N° 3.16. Dibujo de la placa base .....	46
Figura N° 3.17. Dibujo del móvil de transporte.....	47
Figura N° 3.18. Diagrama de cuerpo libre de la estructura de sujeción y corte.....	48
Figura N° 3.19. Diagrama de cuerpo libre de la estructura compactación.....	48
Figura N° 3.20. Diagrama de momento flector sobre la estructura de sujeción y corte.....	49
Figura N° 3.21. Diagrama de momento flector sobre la estructura de compactación.....	50
Figura N° 3.22. Factor de seguridad para le estructura de sujeción y corte.....	51
Figura N° 3.23. Factor de seguridad para le estructura de sujeción y corte.....	51
Figura N° 3.24. Dibujo del eje de rotación.....	52
Figura N° 3.25. Diagrama del eje de rotación.....	53
Figura N° 3.26. Diagrama de cuerpo libre de la polea.....	55
Figura N°3.27. DCL plano XY.....	55
Figura N° 3.28. Diagrama de momentos plano XY.....	57
Figura N° 3.29. DCL plano XZ.....	57
Figura N°3.30. Diagrama de momentos plano XZ.....	58
Figura N° 3.31. Esquema del protector metálico.....	62
Figura N° 3.32. Dibujo del sistema de recuperación del brazo de corte....	63
Figura N° 3.33. Esquema del módulo de control.....	64

Figura N° 3.34. Fotografía de la estructura electro soldada.....	69
Figura N° 3.35. Fotografía del mecanismo de tensión de la banda.....	70
Figura N° 3.36. Fotografía del eje de rotación armado.....	71
Figura N° 3.37. Fotografía del mecanismo de sujeción y corte en construcción.....	72
Figura N° 3.38. Fotografía del mecanismo de sujeción y corte.....	73
Figura N° 3.39. Fotografía del mecanismo de sujeción y corte pintado.....	73
Figura N° 3.40. Fotografía del mecanismo de recuperación del brazo de corte.....	74
Figura N° 3.41. Dibujo del mecanismo de compactación.....	75
Figura N° 3.42. Fotografía de cartuchos filtrantes.....	76
Figura N° 3.43. Fotografía del módulo de control.....	78
Figura N° 3.44. Fotografía del interruptor principal.....	78
Figura N° 3.45. Fotografía del interruptor de seguridad.....	79
Figura N° 3.46. Fotografía del sensor de protección.....	79
Figura N° 3.47. Fotografía de un filtro cortado y separado sus elementos.....	80
Figura N° 3.48. Fotografía de un cartucho filtrante compactado.....	81
Figura N° 3.49. Fotografía máquina de sujeción y corte con protectores.....	81
Figura N° 3.50. Fotografía máquina de compactación con protectores.....	82
Figura N° 3.51. Fotografía de las 50 carcasas de los filtros de prueba.....	86
Figura N° 3.52. Fotografía de la chatarra recolectada.....	87
Figura N° 3.53. Porcentaje de filtros que procesara la maquina prototipo.....	89
Figura N° 4.1. Fotografía de elementos de acero.....	96
Figura N° 4.2. Fotografía 1 de los elementos de caucho.....	97
Figura N° 4.3. Fotografía 2 de los elementos de caucho.....	98

Figura N° 4.4. Fotografía del aceite usado.....	99
Figura N° 4.5. Proceso de triturado y micronizado.....	101
Figura N° 4.6. Imagen del reciclaje del caucho.....	101

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°2.1. Hidrocarburos saturados presentes en la gasolina.....	21
Tabla N° 2.2. Efectos que produce el CO en la salud de acuerdo al tiempo de exposición según la OPS.....	23
Tabla N° 2.3. Efecto que produce en la salud las diferentes concentraciones de monóxido de carbono en la sangre según la OPS.....	24
Tabla N° 3.1. Factores de conversión de potencia.....	53
Tabla N° 3.2. Resistencias mínimas determinísticas a la tensión y a la fluencia.....	60
Tabla N° 3.3. Tabla N° 1 de estados lógicos.....	65
Tabla N° 3.4. Tabla N° 2 de estados lógicos.....	65
Tabla N° 3.5. Tabla N° 3 de estados lógicos.....	66
Tabla N° 3.6. Estudio de tiempos para el proceso de compactación.....	83
Tabla N° 3.7. Estudio de tiempos para el proceso de sujeción y corte.....	84
Tabla N° 3.8. Estudio de tiempos por ciclo (Proceso de 5 filtros).....	85
Tabla N° 3.9. Proyección de rendimiento.....	88

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N°1: Modelo de la encuesta realizada a los talleres y lubricadoras de la ciudad.....	111
Anexo N°2: Promedio de vehículos con motores a base de gasolina que ingresan mensualmente para cambio de aceite según la encuesta.....	112
Anexo N°3: Destino final de los aceites residuales según la encuesta.....	113
Anexo N°4: Destino final de los filtros usados según la encuesta.....	114
Anexo N° 5: Conocimiento de los propietarios de talleres y lubricadoras de manejo de aceites usados según la encuesta.....	115
Anexo N° 6: Concientización del si se debe dar un tratamiento especial a los filtros de aceite usados según la encuesta.....	116
Anexo N° 7: Gráfico comparativo del destino final del aceite usado según la encuesta.....	117
Anexo N° 8: Gráfico comparativo del destino final de los filtros usados según la encuesta.....	118
Anexo N° 9: Gráfico de pastel del conocimiento de los propietarios de talleres y lubricadoras de manejo de aceites usados según la encuesta.....	119
Anexo N°10: Esquema de la máquina de sujeción, corte y separación.....	120
Anexo N° 11: Esquema de la máquina de compactación.....	121

8  
220711  
Burbano V.

## RESUMEN

### **Diseño y construcción de una máquina prototipo para el reciclaje de filtros de aceite de motores de gasolina**

Para la máquina prototipo de reciclaje de filtros de aceite en motores de gasolina se determino el correcto diseño y los materiales apropiados para su construcción, optimizando el proceso de trabajo para obtener tras las pruebas de funcionamiento un rendimiento de 450 filtros procesados al mes, lo que representa 81 kilos de chatarra que pueden ser reciclados, y un aproximado de 9 galones de aceite usado que han de ser reutilizados como combustibles en empresas afines eliminando dicho aceite de una manera amigable con el medio ambiente, evitando riesgos de contaminación para con los recursos naturales.

Gustavo Burbano V.

Ing. Cesar Arevalo

8  
220711  
Burbano V

## ABSTRACT

### **Desing and construction of a prototipe machine for recicling oil filters.**

To make the prototype machine for recycling oil filters, we were determined the correct design and appropriate materials for construction, optimizing the work process, after testing the machine we can process 450 filters per month, which represents 81 kilos of scrap can be recycled, and approximately 9 gallons of used oil to be reused as fuel in removing the oil related companies in a friendly environment, avoiding risks of contamination of natural resources

Gustavo Burbano V.

Ing. Cesar Arevalo



Gustavo Andrés Burbano Villavicencio  
José Luis Vázquez Arce  
Ing. Cesar Vinicio Arévalo Vélez  
25 de Julio del 2011

## **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PROTOTIPO PARA EL RECICLAJE DE FILTROS DE ACEITE DE MOTORES DE GASOLINA**

### **INTRODUCCIÓN**

Mediante este trabajo de graduación se diseñará y construirá un prototipo de máquina para el reciclaje de los filtros de aceite de los motores de gasolina, ofreciendo así una solución amigable con el medioambiente, ya que actualmente son tratados como desechos sólidos comunes en el relleno sanitario representando un riesgo de contaminación, pues los filtros de aceite luego de cumplir con su vida útil aun almacenan en su interior aceite usado, el mismo que si no recibe un debido tratamiento es un contaminante para los recursos naturales.

La máquina prototipo permitirá separar los componentes de los filtros de aceite y clasificarlos para su posterior reciclaje, en el caso del aceite usado se determinará experimentalmente el volumen de aceite recuperado con el afán de evitar la contaminación que este representa.

Mediante la construcción de la máquina se busca inculcar una concientización social sobre el riesgo de contaminación que los filtros de aceite representan y la importancia de ser tratados como residuos especiales, siendo necesario darles un tratamiento propio para evitar daños medioambientales.

## **CAPITULO I**

### **LOS FILTROS DE ACEITE PARA MOTORES DE GASOLINA**

#### **1.1. El filtro de aceite**

El filtro de aceite es un elemento del sistema de lubricación del motor de combustión interna, de vital importancia para su correcto funcionamiento, pues el aceite que circula por el motor dada sus propiedades de detergente, arrastra a su paso partículas ajenas como restos de carbón, limallas de metal, que son propias del desgaste de los elementos móviles, y partículas de polvo que pudiesen ingresar al motor; todas estas partículas son transportadas en el aceite para llevarlas hacia el filtro, que es el encargado de retenerlas en su interior para prevenir daños en el motor.

El aceite lubrica los elementos móviles para disminuir así el grado de fricción existente entre los mismos alargando su vida útil y protegiendo al motor de desgastes incorrectos, en caso de que el aceite no fuese filtrado las partículas ajenas producirían desgastes de los elementos, ya que al funcionar el motor con un aceite sucio, por así decirlo, las piezas en contacto se desgastarían de una manera muy rápida y desigual dada la presencia de elementos contaminantes en el aceite que producirá una acción de esmerilado que acentuaría el desgaste.

Los filtros de aceite están contruidos para permitir el paso de aceite de manera unidireccional logrando así que todo el aceite que ingresa circule por el interior del filtro reteniendo las partículas contaminantes, un filtro nuevo o en muy

buenas condiciones puede retener partículas hasta de un espesor de 10 micras y reteniendo el 95% de los contaminantes.<sup>1</sup>

Las características principales de un filtro de aceite en general son:

- *“Aguantar presiones de más de 60 psi (4 bares)*
- *Permitir la circulación de aceite a volúmenes de más de 300 litros por minuto.*
- *Permitir la circulación de aceite de alta viscosidad durante el arranque o la operación en frío aunque sea por una válvula de alivio de presión.*
- *Eliminar de polvo y tierra que pasaron por el filtro de aire o grietas en el sistema de entrada al motor.*
- *Eliminar hollín producido por el motor.*
- *Eliminar partículas finas de metales de desgaste.*
- *Resistir rotura o perforación con la presión y las vibraciones que causan roces entre el papel y el tubo central.”<sup>2</sup>*

Como el filtro retiene las impurezas en algún momento se obstruirá por completo, dado que cualquier partícula sólida que el aceite mantenga en suspensión será retenida, el tiempo que tarda en saturarse depende fundamentalmente de tres factores:

- Tamaño de los poros de la materia filtrante.
- Superficie utilizada de materia filtrante.
- Condiciones de funcionamiento.<sup>3</sup>

El tamaño de los poros de la materia filtrante, determinará el tamaño de las partículas que serán retenidas estableciendo así la eficacia del filtro, pero un filtrado demasiado fino podría ser perjudicial pues podría retener aditivos

---

<sup>1</sup> <http://www.cambioaceiteyfiltro.com.ar/>

<sup>2</sup> <http://www.widman.biz/Filtracion/>

<sup>3</sup> J.M. Alonso, Técnicas del automóvil, pág. 192

necesarios del aceite. Una mayor superficie de filtrado permitirá una vida útil mayor al filtro pero estos factores están íntimamente relacionados con las condiciones de funcionamiento a las que se vea sometido el motor, pues en un ambiente hostil el filtro tendrá una menor duración.

### 1.1.1. Constitución

Existen fundamentalmente dos tipos de filtros de aceite, los filtros con caja de fundición y filtros blindados.

Los filtros con cuerpo de fundición o comúnmente llamados filtros de cartucho intercambiable mostrados en la Figura N°1.1, tanto el cuerpo como el cartucho filtrante son elementos independientes. Para su mantenimiento podemos retirar solamente el cartucho filtrante, es decir, la carcasa tiene un extremo roscado en el cual se acopla la tapa del filtro, alojando en su interior al cartucho filtrante.

Figura N° 1.1

Imagen de un filtro de cartucho intercambiable



Fuente: <http://www.dintol.com.co>

Por otro lado, los filtros blindados son los más utilizados dado su fácil intercambio y uso, el cuerpo o carcasa es una sola unidad con el cartucho filtrante y al llegar al término de su vida útil se remplazan en unidad. Este tipo de filtros son el motivo específico de nuestro estudio, en la Figura N°1.2 se puede apreciar un filtro blindado genérico.

Los filtros blindados al ser un elemento sellado tienen una carcasa exterior que contiene en su interior al cartucho filtrante, encargado de retener las partículas contaminantes, contiene también a la válvula by-pass en caso de sobrepresión, la válvula unidireccional que evita en el extremo ajustadas a cierta presión, al llegar a dicha presión se abrirá un paso directo, llevando el aceite no filtrado nuevamente al cárter de aceite. Dichos filtros cuentan también con una válvula anti-retorno, que impide que el filtro se vacíe luego de la parada del motor, según el fabricante, dichas válvulas se pueden montar al lado del aceite limpio o en el del aceite sucio.

Figura N° 1.2  
Filtro de aceite genérico



Fuente: <http://www.sodimac.com>

### 1.1.2. Funcionamiento

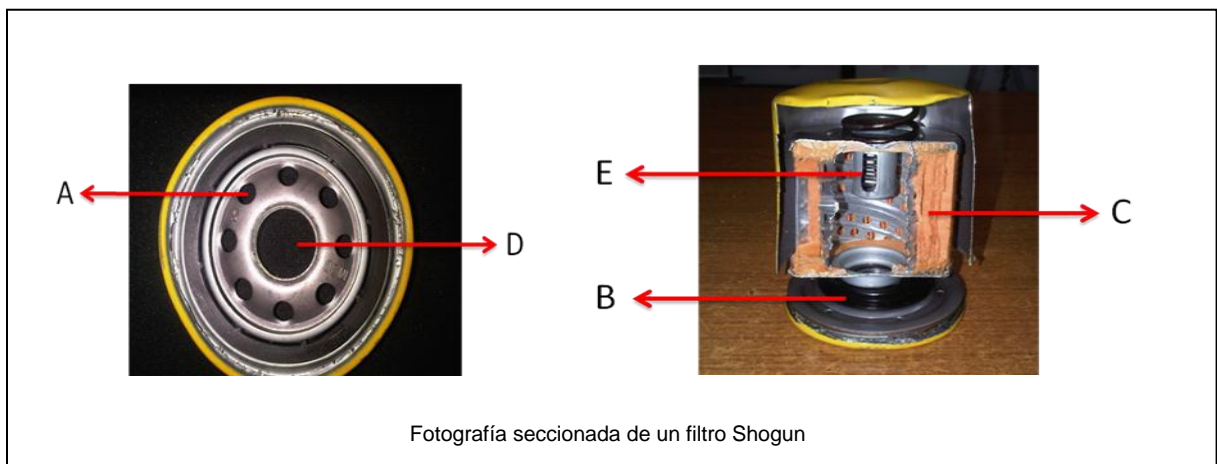
El aceite en su recorrido de lubricación, arrastra partículas contaminantes que son conducidas al cárter de aceite, que se acumulan al fondo de este depósito para ser extraídas en el próximo cambio de aceite; pero las partículas más finas son transportadas en suspensión en el aceite, el mismo que es succionado a través de una bomba de presión, pasando por una coladera para retener las partículas de mayor tamaño. Una vez que llega a la bomba es enviado al filtro, a una presión que puede variar según el fabricante.

En la Figura N°1.3 se ilustra la constitución de un filtro blindado, en el que el aceite ingresa al filtro mediante los conductos exteriores “A” pasando por una válvula unidireccional o de anti-reflujo “B”, que evita que el aceite sin filtrar se descargue al apagar el motor, el aceite va llenando la cámara interior de la carcasa rodeando al cartucho filtrante “C” y atravesándolo, de esta manera durante dicho transcurso las partículas contaminantes quedan atrapadas entre sus fibras obteniendo un aceite mucho más limpio, este aceite saldrá a los conductos de lubricación mediante un racor de conexión central “D”.

En caso de que el cartucho filtrante no sea cambiado luego de su vida útil, llegaría a obstruirse por completo, lo que daría como resultado que el aceite no pasará a través del filtro dejando al sistema sin lubricación, por lo cual se ha instalado una válvula de derivación “E” que a medida que aumenta la presión en el exterior del cartucho activa la válvula by-pass “E” venciendo la resistencia del muelle, y enviando el aceite sin filtrar al racor central de conexión “D”, permitiendo así un flujo continuo de aceite contaminado pero evitando el riesgo de dejar sin lubricación al motor.

Figura N° 1.3

Constitución de un filtro de aceite



Fotografía seccionada de un filtro Shogun

- A: Orificios de ingreso de aceite
- B: Válvula de anti-reflujo
- C: Cartucho filtrante
- D: Racor de conexión central
- E: Válvula de derivación

## 1.2. Componentes del filtro

### 1.2.1. Carcasa

En los filtros de cuerpo único o filtros blindados, al elemento exterior del filtro se lo denomina carcasa, encargada de alojar en su interior a los demás elementos y permitir el flujo de aceite. La carcasa está construida mediante una lámina metálica de chapa de acero, exteriormente cubierta con una capa de pintura anticorrosiva. Es capaz de resistir la presión generada por el fluido mediante la bomba de aceite, generalmente de 4 a 6 Kg/cm<sup>2</sup> de presión<sup>4</sup>. En su parte inferior del cuerpo posee los orificios para el ingreso del aceite contaminado, procedente del cárter o depósito, el mismo que recolecta todo el aceite que ya ha culminado su recorrido de lubricación y limpieza a través del motor.

A su vez contiene un racor roscado, que va conectado al ingreso del sistema de lubricación para la circulación del aceite filtrado, el cual está ubicado generalmente en el bloque motor. La carcasa contiene también un alojamiento, en donde va ubicado un anillo de caucho para el correcto acoplamiento, que garantizará la hermeticidad entre el filtro y el bloque motor. En la Figura N°1.4 se indica la base de la carcasa en donde se encuentra la junta de caucho, los orificios de entrada de aceite y el racor de salida.

---

<sup>4</sup> ALONSO José Manuel. Técnicas del automóvil: motores. 4ta edición. 2000. Pág. 191

Figura N° 1.4

Fotografía de un filtro de aceite marca VORT



- 1.- Alojamiento del anillo de caucho
- 2.- Orificios de ingreso del aceite
- 3.- Racor roscado de acople

En la parte superior del cuerpo por construcción, normalmente presenta un moldeado a su alrededor con la finalidad de facilitar su sujeción al momento de colocar un filtro nuevo. Desde la Figura N°1.5 a la Figura N°1.9 se puede observar que en la carcasa los fabricantes especifican la marca, equivalencias según la marca, el tipo de filtro, la numeración del filtro, e inclusive ciertas indicaciones como el tipo de rosca, procedimiento de sustitución y posibles advertencias y precauciones para su uso.



Figura N° 1.5

Fotografía de filtros CHAMP y VORT



- 1.- Moldeado de sujeción
- 2.- Especificaciones del fabricante

Figura N° 1.6

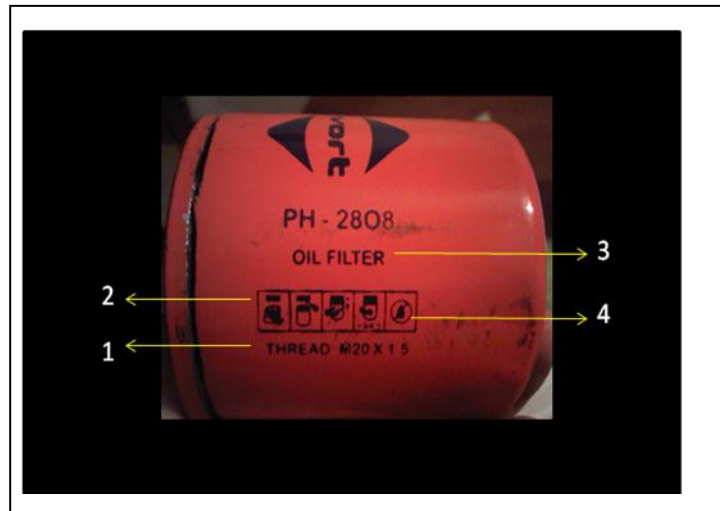
Fotografía de un filtro de aceite marca CHAMP



- 1.- Equivalencia según la marca
- 2.- Marca.
- 3.- Numeración.

Figura N° 1.7

Fotografía de un filtro de aceite marca VORT



- 1.- Tipo de rosca
- 2.- Procedimiento de sustitución
- 3.- Tipo de filtro
- 4.- Posibles advertencias y precauciones para su uso

Figura N° 1.8

Fotografía de un filtro de aceite marca Shogun



- 1.- Marca
- 2.- Tipo de filtro
- 3.- Numeración

Figura N° 1.9

Fotografía de un filtro de aceite marca Shogun



Posibles advertencias y precauciones para su uso

### 1.2.2. Válvula de derivación

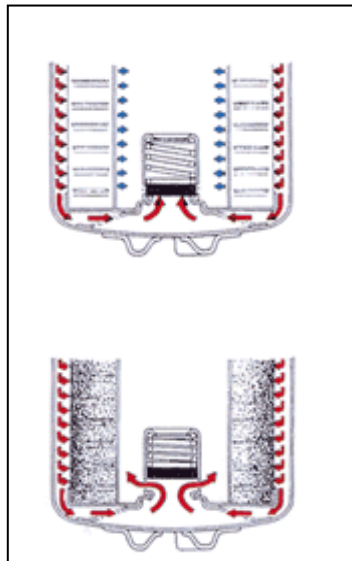
La válvula de derivación también llamada válvula de seguridad, Figura N°1.10, se encuentra en el interior del filtro de aceite, alojada en la parte inferior del cartucho filtrante, y es de vital importancia en el sistema de lubricación, en el caso de que se diera una obstrucción total de elemento filtrante, su función es la de prevenir fallos de lubricación por falta de aceite, lo que ocasionaría que las piezas que se encuentran en movimiento sufran un desgaste incorrecto e indeseado, debido a la constante fricción que se generaría directamente entre ellas al no estar presente la película de aceite de lubricación; estos daños se pueden apreciar mayormente en elementos como son, pistones-cilindros, cigüeñal-bancadas, levas-balancines, válvulas-guías de válvula, entre otros.

Para evitar la falta de lubricación por obturación completa del elemento filtrante, se instala dicha válvula de derivación, la misma que al detectar una sobrepresión a causa de que el aceite no puede continuar con su flujo normal a través del papel filtrante, se activa permitiendo el paso directo del aceite sin filtrar a través del racor de salida del filtro que conecta con el sistema de

lubricación; generalmente esta válvula actúa a una presión<sup>5</sup> alrededor de 4 Kg/cm<sup>2</sup>, al ser la válvula by-pass por muelle espiral permite que dicho resorte esté precargado a la presión de apertura, en caso de sobrepasar la misma esta presión vence la resistencia del muelle, permitiendo el flujo de aceite al sistema de lubricación. Si bien es cierto se utiliza un aceite sin filtrar pero aun así es preferible ante el caso de que no exista lubricación, lo que produciría daños graves en los elementos internos del motor.

Figura N° 1.10

Válvula de derivación

Fuente: <http://www.autocity.com>

### 1.2.3. Cartucho filtrante

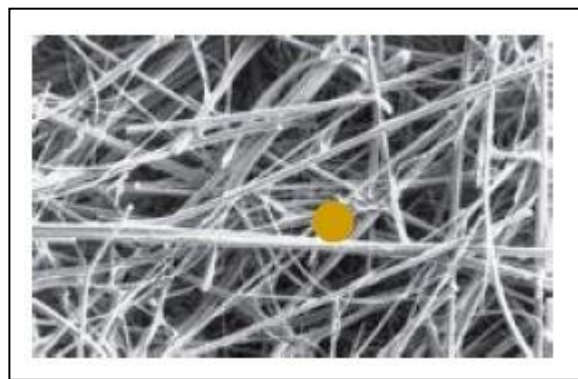
Este componente del filtro es propiamente el encargado de realizar el filtrado del aceite, por lo tanto es el elemento más importante. Una vez que el aceite depositado en el cárter es succionado por la bomba de aceite, pasa directamente al filtro, donde este cartucho filtrante cumple la función de retener las partículas extrañas que se presentan en suspensión en el aceite, partículas como restos de carbonilla, limallas, e inclusive partículas aerotransportadas.

<sup>5</sup> [http://www.fram-europe.com/site/FO/scripts/myFO\\_contenu.php?noeu\\_id=26&lang=SP](http://www.fram-europe.com/site/FO/scripts/myFO_contenu.php?noeu_id=26&lang=SP)

El cartucho filtrante está conformado por micro fibras de celulosa o material sintético las mismas que se entrelazan microscópicamente lo que dificulta el paso a partículas sólidas, permitiendo que solo el fluido circule a través del papel filtrante. En la Figura N°1.11 se puede apreciar una partícula de 20 micras atrapada entre las fibras de celulosa del papel micro filtrante.

Figura N° 1.11

Imagen microscópica

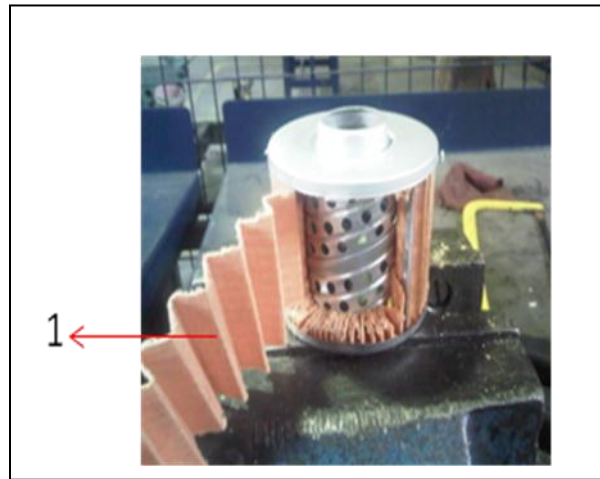


Fuente: <http://www.widman.biz/Filtracion/aceites.html>

En la Figura N°1.12 se presenta una fotografía del papel micro filtrante el cual tiene forma de un acordeón, es decir al papel hay que plisarlo para así aumentar el área filtrante dentro del volumen del filtro permitiendo así una mejor filtración; en los extremos superior e inferior se colocan dos tapas metálicas que ayudan a preservar la forma del filtro, la mayoría de fabricantes colocan también un tubo cilíndrico central metálico perforado de alta resistencia a la presión diferencial existente, entre el lado del aceite a filtrar y el lado del aceite filtrado; con la finalidad de evitar que dicha diferencia de presión cause que el papel filtrante colapse hacia el centro provocando así un fallo general del filtro.

Figura N° 1.12

Fotografía del papel filtrante

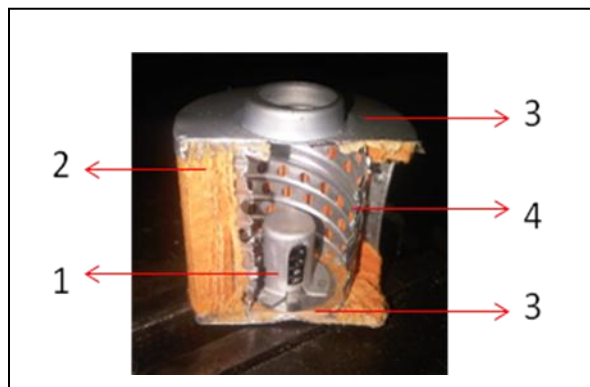


1.- Papel micro filtrante

Para efectos de comprensión en la Figura N°1.13 se ha seccionado un filtro blindado con la finalidad de poder identificar los elementos en el interior del cartucho filtrante, y a su vez obtener varias micro-imágenes, con ayuda del microscopio metalúrgico de la Universidad del Azuay para observar en las Figura N° 1.14 y N° 1.15 las micro-fibras filtrantes.

Figura N° 1.13

Fotografía de un filtro seccionado



- 1.- Válvula de derivación
- 2.- Papel micro-filtrante
- 3.- Tapa metálica de sujeción
- 4.- Cilindro metálico perforado

Figura N° 1.14

Micro-fotografía del papel filtrante



Aumento 100x

Figura N° 1.15

Micro-fotografía del papel filtrante



Aumento 400x

### 1.2.4. Válvula anti-reflujo

Esta válvula también llamada de anti-drenaje, Figura N° 1.16 es la encargada de evitar que el aceite contenido en el interior del filtro retorne hacia el cárter cuando el motor está apagado, es decir, cuando la bomba de aceite esta fuera de funcionamiento y la presión del fluido es muy baja, permitiendo así mantener una presión en el sistema.

Está fabricada en caucho nitrilo lo que garantiza la estanqueidad del aceite en el interior del filtro, en caso de no existir este dispositivo podría ocasionar desgastes prematuros en los elementos internos del motor, dado que al momento de encender nuevamente el vehículo, el motor funcionarían sin lubricación por un determinado tiempo hasta que se llene de aceite el filtro y permita el paso del fluido hacia el sistema de lubricación.

Figura N° 1.16

Fotografía de la válvula anti-reflujo





### 1.2.5. Junta o anillo de caucho

Su función es la de mantener la hermeticidad entre la unión del filtro con el cuerpo base situado en el bloque motor, así como también evita que partículas contaminantes provenientes del exterior llegaran a introducirse.

Como un aspecto adicional para garantizar su correcto funcionamiento, debemos al momento de instalar un nuevo filtro verificar que no se encuentre la junta del filtro antiguo en el cuerpo base del bloque motor para así evitar un incorrecto acople, el cual provocaría que el aceite que se encuentra presurizado comience a fugar lo que podría generar graves daños al motor. En la Figura N° 1.17 se muestra una fotografía de la junta de caucho extraída de un filtro blindado.

Figura N° 1.17

Fotografía del anillo de caucho



## CAPITULO II

### IMPACTO AMBIENTAL DEBIDO A LOS FILTROS DE ACEITE USADOS

#### 2.1. Impacto ambiental

Actualmente muchos de los filtros usados están siendo eliminados por procedimientos altamente contaminantes, al ser tratados como desechos comunes son enterrados sin ningún tratamiento que pueda minimizar la contaminación, pues este problema ambiental esta fuera del alcance de la empresa de manejo de desechos sólidos EMAC debido a que los filtros no son seleccionados como desechos especiales, la Figura N°2.1 nos muestra una fotografía del relleno sanitario donde se puede ver que resultaría muy complicado la separación de los filtros de los desechos sólidos comunes en esta etapa del proceso de tratamiento de desechos. Los filtros de aceite usados que sí son separados previamente como desechos especiales y son recolectados por la empresa municipal ETAPA, son trasladados al relleno sanitario donde se los encapsula en contenedores metálicos y son posteriormente enterrados. Pero a pesar de estas medidas esta no es una óptima solución debido a que al ser contenedores metálicos se ven directamente afectados por la corrosión llegando a desintegrarse lo que ocasionaría un contacto directo de los filtros con el entorno a mediano y largo plazo.

Figura N° 2.1

Desechos sólidos



Fotografía del relleno sanitario de Pichacay Cuenca-Ecuador.

El mayor contaminante residual producto de los filtros de aceite usados es propiamente el aceite que contiene en su interior, al no recibir un tratamiento para la extracción de dicho aceite este representa un riesgo de contaminación, pues un porcentaje de aceite se mantendrá en el interior del filtro tanto en el papel micro-poroso como en la estructura interna del mismo al verse atrapado por la válvula anti-reflujo, se ha podido determinar experimentalmente que un filtro promedio colocado de manera vertical y por efectos de la gravedad permite el vaciado parcial de aceite al exterior en un lapso de 48 y 72 horas, considerando que una cantidad indeterminada queda atrapada en el cartucho filtrante.

Otro contaminante presente en el filtro son los elementos metálicos que contiene en su estructura, se sabe que los metales más comunes en el área automotriz son: el aluminio, arsénico, cromo, cobre, hierro, plomo, níquel, mercurio, entre otros; dichos metales se utilizan en la producción de los filtros de aceite tanto en su carcasa como para sus elementos internos: válvula derivación, muelle y tubo central de soporte para el cartucho filtrante. Algo muy importante que se debe tener en cuenta es que al momento de enterrar los filtros usados, tras cumplir con un periodo de trabajo y vida útil, se da un

contacto directo de dichos metales con el suelo o con el agua contaminando dichos recursos.

### **2.1.1. Principales contaminantes**

Los filtros de aceite usados representan un riesgo de contaminación ambiental debido a su estructura no biodegradable, a demás el mayor problema de contaminación radica con los residuos de aceite que aún mantiene en su interior. Actualmente las malas prácticas como: quemar los filtros de aceite para poder reciclar el acero de su estructura o derramar el aceite en el suelo, produce una serie de contaminantes que afectan a la salud y al ecosistema.

Los principales contaminantes presentes en los filtros de aceite luego de haber cumplido con su vida útil son:

Ácidos orgánicos e inorgánicos: estos ácidos son denominados volátiles ya que pueden ser destilados a presión atmosférica pues tienen presiones de vapor altas a 100°C, se encuentran en el aceite residual producto de la oxidación o provenientes del azufre de los combustibles, estos compuestos afectan a la sangre causando problemas sanguíneos los que inclusive pueden conducir a la muerte.

Compuestos aromáticos policíclicos (PHA's): son compuestos tóxicos que exhiben un olor característico relativamente insolubles en el agua, se generan por el producto de reacciones catalizadas por los metales durante el funcionamiento del motor, estos tienen un efecto nocivo en las células, en los crudos de aceite mineral se ha encontrado el compuesto benzo-a-pireno que tiene un alto potencial cancerígeno en cantidades que oscilan entre 400 y 1.600 mg. / kg.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> <http://www.euskalnet.net/depuroilsa/Riesgosmedioambiente.html#G>

Benceno: es un compuesto orgánico volátil, incoloro, muy inflamable y altamente soluble en el agua ( $1.780 \text{ mg. / L a } 20^{\circ}\text{C}$ )<sup>7</sup>, es un aditivo típico de los derivados del petróleo. Se sabe que la exposición al benceno resulta tóxica para el sistema sanguíneo llegando a ser considerado cancerígeno e inductor de tumores y leucemia.

Hidrocarburos: Son propios de los derivados del petróleo, son elementos que contienen en su estructura carbono e hidrógeno; se encuentran presentes en los aceites dada la combustión de la gasolina, en la Tabla N°2.1 se presenta los hidrocarburos más comúnmente encontrados.

Tabla N° 2.1

Hidrocarburos saturados presentes en la gasolina

N° de átomos de carbono	Nombre	Formula estructural	Formula molecular	Observaciones
5	Pentano	$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_3\text{-CH}_3$	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	Componente de la gasolina
6	Hexano	$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_4\text{-CH}_3$	$\text{C}_6\text{H}_{14}$	Componente de la gasolina
7	Heptano	$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_5\text{-CH}_3$	$\text{C}_7\text{H}_{16}$	Componente de la gasolina
8	Octano	$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_6\text{-CH}_3$	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	Componente de la gasolina
9	Nonano	$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_7\text{-CH}_3$	$\text{C}_9\text{H}_{20}$	Componente de la gasolina

Los hidrocarburos más ligeros afectan a la salud humana ya que se pueden acumular en la sangre y en grandes cantidades podrían llegar a producir parálisis en el cuerpo humano.

Fenoles: conocido también como ácido carbólico o hidroxibenceno, se presenta en el agua como un ácido y es un compuesto común en los derivados del petróleo, los fenoles al entrar en contacto con el cloro pueden producir

<sup>7</sup>Jairo Alberto Romero Rojas, Calidad del agua, 2° edición, 2005, pág. 84

problemas de sabor con aguas potables y en concentraciones elevadas puede ser perjudicial para la salud humana. Se ha determinado que también este compuesto se encuentran en aguas crudas y en lixiviados de rellenos sanitarios, producto de enterrar elementos que contienen en su interior derivados del petróleo o de derrames de combustibles o aceites en el medio.

Monóxido de carbono (CO): es un gas incoloro, inodoro e insípido mucho más ligero que el aire producido por la combustión incompleta de los derivados del petróleo y de elementos o productos que contienen átomos de carbono. Se estima que aproximadamente el 50% o más de la contaminación debido a CO que proviene de los vehículos. Al utilizar el aceite residual como combustible para ciertas industrias las concentraciones de CO son muy elevadas, lo que puede causar efectos nocivos en la salud como la intoxicación, asma, bronquitis e inclusive cáncer; estos efectos también se los atribuye a gases como el CO<sub>2</sub> producto de la oxidación del monóxido de carbono al estar en contacto con la atmósfera durante aproximadamente un mes. Al ingresar al cuerpo humano mediante cualquier vía de contaminación se produce la reacción con la hemoglobina formando la carboxigemoglobina (COHb) que puede disminuir la capacidad en la sangre se transportar el oxígeno provocando síntomas como la disminución de la velocidad de reflejos, disminución de funciones neuroconductuales, somnolencia, problemas cardiovasculares, y en mujeres embarazadas se pone en peligro el crecimiento y desarrollo mental del feto.

En la Tabla N°2.2 se presenta los efectos en la salud humana producto de la exposición al monóxido de carbono, en la Tabla N°2.3 se puede apreciar el efecto que produce acorde a su concentración en la sangre.

Tabla N° 2.2

Efectos que produce el monóxido de carbono en la salud de acuerdo al tiempo de exposición según la OPS<sup>8</sup>

Concentración (PPM)	Tiempo de exposición	Efecto observado
5	14 horas	Individuos normales, incremento de resistencia de las vías aéreas. Aumento de la hiperactividad bronquial
2.5	2 horas	Individuos normales: incremento de la resistencia de las vías aéreas
1	2 horas	Individuos normales: pequeño cambio en la capacidad vital forzada.
0.5-5	3 a 60 minutos	Individuos con bronquitis crónica: incremento de la resistencia de las vías aéreas.
0.5	20 minutos	Individuos asmáticos: con 10 minutos de ejercicio moderado: disminución de la tasa máxima de flujo expiratorio.

Fuente: Contaminación del aire

<sup>8</sup> Centro de estudios ambientales de la U. de Cuenca, Comisión de gestión ambiental de la I. Municipalidad de Cuenca, Asociación Flamenca de cooperación al desarrollo y asistencia técnica de Bélgica; Contaminación del aire; 2° edición; 2005; pág. 44

Tabla N° 2.3

Efecto que produce en la salud las diferentes concentraciones de monóxido de carbono en la sangre según la OPS<sup>9</sup>

<b>Concentración de Carboxihemoglobina en la sangre (%)</b>	<b>Efecto observado</b>
2,3 – 4,3	Disminución en la capacidad de realizar un ejercicio máximo en un corto tiempo en individuos jóvenes saludables.
2,9 – 4,5	Disminución en la duración de ejercicios, debido a dolor de pecho (angina) en pacientes con enfermedades al corazón.
5 – 5,5	Disminución en la percepción visual y auditiva. Pérdida en la capacidad sensorial, motora y de vigilancia.
5 – 17	Disminución en el consumo máximo de oxígeno durante el ejercicio.
7 – 20	Dolor de cabeza, decaimiento.
20 – 30	Mareos, náuseas, debilidad.
30	Confusión, colapso durante el ejercicio.
40	Pérdida de conciencia y muerte si la exposición continúa.
50	Muerte.

Fuente: Tomado del libro Contaminación del aire

<sup>9</sup> Centro de estudios ambientales de la U. de Cuenca, Comisión de gestión ambiental de la I. Municipalidad de Cuenca, Asociación Flamenca de cooperación al desarrollo y asistencia técnica de Bélgica; Contaminación del aire; 2ª edición; 2005; pág. 45



Plomo: es un metal pesado de color azulado, industrialmente sus compuestos más importantes son los óxidos de plomo, el tetra etileno de plomo y todas las aleaciones formadas con cobre, estaño, bismuto, cadmio, arsénico y sodio que están presentes directamente en la fabricación de filtros de aceite e inclusive se encuentran en lubricantes reductores del desgaste y en inhibidores de la corrosión para el acero. El plomo puede ser absorbido por el cuerpo humano mediante cualquier vía, el verdadero problema que presenta la toxicidad del plomo, radica en la cantidad de plomo absorbido ya que sus fuentes de exposición son heterogéneas, frecuentes, y difíciles de evitar, sabiendo además que la eliminación del plomo del cuerpo humano es muy lenta.

El plomo afecta al cuerpo humano de diferentes maneras como: deterioro de la estructura ósea produciendo osteocondensación; afecta al sistema nervioso generando encefalopatías de tipo hipertensivo en donde puede afectarse los pares craneales especialmente el óptico; en el sistema muscular produce un aumento de la tensión arterial, constipación hipertónica con accesos diarreicos y cólicos; en el sistema respiratorio tiene efectos cancerígenos sobre el pulmón; y en el sistema sanguíneo tiene un efecto de toxicidad en la sangre imposible de eliminar.

Azufre: la exposición a compuestos que contienen azufre ya sean ácidos sulfúricos o sulfatos representan un riesgo eminente para la salud, ya que el organismo al absorberlos a través de las vías respiratorias se dirigen directamente al sistema circulatorio humano, su principal efecto como agente irritante es la bronco constricción y la estimulación de las secreciones mucosas; y a su vez un aumento de la incidencia de bronquitis en la población.

### **2.1.2. Impacto ambiental en el suelo**

Los filtros de aceite usados terminan de una manera u otra siendo enterrados, lo que representa una contaminación del suelo, pues una gran cantidad de aceite que contiene en su interior es vertido directamente y los hidrocarburos saturados de los que está conformado no son biodegradables provocando así la infertilidad, lo que se resume en la destrucción de la capa vegetal, elemento esencial para el desarrollo de la vida vegetal ya que es fuente de nutrientes indispensables para el crecimiento y desarrollo de las plantas las cuales aportan oxígeno al planeta y sirven de alimento para los animales.

Al contaminar el suelo también se contaminan fuentes de agua pudiendo ser superficiales o subterráneas las mismas que desembocarán en ríos, lagos o inclusive mares y océanos produciendo efectos dañinos como la disminución de la concentración necesaria de oxígeno para la vida marina o efectos biológicos como la muerte de plantas y animales, así como enfermedades en el hombre.

Según la Agencia de Protección de Medio Ambiente de los Estados Unidos un litro de aceite usado vertido en el suelo puede formar una mancha de 4.000 metros cuadrados, es decir, provocando un impacto desfavorable en el suelo, en las plantas que crecen en dicha área e inclusive en los animales y personas que habitan en la región. En la Figura N°2.2 se ilustra claramente la contaminación del suelo al ser vertido con aceites usados.

Figura N° 2.2

Imagen de derrame de aceite en el suelo

Fuente: <http://ceciliaaraya.blogspot.com>

### 2.1.3. Impacto ambiental en el agua

Al existir fugas de aceite de los filtros o al desintegrarse un filtro de aceite permite que los contaminantes queden expuestos al medio que los rodea, y como ya hemos dicho los filtros están siendo enterrados, por lo tanto la lluvia que cae sobre el suelo se mezcla en grandes cantidades con dichas sustancias, contaminando así el agua y la tierra. El mayor contaminante para el agua proveniente de los filtros enterrados es el aceite usado que contiene en su interior, químicamente los aceites no se disuelven en el agua y no son biológicamente degradables, formando una película superficial impidiendo el paso del oxígeno hacia el agua, el mismo que es imprescindible para la vida acuática; además se esparcen productos tóxicos que pueden ser ingeridos por animales y humanos causando enfermedades o inclusive la muerte.

El tiempo estimado de eliminación de los hidrocarburos saturados en pequeñas cantidades en el agua puede ser de 10 a 15 años; se sabe que 1 litro de aceite que se vierta en el agua contamina 1000000 litros de agua; entonces 5 litros de

aceite usado, que es el volumen que aproximadamente contiene un cárter de aceite de un automóvil podría cubrir una superficie de 5000 m<sup>2</sup>.<sup>10</sup>

Existen lubricadoras en la ciudad que desechan directamente los aceites usados a los ríos deteriorando notablemente la calidad del agua que circula por los mismos, siendo contaminada así con compuestos tales como: fenoles, aminas aromáticas, fosfatos, plomo, azufre, entre otros que son compuestos que afectan directamente a la salud de las personas.

#### **2.1.4. Impacto ambiental en el aire**

Los filtros de aceites usados emiten gases a la atmósfera debido al aceite que contiene en su interior. Actualmente los filtros de aceite están siendo tratados inadecuadamente, al contener hidrocarburos son quemados con la finalidad de eliminar los residuos de aceite y ser comercializados como chatarra, pero al momento de la combustión generan gran cantidad de gases tóxicos, el más volátil de ellos es el plomo cuyas cantidades oscilan entre 1 al 1,5% en peso. Según estudios realizados se estima que al quemarse 70.000 toneladas al año se recargarían a la atmósfera con 350 toneladas de plomo lo que representa una tercera parte más de lo que emiten los escapes de vehículos. A demás 5 litros de aceite combustionado contaminaría un volumen de aire equivalente al que una persona adulta respiraría durante tres años.<sup>11</sup>

A su vez la acumulación de estos gases producidos por el mal manejo de los filtros de aceite usados produce en la atmosfera un incremento representativo del efecto invernadero que afecta a todo el planeta. Otras toxicos como el monóxido de carbono, dióxido de carbono y compuestos que contienen azufre representan un peligro para la salud debido a que al ser absorbidos por el

---

<sup>10</sup> <http://www.euskalnet.net/depuroilsa/Riesgosmedioambiente.html#G>

<sup>11</sup> <http://www.euskalnet.net/depuroilsa/Riesgosmedioambiente.html#G>

cuerpo humano, son causantes de problemas cancerígenos en el sistema respiratorio.

## **2.2. Análisis actual del tratamiento de los filtros usados**

Los filtros usados en la ciudad de Cuenca son un riesgo de contaminación pues al no ser debidamente tratados están siendo desechados en su mayoría como basura común, o están siendo comercializados como chatarra. Para determinar de una mejor manera el destino final de los filtros de aceite que han cumplido con su vida útil se realizó una encuesta estadística a las diferentes lubricadoras y talleres de la ciudad que realizan cambios de aceite en motores a base de gasolina, tratando de abarcar los diferentes sectores de la misma para lograr así un sondeo de la realidad que se maneja en este ámbito.

### **2.2.1. Encuestas**

El modelo de la encuesta (Anexo N°1) fue elaborado de una manera sencilla para poder determinar la cantidad promedio de cambios de aceite mensuales, se buscó mediante la encuesta establecer con mayor claridad que ocurre con los aceites y filtros residuales, además se formuló preguntas de concientización y de conocimiento sobre el trato que se le da o se le debería dar a estos elementos clasificados como tóxicos y altamente riesgosos para la contaminación del ambiente.

## **2.2.2. Tabulación de datos**

Tras efectuar las encuestas a los diferentes talleres y lubricadoras de la ciudad se obtuvieron los datos necesarios que nos permitirán analizar e interpretar el destino final de los aceites y filtros. (Anexo N°2 al Anexo N°6)

### **2.1.1. Resultados**

En las encuestas realizadas se buscó abarcar todos los sectores de la ciudad para así tener una visión global de lo que sucede en realidad con estos residuos, luego de cumplir con su vida útil, los resultados que se obtuvieron de las encuestas muestran que se realizan un promedio de 55 cambios de aceite mensuales en talleres y lubricadoras de la ciudad.

Los aceites usados producto del cambio del mismo en talleres y lubricadoras (Anexo N°7) en un 80% son recolectados por la empresa municipal ETAPA, mientras que un 14% vende dicho aceite residual a personas comunes para fines como: protección de la madera, fabricación de ladrillos y tejas, y construcción de caminos. En estudios realizados por la empresa municipal ETAPA se estima una recolección del 55% del aceite de todo tipo de vehículos, tanto en motores a base de diesel y gasolina, lo que equivale a 35000 galones mensuales.

Un aspecto que cabe recalcar es que al momento de realizar las encuestas los propietarios de talleres y lubricadoras muestran gran indiferencia y falta de aporte al dar información alterando las respuestas de las encuestas, es decir, la mayoría de propietarios tienen conocimiento de la recolección de aceites usados por parte de ETAPA y sin embargo están eliminando este desecho tóxico de manera incorrecta; por lo tanto los valores obtenidos en las encuestas se ven alterados por la falta de sinceridad y concientización por parte de los

propietarios, pese a estos datos se podría establecer que un 60% del aceite residual producido por vehículos de gasolina está siendo recolectado por la empresa ETAPA, y el otro 40% se ve reflejado en la venta, almacenaje, y sobre todo el desecho al alcantarillado, lo que se da como resultado la contaminación del medio ambiente, en especial de los ríos que atraviesan la ciudad de Cuenca.

En cuanto al destino final de los filtros de aceite (Anexo N°8) se puede establecer claramente que un 50% de los filtros está siendo entregados a ETAPA para ser transportados a las lagunas de oxidación de Ucubamba donde son perforados con la finalidad de ayudar al vaciado por gravedad del aceite que se encuentra en su interior y luego son transportados a la empresa de aseo EMAC para ser encapsulados y enterrados en el relleno sanitario de Pichacay; un 25% está siendo desechado directamente como sólido a la basura resultando imposible su separación de los demás desechos sólidos por lo que se entierran directamente en el relleno sanitario, lo que se ve reflejado en una contaminación eminente en el suelo.

Un 15% se está eliminando mediante otros medios como la venta de los mismos a personas comunes para luego de ser drenados revenderlos como chatarra. Cabe recalcar que en las encuestas realizadas ningún taller o lubricadora está realizando el reciclaje de los filtros usados lo que se debe principalmente a la falta de conocimiento y la falta de interés de chatarreros, pues el filtro en sí solo puede ser vendido como chatarra si está drenado completamente lo que representa un arduo trabajo por lo que no se realiza el reciclaje.

Si bien es cierto la empresa municipal de ETAPA en su campaña de recolección de aceite usado a buscado llegar a todos los talleres y lubricadoras de la ciudad, aun se muestra cierto grado de desinformación (Anexo N°9), ya que propietarios han manifestado desconocer de este tipo de control y manejo de aceites. Sin embargo todos los encuestados piensan que es necesario dar un tratamiento especial tanto a los aceites como a los filtros, ya que estan concientes de que son elementos contaminante para el medio ambiente y que representa un riesgo para la salud humana y un problema latente para el planeta en si.



## **CAPITULO III**

### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA**

#### **3.1. Diseño del prototipo de máquina**

##### **3.1.1. Principio de funcionamiento**

Tras efectuar un estudio de los posibles diseños para la construcción de la máquina prototipo se ha optado por una estructura similar a la de un torno industrial, dada la facilidad de sujeción de los filtros para su corte, ya que al ser un cuerpo único los elementos en su interior no podrían ser extraídos de otra manera. Tras el corte del filtro los demás elementos constitutivos como son: la carcasa, válvula de derivación, válvula anti-reflujo y la junta o anillo de caucho serán separados manualmente para su respectivo reciclaje.

Para la extracción del aceite del filtro al momento realizar el corte, el aceite retenido entre la carcasa y el filtro propiamente dicho, caerá a una bandeja de recolección situada bajo el mandril de sujeción, en cuanto al cartucho filtrante que es el elemento que retienen aceite en su interior se utilizará un mecanismo de prensado o compactación, para lo cual se colocará un componente hidráulico para generar la presión adecuada de compactación recolectando el aceite obtenido en un depósito situado bajo los cartuchos a prensar, el mecanismo de accionamiento de la misma será manual.

Las bandejas de recolección de aceite construidas propiamente para este fin, tendrán instaladas en su base inferior una llave de media vuelta o desfogue de aceite facilitando su recolección mediante el drenaje para su debido tratamiento.

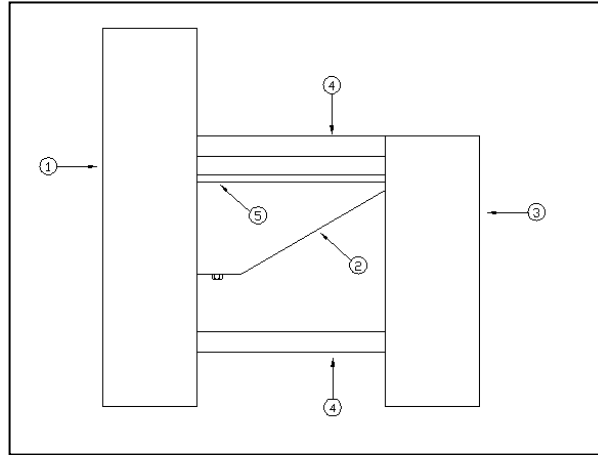
### **3.1.2. Elementos constitutivos de la máquina prototipo**

#### **3.1.2.1. Estructuras**

Para el mecanismo de sujeción y corte de los filtros se utilizará planchas lisas metálicas de 3mm de espesor soldadas entre sí, con la finalidad de formar un cuerpo robusto y resistente para alojar a los demás componentes como: el eje de rotación, el motor, las poleas de transmisión, la banda, el mandril de sujeción, el porta-cuchillas y la bandeja de recolección de los elementos internos y del aceite. Mientras que para el mecanismo de compactación de los cartuchos filtrantes se utilizará una prensa hidráulica a la que se le realizará modificaciones en su estructura para cumplir con el propósito de compactar los cartuchos filtrantes, donde también en la parte inferior se colocará una bandeja de recolección de aceite. En la figura N° 3.1 se presenta un esquema de la estructura de sujeción y corte, así como en la figura N° 3.2 se presenta un esquema de la estructura de prensado.

Figura N° 3.1

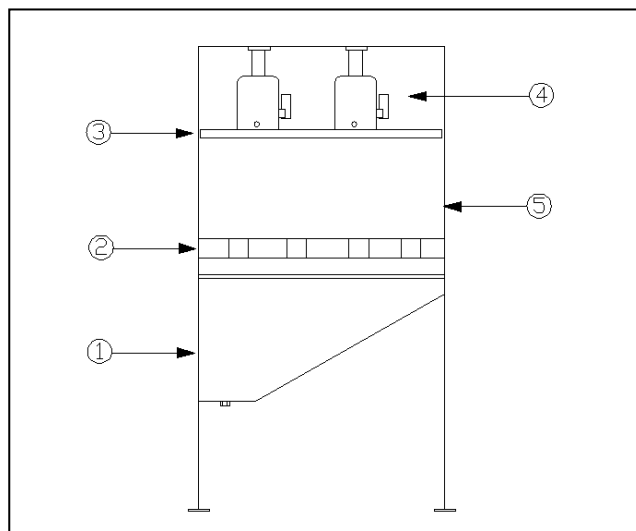
Esquema de la estructura de sujeción y corte



- 1.- Estructura de soporte para el motor eléctrico
- 2.- Bandeja de recolección de aceite
- 3.- Armario para herramientas
- 4.- Brazos de soporte
- 5.- Bandeja de retención de elementos internos del filtro

Figura N° 3.2

Esquema de la estructura de prensado



- 1.- Bandeja de recolección de aceite
- 2.- Placa base
- 3.- Placa de prensado
- 4 Bombas hidráulicas
- 5.- Estructura metálica electro-soldada.

### 3.1.2.2. Motor

Se utilizará un motor eléctrico de corriente alterna, figura N° 3.3, como elemento generador de movimiento rotativo, el motor cumple con las siguientes características: 60HZ, 110-220V, con una potencia de ½ HP, a 7 Amperios y con un máximo de revoluciones de 3600 rpm.

Figura N° 3.3

Fotografía del motor eléctrico

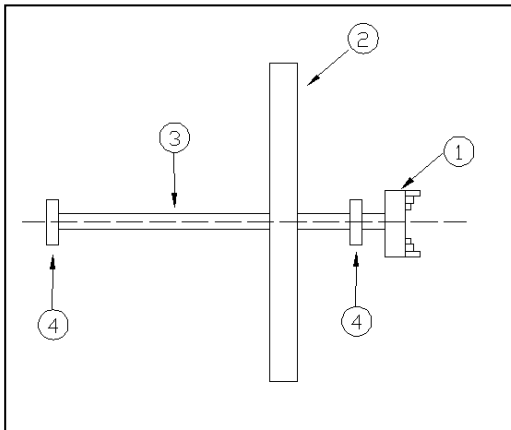


### 3.1.2.3. Eje de rotación

Se utilizará un eje de acero de bajo carbono con la finalidad de transmitir mediante poleas y banda el movimiento rotativo del motor eléctrico, será de una pulgada de diámetro con dos chumaceras con lubricación mediante grasa para rodamientos en los extremos de la estructura, a demás alojará a la polea de mayor diámetro y en el extremo se colocará un mandril para la sujeción de los filtros, figura N° 3.4. Cabe recalcar que todos los elementos alojados en el eje son desmontables en caso de requerir una sustitución a causa de cualquier daño que pueda presentarse en los mismos.

Figura N° 3.4

Esquema del eje de rotación



- 1.- Mandril de sujeción
- 2.- Polea de transmisión.
- 3.- Eje.
- 4.- Chumaceras.

#### 3.1.2.4. Poleas de transmisión

Se construirá un sistema de desmultiplicación de revoluciones mediante poleas y banda de transmisión con la finalidad de poder transmitir el movimiento rotativo del motor eléctrico hacia el eje impulsor que a su vez en su extremo permitirá la rotación del filtro a cortar. El motor eléctrico es capaz de entregar 3600 rpm por lo que se ha de disminuir su capacidad de rotación, ya que experimentalmente se demostró en los talleres de la Universidad del Azuay que al cortar un filtro a revoluciones similares a las entregadas por el motor, resulta potencialmente peligroso ya que una vez trozado el filtro, la carcasa conjuntamente con los elementos internos salgan desprendidos hacia el operario a gran velocidad; así mismo se demostró experimentalmente que una velocidad aproximada a las 450 rpm resulta ideal para un corte uniforme y seguro, por lo que se colocará una polea motriz en el extremo del eje del motor con un diámetro de 3 cm, y en el eje de rotación se colocará una polea con un diámetro de 24 cm, en la figura N° 3.5 se representa en esquema de las poleas de transmisión.

Mediante los datos presentados se obtendrá lo siguiente:

Ecuación 3.1: Relación de desmultiplicación.

$$Z_{salida} = Z_{entrada} \times \frac{\text{\textcircled{Ø}} \text{ de la polea conductora}}{\text{\textcircled{Ø}} \text{ de la polea conducida}}$$

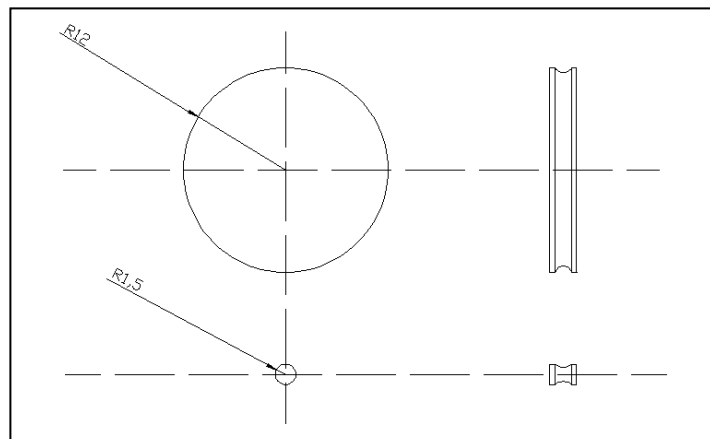
Donde:  $Z_{salida}$ : Revoluciones de salida.  
 $Z_{entrada}$ : revoluciones del motor eléctrico.  
 $\text{\textcircled{Ø}}$ : Diámetro.

$$Z_{salida} = 3600 \text{ rpm} \times \frac{3 \text{ cm.}}{24 \text{ cm.}}$$

$$Z_{salida} = 450 \text{ rpm.}$$

Figura N° 3.5

Esquema de las poleas de transmisión.



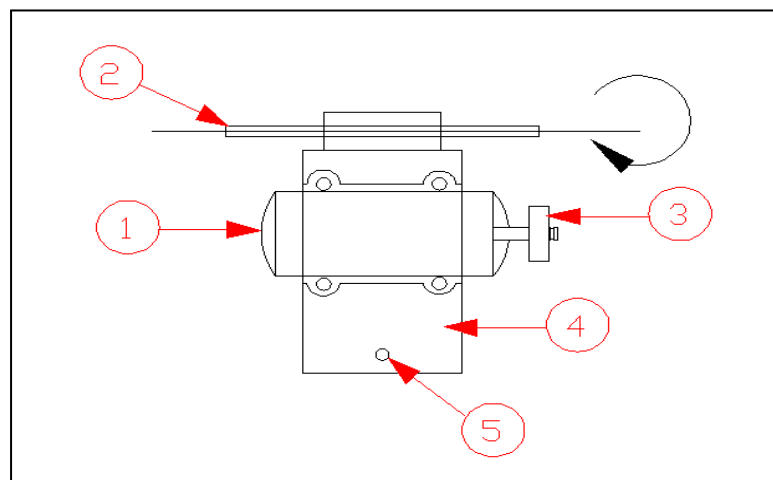
### 3.1.2.5. Banda de transmisión

Para transmitir el movimiento desde la polea del motor hacia la polea del eje rotativo se utilizará una banda trapezoidal, figura N° 3.7 que cuenta con un

sistema de tensado, figura N° 3.6 que permite la regulación y cambio de la misma. Dicho sistema de tensión consta de un eje sujeto a la estructura del prototipo que permite articular la base-soporte del motor eléctrico generando así un movimiento de tensión en la polea del motor, con lo que se obtendrá la tensión deseada en la banda, una vez obtenida dicha tensión será mantenida mediante el apriete de un perno de anclaje.

Figura N° 3.6

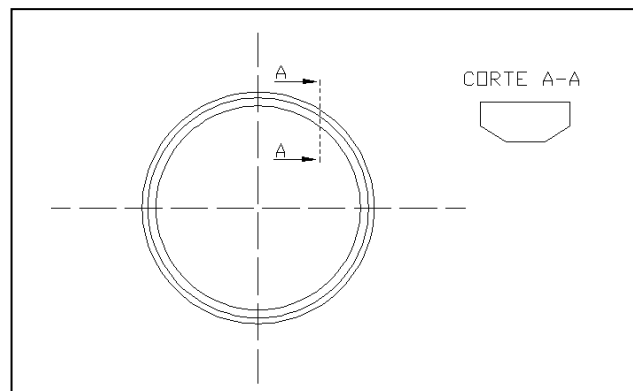
Esquema del Sistema de tensión



- 1.- Motor
- 2.- Eje de pivote
- 3.- Polea
- 4.- Placa de soporte del motor
- 5.- Agujero para perno de anclaje

Figura N° 3.7

Banda de transmisión



### 3.1.2.6. Mandril de sujeción

Se utilizará un mandril autocentrante de acero inoxidable figura N° 3.8, de tres puntas de sujeción externas, con una capacidad máxima de agarre de diámetro no superior a 4 pulgadas (10,16 cm) y cuatro puntos de apriete mediante llave de cabeza cuadrada propia del mandril. Puesto que la sujeción del filtro se la realizará por su base, con este mandril se logrará abarcar toda la variedad de filtros debido a los diferentes diámetros existentes en el mercado. En la figura N° 3.9 se puede ver sujeto al mandril el filtro de mayor tamaño comercializado en el mercado para vehículos de combustión interna a base de gasolina.

Figura N° 3.8

Esquema del mandril de sujeción

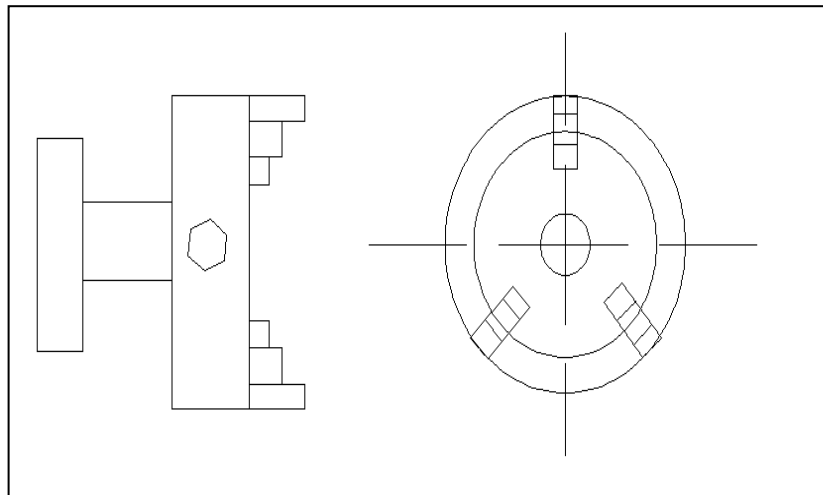
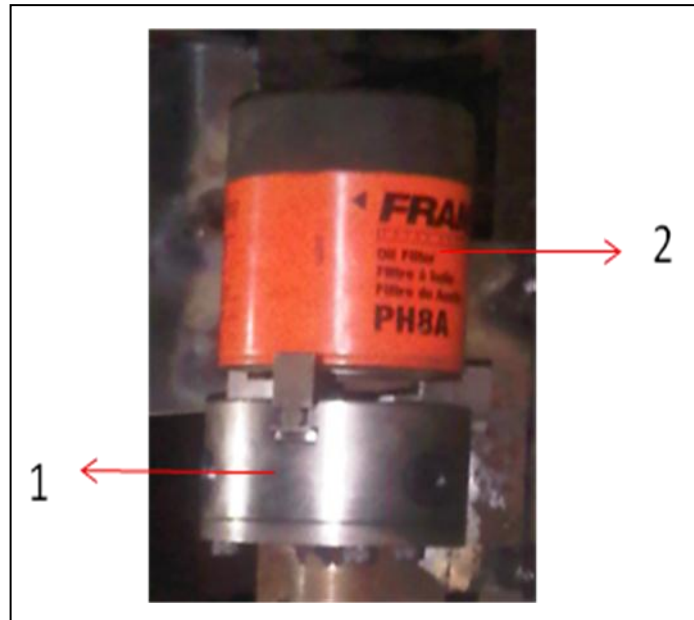




Figura N° 3.9

Fotografía de la sujeción del mandril



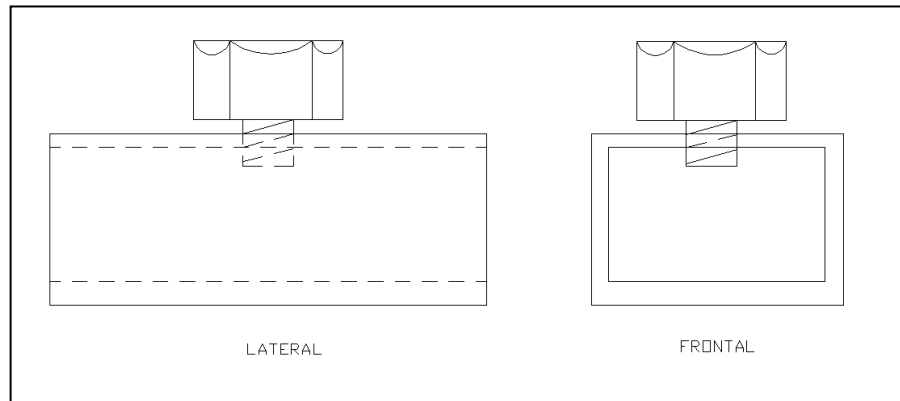
- 1.- Mandril de sujeción autocentrante
- 2.- Filtro de mayor diámetro en el mercado

### 3.1.2.7. Porta cuchillas y cuchilla

Para el porta cuchillas se construirá un elemento de sujeción de agujero cuadrado con dimensiones acordes a la cuchilla de 3/8 X 3/8 in., también en su estructura tendrá un perno de anclaje incrustado en una de sus caras permitiendo así la regulación de su altura con respecto al filtro, figura N° 3.10. La cuchilla que se utilizará será de acero con un perfil de corte propiamente diseñado para el trozado de chapa de acero, material del cual está conformada la carcasa del filtro.

Figura N° 3.10

Esquema del porta-cuchillas

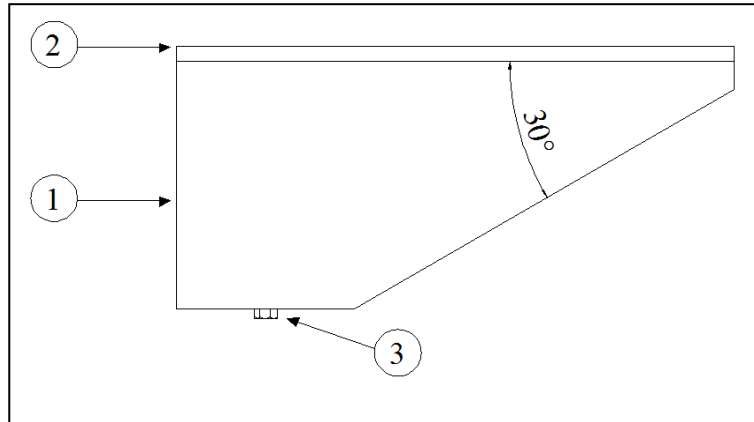


### 3.1.2.8. Bandejas de recolección de aceite

Se diseñarán dos bandejas de tipo depósito hermético para la recolección del aceite, tanto en el mecanismo de sujeción, corte y separación como en el mecanismo de compactación, en la parte baja de dichos depósitos se instalarán una llave o desfogue para tener la facilidad de recolectar estos aceites en contenedores de mayor volumen a los cuales luego se les dará su debido tratamiento. En la figura N°3.11 se ha esquematizado la bandeja de recolección de aceite que se construirá e instalará en los mecanismos.

Figura N° 3.11

Esquema de las bandejas de recolección



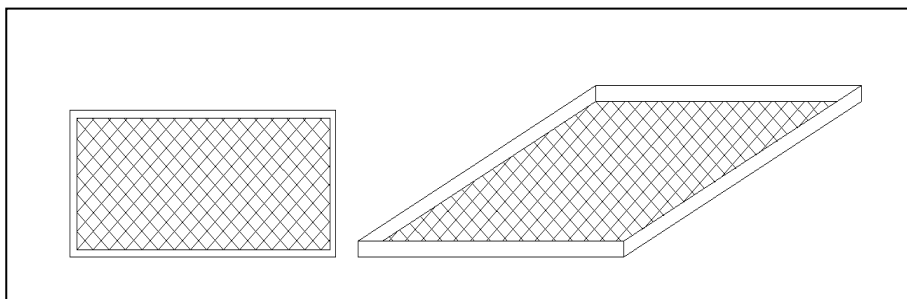
- 1.- Cuerpo de la bandeja de recolección de aceite
- 2.- Bandeja de retención de elementos internos
- 3.- Desfogue de aceite

### 3.1.2.9. Bandeja de retención de elementos internos

Sobre la bandeja de recolección de aceite se colocará una bandeja de tipo malla, figura N° 3.12 siendo su función retener todos los componentes internos del filtro luego de haber sido trozado, lo cual nos permitirá poder separar con facilidad los elementos de diferentes materiales.

Figura N° 3.12

Bandeja de retención

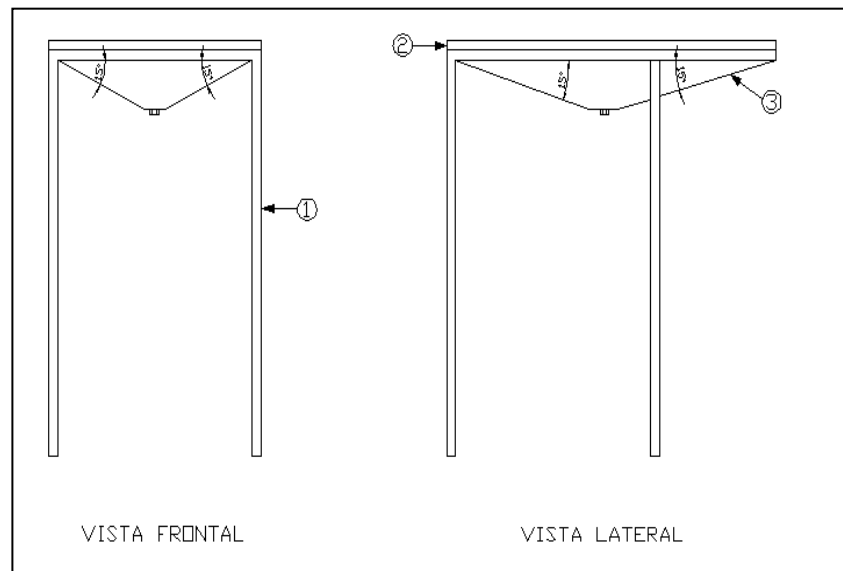


### 3.1.2.10. Base de recolección de aceite

Se construirá una base con una malla de retención, figura N° 3.13 para colocar las carcadas trozadas previas a ser clasificadas como chatarra pues tras el corte aun contienen aceite en su cara interna por lo que mediante gravedad este aceite caerá hacia un depósito de aceite situado bajo la malla.

Figura N° 3.13

Dibujo de la base de recolección



- 1.- Soportes metálicos de la base
- 2.- Base de malla para drenaje
- 3.- Bandeja de recolección de aceite con desfogue

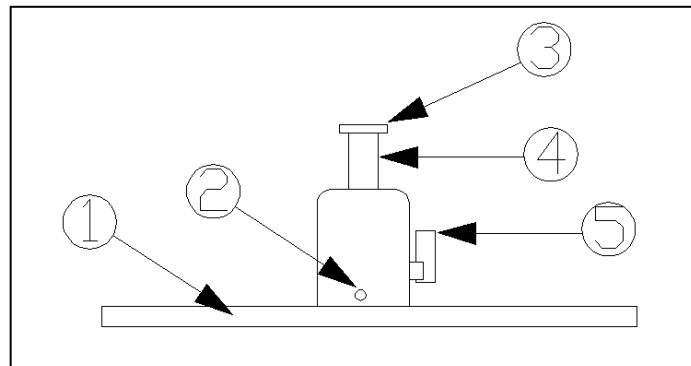
### 3.1.2.11. Accionamiento hidráulico de la prensa

Constará de dos bombas hidráulicas manuales, cuya función es generar la presión de compactación mediante una palanca, al accionar la misma se genera un desplazamiento del vástago interno, que está sujeto a la estructura del mecanismo generando así un movimiento vertical hacia abajo y transmitiéndolo a los cartuchos mediante la placa de compactación, prensando los mismos

entre la placa base y la placa de compactación. En la figura N° 3.14 se ha realizado un esquema de una de las bombas hidráulicas con la finalidad de indicar sus componentes.

Figura N° 3.14

Dibujo de una de la bombas de presión



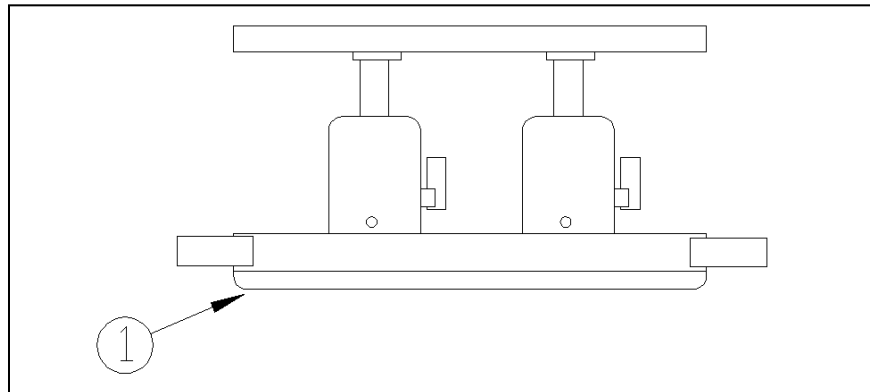
- 1.- Placa de compactación
- 2.- Llave para liberar la presión
- 3.- Punto de sujeción a la estructura
- 4.- Vástago interno
- 5.- Accionamiento mediante palanca

### 3.1.2.12. Placa de compactación y placa base

Para la placa de compactación, figura N° 3.15 se removerá el vástago de presión original de la prensa y se lo reemplazará por una placa metálica gruesa con la finalidad de poder compactar varios elementos filtrantes simultáneamente, por otro lado en el soporte inferior de la prensa se colocará una placa base móvil con agujeros, figura N° 3.16, la misma servirá para colocar los cartuchos filtrantes, permitiendo así que al accionar la prensa los cartuchos se compriman al máximo entra la placa base y la placa de compactación; todo el aceite extraído pasará por los agujeros de la placa base para ser recolectado en la bandeja de recolección. Al ser la placa base móvil y ajustable a la altura deseada nos permite compactar cartuchos filtrantes de diferentes medidas con un menor esfuerzo.

Figura N° 3.15

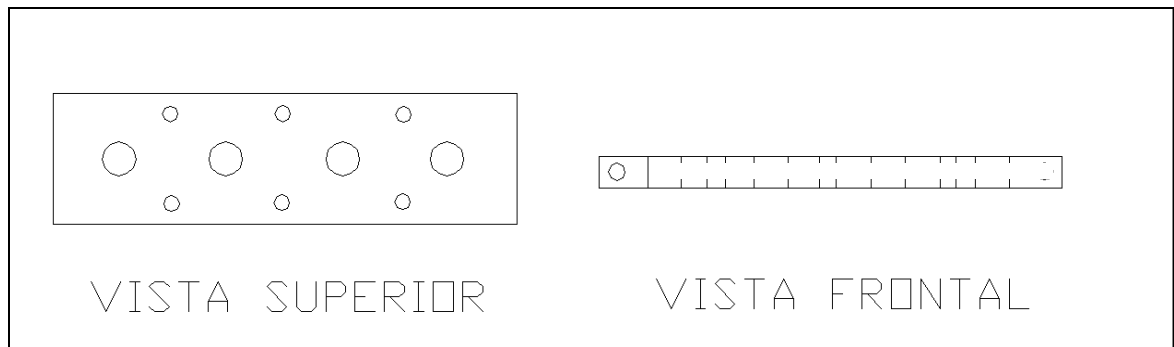
Placa de compactación



1.- Placa de compactación

Figura N° 3.16

Dibujo de la placa base

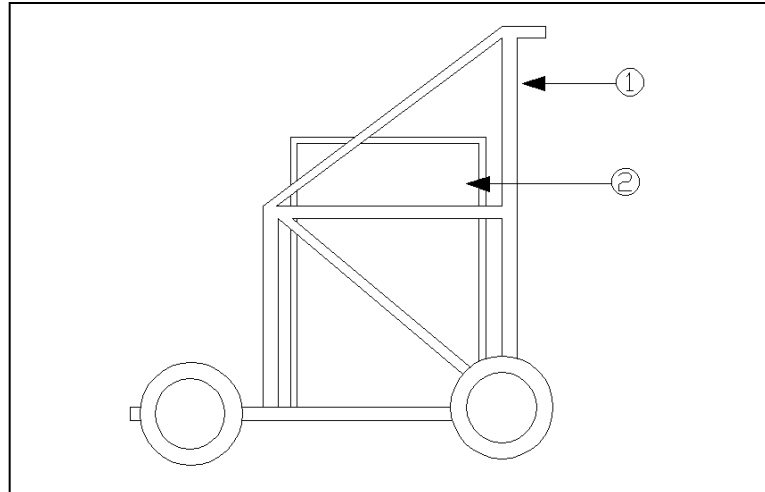


### 3.1.2.13. Móvil de transporte

Para transportar los depósitos de almacenaje de aceite, se construirá una base metálica con ruedas en su parte inferior facilitando la tarea de movilizar e intercambiar los depósitos, en la figura N°3.17 se puede ver un esquema del móvil de transporte.

Figura N° 3.17

Dibujo del móvil de transporte



- 1.- Estructura electro soldada del móvil  
2.- Tanque de recolección

### 3.1.3. Datos técnicos involucrados

#### 3.1.3.1. Diseño de las estructuras del prototipo de máquina

Para predecir si las estructuras de la máquina prototipo están correctamente diseñadas y serán capaces de soportar las cargas y esfuerzos a los que se verán sometidos se utilizó el software (SAP 2000 V12)<sup>12</sup> el mismo que facilita el cálculo del factor de seguridad en estructuras sometidas a plena carga, los resultados son fácilmente interpretados mediante una escala de color que permite anticipar fallas estructurales. En las figuras N° 3.18 y N° 3.19 se ha ilustrado los diagramas de cuerpo libre de las estructura de sujeción, corte y separación, y de la estructura de compactación. Este diagrama nos permite

<sup>12</sup> SOFTWARE, SAP 2000 VERSIÓN 12.

situar los puntos donde se ejercerán las cargas y los puntos de reacción de las estructuras.

Figura N° 3.18

Diagrama de cuerpo libre de la estructura de sujeción y corte

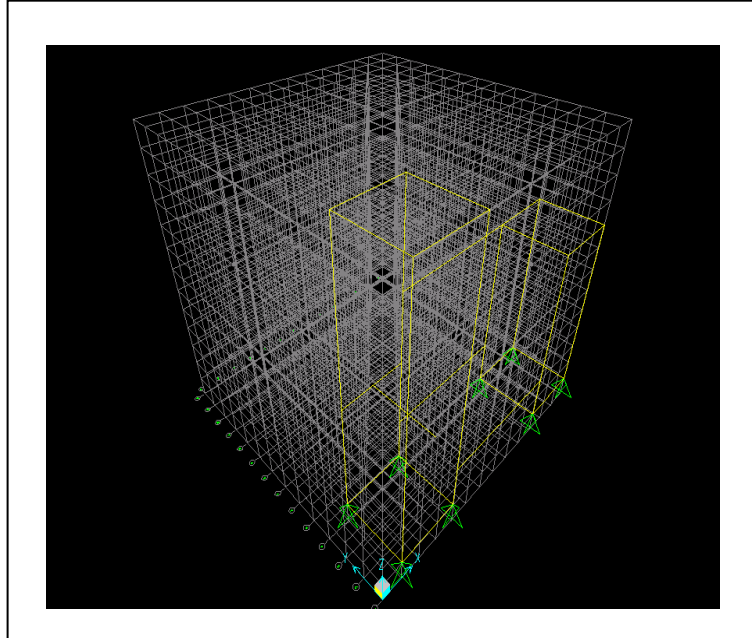
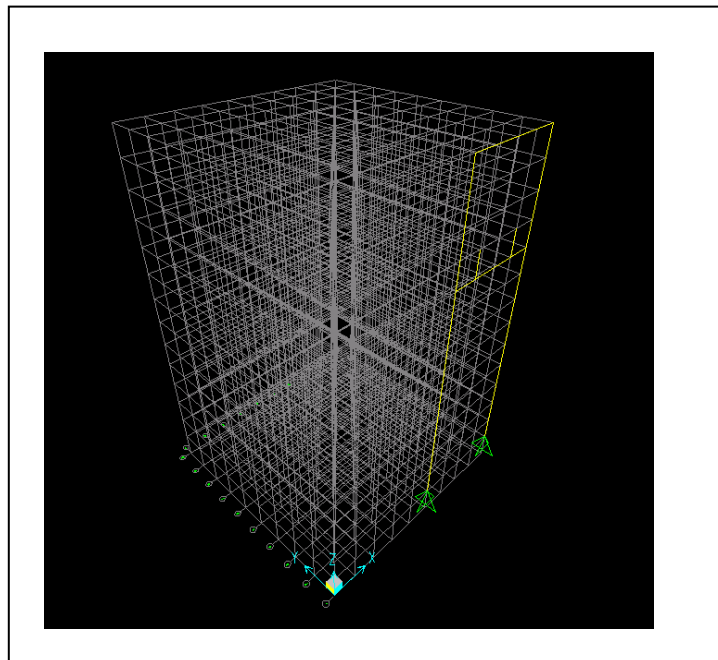


Figura N° 3.19

Diagrama de cuerpo libre de la estructura compactación





En las figuras N°3.20 y N° 3.21 se puede observar los momentos producidos que representan las zonas donde se generará flexión a causa de las fuerzas involucradas, en la figura N° 3.21 de la estructura de compactación se puede ver que se presta a generar cierta inestabilidad por lo que se colocará bases de soporte transversales mas no bases puntuales minimizando así estos esfuerzos.

Figura N° 3.20

Diagrama de momento flector sobre la estructura de sujeción y corte

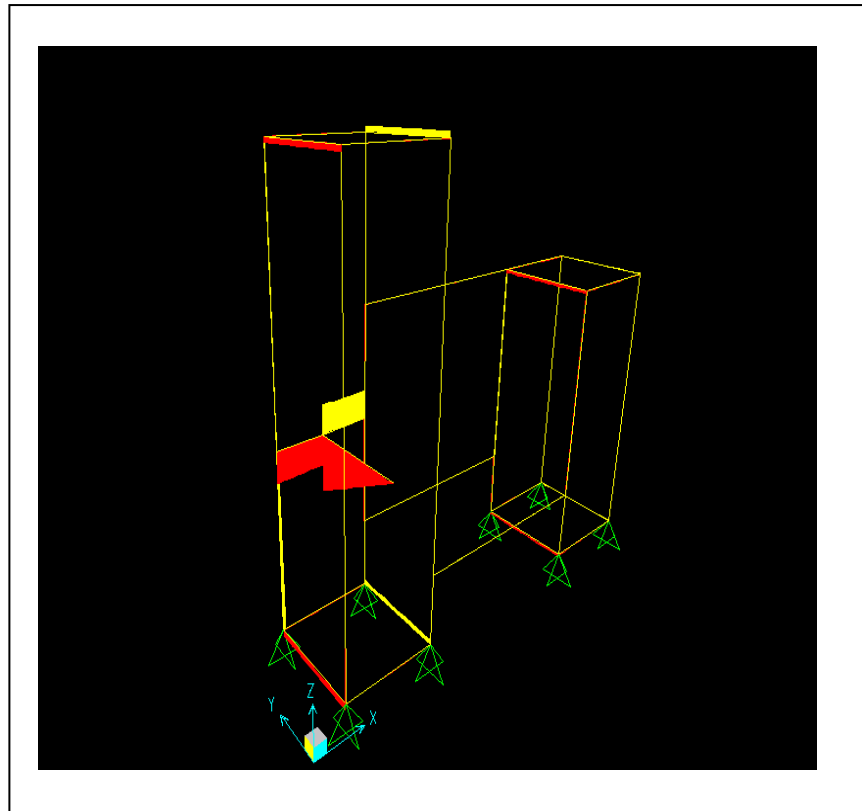
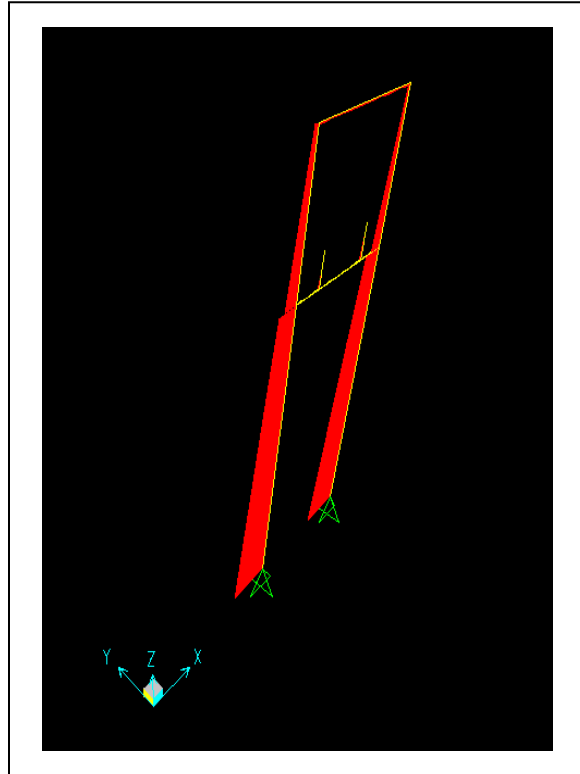


Figura N° 3.21

Diagrama de momento flector sobre la estructura de compactación



Como se había dicho el factor de seguridad se representa mediante la siguiente escala de color:



En las figuras N° 3.22 y N° 3.23 se puede apreciar que el factor de seguridad en las dos estructuras son correctos y aceptables, por lo tanto la estructura soportará los esfuerzos a los que se vea sometida.

Figura N° 3.22

Factor de seguridad para le estructura de sujeción y corte

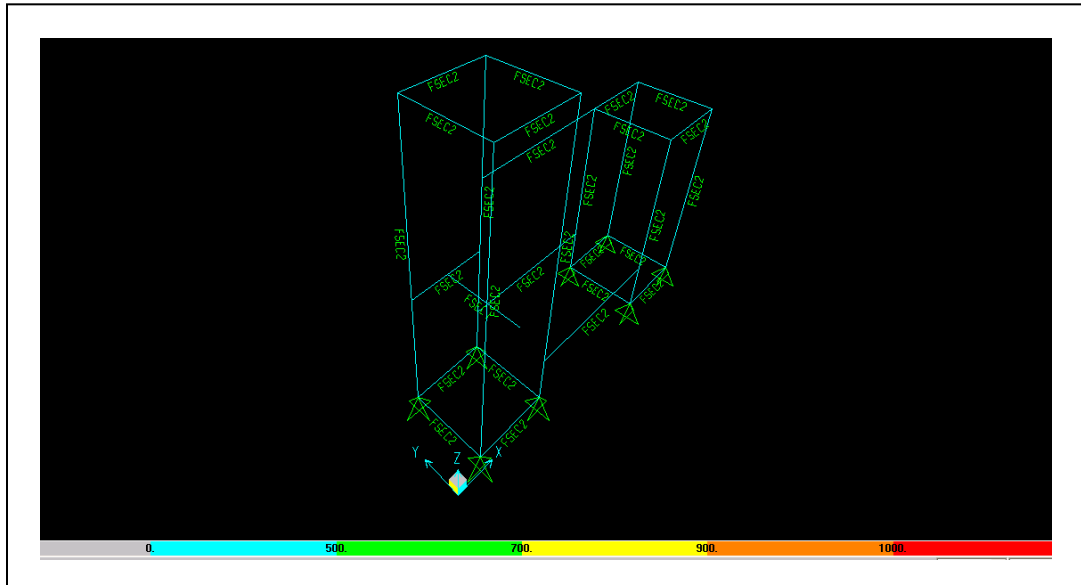
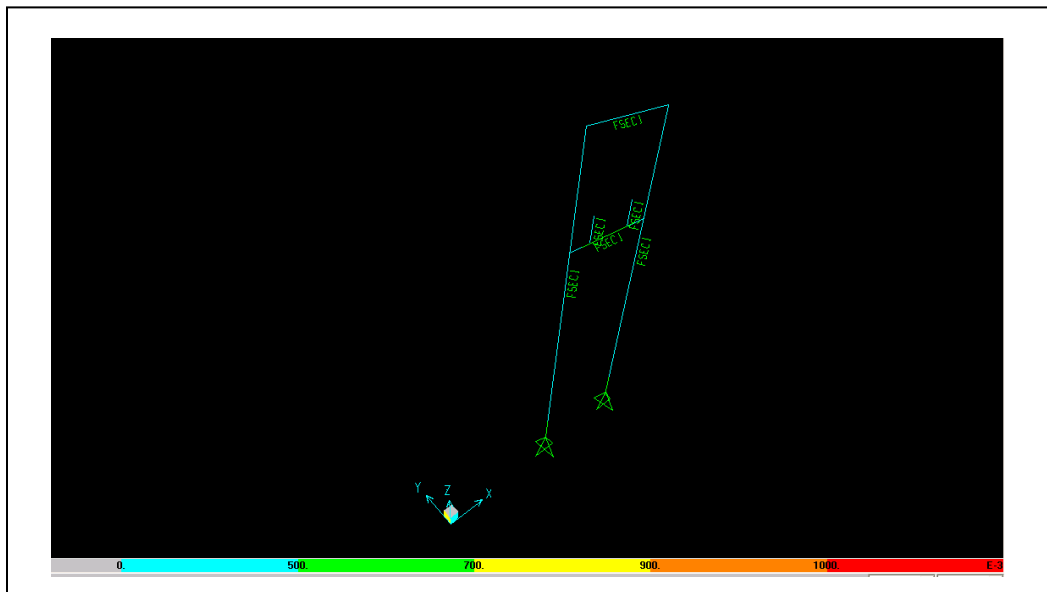


Figura N° 3.23

Factor de seguridad para le estructura de sujeción y corte

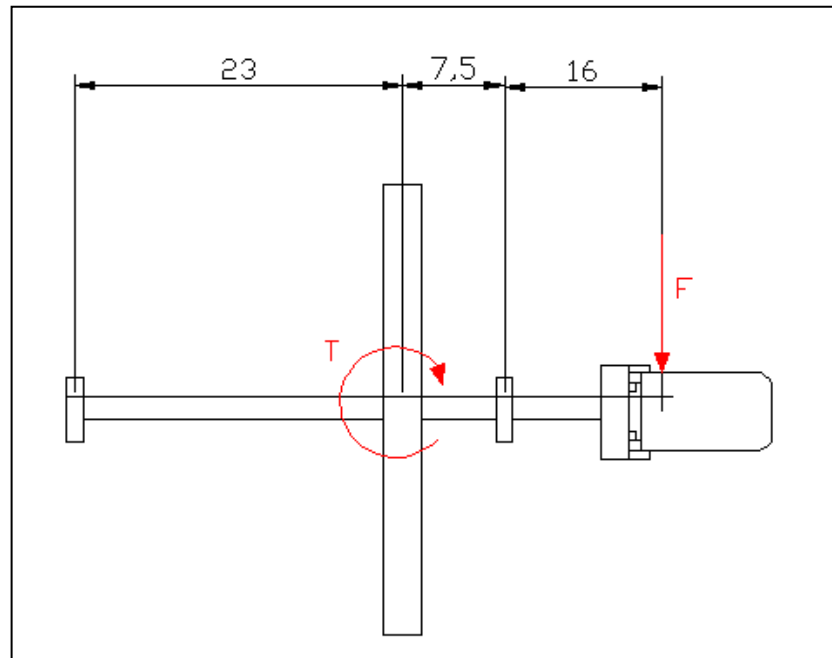


### 3.1.3.2. Diseño del eje de rotación

Para el diseño del eje de rotación, figura N° 3.24 se emplearán fórmulas y cálculos matemáticos que permiten establecer un valor óptimo del factor de seguridad, logrando así establecer un diámetro mínimo que nos garantiza el correcto funcionamiento bajo las cargas a las que se verá sometido.

Las ecuaciones empleadas en los cálculos han sido extraídas del libro BUYNAS Richard G. y NISBETT J. Keith, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 8<sup>va</sup> edición.

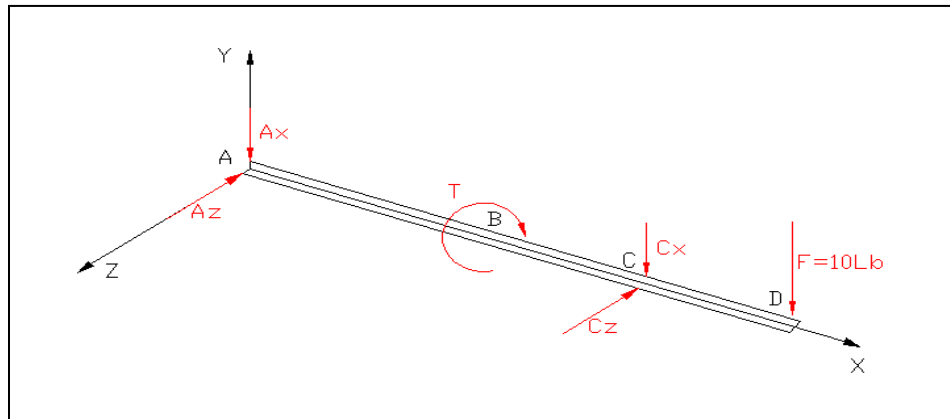
Figura N° 3.24  
Dibujo del eje de rotación



En la figura N° 3.25 se ha esquematizado el eje de rotación con las cargas a las que está sometido al igual que las reacciones provocadas por las mismas.

Figura N° 3.25

Diagrama del eje de rotación



Para obtener el torque transmitido por las poleas hacia el eje de rotación se emplea la siguiente ecuación:

Ecuación N° 3.2: Fórmula para el cálculo de la potencia del motor.

$$Pot = T \times \frac{n}{K}$$

Donde:

Pot: Potencia del motor eléctrico

T: Torque

n: N° de revoluciones.

K: coeficiente de cálculo de potencia (Tabla 3.1).

Tabla N° 3.1

Factores de conversión de potencia<sup>13</sup>

POTENCIA	TORQUE	VELOCIDAD ANGULAR	FACTOR DE CONVERGENCIA
( P )	( T )	( n )	( K )
HP	Lb-in	rpm	63025
CV	Kg-cm	rpm	71600
W	N-m	rpm	9,55

<sup>13</sup> ROY R, CRAIG Jr., Mecánica de Materiales, Primera Edición en Español, México, 2002

Despejando se obtiene lo siguiente:

$$T = \frac{Pot \times K}{n}$$

$$T = \frac{1/2Hp \times 63025}{3600rpm}$$

$$T = 8,75lb - in$$

Para obtener la fuerza que genera dicho torque aplicamos la ecuación N° 3.3.

Ecuación N° 3.3: Cálculo del torque en función de la fuerza y distancia.

$$T = Fb \times d$$

Donde:

T = Torque

Fb= Fuerza ejercida en el punto B.

d = Distancia del radio de la polea expresada en pulgadas.

De la ecuación N° 3.3 obtenemos:

$$Fb = \frac{T}{d}$$

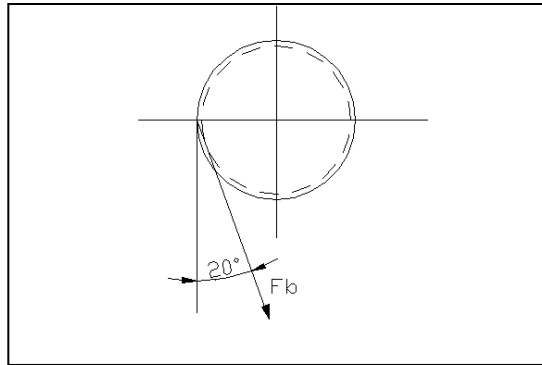
$$Fb = \frac{8,75lb - in}{1,2in}$$

$$Fb = 7,3 lb$$

En la figura N° 3.26 se muestra el ángulo de acople de la banda con la polea de transmisión.

Figura N° 3.26

Diagrama de cuerpo libre de la polea



Descomponiendo la fuerza  $F_b$  en sus componentes rectangulares tenemos:

$$F_{bz} = F_b \text{ Sen}(20^\circ)$$

$$F_{bz} = (7,3\text{lb}) \text{ Sen } 20^\circ$$

$$F_{bz} = 3,65\text{Lb}$$

$$F_{by} = F_b \text{ Cos}(20^\circ)$$

$$F_{by} = (7,3\text{Lb}) \text{ Cos}(20^\circ)$$

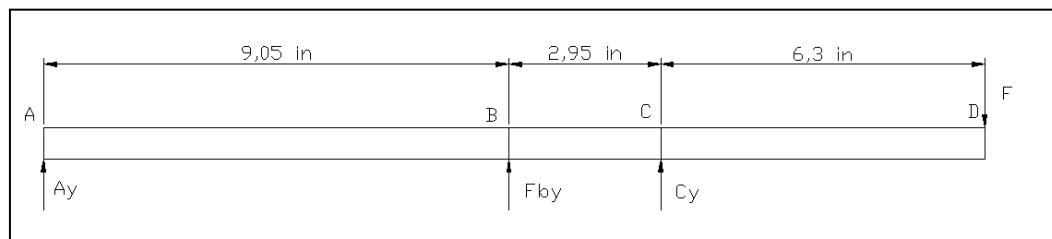
$$F_{by} = 6,32\text{Lb}.$$

Diagramas de cuerpo libre: En las figuras N° 3.27 y N° 3.29 se muestran los diagramas de fuerzas y reacciones que intervienen directamente sobre el eje.

Plano XY:

Figura N° 3.27

DCL plano XY



Ecuación N° 3.4: sumatoria de momentos.

$$\sum MA = 0$$

$$C_y(12in) - F(18,3in) + Fby(9,05in) = 0$$

$$C_y = \frac{10lb(18,3in) - 6,32(9,05in)}{12in}$$

$$C_y = 10,48 \text{ Lb.}$$

Ecuación N° 3.5: sumatoria de fuerzas en el eje Y.

$$\sum F_y = 0$$

$$Fby + c_y + A_y - F = 0$$

$$6,32 + 10,45 - 10 = A_y$$

$$A_y = 5,84 \text{ lb.}$$

El diagrama de momentos, figura N° 3.28 y N° 3.30 muestra el punto donde se ejerce mayor momento en el eje tanto en el plano XY como en el plano XZ respectivamente.

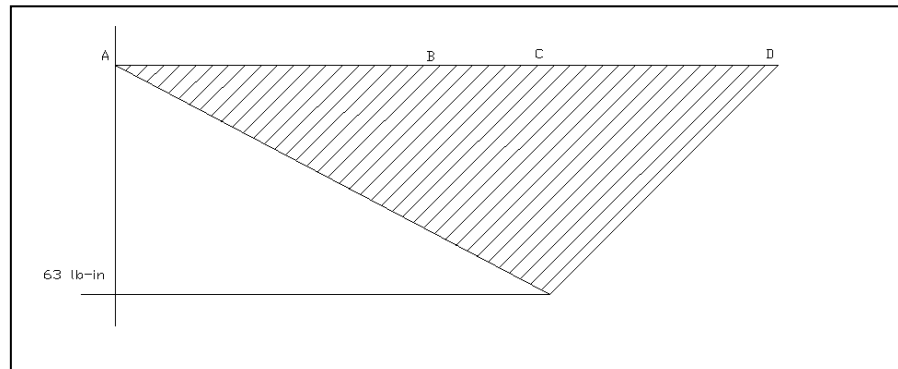
$$M_b = A_y(9,05in) = 52,85 \text{ Lb} - in$$

$$M_c = F(6,3in) = 63 \text{ Lb} - in$$



Figura N° 3.28

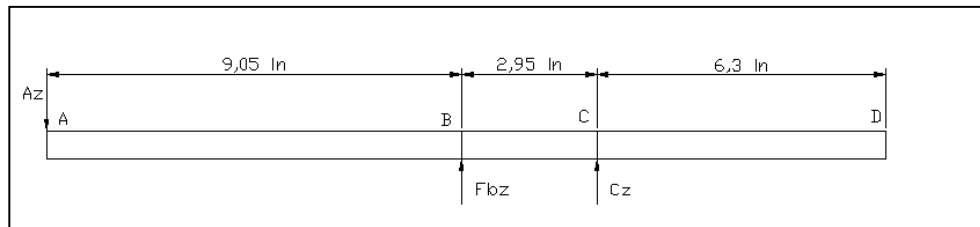
Diagrama de momentos plano XY



Plano XZ.

Figura N° 3.29

DCL plano XZ



Ecuación N° 3.4: sumatoria de momentos.

$$\sum MA = 0$$

$$Fbz(9,05in) + Cz(12in) = 0$$

$$Cz = \frac{Fbz(9,05in)}{12in}$$

$$Cz = 2,75 lb.$$

Ecuación N° 3.5: sumatoria de fuerzas en el eje Y.

$$\sum Fy = 0$$

$$-Az + Fbz + Cz = 0$$

$$Az = 6,4 lb.$$

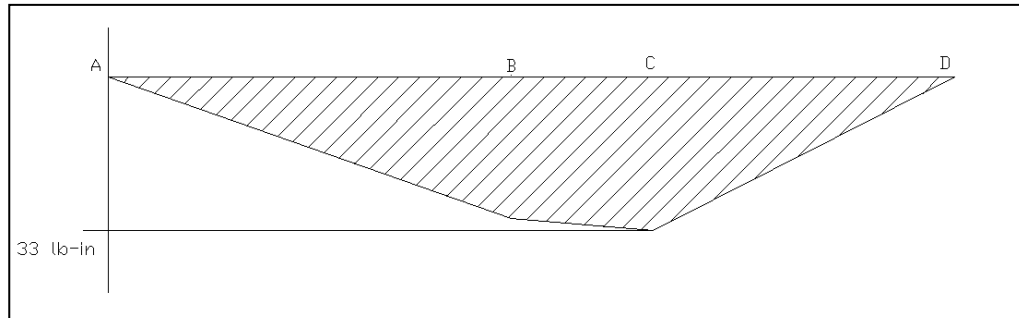
Diagrama de momentos:

$$M_b = Fbz(9,05in) = 32,85 \text{ Lb} - in$$

$$M_c = Cz(12in) = 33 \text{ Lb} - in$$

Figura N° 3.30

Diagrama de momentos plano XZ



Ecuación N° 3.6: Momentos resultantes:

$$MR_b = \sqrt{(M_{b1})^2 + (M_{b2})^2}$$

$$MR_b = \sqrt{(51,85 \text{ lb} - in)^2 + (33,03 \text{ lb} - in)^2}$$

$$MR_b = 62,32 \text{ lb} - in$$

$$MR_c = \sqrt{(M_{c1})^2 + (M_{c2})^2}$$

$$MR_c = \sqrt{(63 \text{ lb} - in)^2 + (33 \text{ lb} - in)^2}$$

$$MR_c = 71,12 \text{ lb} - in$$

Por lo tanto, punto crítico C, por lo que el estudio para el diseño del eje se realizará en este punto.

Ecuación N° 3.7: Esfuerzo flexionante:

$$\sigma_{flex} = \frac{32Mc}{\pi d^3}$$

$$\sigma_{flex} = \frac{32(71,12lb - in)}{\pi d^3}$$

$$\sigma_{flex} = 728,51 d^{-3}$$

Ecuación N° 3.8: Esfuerzo cortante:

$$\tau_{xy} = \frac{16Tc}{\pi d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16(8,75lb - in)}{\pi d^3}$$

$$\tau_{xy} = 44,56 d^{-3}$$

$$\sigma' = (\sigma_{flex}^2 + 3(\tau_{xy})^2)^{1/2}$$

$$\sigma' = ((728,51 d^{-3})^2 + 3(44,56 d^{-3})^2)^{1/2}$$

$$\sigma' = 728,51 d^{-3}$$

$$\sigma' = \frac{Sy}{n}$$

Donde:

Sy= resistencia a la fluencia

n= Factor de seguridad.

Ecuación N° 3.9: Ecuación para obtener el factor de seguridad del eje.

$$n = \frac{Sy}{\sigma'}$$

Tabla N° 3.2

Resistencias mínimas determinística a la tensión y a la fluencia<sup>14</sup>

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

De la tabla N°3.2 obtenemos el límite a la resistencia a la fluencia  $S_y$  para el acero 1020HR que es el acero más común y que se utilizará para formar el eje.  
 $S_y = 30\text{Kpsi}$ .

$$n = \frac{57\text{Kpsi}}{728,51d^{-3}}$$

Despejando de la ecuación N°3.9 obtenemos:

$$d^3 = \frac{n(728,51)}{S_y}$$

<sup>14</sup> BUYNAS Richard G. y NISBETT J. Keith, Diseño en ingeniería mecánica de shigley, 8<sup>va</sup> edición, pág. 1020.

Imponiéndonos un factor de seguridad mínimo de 2 se obtiene lo siguiente:

$$d^3 = \frac{2(728,51)}{30Kpsi}$$

$$d = 0,36 \text{ in.}$$

$$d = \frac{3}{8} \text{ in.}$$

En conclusión, el diámetro mínimo con el que se puede construir el eje para que soporte las cargas a las que se verá sometido es de 3/8 in.

### **3.1.4. Diseño de elementos auxiliares para prevención de accidentes (seguridad industrial)**

El motor eléctrico y sus anejos irán ubicados dentro del cuerpo de alojamiento con la finalidad de que si por algún motivo llegasen a fallar mecánicamente cualquiera de sus elementos no se encuentren expuestos en forma directa con el operario, por lo cual resulta necesario la colocación de una puerta del mismo material de la estructura con lo que servirá como protector para el operario pero permite también que se pueda tener acceso para verificar el estado de funcionamiento en el interior del mismo.

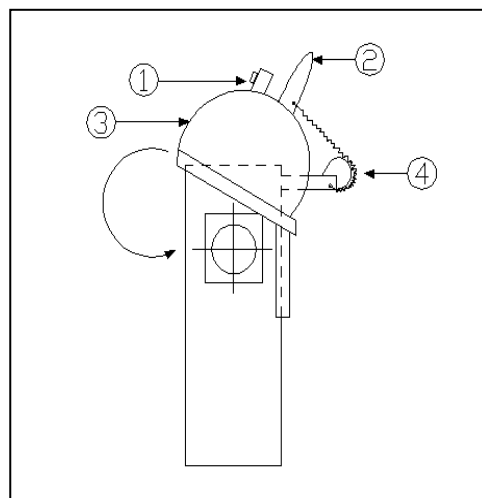
- Interruptor principal: el primer sistema de seguridad que se adaptara a la máquina prototipo es el interruptor principal de encendido del sistema eléctrico, el cual proveerá de corriente al motor. Estará situado en un lugar de fácil acceso para que en caso de accidente se pueda desactivar inmediatamente cortando el paso de corriente.
- Interruptor de seguridad: este interruptor permitirá que mediante el accionamiento manual del brazo de corte el motor comience a girar al mandril mediante el sistema de transmisión por banda y polea, es decir,

que el mecanismo entre en funcionamiento. Por otro lado al ser levantado el brazo de corte desactivará el interruptor lo que producirá un corte de corriente, y por lo tanto no habrá movimiento rotativo en el mandril.

- Interruptor de protección: estará ubicado en la puerta de acceso al motor y sistema de transmisión, el cual por seguridad evitará que el motor entre en funcionamiento cuando se esté realizando operaciones de mantenimiento.
- Protector metálico: el protector metálico que se muestra en la figura N° 3.31, cumplirá la función de evitar que al finalizar el trozado del filtro se desprendan en cualquier sentido los elementos internos, reteniéndolos para ser depositados sobre la bandeja de retención, evitando así un accidente. A demás evita que el aceite contenido en el interior, al momento del corte se disperse fuera de la bandeja de recolección.

Figura N° 3.31

Esquema del protector metálico

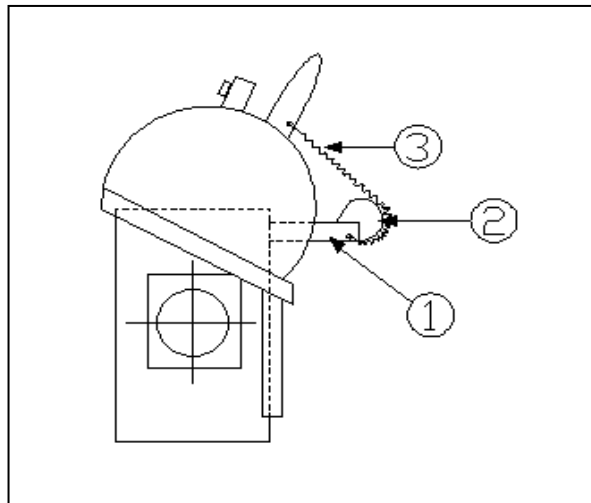


- 1.- Porta-cuchillas
- 2.- Brazo de accionamiento de corte
- 3.- Protector metálico
- 4.- Sistema de recuperación del brazo de corte

- Sistema de recuperación del brazo de corte: este sistema se encargará de luego de ser accionado el brazo de corte colocarlo nuevamente en la posición inicial, con lo que se evitará que la máquina se accione accidentalmente sin necesidad de aplicar una fuerza externa en el brazo articulado. En la figura N° 3.32 se puede apreciar claramente el sistema de recuperación mediante muelle, el mismo que será instalado de manera tal que no afecte a la maniobrabilidad ni al correcto funcionamiento de la máquina prototipo.

Figura N° 3.32

Dibujo del sistema de recuperación del brazo de corte

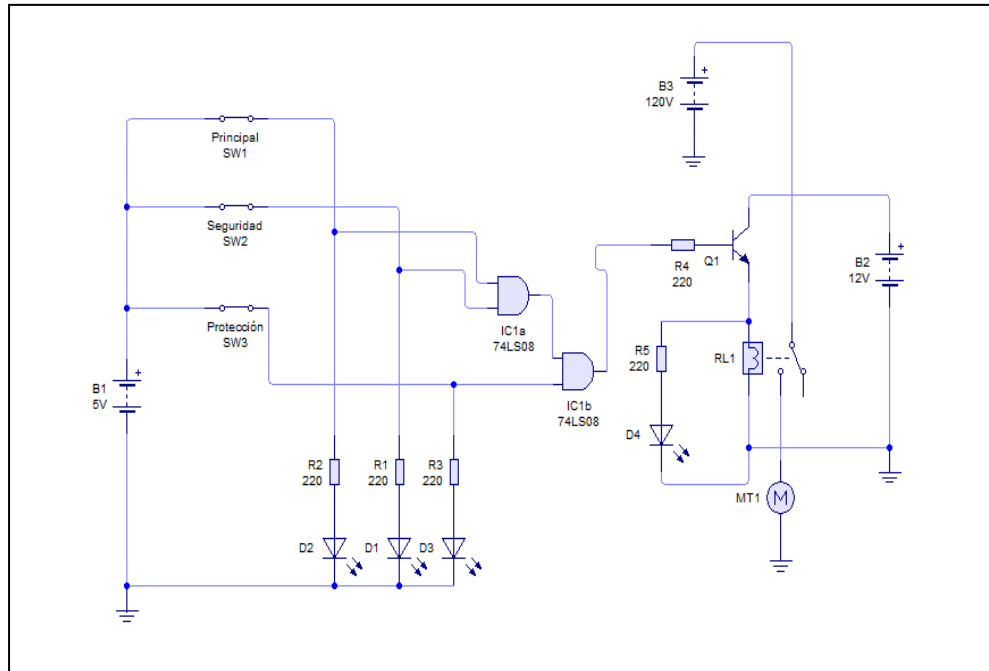


- 1.- Brazo de soporte
- 2.- Guía del resorte
- 3.- Resorte de recuperación

- Módulo de control. Se incorporará un modulo electrónico, figura N°3.3, de comando lógico para las tres variables de funcionamiento que rigen al motor, es decir, los comandos de interruptor principal, interruptor de seguridad e interruptor de protección, este modulo nos permitirá a su vez determinar rápidamente posibles fallas que puedan presentarse mediante los indicadores led.

Figura N° 3.33

Esquema del modulo de control



### 3.1.5. Procedimiento de trabajo que efectuará la máquina prototipo

El procedimiento de trabajo que ejecutará la máquina prototipo será el siguiente:

- **Paso 1.-** Colocar la cuchilla en el porta-cuchillas, regulándola a la altura estándar.
- **Paso 2.-** Verificar que esté correctamente cerrada la compuerta de protección.
- **Paso 3.-** Conectar la máquina a una fuente de corriente eléctrica de 110V/60Hz.
- **Paso 4.-** Verificar los estados de los interruptores mediante los indicadores led, en este punto el primero y tercero de los leds de color azul deben estar encendidos y el tercer led apagado, mostrando así la tabla N° 3.3 de estados:



Tabla N° 3.3

Tabla N° 1 de estados lógicos

INDICADORES	COLOR	ESTADO		INTERPRETACIÓN
		ON	OFF	
Led de funcionamiento	VERDE			La máquina no está en funcionamiento
Primer led	AZUL			El sensor principal está desactivado.
Segundo led	AZUL			El sensor de protección está activado.
Tercer led	AZUL			El sensor de seguridad no está activado.

- **Paso 5.-** Accionar el interruptor principal, en este caso la tabla N° 3.4 de estados se mostraría de la siguiente manera.

Tabla N° 3.4

Tabla N° 2 de estados lógicos

INDICADORES	COLOR	ESTADO		INTERPRETACIÓN
		ON	OFF	
Led de funcionamiento	VERDE			La máquina no está en funcionamiento
Primer led	AZUL			El sensor principal está activo.
Segundo led	AZUL			El sensor de protección está activado.
Tercer led	AZUL			El sensor de seguridad no está activado.

- **Paso 6.-** Selección del filtro y fijación en el mandril autocentrante por medio de la llave de cabeza cuadrada.

⚠ Precaución: Asegurarse que el filtro este sujeto correctamente, es decir que la base del filtro este completamente incrustada dentro del mandril de sujeción antes de proceder a apretarlo.

- **Paso 7.-** Accionamiento manual del brazo de corte. Al ser accionado activará el interruptor de seguridad que permitirá que comience a girar el filtro que se encuentra sujeto en el mandril. En este punto la tabla N° 3.4 de estados sería la siguiente:

Tabla N° 3.5

Tabla N° 1 de estados lógicos

INDICADORES	COLOR	ESTADO		INTERPRETACIÓN
		ON	OFF	
Led de funcionamiento	VERDE	ON	OFF	La máquina está en funcionamiento
Primer led	AZUL	ON	OFF	El sensor principal está activo.
Segundo led	AZUL	ON	OFF	El sensor de protección está activado.
Tercer led	AZUL	ON	OFF	El sensor de seguridad está activo.

⊘ Restricción: Nunca introducir un objeto extraño cuando el mandril está en funcionamiento pues podría ocasionar serios accidentes.

- **Paso 8.-** Con el desplazamiento del porta-cuchillas y la cuchilla se efectuará el trozado del filtro hasta completar el corte. El protector de seguridad evitará que tanto la carcasa del filtro como sus elementos salgan dispersados en diferentes direcciones, depositándose directamente sobre la bandeja de retención de elementos.
- **Paso 9.-** Finalizado el proceso, levantado el brazo de corte y con el mandril estático procedemos a extraer la base de la carcasa del filtro que se encuentra alojada en el mandril.

⚠ Precaución: Tener sumo cuidado al desmontar la base del filtro pues presenta un perfil cortante.

🚫 Restricción: Nunca manipular la máquina sin guantes de seguridad.

- **Paso 10.-** Se procederá a la separación de los diferentes elementos internos según el tipo de material del cual está elaborado. Para la separación de estos elementos se ubicarán dos contenedores de manera lateral al mecanismo de sujeción y corte para facilitar la separación, en donde se depositará los elementos de chapa de acero y los elementos de caucho para su posterior reciclaje; mientras que los cartuchos filtrantes pasarán directamente a la base de la compactadora; en cuanto a la carcasa antes de ser clasificada como chatarra y debido a que aun contiene cierta cantidad de aceite, será colocada en una base de recolección de aceite por un lapso de 25 a 30 minutos.
- **Paso 11.-** Luego de trozar de 4 a 5 filtros que es el máximo recomendado de compactación, todos los cartuchos filtrantes serán compactados mediante el accionamiento de una palanca, la misma que generará el desplazamiento de la placa de compactación que comprimirá al máximo dichos cartuchos, extrayendo todo el aceite del papel filtrante y dicho fluido llegará hasta la bandeja de recolección de aceite para su posterior tratamiento, finalmente los cartuchos filtrantes ya compactados se mantendrán en la prensa bajo presión con la finalidad de extraer todo el aceite, durante el tiempo que tome realizar el proceso de sujeción y corte del siguiente ciclo que consiste en obtener cinco cartuchos más para ser compactados, los mismos que serán colocados en la bandeja de malla de la compactadora, una vez completados los cinco nuevos cartuchos se extrae los cartuchos compactados que serán clasificados

como desechos sólidos y se coloca los nuevos repitiéndose el proceso a partir del paso cuatro.

- **Paso 12.-** Una vez que se han llenado los depósitos, vaciarlos en los recipientes de recolección de 5 galones y verterlos en el depósito de almacenamiento.
- **Paso 13.-** Una vez lleno el depósito de almacenamiento, intercambiarlo por otro con ayuda del móvil de transporte.

## **3.2. Procedimientos de construcción**

### **3.2.1. Mecanismo de sujeción y corte**

Según el diseño propuesto se iniciará construyendo las estructuras electro soldadas dado que estas son la base para la colocación de los demás elementos. Se comenzará por el mecanismo de sujeción, corte y separación para lo cual se ha cortado planchas lisas según las medidas establecidas (ANEXO N°10), para ser soldadas con suelda eléctrica, con la cual se consigue un solo cuerpo robusto y capaz de albergar a los elementos más pequeños. En la figura N° 3.34 se muestra una fotografía de un avance en la construcción de dicho mecanismo.

Figura N° 3.34

Fotografía de la estructura electro soldada



En la parte frontal de la estructura se construyó dos puertas, la primera con la finalidad de permitirnos un fácil acceso al motor, el sistema de transmisión y eje de rotación; y la otra será para guardar las herramientas propias de la máquina prototipo como son: llave de mandril, mordazas interiores del mandril, llave del porta-cuchillas, palanca de accionamiento del mecanismo de compactación, entre otras. Las dos puertas cuentan con un sistema de cierre manual.

Luego se construyó el mecanismo de tensión de la banda, figura N° 3.35, constando éste a su vez de la placa base que alojará al motor eléctrico. El eje pivote será sostenido mediante una bisagra soldada a la estructura para

garantizar su estabilidad y permitiendo así un correcto giro del mecanismo de manera que nos pueda permitir un movimiento progresivo para la regulación necesaria de la tensión de la banda.

Figura N° 3.35

Fotografía del mecanismo de tensión de la banda

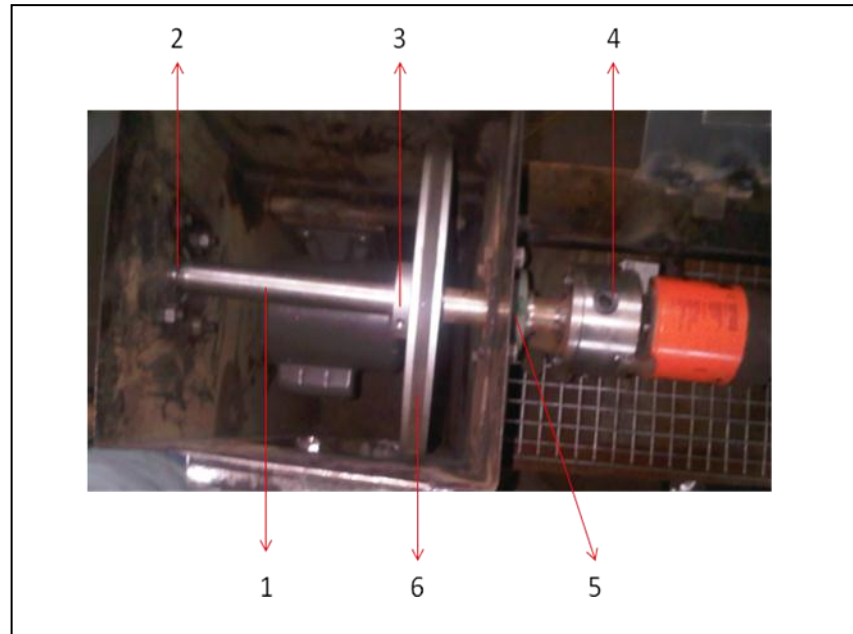


- 1.- Motor eléctrico
- 2.- Bisagra
- 3.- Eje pivote
- 4.- Placa base del motor
- 5.- Polea de transmisión

Se procedió a realizar los agujeros para colocar las chumaceras que permitirán el giro del eje de rotación, en el eje se había establecido que el diámetro mínimo de construcción debería ser de 3/8 pulgada pero con la finalidad de facilitar los procesos de construcción se optó por utilizar un eje con un diámetro de 1 pulgada sabiendo que este será capaz de resistir las cargas a las que se verá sometido, en la figura N° 3.36 se enseña una fotografía del eje armado e instalado. Una vez sujetas las chumaceras se coloca el eje, el mismo que lleva soldado en el extremo izquierdo el mandril de sujeción, tras atravesar la primera chumacera se coloca internamente la polea de transmisión sujeta mediante pernos cónicos de anclaje, se coloca la banda en dicha polea y finalmente se pasa el eje por la segunda chumacera.

Figura N° 3.36

Fotografía del eje de rotación armado



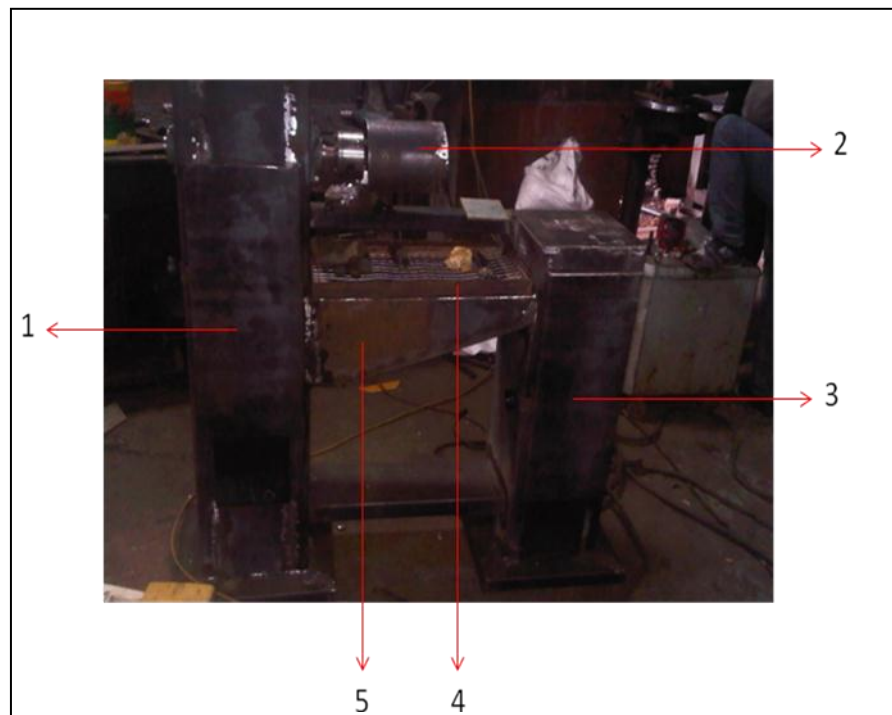
- 1.- Eje de rotación
- 2.- Chumacera N°2
- 3.- Polea de transmisión
- 4.- Mandril de sujeción
- 5.- Chumacera N°1
- 6.- Banda

Cabe mencionar que la polea que va colocada en el eje será accionada por el motor eléctrico mediante una banda, en donde tanto la polea del motor y la polea del eje se encontraran alineadas de evitando que la banda tienda a salirse de su posición, considerando que estas a su vez están sujetos mediante pernos de fijación. La bandeja de recolección de aceite se soldó a la estructura metálica conformando un depósito hermético fabricado en planchas lisas, en la base de dicho depósito se colocó un desfogue de aceite que nos permite la recolección del aceite en tanques de mayor volumen. Sobre dicha bandeja se construyó dos rieles que permiten la colocación de la bandeja de retención de elementos internos que consta de perfiles triangulares soldados entre sí para dar una forma rectangular, y sobre estos una malla electro soldada hecha a la medida.

En el lugar donde se encontrará ubicado el mandril se acoplará un mecanismo de corte, el cual consta de un protector metálico articulado sobre el cual se colocará el porta cuchillas y a su vez la cuchilla, su accionamiento se llevará a cabo mediante un brazo de accionamiento de corte que permitirá trozar los filtros de manera manual actuando sobre la cuchilla que cortará los mismos. A su vez es un mecanismo de seguridad ya que el protector metálico articulado, evitará que el filtro ya cortado salga desprendido hacia el brazo del operario, evitando accidentes. En la imagen N°3.37 se muestra las partes más representativas del mecanismo de sujeción, corte y separación.

Figura N° 3.37

Fotografía del mecanismo de sujeción y corte en construcción



- 1.- Puerta de acceso al los elementos internos
- 2.- Protector metálico
- 3.- Puerta del gabinete para herramientas
- 4.- Bandeja de retención de elementos internos del filtro
- 5.- Bandeja hermética de recolección de aceite



Ya construido en totalidad el mecanismo de sujeción y corte se procedió a pintarlo, figuras N° 3.38 y N° 3.39.

Figura N° 3.38

Fotografía del mecanismo de sujeción y corte

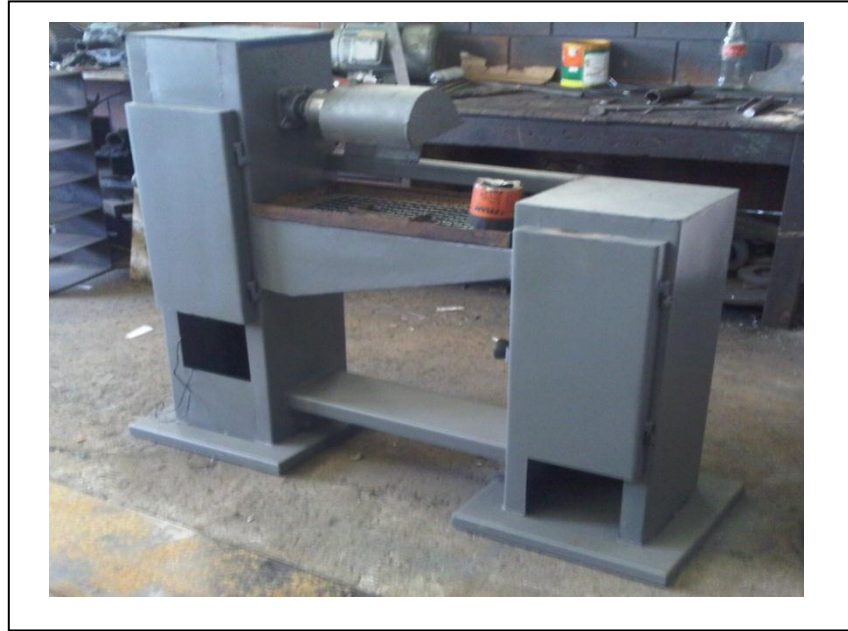


Figura N° 3.39

Fotografía del mecanismo de sujeción y corte pintado



Tras terminar con la construcción mecánica del mecanismo de sujeción y corte se procedió a instalar la placa de control con los tres interruptores de seguridad para lo fue necesario colocar un transformador de corriente alterna de 110V/60Hz a 12V/60Hz el mismo que servirá de alimentación para la placa de control, ésta recibe señales de los sensores y enciende los leds indicadores (color azul) en caso de desconexión o falla de funcionamiento para cada sensor, si los tres sensores están activos enciende el led principal (color verde) que indica que la máquina está en correcto funcionamiento.

Finalmente se construyó el mecanismo de recuperación del brazo de corte soldando a la estructura un apoyo metálico lateral en la parte posterior de la estructura para que el mismo sirva como un tope del brazo de corte, así como también base para alojar uno de los extremos del muelle de recuperación, dado que el otro extremo del muelle irá sujeto al brazo de corte, al accionar el mismo se genera un tensión en el muelle de recuperación almacenando energía, la cual al desaparecer la fuerza ejercida por el operario produce que el muelle se comprima venciendo el peso de todo el conjunto articulado volviendo así a su posición de descanso, dicho funcionamiento se puede apreciar en la figura N° 3.40.

Figura N° 3.40

Fotografía del mecanismo de recuperación del brazo de corte



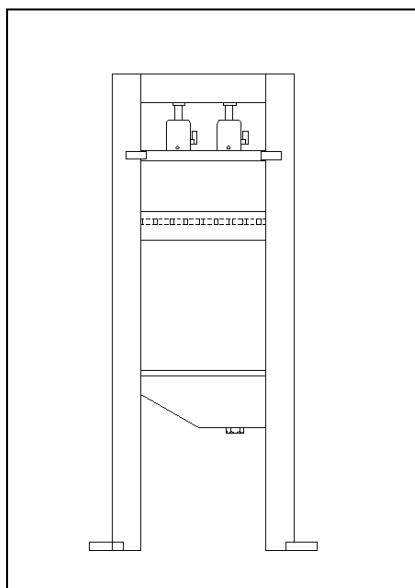
Un aspecto de importancia es que se debe mantener la cuchilla de corte en perfecto estado, partiendo desde la etapa de afilado y en caso de notar cierto desgaste se debe detener el proceso y afilarla nuevamente con ayuda de un esmeril evitando el recalentamiento excesivo de la cuchilla y dejándola enfriar en aceite a temperatura ambiente.

### 3.2.2. Mecanismo de compactación

El cuanto al mecanismo de compactación para el papel filtrante o cartuchos se utilizará una prensa hidráulica, figura N° 3.41, cuya estructura está formada por perfiles triangulares soldados entre sí, a la cual se le realizó cambios y acoples en su estructura base. El primero de dichos cambios fue retirar el eje de presión y colocar una plancha para poder compactar varios filtros simultáneamente todos colocados en forma lineal a lo largo de la prensa, para lo cual se construyó una placa base con agujeros de drenaje donde se colocarán los cartuchos filtrantes para ser prensados.

Figura N° 3.41

Dibujo del mecanismo de compactación



Dado que la placa de compactación no distribuirá de manera equitativa la presión sobre los cartuchos, se utilizará dos bombas hidráulicas de presión redistribuyendo de mejor manera la presión de compactación transmitida a los cartuchos filtrantes.

Para la recolección de aceite se construyó una bandeja parecida a la construida en el mecanismo de sujeción y corte, es decir, mediante placas lisas se formó un depósito hermético con un desfogue en la parte inferior del mismo; este depósito se soldó a la estructura de perfiles de la prensa justamente bajo la plancha base con agujeros de drenaje con la finalidad de recolectar en su totalidad el aceite extraído al prensar los cartuchos. (ANEXO N° 11).

Se debe tener presente que al ser una compactadora, el accionamiento será de forma manual mediante palanca, permitiéndonos comprimir al máximo 5 filtros simultáneamente, en la figura N° 3.42 se aprecia un conjunto de cartuchos filtrantes de diferentes medidas ya compactados.

Figura N° 3.42

Fotografía de cartuchos filtrantes



### **3.3. Pruebas de funcionamiento**

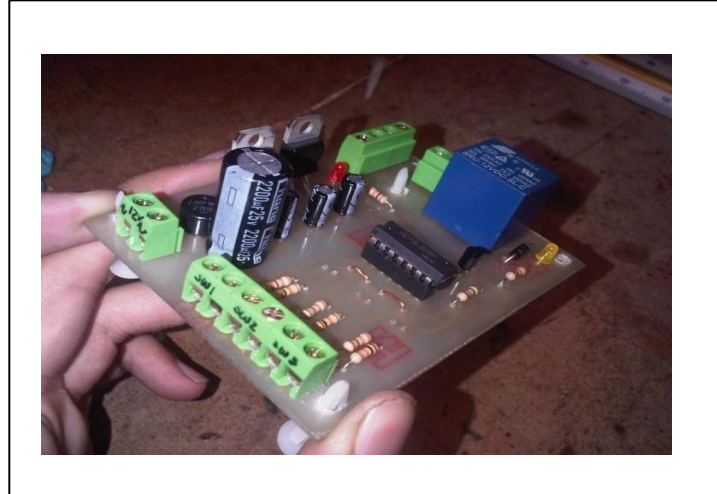
#### **3.3.1. Prueba de control de interruptores de seguridad**

Desconectado el motor de mando, se probó el accionamiento de cada sensor y verificando si envía señal a la placa de control, figura N° 3.43, esta señal está representada mediante valores lógicos de 0 o 1 (0 o 5 voltios respectivamente), dado el diseño de la placa de control se utilizaron interruptores de dos posiciones, es decir cuando el interruptor no está activado envía un valor lógico 0, lo que la placa interpreta como una señal para cortar la corriente de alimentación, en este caso basta con que uno de los tres sensores envíe un valor lógico 0 para que el motor no se active o se detenga, en caso de estar en funcionamiento.

Mientras que cuando el sensor se activa o cambia de posición envía un valor lógico 1 el cual es interpretado por la placa de control como un valor afirmativo para activar el motor pero en este caso es necesario que los tres interruptores envíen una señal afirmativa para que el motor sea activado poniendo en funcionamiento la máquina. Las señales emitidas por los sensores se pueden apreciar de manera visual en los leds indicadores de color azul, cada led corresponde a un sensor, en caso de que el sensor envíe una señal de corte se encenderá su correspondiente led indicador, cuando los tres sensores envían una señal afirmativa los leds permanecen apagados y se enciende el led de color verde, el mismo que indica que la máquina está en funcionamiento.

Figura N° 3.43

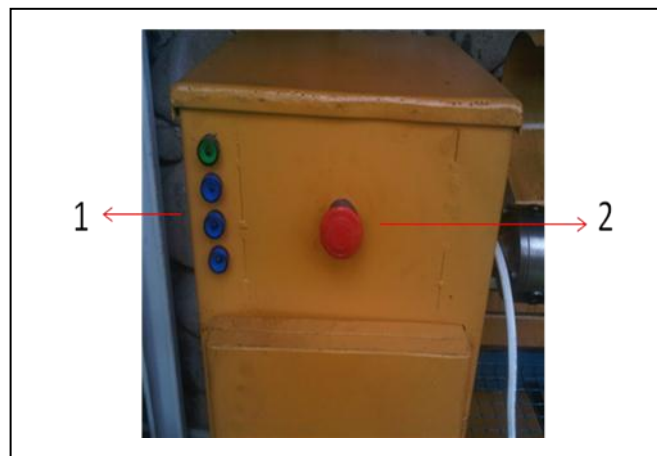
Fotografía del modulo de control



Una vez comprobados los sensores de manera estática, conectamos el motor y probamos nuevamente los sensores, esta vez la prueba de funcionamiento será verificando directamente si activan o desactivan el motor eléctrico, afirmando así su correcto funcionamiento. En las figura N° 3.44, N° 3,45 y N° 3.46 se muestran fotografías del interruptor principal, interruptor de seguridad e interruptor de protección respectivamente.

Figura N° 3.44

Fotografía del interruptor Principal



- 1.- Leds indicadores
- 2.- Interruptor Principal

Figura N° 3.45

Fotografía del interruptor de seguridad



Figura N° 3.46

Fotografía del sensor de protección



### 3.3.2. Prueba de corte

Para esta prueba se cortaron 30 filtros de aceite de diferentes marcas y dimensiones, pudiendo observar que para el corte no es necesario aplicar una fuerza relativamente alta, sino que una ligera presión sobre la palanca de accionamiento que controla el avance de la cuchilla, produce un corte uniforme y completo. A demás una vez realizado el corte, el filtro cae a la bandeja de retención donde se separan los elementos internos manualmente sin mayor dificultad, al tener depósitos adjuntos a la máquina para colocar los elementos de chapa de acero y caucho se logra una completa clasificación por materiales

los mismos que luego se les dará su respectivo tratamiento de reciclaje. Se puede apreciar claramente los elementos del filtro en la figura N° 3.47 que muestra una fotografía luego del proceso de sujeción y corte.

Figura N° 3.47

Fotografía de un filtro cortado y separado sus elementos



Un aspecto a considerar es que la carcasa aun contiene restos de aceite por lo cual debe ser colocada en una base de recolección de aceite para drenarla por gravedad, se recomienda colocarla por aproximadamente 25 a 30 minutos o hasta que esté libre de aceite. Dado que todos los filtros fueron cortados y separados satisfactoriamente no se realizó ningún ajuste para el proceso de sujeción, corte y separación.

### 3.3.3. Prueba de compactación

Una vez cortados y separados los elementos del filtro, tomamos los cartuchos filtrantes y los colocamos en la placa base de la prensa, colocando cinco cartuchos para ser prensados simultáneamente, mediante accionamiento manual se comienza a compactar los mismos extrayendo el aceite que retienen en su interior, todos se ven compactados bajo la misma presión lo que se refleja en un óptimo prensado y extracción de aceite, a demás se reduce notablemente



el volumen del mismo lo que se traduce como una ventaja del proceso, pudiendo observar el resultado satisfactorio en la figura N° 3.48.

Figura N° 3.48

Fotografía de un cartucho filtrante compactado



### 3.4. Calibraciones y ajustes

En las dos estructuras se colocó protectores de plástico rígido con la finalidad de evitar que el aceite extraído durante los procesos se derrame fuera de las bandejas de recolección, logrando un entorno de trabajo más limpio y seguro, dichas modificaciones se pueden observar en las figuras N° 3.49 y N° 3.50.

Figura N° 3.49

Fotografía máquina de sujeción y corte con protectores



Figura N° 3.50

Fotografía máquina de compactación con protectores



Se modificó también la placa base del mecanismo de compactación dado que el filtro de mayor diámetro en el mercado es el FRAM PH8A con un diámetro de 9,5mm y este superaba el ancho de la placa de compactación por lo que se vio necesario reemplazarla por una nueva, si bien no es un cambio estructural de importancia pero nos permite así abarcar todas las dimensiones existentes sin riesgo de que se derrame aceite por los bordes de la máquina de prensado.

### **3.5. Obtención del tiempo estándar**

Con ayuda de un cronómetro se tomó el tiempo en segundos por cada paso a realizar en el proceso de trabajo lo que nos permite obtener un tiempo estándar para cada actividad. Para obtener un tiempo promedio real se realizó el proceso completo tanto de sujeción, corte y separación como de prensado en 30 filtros de diferentes marcas y diámetros, llevando un registro de los tiempos realizados. Para tener una visión más amplia del propósito que se plantea, las pruebas de funcionamiento se han realizado con tres operarios, pudiendo observar que el proceso no representa dificultad alguna para los operarios al

momento de realizar el ciclo de trabajo y que no se requiere de un entrenamiento previo sino más bien de intuición y cautela por parte del operario. Basándonos en la capacidad de compactación nos limitamos a realizar ciclos de trabajo en intervalos de cinco filtros por lo cual se realizó la toma de tiempos en 10 ciclos adicionales a las pruebas anteriores. Se obtuvo los siguientes resultados mostrados en la tabla N° 3.6.

Tabla N° 3.6

Estudio de tiempos para el proceso compactación

N° de Prueba	Tiempo Medido	
1	54	
2	50	
3	62	
4	56	
5	51	
6	58	
TOTAL	331	
	Tiempo Promedio	55,2 seg.

En la tabla N° 3.7 se muestra los registros de la toma de tiempos para el proceso de sujeción, corte y separación, se ha creído conveniente dividir la actividad en subprocesos para que en caso de existir alguna dificultades de ejecución poderla identificar de mejor manera para su posterior corrección.

Tabla N° 3.7

Estudio de tiempos para el proceso de sujeción y corte

ELEMENTO	TOMAR EL FILTRO Y EXTRAER LA JUNTA O ANILLO DE CAUCHO	SUJETAR EL FILTRO EN EL MANDRIL AUTOCENTRANTE	REALIZAR EL CORTE DEL FILTRO	SEPARAR LOS ELEMENTOS INTERNOS	TOTAL
N°	Tiempo Medido	Tiempo Medido	Tiempo Medido	Tiempo Medido	Tiempo Total
1	8	10	13	12	43
2	12	14	10	14	50
3	10	12	12	10	44
4	8	22	8	17	55
5	12	16	11	14	53
6	8	14	14	8	44
7	14	18	12	16	60
8	10	16	10	12	48
9	8	14	7	10	39
10	15	12	12	11	50
11	8	17	11	14	50
12	5	15	16	12	48
13	8	18	14	12	52
14	12	10	12	17	51
15	11	14	7	9	41
16	10	10	10	10	40
17	11	12	12	13	48
18	8	11	11	15	45
19	14	18	9	16	57
20	13	10	8	9	40
21	12	20	10	12	54
22	10	15	10	11	46
23	9	13	11	16	49
24	15	14	13	10	52
25	10	17	15	8	50
26	12	11	14	14	51
27	11	16	10	12	49
28	9	15	12	10	46
29	13	20	10	11	54
30	14	10	7	13	44
TIEMPO PROMEDIO					48,4 seg.

Para finalizar se realizó un estudio de tiempos por ciclos completos, así mismo se creyó conveniente dividirlo en los dos procesos para facilitar su análisis. En la tabla N° 3.8 se muestra los tiempos tomados en el proceso de sujeción, corte y separación así como del proceso de compactación por ciclo, es decir el tiempo que toma para cada actividad el proceso de cinco filtros.

Tabla N° 3.8

Estudio de tiempos por ciclo (Proceso de 5 filtros)

N° de ciclo	PROCESOS.	
	SUJECCIÓN, CORTE Y SEPARACIÓN (Seg.)	COMPACTACIÓN (Seg.)
1	265	65
2	220	68
3	300	70
4	240	56
5	195	75
6	250	63
7	250	62
8	240	69
9	260	66
10	255	71
Subtotales	2475	665
Promedio	247,5	66,5
<b>TOTAL PROMEDIO</b>		<b>314 Segundos.</b>
<b>PROMEDIO REAL POR CICLO.</b>		<b>5 MIN 14 SEG.</b>

De esta manera se ha determinado que es necesario para procesar un ciclo de trabajo un tiempo promedio de 5 minutos con 14 segundos.

### 3.6. Rendimiento de la máquina

Se ha determinado de manera experimental que tras realizar el proceso completo de sujeción, corte, separación y prensado en 50 filtros de aceite usados, se obtiene un galón de aceite.

*50 filtros procesados = 1 galón de aceite usado*

*10 ciclos completos = 1 galón de aceite usado*

Este valor puede variar ligeramente debido a que se emplean para el proceso filtros de distintas marcas y dimensiones, por lo que el volumen de aceite acumulado en los filtros no es constante. En la figura N° 3.51 se hace referencia fotográficamente a los filtros procesados para la obtención del estándar de recolección de aceite usado.

Figura N° 3.51

Fotografía de las 50 carcasas de los filtros de prueba



### 3.6.1. Proyección de rendimiento

Con los resultados obtenidos del estudio de tiempos se ha realizado una proyección del rendimiento de la máquina prototipo, estableciendo así que en un día de trabajo con jornadas de 8 horas laborables se realizarían alrededor de 90 ciclos completos, pues se realiza un ciclo de trabajo cada 5 minutos con 14 segundos, lo que significa que se procesarían diariamente 450 filtros.

*En un día se procesarían 450 filtros equivalente a 90 ciclos.*

Dado que se ha procesado 250 filtros, se ha interpolado entre la cantidad de filtros y el peso de los mismos para así obtener un peso aproximado de los 450 filtros.

*450 filtros = 81 kilos de chatarra.*

Es decir 178,5 libras que se ven comprendidas en el peso de los elementos metálicos que conforman el filtro, cabe recalcar que dichos elementos son 100% reciclables, en la figura N° 3.52 se muestra parte de la chatarra recolectada.

Figura N° 3.52

Fotografía de la chatarra recolectada



Al procesar 450 filtros diarios, se recolectaría también 9000 unidades de válvulas y juntas de caucho representando un peso de 4,7 kilos o 10,5 libras. Como desecho se obtendría 30 kilos de cartuchos filtrantes compactados y dado que este es el único residuo considerado como desecho sólido o basura, al reducir el tamaño del mismo reducimos el espacio que este ocuparía en el relleno sanitario y lo más importante, al quedar el mismo libre de aceite contaminante puede ser enterrado. El aspecto más importante del estudio es que mediante este proceso se podrían recolectar aproximadamente 9 galones de aceite usado diariamente.

*450 filtros = 9 galones de aceite usado*

Este dato es realmente un aporte significativo a la conservación y protección del medio ambiente, pues como se ha dicho anteriormente el aceite usado es sumamente contaminante. En la tabla N° 3.9 se puede apreciar con mayor claridad los beneficios del proceso proyectado a futuro.

Tabla N° 3.9

Proyección de rendimiento

MATERIALES	RECICLABLE	PESO O VOLUMEN			
		DIARIO	SEMANA	MES	AÑO
METAL (kilos)	SI	81	405	1782	20655
CAUCHO (kilos)	SI	4,7	23,5	103,4	1198,5
ACEITE (Galones)	SI	9	45	198	2295
PAPEL FILTRANTE (kilos)	NO	30	150	660	7650

Para poder tener una visión más completa de la problemática que representan los filtros de aceite usados, gracias a la colaboración de la Revisión Técnica Vehicular (RTV), se ha podido estimar que en la ciudad de Cuenca en el año 2010 se han presentado 78075 vehículos con motores a base de gasolina para cumplir con dicha revisión, en consecuencia se podría decir que esta cantidad de vehículos circula hoy en día por la ciudad. Un vehículo realiza el cambio de aceite cada 3000 Km o 3 meses por lo tanto al año realiza 4 cambios de aceite. Si consideramos el número de vehículos en la ciudad se estima lo siguiente:

$$N^{\circ} \text{ de cambios de aceite al año} = (N^{\circ} \text{ de vehiculos en la ciudad}) * (4 \text{ cambios})$$

$$N^{\circ} \text{ de cambios de aceite al año} = (78075 \text{ vehiculos}) * (4)$$

$$N^{\circ} \text{ de cambios de aceite al año} = (78075 \text{ vehiculos}) * (4)$$

$$N^{\circ} \text{ de cambios de aceite al año} = 312300.$$



Así podemos calcular el número de cambios de aceite al mes:

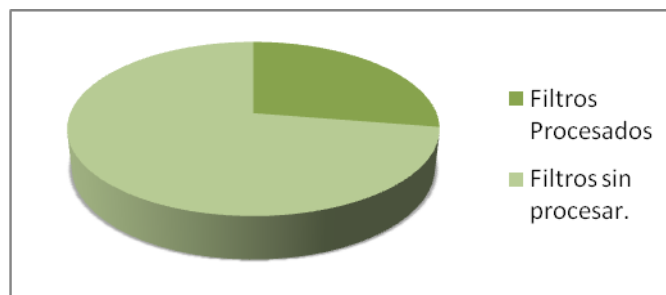
$$N^{\circ} \text{ de cambios al mes} = \frac{N^{\circ} \text{ de cambios al año}}{12 \text{ meses}}$$

$$N^{\circ} \text{ de cambios al mes} = 26025 \text{ cambios.}$$

Lo que se podría interpretar como que al mes en la ciudad de Cuenca se producirían 26025 filtros de aceite usados. De estos filtros de aceite, la máquina prototipo según las proyecciones de funcionamiento procesaría 9900 unidades al mes, siendo el 38% del total de filtros en la ciudad, que claramente se puede ver en la figura N° 3.53.

Figura N° 3.53

Porcentaje de filtros que procesará la máquina prototipo



### 3.6.2. Optimización del rendimiento

Con la máquina prototipo se ha podido establecer la importancia de dar un tratamiento adecuado a los filtros de aceite, a continuación se plantean posibles modificaciones estructurales, mecánicas y de proceso para mejorar su rendimiento, incrementando así los beneficios que esta representa para el medio ambiente.

### **3.6.2.1. Accesibilidad a los filtros**

Al ser tomados los filtros de manera individual por el operario desde una bandeja situada a uno de los costados de la máquina produce una fatiga innecesaria, este problema se podría ver resuelto si previamente se seleccionan los filtros a procesar durante el día y los mismos son almacenados en un depósito surtidor, que mediante una banda transportadora coloque al filtro a procesar en un lugar de mejor acceso para el operario.

### **3.6.2.2. Sujeción de los filtros**

Uno de los factores que más retrasa el proceso es la sujeción mediante un mandril mecánico, pues se debe colocar el filtro con una mano y con la otra realizar la sujeción mediante la llave del mandril, además de verificar su correcto agarre y centrado para evitar accidentes. Se podría ahorrar valiosos segundos en caso de emplear mordazas neumáticas comandadas electrónicamente para así garantizar una correcta sujeción en un menor tiempo.

### **3.6.2.3. Avance de la cuchilla**

Si bien es cierto que el mecanismo empleado en la máquina prototipo resulto muy eficaz, este puede ser mejorado mediante un avance uniforme comandado mediante dispositivos electrónicos que emitan señales de avance o retroceso a la cuchilla mediante una placa electrónica de control, lo que implicaría que el operario no deberá ejercer ningún esfuerzo para realizar el corte de los filtros. Luego de darse el corte del filtro el operario podría regresar la cuchilla a su posición original enviándole una señal de parada y retorno a la placa de control mediante un dispositivo de accionamiento externo. Al no intervenir directamente

de forma manual el operario en el proceso, se garantiza erradicar los posibles accidentes a causa del error humano.

#### **3.6.2.4. Proceso de prensado o compactación**

Para este proceso se podría mejorar implementando una prensa neumática con un habitáculo hermético dentro del cual se colocaría los cartuchos a compactar, debido a que la velocidad de compactación podría ocasionar que el aceite que se encuentra en los filtros se derrame fuera de los depósitos de recolección, de esta manera colocando los filtros a través de una compuerta y accionando la prensa desde un mando externo obtendríamos mejores resultados. Otra posible solución será la de una compactadora hidráulica accionada por un motor en sustitución del accionamiento por palanca manual, obteniendo así un movimiento lineal lento y progresivo del émbolo al cual estaría soldado una plancha gruesa que comprimirá al máximo estos cartuchos obteniendo todo el aceite que contenga el papel micro filtrante de los cartuchos.

#### **3.6.2.5. Lavado y compactación de la carcasa**

En nuestro proceso una vez trozado el filtro se toma la carcasa y se la coloca en una base de recolección de aceite por un tiempo indeterminado hasta que el aceite descienda por gravedad al depósito recolector, este proceso se podría mejorar si sumergimos la carcasa en un baño de detergente o desengrasante garantizándonos así que la carcasa quedaría libre de aceite en un menor tiempo, una vez libre de aceite se podría compactar dicha carcasa con la finalidad de reducir el volumen que esta representa al ser transportada, facilitando su traslado para la venta y reciclaje.

### 3.7. Análisis económico

Para iniciar el análisis económico y poder determinar si resulta rentable la construcción de una máquina prototipo para el reciclaje de los filtros de aceite usados se debe tener presente los siguientes aspectos:

La máquina prototipo es impulsada por un motor eléctrico de  $\frac{1}{2}$  Hp por lo que resulta necesario determinar el costo del consumo de corriente eléctrica, para lo cual se considera las siguientes relaciones y formulas:

Ecuación N° 3.10: Relación de transformación de Hp a Kw.

$$1Hp = 0,746KW$$

De la ecuación N° 3.10 obtenemos que:

$$\frac{1}{2}Hp = 0,373KW$$

Ya que el costo aproximado de un KW/hora en la ciudad de Cuenca-Ecuador es de 12 centavos de dólar, se podría obtener la siguiente relación:

$$\text{costo de la hora de funcionamiento} = \frac{0,373KW * 12ctvs}{1KW}$$

$$\text{Costo de la hora de funcionamiento} = 4,47ctvs$$

Por lo que podemos afirmar que diariamente con jornadas de trabajo de 8 horas se tendría:

$$\text{Costo diario} = 8 \text{ horas} * 4,47 \text{ ctvs.}$$

$$\text{Costo diario} = 35 \text{ ctvs.}$$

Para el cálculo mensual de la energía eléctrica consumida por la máquina en funcionamiento se obtendría un costo aproximado de:

$$\text{Costo mensual} = \text{costo diario} * 22 \text{ dias laborables}$$

$$\text{Costo mensual} = 35\text{ctvs} * 22 \text{ dias.}$$

$$\text{Costo mensual} = 770 \text{ ctv o } \$ 7,70$$

Otro aspecto a considerar es que dado a la facilidad del proceso de trabajo resulta necesario un solo operario, por lo cual debemos remunerar al mismo por dichas labores con un sueldo básico de un empleado que trabaja 8 horas diarias de Lunes a Viernes que es de \$240 mensuales.

Por lo que el costo total de funcionamiento mensual de la máquina sería el siguiente:

$$\text{Costo total} = \text{costo de consumo de corriente} + \text{sueldo operario}$$

$$\text{Costo total} = \$ 7,70 + \$ 240$$

$$\text{Costo total} = \$ 247,70$$

Asumiendo gastos imprevistos del 10% del costo total se tendría:

$$\text{Costo total} = \$ 272,47$$

Para efecto de cálculos hemos asumido que el almacenaje de los filtros está dado directamente en el lugar de proceso, por lo cual no consideramos rubros de recolección y transporte, ya que estos pudieran ser asumidos por la recolección de aceites usados, servicio que proporciona la empresa municipal ETAPA. En contraparte como ingreso tendríamos la ganancia producida por la venta de la chatarra que como ya se indicó se obtendría 1782 kilos de chatarra o 3,56 toneladas, el costo al cual se podría vender la chatarra es de \$220 dólares americanos la tonelada; Lo que significaría:

$$\text{Ingreso} = \text{Precio de venta} * N^{\circ} \text{ de Toneladas.}$$

$$\text{Ingreso} = 220 * 3,56$$

$$\text{Ingreso} = \$783,2$$

Con la obtención y reciclaje de la chatarra, el proceso resulta autosustentable, a demás de a su vez generar ingresos económicos y proporcionar una nueva plaza de empleo para un operario que no requiere mayor conocimiento de operación.

## **CAPITULO IV**

### **RECICLAJE DE LOS ELEMENTOS DE LOS FILTROS DE ACEITE**

#### **4.1. Clasificación de los elementos**

Tras finalizar el proceso de corte, separación y compactación tenemos como resultado el cartucho filtrante que es considerado desecho sólido (basura común) y básicamente tres tipos de materiales a clasificar para su posterior reciclaje, los elementos reciclables como son: la carcasa, la válvula de derivación, la válvula anti-reflujo, y la junta o anillo de caucho puede ser clasificados dentro de los siguientes grupos:

##### **4.1.1. Acero:**

El acero es una combinación de hierro y carbono generalmente en proporciones que no superan el 2,1% en peso de la aleación, es decir entre el 0,2% y el 0,3% porcentajes mayores al 2.0% de carbono en su estructura dan lugar a las fundiciones que comparada con el acero resulta más quebradizo e imposible de forjar.<sup>15</sup> Una vez que el acero es conformado en los hornos es convertido en lingotes de gran peso y tamaño para posteriormente laminarlo y poder así convertir el acero en los múltiples tipos de perfiles comerciales que existen, el proceso de laminado consta en calentar los lingotes de acero fundido a una temperatura que permita la deformación del lingote por un proceso de estiramiento y desbaste que se produce en una cadena de cilindros a presión

---

<sup>15</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Acero>

llamado tren de laminación, dando como resultado chapa de acero<sup>16</sup>, material del cual están conformados la carcasa de los filtros de aceite, motivo de nuestro estudio.

Al ser el acero totalmente reciclable, tras la separación de elementos de los filtros de aceite usados, se obtiene acero para ser reciclado proveniente tanto de la carcasa o cuerpo del filtro como de las válvulas de derivación alojadas en su interior mostradas mediante una fotografía en la figura N° 4.1, en proporción de peso el acero es el elemento más usado en la elaboración de los filtros de aceite, representando un 70% del peso total del mismo.

Figura N° 4.1

Fotografía de elementos de acero



---

<sup>16</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Acero\\_laminado](http://es.wikipedia.org/wiki/Acero_laminado)



#### 4.1.2. Caucho

Es una sustancia natural o sintética caracterizada por la elasticidad, resistencia eléctrica y repelencia al agua, es obtenido de dos maneras:

- Forma natural: se obtiene de un líquido llamado látex que se encuentra en la savia de plantas como la *Hevea brasiliensis*<sup>17</sup> considerada la principal fuente comercial de látex.
- Forma sintética: se obtiene a partir de hidrocarburos insaturados, el caucho Estireno Butadieno es el más común, también llamado SBR utilizado a nivel mundial en las diferentes industrias. Mientras que el Policloropreno o neopreno debido a su mayor permeabilidad, resistencia al calor y menor desgaste en comparación con el caucho natural, además por su alta resistencia a los aceites y solventes es utilizado en la industria automotriz para la elaboración de las juntas y válvulas de los filtros de aceite<sup>18</sup>.

El caucho en los filtros de aceite se obtiene de las juntas o anillos de goma que están colocados en la carcasa en parte inferior de la misma, y también se lo encuentra en la válvula de derivación que se encuentra en su interior, figuras N° 4.2 y N° 4.3.

Figura N° 4.2

Fotografía 1 de los elementos de caucho



<sup>17</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Caucho>

<sup>18</sup> <http://www.monografias.com/trabajos35/caucho-sbr/caucho-sbr.shtml>

Figura N° 4.3

Fotografía 2 de los elementos de caucho



#### 4.1.3. Aceite usado

En general el aceite en el área automotriz está conformado por productos químicos que consisten de hidrocarburos que son destilados del petróleo y de varios aditivos con la finalidad de mejorar el rendimiento del aceite. Una vez que el aceite a cumplido con su vida útil se ve contaminado con partículas ajenas como limallas metálicas, pequeñas cantidades de gasolina y sustancias químicas que se generan cuando el aceite se ve expuesto a altas temperaturas y presión dentro del motor. Los productos químicos encontrados en el aceite usado varían dependiendo de la marca o del tipo de aceite, de la condición del motor de dónde provino dicho aceite, y de la cantidad de uso entre cambios de aceite<sup>19</sup>.

El aceite usado es considerado un residuo líquido contaminante, figura N° 4.4, pero lo hemos categorizado como sustancia reciclable, pues mediante la empresa municipal ETAPA y su división de tratamiento de aceites, se hace entrega de todo el volumen de aceite usado obtenido en nuestro proceso, el cual será usado como combustible en la industria logrando así un menor

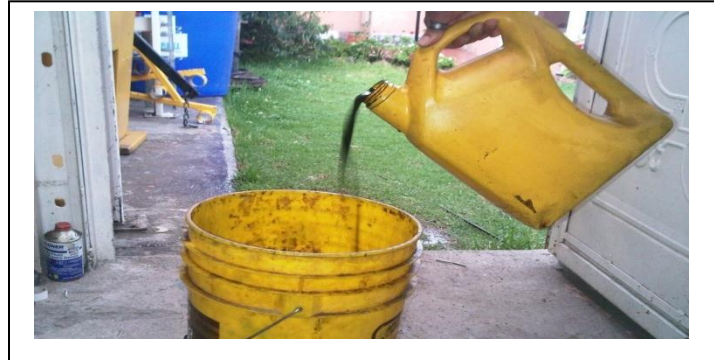
---

<sup>19</sup> [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts102.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts102.html)

impacto en el medio ambiente del mayor contaminante existente en los filtros de aceite usados.

Figura N° 4.4

Fotografía del aceite usado



#### **4.2. Tratamientos que se les puede dar a los componentes reciclables del filtro de aceite**

En la actualidad el filtro de aceite usado pese a conocerse que es un elemento contaminante, no ha sido tratado con mayor importancia, sin considerar el riesgo que este representa. Dentro del filtro de aceite existen elementos que podrían ser reciclables y gracias al proceso de separación de los mismos podemos optar por un tratamiento individual de reciclaje.

##### **4.2.1. Tratamiento para el acero**

El acero es considerado el metal de mayor demanda a nivel mundial, pero la explotación del hierro y carbono se ve altamente reducida gracias a que se puede dar un reciclaje de forma infinita de este material, pues existen empresas chatarrerías o incineradoras que se encargan de recolectar, clasificar y reconformar el acero a través de procesos de fundición y refinación para obtener lingotes nuevos de acero sólido.

“Para el reciclaje del acero mediante fundición la cesta que contiene la chatarra se introduce a un horno eléctrico, donde se logra el paso del estado sólido

(chatarra) al estado líquido (acero líquido), mediante la energía liberada por un arco eléctrico entre tres electrodos de grafito. Mediante la inyección de oxígeno gaseoso y la introducción de un carburante, se logra fundir toda la chatarra a su alrededor. El oxígeno colabora entregando más energía y acelerando el proceso de fusión. Toda la escoria, más liviana, flota sobre el acero líquido, del que es separada y podría ser reutilizada en la construcción de caminos.

Una vez que el acero líquido está libre de escoria, se vierte en otro recipiente, denominado cuchara, donde se termina de ajustar la composición química definitiva. Posteriormente, en esta cuchara se transporta hacia el proceso de solidificación. Esto ocurre en unos moldes refrigerados con agua donde entra el acero líquido por la parte superior y sale por la parte inferior continuamente. Este proceso es conocido como colada continua y permite producir las palanquillas, las que posteriormente son laminadas para producir barras de acero<sup>20</sup>. De esta manera el acero obtenido a través del reciclaje se puede emplear en campos tan diversos como la construcción, la elaboración de electrodomésticos, el campo automotriz e infinidad de opciones en las que se encuentra presente el acero.

#### **4.2.2. Tratamiento para el caucho**

El caucho posee dos características básicas que evitan que puedan ser tratados como desechos sólidos comunes, que son:

- Su proceso de descomposición orgánica es extremadamente lento, por lo que se considera un material no biodegradable.
- Su estructura posee una elasticidad elevada lo que impide que pueda ser compactado.

---

<sup>20</sup> [http://www.gerdauaza.cl/Assets/PDFs/A\\_Reciclar\\_Chatarra.pdf](http://www.gerdauaza.cl/Assets/PDFs/A_Reciclar_Chatarra.pdf), Pag. 40

Pese a esto al no disponer de maquinaria para el reciclaje del caucho, resulta imposible dar un tratamiento especial a los mismos, por lo que son enterrados como residuos comunes.

Existen tratamientos de trituración y micronización que es un proceso donde el caucho es triturado hasta convertirse en gránulos pequeños que posteriormente mediante molinos y tamizaje se produce un polvo fino de caucho convirtiéndose nuevamente en materia prima para la fabricación de moquetas de automóviles, alfombras de caucho, es decir se puede aplicar a cualquier proceso que la industria lo requiera.

Figura N° 4.5

Proceso de triturado y micronizado



Fuente: <http://www.samaraez.com/>

Figura N° 4.6

Imagen del reciclaje del caucho



Fuente: <http://www.samaraez.com/>

#### **4.2.3. Tratamiento para el aceite usado**

Se considera el aceite usado como uno de los contaminantes líquidos tóxicos más peligrosos debido a la cantidad de plomo presente en el aceite usado que oscila del 1 al 1,5% en peso que también provienen de las gasolinas y de los aditivos, en donde de los consumidores no están conscientes del peligro potencial que genera depositar de forma inapropiada el aceite usado, a demás es prescindible recordar que por falta de conocimiento no se le da un tratamiento adecuado y no se considera opciones que podrían ayudar a disminuir el índice de contaminación ambiental y de las enfermedades que este puede causar en el ser humano.

El aceite se puede almacenar en depósitos y ser devueltos al productor, los mismos que pueden volver a refinar dicho aceite mediante procesos similares a los de la obtención de aceite a base de refinación de petróleo. Si este aceite no puede volver a ser refinado se optaría por combustionarlo debido a su alto poder calorífico o almacenarlos en depósitos. Dicho aceite usado debe cumplir con una serie de requisitos para poder ser quemado, lo que implica que se debe realizar una serie de análisis para verificar que cumpla con las especificaciones acordadas, de lo contrario se deberían realizar operaciones de acondicionamiento, este aceite sirve como combustible en hornos de cemento y cal, en hornos para la elaboración de ladrillos y en hornos para tratamientos metalúrgicos, un aspecto importante que se debe considerar es que este proceso de combustión se lo debe emplear únicamente si se sabe que es imposible reutilizar el aceite debido a la presencia de algunos tipos y niveles de contaminantes nocivos que se destruye solo por combustión. Otro uso que se le da al aceite usado es como un agente protector de la madera, el cual evita el ataque de las polillas y las termitas.

### **4.3. Ventajas del reciclaje**

En la actualidad a nivel mundial se ha creado una concientización hacia el cuidado y conservación del medio ambiente a través del reciclaje, al recuperar los materiales reciclables se disminuye considerablemente la cantidad de desechos sólidos en los rellenos sanitarios reduciendo inclusive los costos de recolección y disposición final. Otros aspectos positivos podrían ser que se protegen los recursos naturales renovables y no renovables, también se conserva el ambiente y se reduce la contaminación, se ahorra materia prima en la manufactura de productos nuevos con materiales reciclables e inclusive se obtiene una remuneración económica al comercializar el material reciclado.

Ejemplos de reciclaje serían que “para manufacturar aluminio reciclado se requiere sólo un 5% de la energía que se requiere cuando se utiliza material virgen. En el caso del papel reciclado se economiza un 45% de energía y en el vidrio un 25%. La recuperación de una tonelada de papel reciclable economiza 3,7000 libras de madera y 24 galones de agua. En conclusión, cuando usamos material reciclable como materia prima para manufacturar nuevos productos se protegen los recursos naturales y se ahorra energía”<sup>21</sup>.

#### **4.3.1. Ventajas de reciclar el acero**

Una de las principales ventajas que se obtiene al reciclar el acero, es que el proceso de reciclaje ahorra un 70% de energía consumida en relación con el proceso de fabricación del acero, lo a su vez significa que se evitaría la extracción de nuevas materias primas como son el hierro y el carbono.

Según estudios “por cada tonelada de acero usado que se recicla, se ahorra una tonelada y media de mineral de hierro y unos 500 kilogramos del carbón, el

---

<sup>21</sup> <http://www.ads.gobierno.pr/secciones/reciclaje/VENTAJASDELRECIKLAJE.htm>

combustible utilizado en la fabricación de este metal. Del mismo modo, el uso del agua, otro bien natural cada vez más escaso, se reduce en un 40%”<sup>22</sup>.

La producción del acero produce mayores cantidades de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en relación a las producidas mediante el reciclaje, es decir “por cada envase de acero reciclado se ahorra una vez y media su peso en CO<sub>2</sub>”<sup>23</sup>, por lo tanto al reciclar el acero se disminuye en un 88% las emanaciones de emisiones contaminantes y gases de invernadero a la atmosfera y un 76% en la contaminación del agua<sup>24</sup>.

Otro aspecto importante es que al reciclar el acero se reduce el volumen de desechos sólidos que se almacenan en los rellenos sanitarios, evitando gastos económicos en transporte y depósitos. “De los 784 millones de toneladas anuales producidas de acero en el mundo, cerca del 43% es reciclada proveniente de chatarra. Esto equivale al peso de 150 torres Eiffel o 1,2 millones de autos cada día”<sup>25</sup>.

#### **4.3.2. Ventajas de reciclar el caucho**

Al reciclar el caucho principalmente se evita que el mismo sea tratado como un desecho solido (basura común) y como ya hemos mencionado por sus propiedades es imposible su compactación lo que representaría una pérdida del volumen de almacenaje en los rellenos sanitarios. Al evitar la acumulación de estos residuos de caucho en vertederos incontrolados se disminuye el riesgo de incendios ya que se trata de materiales altamente inflamables, también se podrían evitar problemas de salubridad derivados de la conversión de estos vertederos en hábitat artificiales en los que proliferan roedores e insectos.

---

<sup>22</sup> <http://www.ecologiaverde.com/como-reciclar-acero/>

<sup>23</sup> <http://www.ecologiaverde.com/como-reciclar-acero/>

<sup>24</sup> [http://www.gerdauaza.cl/Assets/PDFs/A\\_Reciclar\\_Chatarra.pdf](http://www.gerdauaza.cl/Assets/PDFs/A_Reciclar_Chatarra.pdf)

<sup>25</sup> <http://sudinox.bligoo.com/content/view/174917/Reciclaje-de-Acero.html>



Muchos de los elementos manufacturados en caucho pueden ser reutilizados para otros fines, como por ejemplo se utilizan en puertos y embarcaciones como elementos de protección. Además mediante tratamientos de pirólisis el caucho se puede convertir en hidrocarburos más ligeros mediante procesos térmicos consiguiendo alquitranes, gases y aceites que pueden ser empleados como materias primas. De igual manera que en todo proceso de reciclaje, se evita la extracción innecesaria de materias base para la producción de caucho, si se añade el caucho reciclado al caucho virgen el producto obtenido se puede emplear en procesos de fabricación de losetas para los suelos, arandelas, etc.

#### **4.3.3. Ventajas de reciclar el aceite usado**

El aceite usado es uno de los mayores contaminantes, por lo que es necesario su reciclaje o correcto manejo del mismo. Al reciclar el aceite usado se reduce considerablemente el índice de contaminación medioambiental, pues este contiene hidrocarburos que no son biodegradables biológicamente que al ser vertidos en la tierra destruyen el humus vegetal convirtiéndolo en un suelo infértil, mientras que si se depositan en el agua, forma una película flotante de aceite impide el enriquecimiento de oxígeno indispensable para la vida marítima, además se estima que un litro de aceite usado puede contaminar 1000000 litros de agua<sup>26</sup>.

Al ser altamente contaminante si no es debidamente reciclado puede producir al estar en contacto con los seres humanos daños severos a la piel, y dado que contiene componentes cancerígenos representa un riesgo para la salud.

Un aspecto que se debe considerar es que al reciclar el aceite se le debe dar un tratamiento adecuado, ya que su quema o mezcla con fuel-oil, para calefacción o producción de energía, produce emisiones gaseosas altamente tóxicas debido a que contienen compuestos de plomo, cloro, fósforo, azufre, cadmio, etc.

---

<sup>26</sup> <http://www.euskalnet.net/>

Al aprovechar el aceite usado como materia prima, se está reduciendo la cantidad de residuos a disponer y mejorando la situación ambiental. A su vez se está disminuyendo el uso de recursos naturales no renovables<sup>27</sup>. Es decir, al reciclar el aceite evitamos una contaminación eminente del medioambiente y preservamos la salud de los seres vivos en el planeta incluido el hombre. Al ser empleado como combustible en procesos de la industria evitamos el uso de derivados del petróleo día a día resultan más escasos.

---

<sup>27</sup> [http://www.cempre.org.uy/index.php?option=com\\_content&view=article&id=79&Itemid=97](http://www.cempre.org.uy/index.php?option=com_content&view=article&id=79&Itemid=97)

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Mediante este trabajo de graduación se ha determinado la importancia que representa el hecho de dar un tratamiento adecuado a los filtros de aceite usados, ya que con un correcto diseño tanto de la máquina prototipo como del proceso de trabajo que la misma realiza, se ha logrado construir una máquina capaz de sujetar, cortar, separar y compactar los filtros de aceite de motores de combustión interna a base de gasolina permitiendo reciclar en un 90% de los elementos constitutivos del mismo.

Experimentalmente tras realizar las pruebas de funcionamiento pertinentes se ha establecido que con la máquina prototipo se puede procesar un promedio de 450 filtros diarios bajo horarios laborables, lo que representa un volumen de recolección de 9 galones de aceite usado diarios, a demás de 81 kilos de chatarra totalmente reciclable. A su vez la máquina prototipo se vería en la capacidad de procesar el 38% de los filtros desechados mensualmente en la ciudad de Cuenca, lo que representa un aporte muy significativo para el medio ambiente y la sociedad.

Desde el punto de vista ecológico al reciclar los elementos constitutivos del filtro de aceite nos permite eliminar el riesgo de contaminación al medioambiente, pues al ya no ser tratados como desechos comunes, no serán enterrados en rellenos sanitarios evitando así la contaminación que se produce al entrar en contacto con los recursos naturales.

Dado que la máquina prototipo no es capaz de procesar la demanda de filtros en la ciudad se recomienda tomar en cuenta las sugerencias dadas en la optimización del rendimiento en caso de construir una nueva máquina para el reciclaje de los filtros. Se debería construir más de una máquina para procesar todos los filtros, a demás de esta manera se generarían nuevas plazas de trabajo con un sueldo digno para los operarios, logrando así un desarrollo socioeconómico y aporte realmente significativo al ecosistema.

## BIBLIOGRAFÍA

### Referencias bibliográficas:

- ALONSO José Manuel. Técnicas del automóvil: motores. 4ta edición. 2000
- BUYNAS Richard G. y NISBETT J. Keith, Diseño en ingeniería mecánica de shigley, 8<sup>va</sup> edición.
- BOSH Robert, Manual de la técnica del automóvil, 4ta Edición, 2005.
- Centro de estudios ambientales de la U. de Cuenca, Comisión de gestión ambiental de la I. Municipalidad de Cuenca, Asociación Flamenca de cooperación al desarrollo y asistencia técnica de Bélgica. Contaminación del aire. 2° edición. 2005.
- ROMERO Rojas Jairo Alberto. Calidad del agua. 2° edición. 2005.
- ROY R, CRAIG Jr., Mecánica de Materiales, Primera Edición en Español, México, 2002
- LÓPEZ Arriaga Jerónimo Amado, Principios básicos de contaminación, 1era Edición, 2003.
- SOFTWARE, SAP 2000 VERSIÓN 12.

### Referencias electrónicas:

- <http://www.cambioaceiteyfiltro.com.ar/>. Filtros de aceite (Capacidad de retención de las micro fibras del filtro de aceite)
- <http://www.widman.biz/Filtracion/>. El filtro de aceite (Características propias del filtro de aceite)
- [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts102.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts102.html). Contaminación Ambiental
- [http://www.fram-europe.com/site/FO/scripts/myFO\\_contenu.php?noeu\\_id=26&lang=SP](http://www.fram-europe.com/site/FO/scripts/myFO_contenu.php?noeu_id=26&lang=SP). Presión de aceite (Presión que genera la bomba de aceite)
- [http://www.gerdauaza.cl/Assets/PDFs/A\\_Reciclar\\_Chatarra.pdf](http://www.gerdauaza.cl/Assets/PDFs/A_Reciclar_Chatarra.pdf). Reciclaje de chatarra
- <http://www.ads.gobierno.pr/secciones/reciclaje/VENTAJASDELRECICLAJE.htm>. Ventajas del reciclaje
- <http://www.ecologiaverde.com/como-reciclar-acero/>. Reciclaje del acero
- <http://sudinox.bligoo.com/content/view/174917/Reciclaje-de-Acero.html>. Reciclaje del acero
- [http://www.gerdauaza.cl/Assets/PDFs/A\\_Reciclar\\_Chatarra.pdf](http://www.gerdauaza.cl/Assets/PDFs/A_Reciclar_Chatarra.pdf). Reciclaje de chatarra
- <http://www.euskalnet.net/depuroilsa/Riesgosmedioambiente.html#G>. Riesgos de contaminación medioambientales:



**Anexo N° 2:** Promedio de vehículos con motores a base de gasolina que ingresan mensualmente para cambio de aceite según la encuesta.

2.-PROMEDIO DE VEHÍCULOS CON MOTORES A BASE DE GASOLINA QUE INGRESAN PARA EL CAMBIO DE ACEITE MENSUALMENTE									
N° DE ENCUESTA	NOMBRE	N° DE VEHÍCULOS			N° DE ENCUESTA	NOMBRE	N° DE VEHÍCULOS		
		MECÁNICA	LUBRICADORA	TOTAL			MECÁNICA	LUBRICADORA	TOTAL
1	VIDAL		20	20	21	QUEZADA		180	180
2	EDUARDO OCHOA	10		10	22	NEO	25		25
3	TAESA	25		25	23	AUTOSPORT	4		4
4	TECNO MOTORS	15		15	24	LAUNDRY CAR		18	18
5	AUTO CLEAN		12	12	25	AL PASO		20	20
6	LAVA EXPRESS		20	20	26	LLANTA STOP	10		10
7	CTB TECNICENTRO		30	30	27	JHOVANY CAR		100	100
8	EL PARAÍSO		8	8	28	JHONS		250	250
9	ASTRO	12		12	29	AUTO CAR WASH		70	70
10	ALBERTO E HIJOS	20		20	30	FORMULA 1		350	350
11	PESANTEZ		25	25	31	TRUCKIN CAR	30		30
12	VAZQUEZ		45	45	32	FIX CAR	10		10
13	LOS ANDES		80	80	33	LA CASA DEL FILTRO		100	100
14	AMERICAN		40	40	34	LAVANCAR		150	150
15	CENTRO SUR	20		20	35	PICON	20		20
16	EL VERGEL	15		15	36	LOS ÁNGELES		90	90
17	RS	10		10	37	10 DE AGOSTO		100	100
18	DELGADO	10		10	38	BARROS	15		15
19	CORPORACIÓN BERMEO	15		15	39	MEGATEC	25		25
20	MX	20		20	40	GULF		200	200

TOTAL DE VEHÍCULOS MENSUALES	2219
PORCENTAJE	
MECÁNICA	14%
LUBRICADORA	86%



3.- QUE HACE USTED CON LOS ACEITES RESIDUALES LUEGO DEL CAMBIO DE ACEITE															
N°		R	V	A	E	D	O	N°		R	V	A	E	D	O
1	VIDAL				1			21	QUEZADA				1		
2	EDUARDO OCHOA				1			22	NEO				1		
3	TAESA				1			23	AUTOSPORT	1					
4	TECNO MOTORS				1	1		24	LAUNDRY CAR		1				
5	AUTO CLEAN				1			25	AL PASO				1		
6	LAVA EXPRESS				1			26	LLANTA STOP				1		
7	CTB TECNICENTRO				1			27	JHOVANYS CAR				1		
8	EL PARAÍSO		1		1			28	JHONS				1		
9	ASTRO			1	1			29	AUTO CAR WASH				1		
10	ALBERTO E HIJOS				1			30	FORMULA 1				1		
11	PESANTEZ				1			31	TRUCKIN CAR				1		
12	VAZQUEZ		1		1			32	FIX CAR				1		
13	LOS ANDES				1			33	LA CASA DEL FILTRO				1		
14	AMERICAN		1					34	LAVANCAR				1		
15	CENTRO SUR				1			35	PICON				1		
16	EL VERGEL				1			36	LOS ÁNGELES				1		
17	RS				1			37	10 DE AGOSTO				1		
18	DELGADO				1			38	BARROS				1		
19	CORPORACIÓN BERMEO				1			39	MEGATEC		1				
20	MX				1			40	GULF		1				

**Anexo N° 3:** Destino final de los aceites residuales según la encuesta.

NOMENCLATURA		TOTAL	PORCENTAJE
R	RECICLA	1	2%
V	VENTA	6	14%
A	ALMACENA	1	2%
E	ENTREGA ETAPA	35	80%
D	DESECHA ALCANTARILLADO	1	2%
O	OTROS	0	0%

4.- QUE HACE USTED CON LOS FILTROS DE ACEITE LUEGO DEL CAMBIO															
N°		R	V	A	E	D	O	N°		R	V	A	E	D	O
1	VIDAL				1			21	QUEZADA						1
2	EDUARDO OCHOA				1			22	NEO		1				
3	TAESA				1			23	AUTOSPORT		1				
4	TECNO MOTORS				1			24	LAUNDRY CAR					1	
5	AUTO CLEAN					1		25	AL PASO						1
6	LAVA EXPRESS				1			26	LLANTA STOP						1
7	CTB TECNICENTRO					1		27	JHOVANYS CAR					1	
8	EL PARAÍSO				1			28	JHONS				1		
9	ASTRO					1		29	AUTO CAR WASH				1		
10	ALBERTO E HIJOS				1			30	FORMULA 1					1	
11	PESANTEZ					1		31	TRUCKIN CAR				1		
12	VAZQUEZ					1		32	FIX CAR				1		
13	LOS ANDES		1					33	LA CASA DEL FILTRO				1		
14	AMERICAN					1		34	LAVANCAR				1		
15	CENTRO SUR					1		35	PICON				1		
16	EL VERGEL				1			36	LOS ÁNGELES						1
17	RS				1			37	10 DE AGOSTO						1
18	DELGADO				1			38	BARROS				1		
19	CORPORACIÓN BERMEO				1			39	MEGATEC		1				
20	MX				1			40	GULF						1

**Anexo N°4:** Destino final de los filtros usados según la encuesta.

5.-SABE USTED SI EXISTE ACTUALMENTE UN CONTROL EN CUANTO AL MANEJO DE ACEITE Y FILTROS DE ACEITES USADOS							
N°		SI	NO	N°		SI	NO
1	VIDAL	1		21	QUEZADA	1	
2	EDUARDO OCHOA	1		22	NEO	1	
3	TAESA	1		23	AUTOSPORT		1
4	TECNO MOTORS	1		24	LAUNDRY CAR		1
5	AUTO CLEAN	1		25	AL PASO	1	
6	LAVA EXPRESS	1		26	LLANTA STOP		1
7	CTB TECNICENTRO	1		27	JHOVANYS CAR		1
8	EL PARAÍSO	1		28	JHONS	1	
9	ASTRO	1		29	AUTO CAR WASH		1
10	ALBERTO E HIJOS	1		30	FORMULA 1		1
11	PESANTEZ	1		31	TRUCKIN CAR	1	
12	VAZQUEZ	1		32	FIX CAR	1	
13	LOS ANDES	1		33	LA CASA DEL FILTRO	1	
14	AMERICAN	1		34	LAVANCAR	1	
15	CENTRO SUR	1		35	PICON	1	
16	EL VERGEL	1		36	LOS ÁNGELES	1	
17	RS	1		37	10 DE AGOSTO	1	
18	DELGADO	1		38	BARROS	1	
19	CORPORACIÓN BERMEO	1		39	MEGATEC		1
20	MX	1		40	GULF		1

**Anexo N° 5:** Conocimiento de los propietarios de talleres y lubricadoras de manejo de aceites usados según la encuesta.

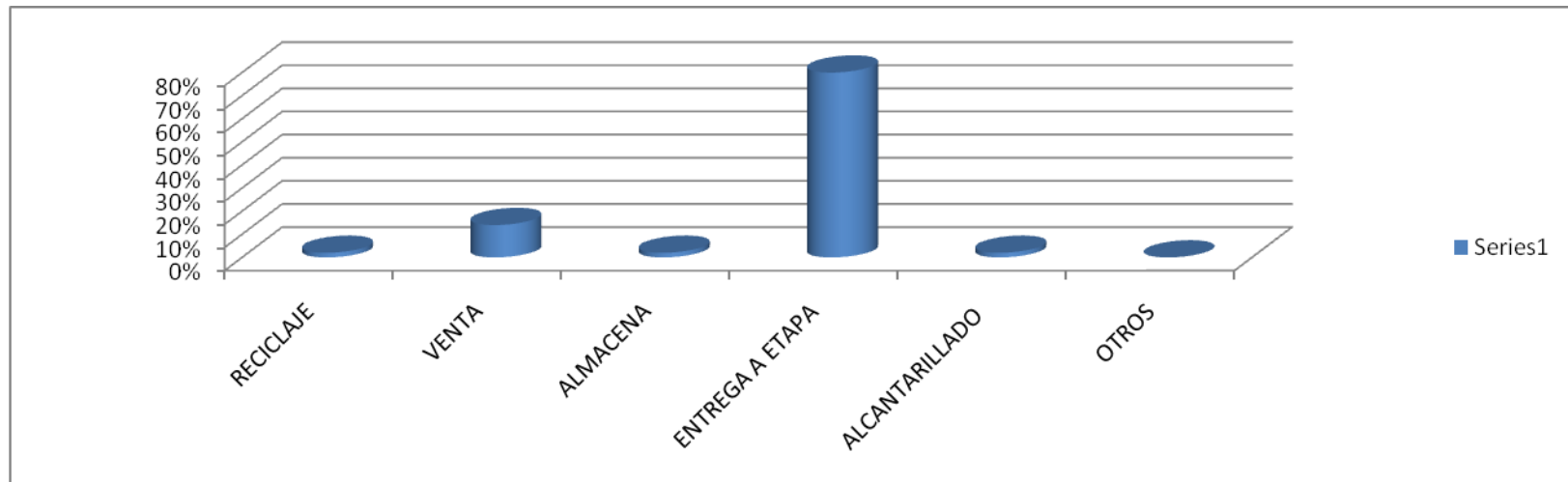
**Anexo N° 6:** Concientización del si se debe dar un tratamiento especial a los filtros de aceite usados según la encuesta.

6.-CREE USTED QUE SEA NECESARIO DAR UN TRATAMIENTO ESPECIAL PARA EL RECICLAJE DE ESTOS RESIDUOS							
N°		SI	NO	N°		SI	NO
1	VIDAL	1		21	QUEZADA	1	
2	EDUARDO OCHOA	1		22	NEO	1	
3	TAESA	1		23	AUTOSPORT	1	
4	TECNO MOTORS	1		24	LAUNDRY CAR	1	
5	AUTO CLEAN	1		25	AL PASO	1	
6	LAVA EXPRESS	1		26	LLANTA STOP	1	
7	CTB TECNICENTRO	1		27	JHOVANYS CAR	1	
8	EL PARAÍSO	1		28	JHONS	1	
9	ASTRO	1		29	AUTO CAR WASH	1	
10	ALBERTO E HIJOS	1		30	FORMULA 1	1	
11	PESANTEZ	1		31	TRUCKIN CAR	1	
12	VAZQUEZ	1		32	FIX CAR	1	
13	LOS ANDES	1		33	LA CASA DEL FILTRO	1	
14	AMERICAN	1		34	LAVANCAR	1	
15	CENTRO SUR	1		35	PICON	1	
16	EL VERGEL	1		36	LOS ÁNGELES	1	
17	RS	1		37	10 DE AGOSTO	1	
18	DELGADO	1		38	BARROS	1	
19	CORPORACIÓN BERMEO	1		39	MEGATEC	1	
20	MX	1		40	GULF	1	

TOTAL	SI	NO
	40	0
PORCENTAJE	100%	0%

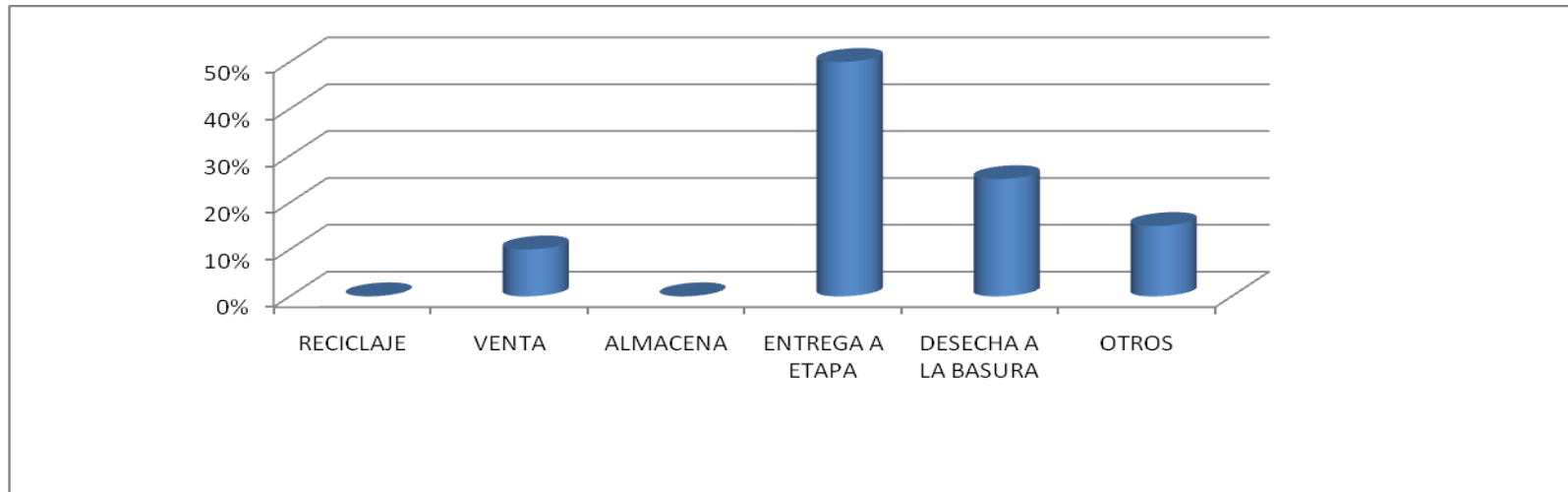
**Anexo N° 7:** Gráfico comparativo del destino final del aceite usado según la encuesta.

LOS ACEITES RESIDUALES LUEGO DEL CAMBIO DE ACEITE SON DESTINADOS A:	
DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE
RECICLAJE	2%
VENTA	14%
ALMACENA	2%
ENTREGA A ETAPA	80%
ALCANTARILLADO	2%
OTROS	0%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>



**Anexo N° 8:** Gráfico comparativo del destino final de los filtros usados según la encuesta.

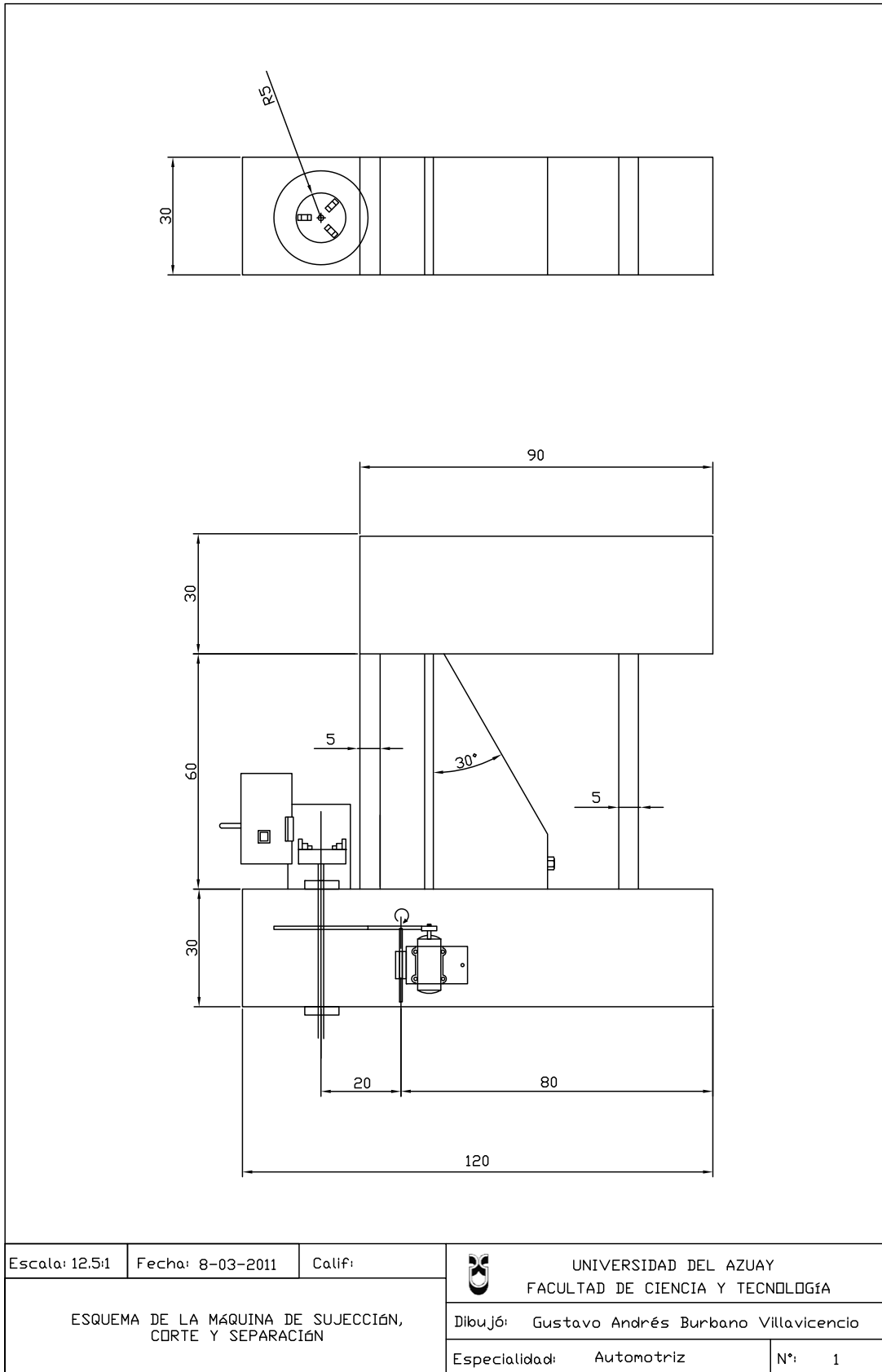
QUE HACE USTED CON LOS FILTROS DE ACEITE LUEGO DEL CAMBIO	
DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE
RECICLAJE	0%
VENTA	10%
ALMACENA	0%
ENTREGA A ETAPA	50%
DESECHA A LA BASURA	25%
OTROS	15%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>



**Anexo N° 9:** Gráfico de pastel del conocimiento de los propietarios de talleres y lubricadoras de manejo de aceites usados según la encuesta.

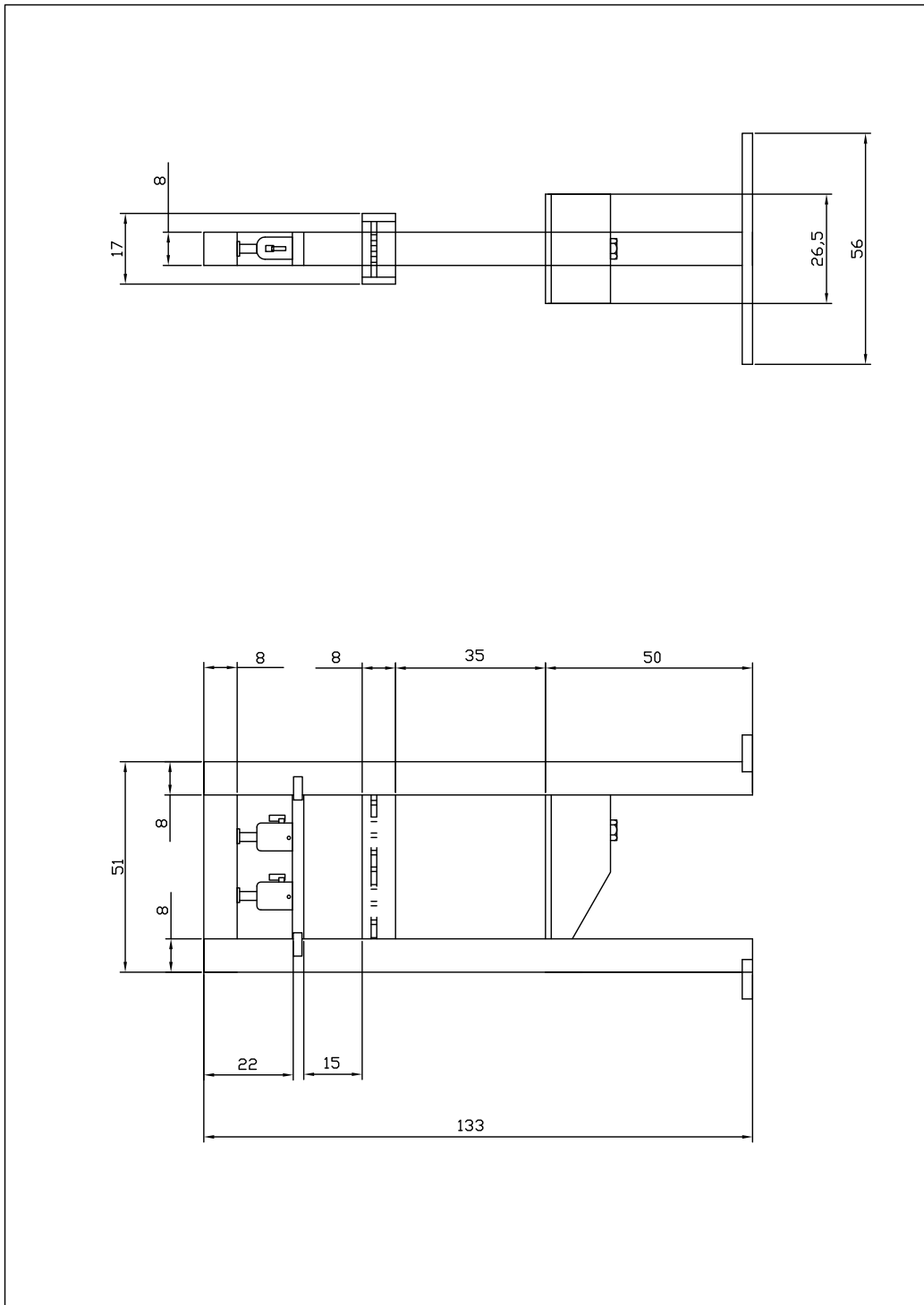



**Anexo N° 10:** Esquema de la máquina de sujeccion, corte y separación.





**Anexo N° 11: Esquema de la máquina de compactación.**



Escala: 12.5:1	Fecha: 8-03-2011	Calif:	 UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESQUEMA DE LA MÁQUINA DE COMPACTACIÓN.			
		Especialidad: Automotriz	N°: 2