

# CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS DE ACEITE DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA.

Autor: Iván Daniel Espinosa Mejía<sup>1</sup>.

Director de tesis: Ing. Ernesto Martínez L<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, año 2006, e-mail. [idespino@espol.edu.ec](mailto:idespino@espol.edu.ec)

<sup>2</sup>Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, año 1983, e-mail. [emartínez@gu.pro.ec](mailto:emartínez@gu.pro.ec)

## Resumen

Esta tesis es realizada en la Central Termoeléctrica El Descanso de la ciudad de Cuenca propiedad de ELECAUSTRO. Es una planta de generación de energía eléctrica con una capacidad inicial de 19200 Kw. La generación de electricidad es mediante 4 motores de combustión interna de 4.3 Mw. Estos motores utilizan el aceite lubricante Argina T-40, el mismo que al ser purificado produce residuos contaminantes. Este trabajo esta enfocado al proceso de un tratamiento de estos lodos utilizando el sistema de filtro-prensa.

La producción de estos residuos de aceite es de 1 galón cada 4 horas y una producción de 90.84 litros por día para las cuatro máquinas operando las 24 horas, los mismos residuos son expulsados a un pozo de desechos contiguo a la central. Además el costo es considerable Por este motivo se plantea este sistema de tratamiento de lodos.

## Summary

This thesis is made in the Thermoelctrial Power station the Rest of the city of River basin ELECAUSTRO property. It is a plant of generation of electrical energy with an initial capacity of 19200 Kw. The electricity generation is by means of 4 motors of internal combustion of 4,3 Mw. These motors use the lubricating oil Argina T-40, the same one that to the purified being produces polluting remainders. This work this focused to the process of a treatment of these muds using the system of I filter-prensa. La production of these oil remainders is of 1 gallon every 4 hours and one production of 90,84 liters per day for the four machines operating the 24 hours, such remainders are expelled to a contiguous well of remainders to the power station. In addition the cost is considerable For this reason considers east system of mud treatment.

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis trata de la “Construcción de un prototipo para el tratamiento de lodos de aceite para una Central Térmica”. Esta tesis tiene por objetivo minimizar los costos del tratamiento de lodos actual y mitigar el impacto ambiental. La Central Térmica está ubicada en la ciudad de Cuenca y su generación la realiza a través de motores de combustión interna.

Se ha seleccionado un sistema de filtro-prensa neumático, debido al bajo costo de operación y a la limpieza del proceso de compactación. Actualmente el proceso de tratamiento de lodos es bastante engorroso para los trabajadores debido a la limpieza manual y rudimentaria de hacerlo.

En este estudio se analiza el diseño de un sistema neumático que pueda producir la fuerza de compactación necesaria además de la selección de equipos que cumplan con los parámetros de diseño. Estos equipos seleccionados tendrán el respaldo de La Llave S.A.

El producto obtenido podrá ser vendido a ETAPA que es la empresa encargada del tratamiento de desechos y aguas residuales contaminantes.

## **Contenido**

### **CAPÍTULO 1**

#### **1. DESCRIPCION GENENERAL DE LA CENTRAL TERMoeLECTRICA EL DESCANSO.**

##### **DESCRIPCION GENENERAL DE LA CENTRAL TERMoeLECTRICA EL DESCANSO.**

Esta central fue instalada en 1983 con cuatro unidades de 4800 Kw. cada una, dando una potencia total de 19.200 Kw.

Su operación depende de las lluvias que se presenten en las centrales hidroeléctricas ya que en tiempo de estiaje su operación es de 24 horas al día y en época de lluvias su operación es de 10 horas diarias aproximadamente.

El voltaje de salida de los generadores es 6.300 V., y se eleva a una tensión de 22.000 V. por medio de una Subestación.

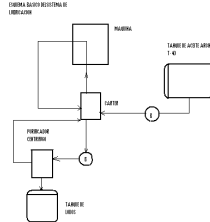
##### **Posición Geográfica.**

La central Termoeléctrica El Descanso se ubica aproximadamente a 20 Km. al noreste de la ciudad de Cuenca, cercana a la confluencia de los ríos Cuenca y Burgay que da origen al río Paute, en el sector denominado “El Descanso” en la provincia del Azuay. Para el acceso se toma la carretera que se dirige a Gualaceo, desde la panamericana Cuenca-Azogues.

### **CAPITULO 2**

## 2. PROCESO DE PURIFICACION DE ACEITE LUBRICANTE.

Aceite Argina T-40 es bombeado desde un tanque de almacenamiento con una capacidad de 8000 galones. El consumo diario de 3 máquinas de generación es de 300 galones.



Como se puede observar en el esquema el aceite que recircula a través de la maquina y el càrter, es nuevamente reutilizado mediante el sistema de purificación centrifugo, una parte de este aceite es reemplazado por una cantidad nueva proveniente del tanque principal.

Los lodos de aceite provenientes de la purificadora son depositados en un tanque para lodos 1.6m de largo por 1m de diámetro.

La cantidad de lodos recolectados por cada tanque es de 1 galón de lodos por hora de operación

En motores con capacidades que sobrealimentan, el aceite lubricante debe circular completamente antes de comenzar la operación.

## CAPÍTULO 3

### 3. MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE PURIFICACION DE ACEITE MEDIANTE TRATAMIENTO DE SISTEMA DE RECOLECCION DE LODOS.

#### Sistema Propuesto para la solución del problema.

Para este proyecto se establecerán dos procedimientos:

- Clarificación: se procede a la adhesión de arcilla clarificante, manteniéndose la temperatura en torno a los 150° C por un periodo de tiempo hasta que se complete el tiempo de clarificación.
- Filtración: el aceite clarificado pasa por un filtro-prensa para la separación de la arcilla utilizada y eliminación de partículas de carbono y materiales con colores remanentes del producto. Los residuos de filtración tienen el nombre de borra de aceite o torta de filtro.

#### Análisis Teórico

La fuerza total  $F$ , que debe de vencer el cilindro si despreciamos el rozamiento depende primeramente de la presión del fluido y de la sección del émbolo.

$$F = P.S \quad \text{EC. 1}$$

De donde determinamos, en primera aproximación, una vez conocida la presión de trabajo y el esfuerzo requerido.

$$S = \frac{F}{P} \text{ o bien, } P = \frac{F}{S}$$

### Equivaliendo a:

S = Superficie del émbolo

F = Fuerza máxima en Kg.

P = Presión de servicio en  $\frac{\text{Kg.}}{\text{cm}^2}$

Siendo la superficie del émbolo (la que no lleva el vástago) igual a:

$$S_1 = \frac{\pi}{4}.D^2 \approx 0.785.D^2 \quad \text{EC. 2}$$

### Representando:

$S_1$  = Área del émbolo, en  $\text{cm}^2$

D = Diámetro, en cm.

De aquí podemos deducir el diámetro del embolo.

Para hallar la superficie del émbolo que lleva vástago se restara el área del vástago, quedando:

$$S_2 = \frac{\pi}{4}.(D^2 - d^2) \approx 0.785 \cdot (D^2 - d^2) \quad \text{EC. 3}$$

D = Diámetro del émbolo.

d = Diámetro del vástago.

A aplicar estas fórmulas a la realidad práctica deberán de tenerse presentes los esfuerzos que se superponen al esfuerzo neto (rozamientos, inercias, etc.) recurriendo para su determinación al uso de ábacos y reglas de cálculo.

### Selección del fluido de trabajo para el Sistema Propuesto

Como un dato de referencia se tiene que la carrera del pistón es de 37 cm., además se ha seleccionado un diámetro de 250 mm. para el pistón.

Con estos datos y valiéndose del ábaco 1, se puede determinar la fuerza que producirá el pistón, esta fuerza será aquella que compacte los lodos con un valor del 20% de sólidos por cada galón de desechos.

En los cálculos que siguen a continuación se podrá establecer que la presión requerida para producir esta fuerza es pequeña, lo que significa que el sistema será **Neumático**.

### Ventajas del Sistema Neumático

- Reducción de costos de mano de obra directa.
- Uniformidad de la producción.
- Posibilidad de programación a mediano y largo plazo
- Se puede usar en lugares húmedos (no hay electricidad estática) y calientes (hasta aproximadamente 80 °C).
- Sistemas de A.C. son limpios.

### Análisis Físico y Matemático para el Diseño

### FUERZA EN LOS CILINDROS

La fuerza disponible de un cilindro crece con mayor presión y con mayor diámetro. La determinación de la fuerza estática en los cilindros está sustentada por la siguiente fórmula, o el ábaco adjunto:

$$F = 10.(3.1416). p. (D^2 /4)$$

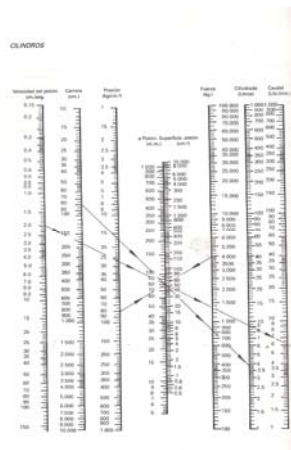
EC. 11

Donde: F: Fuerza (N)

Ó bien  $F = 7.85. p. D^2$  p: Presión (bar.)

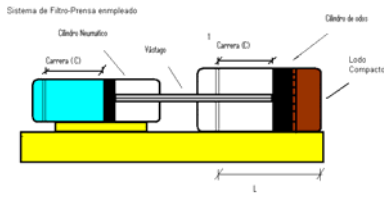
D: Diámetro de la camisa del cilindro (cm.)

La Fuerza en el cilindro previamente ha sido calculada y comprobada con el ábaco 1 anteriormente expuesto la cual fue de 30016.84N.



### Carrera del Cilindro Neumático.

Se puede determinar la carrera del pistón, esta carrera será aquella que compacte los lodos con un valor del 20% de sólidos por cada galón de desechos. Valiéndose de la figura siguiente se puede obtener que la carrera en ambos cilindros será la misma:



Con este gráfico se puede establecer que la carrera en ambos cilindros es la misma, por lo tanto se puede establecer la siguiente relación:

$$4/5 V (\text{lodos}) = (3.1416/4) \times D_p^2 \times C$$

- $V (\text{lodos}) = 90.84 \text{ litros} \approx 90840 \text{ cm}^3$  por día

Si se procedieran a realizar 4 limpiezas diarias de lodos de aceite se tendría solo un volumen de 22.71 litros o 22710 c.c para las cuatro máquinas. Por lo tanto seleccionamos un diámetro comercial de cilindros neumático de 250 mm. y un diámetro de tanque de lodos de 11" o 28 cm. Así tenemos que según la figura 19 el volumen total de los lodos es:

$$V = \frac{\pi \cdot D_p^2}{4} \times L \quad \text{EC. 9}$$

**Donde:**

V = volumen de lodos

$D_p$  = diámetro del cilindro de lodos (Este diámetro se ha seleccionado de 12")

L = longitud del cilindro de lodos.

Si se tiene en consideración lo expuesto anteriormente de los 4/5 de reducción de volumen de los lodos en tanque y manteniendo una carrera constante para ambos cilindros, se procede con la siguiente relación:

$$4/5 (V \text{ lodos}) = (3.1416/4) \times D^2 \times C \quad \text{EC. 10}$$

**Donde:**

D = diámetro del cilindro neumático seleccionado = 250 mm.

C = carrera de ambos cilindros.

V = Volumen total de los lodos = 22710 c.c

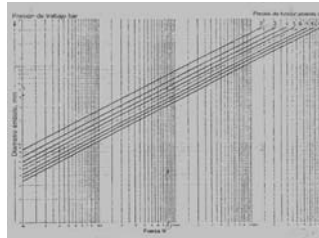
Por lo tanto despejando el valor de **C se tiene que la carrera es de 37 cm.**

## SELECCIÓN DEL CILINDRO

Según datos proporcionados por **La Llave S.A.** se tiene en el mercado diámetros de émbolos comerciales de: 32,40, 50, 80, 100, 125, 160, 200, 250 mm.

El diámetro seleccionado es de 250 mm para que resulte una presión de 6.8 Bares como se han hecho los cálculos previamente.

En el ábaco 2 mostrado a continuación se comprobará que estos datos de fuerza, diámetro del émbolo escogidos coinciden con los datos del diagrama.



Si se considera el ábaco 2, entrando con una presión de 6 bares y un diámetro de émbolo de 250 mm, se puede verificar que la fuerza es aproximadamente de 30000 N muy aproximada al valor experimental de 30016.84N.

## CAPITULO 4

### EVALUACION DEL PROTOTIPO.

#### VARIABLES DE ENTRADA.

##### Producción de lodos

Como una de las variables de entrada se encuentra la cantidad de lodos de aceite recolectados por día en la Central El Descanso. En el diseño preliminar se estableció que existía una producción de lodos de aceite por día determinada por el siguiente cálculo:

- 1 galón de desechos por cada cuatro horas y por cada máquina; por lo tanto:

$$V(\text{desechos}) = \frac{1\text{galon}}{4\text{horas}} * \frac{24\text{horas}}{1\text{dia}} * \frac{3.785\text{litros}}{1\text{galon}} = 22.7 \frac{\text{litros}}{\text{día}} = \frac{22710\text{cm}^3}{\text{día}}$$

- Ahora se tiene que para las cuatro máquinas habrá una producción de 90.84litros ò 90840  $\text{cm}^3$  por cada día.
- Luego se tiene que la producción mensual de estos lodos sería de:

$$90840 \frac{\text{cm}^3}{\text{día}} \times \frac{30\text{días}}{1\text{mes}} = 2725200 \frac{\text{cm}^3}{\text{mes}} = 2.7252 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

- Finalmente se tiene la producción anual de lodos de.

$$2.7252 \frac{m^3}{mes} \times \frac{12 meses}{1 año} = 32.7024 \frac{m^3}{año}.$$

Sin la instalación del sistema de compactación de lodos se hacía una limpieza de los tanques de almacenamiento de lodos totalmente rudimentaria y sucia por parte de los operadores. El problema también estribaba en el desalojo de estos lodos desde los tanques hasta la fosa cavada contigua a la Central lo que afectaba directamente al suelo.

Los aceites usados generalmente llegan al suelo por descuido o intencionadamente para sustituir el asfalto o evitar el polvo etc. Según estudios sobre la efectividad de los aceites usados como un aglutinante del polvo en las carreteras, resulta que solo el 1% de la cantidad del aceite es efectivo para este fin. Del 70 al 75% serán lavados por las lluvias o por el viento en conjunto con el polvo, del 20 al 25% por evaporación y destrucción biológica. Los aceites lavados por las lluvias causan una fuerte contaminación de las áreas aledañas de las carreteras con graves consecuencias.

Los efectos de los aceites al suelo son importantes por 2 razones:

- El aceite se acumula en el suelo, representando un peligro para la vida micro-orgánica y las plantas. El aceite impide, por la eliminación de oxígeno la libre germinación de las plantas.
- Por filtración puede llegar a las aguas subterráneas.

El aceite vertido al suelo se filtra primero por las capas superficiales. Con el tiempo, por la gravedad, se filtra a las capas más profundas hasta llegar a un material impermeable o al agua subterránea. La velocidad de filtración es depende de la viscosidad de aceite y por supuesto de la densidad del suelo.

### **Cantidad de lodos recolectada por galón de desechos.**

La cantidad de lodos recolectados por galón de desechos se lo ha estimado ha partir de la fracción entre agua y sólidos disueltos. Esta fracción se ha establecido experimentalmente con un valor de 1/5 de sólidos por cada galón de desechos.

De cálculos anteriores el volumen de sólido es 4542 c.c. (de la forma de un cilindro) por cada limpieza. Despejando la masa (m) de la fórmula se tiene que la masa será de 5359.6 gramos = 5.36 Kg. por cada limpieza.

Diariamente se realizan cuatro limpiezas por lo que se obtendrían 4 paquetes de sólidos (tortas) de 5.36 Kg. cada una. Diariamente se obtendría una masa de 21.44 Kg. Mensualmente se obtendrían (30X21.44Kg.) = 643.2 Kg. de sólidos. Finalmente se tiene que por año la masa total de sólidos sería de 7718.4 Kg. recolectados en 1440 paquetes.



## CANTIDAD DE AGUA OBTENIDA POR GALON DE DESECHOS.

La cantidad de agua obtenida por cada galón de desechos es igualmente correspondiente al cálculo anterior. Ahora se obtendrán 4/5 de agua por cada galón de desechos, es decir se obtienen 3.028 litros por cada galón en cuatro máquinas y por cada cuatro horas.

La figura a continuación se muestra el procedimiento para medir la cantidad de agua en el proceso de filtro-prensa. Se retira el líquido filtrado que se depósito en los recipientes de el dispositivo de filtrado y proceda a colocarlo en una probeta para medir el volumen de filtrado.

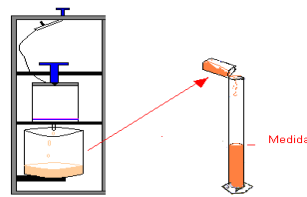


Fig. 4.3 Experimentando con un galón de desechos de lodos de aceite.

## CAPITULO 5

### ANALISIS ECONOMICO.

El análisis del costo del sistema neumático propuesto se basa fundamentalmente en el costo de instalación y el costo de operación del sistema:

**Costo total de instalación:** Este costo es el costo de equipos, mano de obra, adicionales y transporte y la ganancia por la instalación realizada.

**-Costo de los equipos del Sistema Neumático:** es calculado en función de los elementos adquiridos constitutivos del sistema neumático.

**-Costo de mano de obra:** el costo de mano de obra de la instalación está determinado en función del número de puntos o conexiones a través de la instalación. Volviendo a la figura 25 y figura 26, se obtienen 48 puntos y considerando que el valor del costo de mano de obra es de (3-4) dólares por cada punto. Los puntos son las uniones en cada accesorio del sistema neumático. Por ejemplo los codos tienen 2 puntos, los right universal 2 puntos, válvulas de globo 2 puntos, válvulas 5/2 con cinco puntos y para conexión al cilindro 2 puntos.

Para el cálculo del costo de mano de obra se establecerá un valor de 3,5 dólares por punto; por lo tanto se obtiene el siguiente costo por mano de obra:

Costo por mano de obra = (3,5) (dólares/punto) X48 puntos = **168 dólares.**

**-Costo adicional y transporte:** generalmente se establece para una instalación neumática el costo de **100 dólares** en adicionales y transporte. El tiempo de entrega de la carga ha sido estimado en 2 meses más 1 semana para el montaje del equipo.

El costo de instalación fue una función del costo de equipos, mano de obra, adicionales y transporte y la ganancia por la instalación realizada. Este costo ha dado un valor de **6351 dólares y 9 centavos**.

El costo de operación ha sido exclusivamente una función del consumo de energía eléctrica del compresor y del número de limpiezas realizadas en el día por un período de un año. Este costo de operación ha sido de **2 dólares con 50** se puede concluir que existe un ahorro de (19440 – 5794.06) dólares, es decir, **un ahorro para elecaustro de 13645.94 dólares** en un periodo de 1 año.

Por lo tanto se ha cumplido con el objetivo de esta tesis se minimizar los costos que anteriormente eran altos.

## CAPITULO 6

### 6. IMPACTO AMBIENTAL

#### Descripción del recurso agua

La mezcla de aceites con el agua conlleva diferentes problemas ecológicos. A continuación se explica los diferentes problemas a los diferentes tipos de aguas: subterránea, superficiales y en los sistemas de recolección y de tratamiento de aguas servidas.

#### Influencias a las aguas superficiales

Los aceites, arrojados a las aguas, se propagan rápidamente con una película de un grosor de 0,2 a 1mm. 300 litros de aceite por km<sup>2</sup> ya producen una película visible. La consecuencia no es solo la película visible, sino presenta un peligro permanente para la vida de aves y otros animales, que utilizan estas aguas para su vida. Más grave todavía es el cambio del estado biológico de las aguas.

Por los aceites, flotando sobre la superficie de aguas, se impide el libre intercambio de los gases, como el oxígeno y el dióxido de carbono. La demanda biológica de oxígeno (DBO) de las aguas aumenta por la existencia de microbios para el tratamiento biológico del aceite (Una tonelada de aceites requiere para su recuperación una demanda igual que las aguas residuales de 40.000 habitantes). Sin embargo, la recuperación biológica de aceites es un

proceso lento. La película de aceites obstaculiza también la entrada de rayos ultravioletas, que provoca una reducción notable de la fotosíntesis.

Según este proyecto la cantidad de agua obtenida a través del proceso de filtro-prensa está determinado por lo estimado en la sección 4.4 Diariamente se tienen que por cuatro limpiezas se obtienen (4X18.168) litros = 72.672 litros. Mensualmente se obtendrían (30x72.672) litros = 2180.16 litros. Finalmente el volumen de agua por año estimada sería de 26161.92 litros. Llevando estos resultados a metros cúbicos se obtiene 26.16 metros cúbicos.

### **Descripción del recurso suelo**

Los aceites usados generalmente llegan al suelo por descuido o intencionadamente para sustituir el asfalto o evitar el polvo etc. Según estudios sobre la efectividad de los aceites usados como un aglutinante del polvo en las carreteras, resulta que solo el 1% de la cantidad del aceite es efectivo para este fin. Del 70 al 75% serán lavados por las lluvias o por el viento en conjunto con el polvo, del 20 al 25% por evaporación y destrucción biológica. Los aceites lavados por las lluvias causan una fuerte contaminación de las áreas aledañas de las carreteras con graves consecuencias.

### **Conclusiones:**

- Se ha seleccionado el método convencional de filtro-prensa para el tratamiento de los lodos de aceite lubricante. Los residuos de filtración tienen el nombre de borra de aceite o torta.
- En el sistema actual de lodos existen deficiencias, como por ejemplo este es un tratamiento en el que los operadores de las máquinas debían necesariamente pasar por momentos desagradables limpiando 3 veces al día los lodos acumulados en el tanque de lodos destinado para ese propósito. Con el sistema neumático de filtro no tendrían ese problema ya que la masa extraída sería fácil de empaquetar para su venta posterior.
- La producción de ésta masa en el día sería de 4 tortas con un peso de 5.36 Kg. cada una. Finalmente se tiene que por año la masa total de sólidos sería de 7718.4 Kg. recolectados en 1440 paquetes.
- Diariamente se tienen que por cuatro limpiezas se obtienen 72.672 litros. Mensualmente se obtendrían 2180.16 litros. Finalmente el volumen de agua estimada anualmente sería de 26161.92 litros.
- Actualmente no se realiza almacenamiento de aceites y residuos de combustibles, estos se ubican en pozos de recolección de desechos para luego ser bombeados directamente a las márgenes del río Cuenca, donde se ha formado zonas deprimidas de acumulación de aguas y combustibles no tratados de la Central Térmica El Descanso. Con este tratamiento propuesto se mitigaría la cantidad de desechos en el pozo de recolección, ésta cantidad de lodos ha sido estimada en

$$2.7252 \frac{m^3}{mes} \times \frac{12 meses}{año} = 32.7024 \frac{m^3}{año}.$$

- En el análisis realizado al agua presente en el pozo de descarga se puede observar que en la cantidad de aceites y grasas no cumple con la normativa ambiental debido a que se presenta una película visible en el agua atrapada en las márgenes de río (mg/L)

## **Referencias**

-