

660.2
571

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA QUIMICA



**"DISEÑO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL PARA LA RE-REFINACIÓN DE ACEITES
LUBRICANTES USADOS EN EL DISTRITO DE CHILCA"**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO

Luis Alberto Sánchez Luyo

Callao, Agosto 2014
PERU

A handwritten signature in black ink, consisting of a vertical line and a diagonal stroke, positioned to the right of the author's name.

PRÓLOGO DEL JURADO

El presente Informe fue Expuesto por la Bachiller **SÁNCHEZ LUYO LUIS ALBERTO** ante el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS** conformado por los siguientes Profesores Ordinarios :

ING° LUÍS AMÉRICO CARRASCO VENEGAS PRESIDENTE

ING° LEONARDO MACHACA GONZALES SECRETARIO

ING° LEONARDO CARLOS PEREYRA VOCAL

ING° CÉSAR GUTIERREZ CUBA ASESOR

Tal como está asentado en el Libro de Actas N° 2 de Tesis Folio N° 63 y Acta N° 246 de fecha **CATORCE DE AGOSTO DE 2014**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Titulación de Informe, de conformidad establecido por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado por Resolución N° 082-2011-CU de fecha 29 de abril de 2011 y Resolución N° 221-2012-CU de fecha 19 de setiembre de 2012

DEDICATORIA

A mis amados y adorados padres, Luis Alberto Sánchez Vicente y Dolores Rosita Luyo de la Cruz, los cuales me criaron y educaron con todo su amor y ternura, gracias a ellos por darme la vida, la paciencia que tuvieron conmigo en mi formación, en hacerme una persona de bien y por brindarme siempre su apoyo incondicional.

A Fiorella, el amor de mi vida, por el grande y sincero amor que nos tenemos y por estar siempre a mi lado.

A un ángel, que se encuentra en el cielo guiándome y por ser el motivo de alcanzar mis logros.

A mi familia en general, porque siempre están conmigo en cada momento de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A lo largo de mi vida he conocido a muchas personas que me han guiado con sus palabras, experiencias y acciones a lograr mis objetivos y metas planteadas, a todas ellas sin excepción quiero agradecerles por su tiempo y apoyo incondicional.

Agradezco a mi Alma Mater y a todos mis profesores de mi facultad por brindarme una excelente formación académica, con práctica de principios y valores morales, una formación completa y profesional.

Al Mg. Ing. Cesar Gutiérrez Cuba por el tiempo empleado en la asesoría y dirección del presente trabajo de investigación.

INDICE

	PAG.
CAPITULO I	11
INTRODUCCIÓN	11
1.1 Descripción general del tema	11
1.2 Marco situacional.....	12
1.3 Fundamentación del problema	28
1.4 Hipótesis principal y específico	28
1.5 Objetivos. Objetivo general y Objetivo específico	28
1.6 Antecedentes, Importancia, Justificación, alcances y metas	29
CAPITULO II	31
CREACION, ORGANIZACIÓN, PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN. Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE INSTALACIÓN DE LA PLANTA INDUSTRIAL PARA LA RE-REFINACIÓN DE ACEITES LUBRICANTES USADOS.	31
2.1 Creación del proyecto de instalación de planta industrial para la re-refinación de aceites lubricantes usados	31
2.2 Organización del proyecto de instalación de planta industrial para la re-refinación de aceites lubricantes usados	31
2.3 Planificación del proyecto de instalación de planta industrial para la re-refinación de aceites lubricantes usados	32
2.4 Programación del proyecto de instalación de planta industrial para la re-refinación de aceites lubricantes usados	34
2.5 Evaluación y control del proyecto de instalación de planta industrial para la re-refinación de aceites lubricantes usados	35
CAPITULO III	36
INGENIERÍA DE PROCESOS	36
3.1 Desarrollo del proceso	36
3.1.1 Diseño del producto	36
3.1.2 Análisis de la materia prima	37
3.2 Análisis y descripción de tecnologías	39
3.3 Selección de tecnologías	42
3.4 Diseño del proceso de la tecnología seleccionada	42
3.4.1 Procedimiento de diseño del proceso industrial.....	42
3.4.2 Balance de materia y energía	46
3.4.3 Diseño del diagrama de procesos: Diagrama de bloque. Diagrama de flujo codificado, Diagrama de bandera, plano unitario.....	47
3.5 Plan Maestro.....	51
CAPITULO IV	51
LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO DE PLANTA	51
4.1 Localización de Planta.....	51
4.1.1 Análisis de los factores locacionales.....	51

4.1.2 Evaluación y elección de localización de Planta	52
4.2 Tamaño de planta	55
4.2.1 Tamaño de planta máximo	55
4.2.2 Tamaño de planta mínimo	62
4.2.3 Tamaño de planta intermedio	65
4.2.4 Selección del tamaño de planta	66
CAPITULO V	67
INGENIERÍA DE DISEÑO DE DETALLES	67
5.1 Diseño de equipos principales	67
5.1.1 Procedimiento de diseño	67
5.2 Diseño de equipos de uso genérico	102
5.2.1 Procedimiento de diseño	102
5.3 Listado de los equipos y maquinaria de la planta industrial	112
5.4 Disposición de la Planta	114
CAPITULO VI	118
EVALUACIÓN ECONÓMICA	118
6.1 Estimación del total de producción	118
6.2 Estimación de inversión total	120
6.2.1 Inversión de capital fijo	120
6.2.2 Capital de trabajo	123
6.3 Estado de pérdida u ganancia	124
6.3.1 Programación de producción y ventas	124
6.3.2 Programa de pagos de intereses y amortización del préstamo	124
6.3.3 Flujo de caja económico	126
6.3.4 Flujo de caja financiero	127
6.4 Criterio de rentabilidad	128
6.4.1 Valor actual neto (VAN) y Tasa interna de retorno (TIR)	128
6.4.2 VANE y TIRE para el proyecto:	129
6.4.3 VANF y TIRF para el proyecto:	130
6.4.4 Periodo de recuperación (PR)	131
6.4.5 ROI y ROV	132
6.5 Financiamiento	134
6.5.1 Estructura de financiamiento	134
CAPITULO VII	135
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	135
7.1 Resultados del "Diseño de una planta industrial para la re-refinación de aceites lubricantes usados en el Distrito de Chilca"	135
7.2 Discusión de resultados	136
7.3 Conclusiones	137
8.1 Recomendaciones	138
CAPITULO VIII	139

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139
APENDECI	139
ANEXOS.....	141

LISTA DE CUADROS

	PAG.
CUADRO N°1.1.....	13
COMPOSICIÓN MEDIA DE UN ACEITE USADO (EPA 1984)	13
CUADRO N°1.2.....	14
EVOLUCIÓN EN LA COMPOSICIÓN DEL ACEITE USADO	14
CUADRO N°2.1.....	34
PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO.....	34
CUADRO N°2.2.....	35
CALCULO DEL TIEMPO ESTIMADO DE INSTALACIÓN PARA EL PROYECTO.....	35
CUADRO N°3.1.....	38
DEMANDA NACIONAL DE ACEITES LUBRICANTES	38
CUADRO N°3.2.....	47
BALANCE DE MATERIA, PLANTA PILOTO SEMICOMERCIAL Y PLANTA PROYECTO	47
CUADRO N°4.1.....	52
ESCALA DE CALIFICACIÓN (1 – 10)	52
CUADRO N°4.2.....	53
RANKING DE FACTORES.....	53
CUADRO N°4.3.....	55
DEMANDA NACIONAL DE ACEITES LUBRICANTES	55
CUADRO N°4.4.....	56
CUADRO COMPARATIVO DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS.....	56
CUADRO N°4.5.....	58
DEMANDA PROYECTADA DE ACEITES LUBRICANTES	58
CUADRO N°4.6.....	60
TASA DE CRECIMIENTO (r%).....	60
CUADRO N°4.7.....	63
BALANCE ECONÓMICO PLANTA SEMICOMERCIAL.....	63
CUADRO N°5.1.....	113
LISTADO DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS.....	113
CUADRO N°5.2.....	114
LISTADO DE EQUIPO AUXILIAR	114
CUADRO N°5.3.....	117
DISPOSICIÓN DE ÁREAS DE LA PLANTA INDUSTRIAL.....	117

CUADRO N°6.1.....	119
EVALUACIÓN ECONÓMICO PARA EL PROYECTO.....	119
CUADRO N°6.2.....	121
COSTO DEL EQUIPO INDUSTRIAL.....	121
CUADRO N°6.3.....	122
COSTO DEL EQUIPO AUXILIAR.....	122
CUADRO N°6.4.....	123
COSTO DE INVERSIÓN DE CAPITAL FIJO.....	123
CUADRO N°6.5.....	123
TOTAL DE INVERSIÓN BIMESTRAL.....	123
CUADRO N°6.6.....	124
RELACIÓN DEUDA/CAPITAL.....	124
CUADRO N°6.7.....	124
DEUDA/INVERSIÓN FIJA.....	124
CUADRO N°6.8.....	124
CONDICIONES DE LA FINANCIERA.....	124
CUADRO N°6.9.....	125
CALENDARIO DE PAGO (MILES DE \$).....	125
CUADRO N°6.10.....	126
FLUJO DE CAJA ECONÓMICO (MILES DE \$).....	126
CUADRO N°6.11.....	127
FLUJO DE CAJA FINANCIERO (MILES DE \$).....	127
CUADRO N°6.12.....	130
VANE Y TIRE (MILES DE \$).....	130
CUADRO N°6.13.....	131
VANF Y TIRF (MILES DE \$).....	131
CUADRO N°6.14.....	131
PERIODO DE RECUPERACIÓN (PR).....	131
CUADRO N°6.15.....	132
CARTA ECONÓMICA EN MILES DE \$.....	132
CUADRO N°6.16.....	132
COSTOS UNITARIOS PROMEDIOS EN MILES DE \$.....	132
CUADRO N°6.17.....	134
ESTRUCTURA DE FINANCIAMIENTO.....	134
CUADRO N°6.18.....	134
COSTO DE CAPITAL GLOBAL-TASA MÍNIMA REFERENCIAL O COKE.....	134
CUADRO N°8.1.....	141
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	141
CUADRO N°8.2.....	142
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	142

CUADRO N°8.3.....	143
EMPRESAS QUE PRODUCEN ACEITES LUBRICANTES	143
CUADRO N°8.4.....	144
DEMANDA NACIONAL DE ACEITES LUBRICANTE - MODELO LINEAL.....	144
CUADRO N°8.5.....	144
DEMANDA NACIONAL DE ACEITES LUBRICANTE - MODELO EXPONENCIAL.....	144
CUADRO N°8.6.....	145
DEMANDA NACIONAL DE ACEITES LUBRICANTE - MODELO POTENCIAL.....	145
CUADRO N°8.7.....	145
DEMANDA NACIONAL DE ACEITES LUBRICANTE - MODELO CUADRÁTICO	145
CUADRO N°8.8.....	146
DEMANDA NACIONAL DE ACEITES LUBRICANTE - MODELO LOGARÍTMICO	146
CUADRO N°8.9.....	146
ÍNDICE DE LA PRODUCCIÓN ANUAL DE PETRÓLEO CRUDO	146
CUADRO N°8.10.....	147
ÍNDICE DE CARGAS DE PETRÓLEO CRUDO A LAS REFINERÍAS EN EL PERU	147
CUADRO N°8.11.....	147
IMPORTACIÓN DE ACEITES BASES Y ACEITES LUBRICANTES.....	147
CUADRO N°8.12.....	148
EXPORTACIÓN DE ACEITES BASES Y ACEITES LUBRICANTES.....	148
CUADRO N°8.13.....	148
DEMANDA NACIONAL DE ACEITES LUBRICANTES	148
CUADRO N°8.14.....	149
VALORES DE KL Y KT	149
CUADRO N°8.15.....	149
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL ACEITE BASE LUBRICANTE	149
CUADRO N°8.16.....	150
LMP DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS PARA EL ACEITE BASE.....	150
CUADRO N°8.17.....	150
DENSIDADES PROMEDIO DE ACEITES LUBRICANTES A T=25°C.....	150
CUADRO N°8.18.....	151
CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA PARA EL PROYECTO	151

LISTA DE FIGURAS

	PAG.
FIGURA N°1.1	17
CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR ACEITE MINERAL USADO	17
FIGURA 4.1	54
MAPA DE UBICACIÓN DEL DISTRITO DE CHILCA	54
FIGURA N°4.2	54
LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA PARA EL PROYECTO	54
FIGURA N°8.1	153
PROPORCIONES DEL SISTEMA DE AGITACIÓN	153
FIGURA N°8.2	154
DISEÑO DEL TANQUE DE DESTILACIÓN	154
FIGURA. N°8.3	154
DISEÑO DEL REACTOR DE ACIDIFICACIÓN	154
FIGURA N°8.4	155
DISEÑO DEL REACTOR DE NEUTRALIZACIÓN	155
FIGURA N°8.5	155
DISEÑO DEL REACTOR DE ADSORCIÓN	155
FIGURA N°8.6	156
DISEÑO DEL REACTOR DE ADITIVACIÓN	156
FIGURA N°8.7	156
DISEÑO DEL TANQUE CRIBADO	156
FIGURA N°8.8	157
DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA	157
FIGURA N°8.9	157
DISEÑO DEL TANQUE DE RECEPCIÓN DE ACEITES DESTILADO	157
FIGURA 8.10	158
DISEÑO DEL TANQUE DE RECEPCIÓN DE ACEITE NEUTRALIZADO – ACIDIFICADO.	158
FIGURA N°8.11	158
DISEÑO DEL TANQUE DE RECEPCIÓN DE ACEITE CLARIFICADO	158
FIGURA N°8.12	159
CORTE TRANSVERSAL DE UN HORNO A FUEGO DIRECTO TIPO CAJA O CABINA	159
FIGURA N°8.13	159
ESQUEMA DEL FILTRO PRENSA DE PLACAS Y MARCOS	159
FIGURA N°8.14	160
DISEÑO DE LA BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO (CRIBADO)	160
FIGURA N°8.15	160
DISEÑO DE LA BOMBA ROTATORIA DE DESTILACIÓN	160

FIGURA N°8.16	161
DISEÑO DE LA BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO DESTILACIÓN.....	161
FIGURA N°8.17	161
DISEÑO DE LA BOMBA ROTATORIA (NEUTRALIZACION-ADSORCION)	161
FIGURA N°8.18	162
DISEÑO DE LA BOMBA ROTATORIA (ADSORCIÓN-FILTRACIÓN)	162
FIGURA N°8.19	162
DISEÑO DE LA BOMBA ROTATORIA (FILTRACIÓN-ADITIVACIÓN)	162

LISTA DE GRÁFICAS

	PAG.
GRÁFICA N°2.1.....	35
% DE AVANCE TEÓRICO DE ACTIVIDADES EN FUNCIÓN AL TIEMPO	35
GRÁFICA N°4.1.....	57
MODELO CUADRÁTICO T^2 VS Y	57
GRÁFICA N°8.1.....	163
MODELO LINEAL t VS Y	163
GRÁFICA N°8.2.....	163
MODELO EXPONENCIAL t VS $\ln(Y)$	163
GRÁFICA N°8.3.....	164
MODELO POTENCIAL $\ln(t)$ VS $\ln(Y)$	164
GRÁFICA N°8.4.....	164
MODELO LOGARÍTMICO $\ln(t)$ VS Y	164
GRÁFICA N°8.5.....	165
TOTAL DE CALOR DE ABSORCIÓN EN LA SECCIÓN RADIANTE.....	165
GRÁFICA N°8.6.....	166
EMISIVIDAD DEL GAS (EG).....	166
GRÁFICA N°8.7.....	167
FACTOR DE INTERCAMBIO (F).....	167

LISTA DE DIAGRAMAS

	PAG.
DIAGRAMA N°3.1	48
DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE RE-REFINACIÓN DE ACEITES LUBRICANTES USADOS	48
DIAGRAMA N°3.2	49
DIAGRAMA DE FLUJO CODIFICADO DEL PROCESO DE RE-REFINACIÓN DE ACEITES LUBRICANTES USADOS	49
DIAGRAMA N°3.3	50
DIAGRAMA DE BANDERAS DEL PROCESO DE RE-REFINACIÓN DE ACEITES LUBRICANTES USADOS	50

LISTA DE PLANOS

	PAG.
PLANO N°8.1	152
PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS Y LOCALIZACIÓN DE EQUIPOS	152

LISTA DE FOTOS

	PAG.
FOTO N°8.1	168
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE M.P DE PLANTA PILOTO	168
FOTO N°8.2	168
REACTORES DE ACIDIFICACIÓN	168
FOTO N°8.3	169
SISTEMA DE DESTILACIÓN DE ACEITES LUBRICANTES USADOS	169
FOTO N°8.4	169
REACTORES DE NEUTRALIZACIÓN Y ADSORCIÓN	169
FOTO N°8.5	170
FILTRO PRENSA Y REACTOR DE ADITIVACIÓN	170
FOTO N°8.6	170
ETAPA DE FILTRACIÓN DEL ACEITE BASE	170
FOTO N°8.7	171
ACEITE BASE LUBRICANTE ECOLÓGICO	171
FOTO N°8.8	172
PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO FINAL (PP.TT.)	172

RESUMEN

El presente proyecto de investigación está dirigido al “Diseño de una planta industrial para la re-refinación de aceites lubricantes usados en el distrito de CHILCA”, en vista a la problemática ambiental de la mala disposición de los aceites lubricante usados y el aumento de demanda de aceites lubricantes en el mercado Nacional, nos lleva a la elaboración de este proyecto que nos muestra una tecnología para la obtención de un aceite base lubricante ecológica por el método ácido - arcilla cumpliendo con la NTP 900.053.2009, así mismo se muestra un control en el proceso de tratamiento para prevenir la contaminación ambiental.

El trabajo de investigación nos muestra la ingeniería de proceso, ingeniería de diseño de detalles, evaluación económica demostrándonos la efectividad y rentabilidad del proyecto obteniendo como resultado un TIRF igual a 81.05% y un VANF igual a \$ 6 922 407 en un horizonte de 10 años, con un periodo de recuperación de la inversión de 1 año y 4 meses.

ABSTRAC

This research project is aimed at "Design of an industrial plant for the re-refining of used lubricating oils in the district of CHILCA", in view of the environmental problems of the unwillingness of lubricating oils and increasing demand for lubricating oils in the domestic market, leads us to the development of this project shows a technology for obtaining an organic lubricant base oil by acid method - clay complying with NTP 900.053.2009, also a control in the treatment process to prevent environmental contamination shows .

The research shows the process engineering, detail engineering design, economic evaluation showing us the effectiveness and profitability of the project which resulted in a TIRF equal to 81.05% and VANF equal to \$ 6,922,407 in a horizon of 10 years with a payback period of investment 1 year and 4 months.

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción general del tema

En la época actual, existe una gran explotación de los recursos no renovables, provocando un agotamiento acelerado de hidrocarburos y seguirá en aumento si no se establecen métodos y procesos para recuperar productos usados. La re-refinación de aceites lubricantes usados es una alternativa a esta problemática global y de gran importancia en estos tiempos, ya que un aceite base lubricante proveniente de bases minerales, puede ser empleado varias veces como aceite automotriz o aceite industrial mediante su recuperación con el proceso de re-refinación. Sabemos que se necesitan 100 litros de petróleo para obtener 2 litros de aceite base y con solo 3 litros de aceite usado a través del re-refinado se obtienen también 2 litros de aceite base ecológico el cual tiene las mismas propiedades.

El aceite mineral usado es una sustancia que ha causado, desde el inicio de su existencia y de la mano de la industria petrolera misma, incalculables perjuicios ecológicos. Impulsado por el desarrollo mundial, el aceite usado se ha ido convirtiendo en un contaminante cada vez más importante. En la actualidad, el aceite usado es el contaminante líquido más abundante después de las aguas contaminadas.

La Empresa WR Ingenieros EIRL está ubicada en el distrito de Puente Piedra en el departamento de Lima cuenta con autorización sanitaria de EPS-RS y EC-RS, tiene una planta piloto semicomercial de re-refinación de aceites lubricantes usados cuyos objetivos son: recolectar, transportar, brindar tratamiento a los materiales oleosos y su posterior comercialización.

En vista a la problemática de la contaminación del medio ambiente por parte de la irresponsabilidad del hombre en la mala disposición final de los residuos peligrosos como es el caso de los aceites lubricantes usados unos de los desechos más peligrosos que son utilizados como combustible de forma artesanal o de manera improvisada, emitiendo a la atmósfera gases contaminantes generando un riesgo para la salud además el mal manejo de estos materiales contrae contaminación de suelos, ríos, lagos y mares causando un gran daño ambiental.

La empresa WR INGENIEROS EIRL, comprometida con el medio ambiente y viendo esta problemática ambiental como una oportunidad de negocio, tomando como base un análisis ambiental y económico, decidió instalar una planta piloto semicomercial con una capacidad de 6600 galones mensuales de aceite base ecológico, la cual obtuvo resultados

que sobrepasaron las expectativas proyectadas, no pudiendo cubrir la alta demanda de aceite reprocesado.

Por lo tanto existe la necesidad de diseñar una planta a nivel industrial con una mayor capacidad de producción de aceite base ecológica para poder cubrir la demanda de aceite lubricante base re-refinado.

1.2 Marco situacional

1.2.1 Aceite mineral usado

a) Definición

El aceite mineral usado es aquel que proviene de la refinación del aceite crudo o sintético y que, como resultado del uso, manejo y almacenamiento, se ha contaminado de manera que ya no sirve para su propósito original debido a la presencia de impurezas químicas y físicas que han causado la pérdida de sus propiedades originales.

Cualquier material que cumpla con esta descripción tiene que manejarse como aceite usado. Este aceite usado incluye los aceites sintéticos, el aceite de transmisión, el aceite de frenos y cualquier otro aceite o grasa lubricante. El aceite usado no incluye los productos derivados de grasas animales o vegetales.

Después de su uso, el aceite mineral usado adquiere concentraciones elevadas de metales pesados producto principalmente del desgaste del motor o maquinaria que lubricó y por contacto con combustibles.

Se estima que el aceite usado destinado al reciclaje no es peligroso si el contenido total de halógenos es menos de 1,000 partes por millón.

▪ Factores de deterioro del aceite mineral usado

El deterioro del aceite usado se debe a la actuación o presencia de elementos como la temperatura en las operaciones, al agua, combustibles, sólidos y polvo.

▪ Temperatura en la operación

Los lubricantes derivados del petróleo son hidrocarburos, éstos se descomponen cuando están sometidos a altas temperaturas, esto hace que el aceite se oxide o se polimerice.

La oxidación y la polimerización depende en mayor grado del tipo de base lubricante de que esté compuesto el aceite y del grado de refinamiento que posea, aunque es posible evitar que ocurran mediante la utilización de aditivos antioxidantes.

A temperatura ambiente el aceite puede mostrar algún grado de deterioro, el cual no incide apreciablemente en su duración. A temperaturas menores de 50° C la velocidad de oxidación es bastante baja como para no ser factor determinante en la vida del aceite.

Mientras más baja sea la temperatura de operación, menores serán las posibilidades de deterioro.

- **Agua**

La presencia del agua, provoca una emulsificación del aceite.

- **Combustibles**

Se encuentran en los aceites debido a su paso hacia la cámara de combustión.

- **Sólidos y polvo:**

Se deben principalmente a empaques y sellos en mal estado, permitiendo que contaminantes del medio entren al aceite.

Otros contaminantes menos frecuentes, pero igualmente perjudiciales son: tierra, partículas metálicas provenientes del desgaste de las piezas, hollín y subproductos de la combustión de combustibles líquidos.

- **Propiedades del aceite usado**

Las propiedades de los aceites usados dependen prioritariamente de las bases lubricantes de las cuales se derivan, de los aditivos adicionados para mejorar la viscosidad, sus propiedades según el uso al que están destinados y la resistencia a altas temperaturas.

Por su elevada capacidad calorífica, el aceite usado se constituye en uno de los residuos con mayor potencial para ser empleado como combustible para la industria.

- **Contaminantes del aceite usado**

En su composición química, los aceites usados presentan una serie de contaminantes como son: agua, azufre, compuestos clorados y metales pesados, que determinan sus características tóxicas y peligrosas. (Véase el cuadro N°1.1)

CUADRO N°1.1
COMPOSICIÓN MEDIA DE UN ACEITE USADO (EPA 1984)

Contaminantes	Aceite de automoción		Aceite de procedencia industrial
	Gasolina	Diésel	
Cadmio (ppm)	1,7	1,1	6,1
Cromo (ppm)	9,7	2,0	36,8
Plomo (ppm)	2,232	29	217,7
Zinc (ppm)	951	332	373,3

En términos generales, los aceites de automoción poseen mucha mayor cantidad de plomo y de zinc que los aceites de procedencia industrial; y dentro de los de automoción, los procedentes de motores de gasolina, se ha observado que presentan mayor cantidad de metales pesados que los de motores diésel. Sin embargo, los aceites usados industriales contienen mayor cantidad de cadmio, cromo, cloro y policloruro de bifenilo (PCB).

La composición de los aceites usados ha cambiado y esta cambiado notablemente a lo largo de los últimos años. (Véase el cuadro N°1.2)

**CUADRO N°1.2
EVOLUCIÓN EN LA COMPOSICIÓN DEL ACEITE USADO**

Determinación	1991	1992	1993	1994
P.I. (°C)	>120	>120	>120	>120
P.C.I. (Cal/gr)	9.816	9.127	9.682	9.607
Densidad (gr/l)	0,89	0,85	0,905	0,902
Humedad (%)	3,75	3	3,67	2,9
Sedimentos (%)	0,28	0,45	0,45	0,2
Cloro (ppm)	3,143	1,931	1,750	750
Fluor (ppm)	<100	<100	<100	<100
Azufre (ppm)	5,350	7,030	6,400	4,700
Plomo (ppm)	1,297	1,436	837	632
Cromo (ppm)	25	8	7.41	4.2
Cobre (ppm)	99	26	25	22,3
Cadmio (ppm)	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel (ppm)	200	< 5	< 5	< 5
Vanadio (ppm)	3,67	< 1	< 1	< 1
PCB's (ppm)	11	5	5,75	4,5

Si revisamos con detalle los datos de la tabla, podemos observar que lo más significativo y relevante es el brusco descenso en la concentración de metales. La concentración de metales en un aceite usado se debe, principalmente, a la degradación de aditivos órgano-metálicos del aceite lubricante nuevo, además de desgastes producidos por rozamientos en las piezas móviles del motor. La presencia del plomo en particular, se debe prácticamente en su totalidad a la degradación del tetra etilo de plomo de las gasolinas.

Estos contaminantes provocan importantes dificultades a la hora de buscar destinos finales al aceite usado, por lo que como primera medida en los últimos años se está investigando la posibilidad de disminuir al máximo el porcentaje de aditivos de esa naturaleza en los lubricantes o su sustitución por otros compuestos capaces de conferir al aceite similares características sin incluir metales pesados en su composición.

Sin duda, este hecho puede explicar que la concentración de metales pesados disminuya de año en año hasta desaparecer en algunos casos, como el níquel por ejemplo.

Por otra parte, el descenso en la concentración del plomo puede entenderse si tenemos en cuenta la extensión en el uso de la "gasolina verde", la cual no incluye plomo en su composición, o quizás un aumento en las ventas de coches de motores diésel, que como se ha visto generan un aceite usado con menor contenido en metales pesados.

El cloro también ha sufrido un descenso desde 1991 en adelante, probablemente debido que cada vez, en menos casos, los aceites usados se mezclan con otro tipo de residuos en los lugares de producción o almacenamiento, como por ejemplo los disolventes.

▪ **Combustión del aceite usado**

Para el aprovechamiento energético de los aceites usados se pueden seguir dos caminos diferentes en función de las instalaciones en las que se va a realizar el mismo.

En cualquiera de los dos casos se debe atender el cumplimiento de las normas dictadas por la gestión de aceites usados, que exige la desclasificación de los aceites usados como residuos tóxicos y peligrosos mediante la realización de análisis y eventual pre tratamiento que permitan garantizar los límites de emisiones establecidos en la citada orden.

El primer camino tiene como destino la utilización como combustible en instalaciones con alta potencia térmica, altas temperaturas, gran consumo de combustible y alta producción de gases. El mayor ejemplo son los hornos de fabricación de Clinker de las cementeras, aunque también se usan en las calderas de centrales térmicas, como también en los hornos de plantas de arcillas, cerámicas y otros hornos Industriales. En este caso, los aceites usados deben ser gestionados a través de los llamados Centros de Transferencia que son plantas que permiten el control, análisis, pre tratamiento, almacenamiento y distribución de los aceites usados hacia sus destinos finales, realizando la oportuna desclasificación como residuos tóxicos y peligrosos. Este camino que es el más sencillo, se ha demostrado hasta ahora como el más eficaz y económicamente más viable en el que el análisis y control de los aceites tienen el mayor peso.

El segundo camino tiene su base en la aplicación de tratamientos físico-químicos más complejos con el fin de fabricar un combustible que pueda tener un espectro de utilización más amplio, en instalaciones con menos potencia térmica o en motores de combustión y calderas para producir energía eléctrica (cogeneración). Estos tratamientos deben incluir como mínimo, la separación de elementos volátiles (disolvente, etc.) y de metales pesados, así como de agua y sólidos. Los métodos que se suelen emplear se basan en destilación o en el tratamiento con aditivos floculantes. Este último procedimiento es de menor costo de instalación y de proceso, aunque produce un combustible de menor calidad que el primero.

Es conveniente señalar que en ciertos casos, los tratamientos físicos que únicamente logran la separación de agua y sólidos, se presentan como fabricación de un combustible

para utilizar en cualquier proporción y en pequeñas instalaciones, cuando resulta evidente que no puede ser así cumpliendo la normativa vigente.

b) El aceite usado y su impacto ambiental

Como introducción señalaremos el derecho y el deber fundamentales que nos atañe a todos nosotros en relación al tema de la preservación del medio ambiente, que ya no es una preocupación nacional sino también universal. La reciente Ley del General de Ambiente 28611, establece en su Art. I, que "toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida y el deber a contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país".

Sin duda, nuestro planeta en su conjunto, atraviesa por un gran problema ambiental. El fenómeno del calentamiento global exige de todas las naciones, comprender la seriedad del problema para la supervivencia de la humanidad. Por lo mismo exige tomar urgentes y efectivas medidas para contrarrestar esta amenaza de la naturaleza, que por cierto la gran responsable es la propia humanidad que con sus actos irresponsables contribuye a la precarización ambiental.

No nos es ajeno saber que el consumo irresponsable del petróleo y de sus derivados, contribuyen al deterioro del medio ambiente por su contaminación.

En esta industria, en donde el aceite es un derivado, su utilización en las diversas actividades a las que está destinado, siempre va a significar un riesgo de nocividad para la salud ambiental; claro, si es que no se toman las precauciones necesarias para evitarlas.

Quizás por instinto, el hombre luego de satisfacerse con el uso de un producto, si existen residuos de éstos, los arrojan como basura. ¿A dónde? A ese gran espacio físico constituido por la superficie terrestre, el espacio atmosférico y las aguas. Es decir al Ambiente. Así el riesgo más peligroso se presenta en la etapa posterior a su uso.

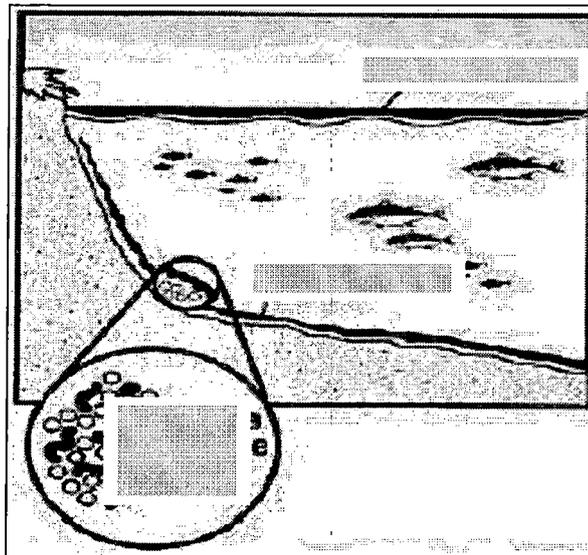
Si el aceite usado es arrojado a la superficie terrestre, por su contenido de hidrocarburos que no son degradables, van a destruir el humus vegetal y así acabar con la fertilidad del suelo. Así mismo por su composición tóxica, van a contaminar gravemente la tierra, que además por los aditivos que se les añade, la contaminación penetra al subsuelo y hasta llegar a las aguas subterráneas.

Si se vierten a las aguas, por la gran capacidad de deterioro ambiental que posee, produce en el agua una película impermeable que va a impedir la adecuada oxigenación llegando a asfixiar a los seres vivos que lo habitan; estimándose que un litro de aceite, contamina un millón de litros de agua.

Si el aceite usado es quemado solo o mezclado con fuel oil sin el tratamiento y control adecuado, debido a su alta presencia de compuestos de plomo, cloro, fósforos, azufre, etc. Emite gases muy tóxicos produciendo una alta contaminación atmosférica. Se estima que cinco litros de aceite quemados contaminan 1000,000 m³ de aire que equivale a la cantidad de aire que una persona respira durante tres años.

Como una forma de solución a esta alta toxicidad y su riesgosa repercusión contaminante en el medio ambiente es necesaria una adecuada disposición de estos desechos, para ello deberá establecerse todo un conjunto de políticas y estrategias para que su uso, manejo y eliminación se ejecuten sin menoscabo del medio ambiente, reduciendo sus propiedades nocivas a través del desarrollo de técnicas apropiadas y efectivas. (Véase la Figura N°1.1)

FIGURA N°1.1
CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR ACEITE MINERAL USADO



c) Re-refinación del aceite mineral usado

▪ **Concepto**

En un principio se definía como una operación de regeneración mediante la cual se obtienen de los aceites usados, un nuevo aceite base comercializable. Tanto la legislación europea como la española, recomiendan este destino final, como vía prioritaria de recuperación de aceites usados.

Sin embargo, como en toda actividad, se busca obtener nuevos productos a partir de otros ya utilizados, por lo que se puede afirmar que la re-refinación es una forma de reciclaje que implica someter repetidamente una materia a un mismo ciclo a fin de incrementar o ampliar sus efectos o productos.

Para esta transformación en nuevos productos se recurre a tecnologías diversas.

A este proceso de transformación o reciclaje, se les llama en unos casos, regeneración, en otros re uso, o también re-refinación.

La preposición “re” que significa repetición, implica que los procesos de la generación o la refinación se repitan.

En el caso del petróleo, en su proceso de transformación, se obtiene derivados, entre los que se encuentran los aceites, que van a ser utilizados en centros industriales, mineros, de transportes y en otras actividades.

A partir de este aceite ya utilizado y a través de un proceso de transformación se va a obtener dos productos: nuevo aceite base y combustibles. En el caso del aceite base nos parece apropiado hablar de una regeneración del aceite, al convertirle en un nuevo aceite base.

Pero para el caso de la obtención de nuevos combustibles, nos parece apropiado hablar de re-refinación. Así, siendo el aceite usado un producto refinado obtenido del petróleo crudo, en un primer proceso; posteriormente, en un segundo proceso, empleando el aceite ya utilizado y convertido en materia prima se vuelve a refinar, obteniéndose nuevos productos llamados combustibles. A este segundo proceso es lo que se denomina re-refinación.

Entonces, de una manera muy simple, podemos definir a la re-refinación como un proceso de transformación mediante el cual, utilizando el aceite usado como materia prima, se va a obtener nuevos combustibles.

▪ **Antecedentes**

Básicamente, los antecedentes de la re-refinación de los aceites se orientan a la obtención de un nuevo aceite base para lubricantes. Sin embargo, debido a la elevación de precios del petróleo, la re-refinación se ha orientado también a la recuperación de los aceites usados para la obtención de combustibles.

En países como Estados Unidos, algunos de Europa y de Sudamérica, el desarrollo de estos procesos han permitido la recuperación de grandes toneladas de estos aceites usados.

En Europa, especialmente en España, se ha incrementado, lo que ellos llaman la regeneración del aceite usado, al punto que las instalaciones de plantas de tratamiento han contribuido a lograr ventajas ambientales.

En Estados Unidos, orientados básicamente a la obtención de un nuevo aceite base, han logrado que estos productos sean bastante idénticos en propiedades a los obtenidos del petróleo crudo.

En Sudamérica, Argentina y Colombia, son los países donde más importancia se ha dado a la re-refinación, sobre todo en la obtención de combustibles alternos para ser usados en muchas industrias. Esta importancia ha llegado al punto de que exista una legislación que regula el tratamiento de los aceites usados, los que han sido calificados de residuos peligrosos y por ello ensayan una serie de normas para la debida re-refinación cuidando el medio ambiente.

En nuestro país, no existen mayores antecedentes. Aún es incipiente esta actividad re refinadora de aceites usados.

Pocas son las empresas que se dedican a la obtención de combustibles alternos. En Lima, existen empresas como MARTE y otras, aunque más se orientan a ensayos de un mejoramiento del medio ambiente y a la regeneración de aceites lubricantes.

La empresa AMPCO PERU S.A.C. integrante del grupo COPETROL, es hasta el momento la que más ha avanzado en esta actividad, pues en base a técnicas de tratamiento implementadas están logrando mejores resultados, obteniendo productos alternativos como gasóleo, ifos, solvente (gasolina pesada), entre otros. En el caso de la gasolina, su obtención causa una especial expectativa pues ésta casi tiene el mismo comportamiento de combustión que una gasolina comercial.

▪ **Importancia**

- **Ambiental**

Considerando que los aceites usados constituyen residuos peligrosos, el proceso de re-refinación contribuye a resolver dos cuestiones que preocupan principalmente a los centros o sectores generadores del aceite usado: el cuidado del medio ambiente y la responsabilidad de qué hacer con los desperdicios de los aceites utilizados como insumos en sus actividades industriales o comerciales.

Siendo el proceso de re-refinación una suerte de consumidor de los aceites usados, entonces estos tienen un destino "bondadoso" y de esta forma se da solución a los dos problemas actuales: se evita la contaminación ambiental ante posibles conductas vertedoras de estos residuos a la intemperie o a las aguas; y de otro lado, da una salida adecuada a los centros generadores para deshacerse de este "residuo", para no incurrir en falta a las normas ambientales y por consiguiente ser susceptible de multas y de sanciones económicas.

- **Económica**

De otro lado la re-refinación tiene importancia también en el aspecto económico, porque implica la transformación de miles de toneladas de estos residuos peligrosos, en nuevos insumos de calidad, aptos para su reutilización, generando de este modo significativa rentabilidad.

Así mismo, la obtención de nuevos combustibles, significa el ahorro de energía y de recursos no renovables, por lo que en los países desarrollados, ha dado lugar a políticas de Estado, otorgándole total prioridad a la re-refinación como alternativa de gestión de los aceites usados, y, en algunos casos incentivando la re-refinación con subsidios para facilitar su recolección y procesamiento.

En el caso de nuestro país, dado las pocas refinerías con las que contamos, la producción de combustibles es limitado. Frente a ello, la obtención de combustibles alternativos es una buena alternativa, sobre todo, convirtiendo al aceite usado en una materia prima sustituta para la obtención de productos alternativos a los derivados del petróleo.

Además, esta industria de re-refinación, económicamente no demanda de inversiones en "exploraciones" como lo es en el caso del petróleo crudo, pues los aceites usados que constituyen su materia prima, solamente demandan un costo mínimo en su "extracción" de los centros generadores (que en la mayor de las veces no son onerosos), así como en una mínima inversión en una logística para su recolección y transporte, y en una infraestructura básica para operar.

d) Etapas del proceso de re refinación

El proceso de re-refinación pasa primero por la obtención de la materia prima, luego por técnicas de tratamiento, hasta culminar con la obtención de los productos deseados.

▪ Obtención de la materia prima

- Recolección

El proceso de recolección de la materia prima (aceites usados) es un conjunto de operaciones que permiten que el aceite usado pase desde su punto de generación al punto de acopio dentro de una misma instalación, lo que incluye asesoramiento en:

- Elaboración de Normas y Procedimientos para el recojo y almacenamiento de residuos oleosos de sus instalaciones.
- Elaboración de Planes de Contingencia para el recojo y almacenamiento de residuos oleosos de sus instalaciones.
- Capacitación al personal a cargo de dichas actividades.

- Generadores

Un generador de aceite usado es aquella persona natural o jurídica en el desarrollo de sus actividades ocupacionales o industriales.

Algunos ejemplos de estos agentes generadores son: talleres de reparación de automóviles, estaciones de servicio, talleres de cambio de aceite rápido, flotas de vehículos, tiendas de comestibles, industrias mineras, industrias metalúrgicas, industrias cementeras, ladrilleras, puertos, entre otros.

La legislación ambiental sanciona el mal manejo de los residuos considerados peligrosos contaminantes. En este sentido, los generadores del aceite usado, deben tomar las precauciones necesarias para el depósito en contenedores que garanticen la ausencia de derrames o fugas, observando y cumpliendo con elementales aspectos del manejo del aceite, como:

- Contar con zonas adecuadas con señalizaciones.
- Contar con equipos para el cambio y manejo del aceite.
- Observar adecuadas acciones para el almacenamiento temporal cuidando que a cada tipo de aceite usado (de motor, de dieléctricos, etc.) le corresponda un tipo de dispositivo de almacenamiento.
- Rotular los contenedores con frases como "residuos peligrosos".
- Entregar el aceite al transportista calificado y autorizado.

- Transporte

Servicio que se realiza fuera de las instalaciones del Generador y comprende el traslado del aceite usado desde un punto de acopio (instalaciones de la empresa) hacia su destino final que es la planta de tratamiento.

El traslado del aceite usado de los centros o lugares de generación a la planta de tratamiento, exige la garantía de medios de transporte idóneos que garanticen evitar eventuales derrames o fugas. Los medios y sistemas de transporte son estratégicos en la actividad re-refinadora, pues, además que garantizan la calidad o integridad del aceite usado, también deben garantizar de que no haya riesgo alguno de contaminación o daño al medio ambiente por posibles derrames o fugas.

En esta perspectiva, los transportistas y los vehículos utilizados en la movilización de los aceites usados, deben tener todas las características exigidas, implementando elementales acciones, como:

- Contar con zonas adecuadas con señalizaciones.
- Contar con equipos para el cambio y manejo del aceite.
- Observar adecuadas acciones para el almacenamiento temporal cuidando que a cada tipo de aceite usado (de motor, dieléctricos, etc.) le corresponda un tipo de dispositivo de almacenamiento.
- Rotular los contenedores con frases como "residuos peligrosos".
- Entregar el aceite al transportista calificado y autorizado.

- **Almacenamiento**

El almacenamiento constituye otra importante actividad para el éxito del proceso de re-refinación, pues requiere cuidar "la calidad" de la materia prima y así mismo evitar riesgos de contaminación a la materia y de ésta al medio ambiente. En tal sentido, las instalaciones para el almacenamiento deben estar en lugares debidamente acondicionadas para tal objeto. Igualmente deben tener una infraestructura segura y con ambientes adecuados. Estas reglas deben considerarse tanto en el almacenamiento en los lugares de los generadores como en los de las plantas de tratamiento.

- **Operaciones de supervisión del recojo y traslado**

Fundamentalmente a los centros de tratamiento les corresponde establecer y operar un sistema de supervisión que efectúe el seguimiento y control durante el recojo y transporte de los aceites usados para garantizar una materia prima de "calidad" y de evitar riesgos de contaminación, ejecutando importantes operaciones, como:

- Que los aceites usados estén llenados adecuadamente en sus respectivos dispositivos de almacenamiento.
- Verificar los tipos de aceites usados y rotularlos en sus dispositivos de almacenamiento.
- Se realice, de ser el caso, pruebas de densidad para determinar presencia de PCB.
- Realizar el trasvase del aceite usado a los cilindros, contenedores o cisterna, con el debido cuidado, sobre todo cuando lo hacen de vasijas menores.
- Programar la movilización cuando se recoja de diferentes puntos de ubicación de los agentes generadores.

Finalmente, el aceite usado ingresa a la planta de tratamiento en donde se procede a su recepción, control, análisis físico y químico y luego a su almacenamiento.

- **Tecnología de regeneración de aceites usados**

Se mencionan las siguientes tecnologías para el reaprovechamiento de los aceites usados para obtener un aceite base lubricante re-refinado.

- Método ácido arcilla
- Proceso Meinken
- Proceso propano-hidroterminado
- Proceso K.T.I
- Proceso Berk
- Proceso PROP
- Extracción por solvente

e) Normas de control y fiscalización

El proceso de re-refinación y la protección del medio ambiente están íntimamente vinculados, por la utilización de los aceites usados como materia prima, considerados como residuos altamente peligrosos en la contaminación del ambiente en contra la salud y el ecosistema.

Es por ello que tanto en el plano nacional como internacional, los Estados se han preocupado por dictar una serie de normas tanto técnicas como jurídicas para regular el manejo adecuado de estos residuos peligrosos.

Para el desarrollo del presente tema nos vamos a limitar a la presentación de la normatividad nacional, no sin antes, como referencia señalar que en Europa en el año 1975, los Estados miembros de la Comunidad Europea expidieron la Directiva N° 75/4397CEE que se fue modificando hasta el año 2000 referente a la gestión de los aceites usados, que en esencia expresaba:

Que, los Estados miembros deben garantizar la recogida y eliminación de los aceites usados (tratamiento o destrucción, así como almacenamiento y depósito sobre o bajo tierra).

Deben dar prioridad al tratamiento de los aceites usados por regeneración, es decir, el refinado. Cuando no se aplique ese procedimiento, puede recurrirse a otros métodos: combustión, destrucción, almacenamiento o depósito. La Directiva establece las condiciones aplicables a cada caso. En concreto, permite que la recogida y la eliminación sean efectuadas por empresas.

Se prohíbe:

- El vertido en aguas subterráneas, aguas marítimas jurisdiccionales y en los sistemas de evacuación.
- El depósito o vertido con efectos nocivos en el suelo, así como el vertido incontrolado de residuos derivados del tratamiento de aceites usados.
- Todo tratamiento que provoque una contaminación atmosférica superior al nivel establecido por las disposiciones vigentes.

Por consiguiente:

- Toda empresa dedicada a la recogida de aceites debe ser sometida a un registro y a un control adecuado a escala nacional, incluido, en su caso, un sistema de autorización.
- Toda empresa dedicada a la eliminación de aceites debe obtener una autorización.

▪ **Normas técnicas.**

Son normas de carácter técnico que tiene que ven con el establecimiento de las características de la calidad que deben reunir los productos, los procesos y lo servicios; igualmente, establecen los métodos de ensayo, muestreo, envase y rotulados.

Para el aspecto técnico, INDECOPI Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Propiedad Intelectual , como ente encargado de normar la calidad, en cuanto al manejo de los aceites usados ha expedido hasta cinco normas llamadas Normas Técnicas Peruana NTP referente a las generalidades, a los procesos de generación, recolección, almacenamiento, transporte, gestión y aprovechamiento energético previo tratamiento.

NTP 900.50:2008, aprobada con Resolución N° 001-2008/INDECOPI-CRT, que en resumen señala las etapas del manejo integral de los aceites usados que comprende: generación, recolección, transporte, almacenamiento, reaprovechamiento y disposición final. Además esta NTP proveerá información acerca de las medidas que deben ser adoptadas para prevenir, eliminar o mitigar los impactos negativos en el ambiente y en la salud de la población causados por prácticas inapropiadas de disposición, como contaminación del aire, del agua o del suelo.

NTP 900.51:2008, aprobada con Resolución N° 76-2008/INDECOPI-CRT, que en resumen establece las medidas que debe ser adoptadas para un manejo adecuado de los aceites usados durante las etapas de generación, recolección y almacenamiento de tal forma que se garantice la salud ocupacional de las personas en contacto con aceites usados; y que reduzca los impactos sanitarios y ambientales ocasionados por su manejo inadecuado.

NTP 900.52:2008, aprobada con Resolución N° 78-2008/INDECOPI-CRT, que establece el manejo adecuado de los aceites usados en la etapa de transporte para prevenir, reducir o mitigar los impactos negativos en el ambiente y en la salud de las personas en contacto con los aceites. Estas acciones podrían estar enmarcadas como parte de un sistema de gestión ambiental.

NTP 900.53:2009, aprobada con Resolución N° 21-2009/INDECOPI-CRT, que establece las medidas que deben ser adoptadas para un manejo adecuado de los aceites usados durante la etapa de reaprovechamiento para prevenir, reducir y mitigar los impactos negativos al ambiente y a la salud; generando un producto final que cumpla los estándares de calidad establecidos y que puede ser re aprovechado.

NTP 900.54:2004, aprobada con Resolución N° 01-2004-CRT-INDECOPI, que establece las medidas que deben ser adoptadas para un manejo adecuado de los aceites usados durante su tratamiento y combustión controlada; procesos que constituyen el aprovechamiento energético del aceite tratado, para prevenir, reducir o mitigar los

impactos negativos al ambiente y a la salud; permitiendo la utilización de los aceites tratados en la generación de calor para diversos procesos productivos y cuyos residuos deberán ser manejados de tal forma que cumplan con los estándares establecidos por la entidad competente del sector industrial correspondiente.

- **Normas jurídicas**

Ley 27314 Ley General del Sistema Gestión de Residuos Sólidos y su Reglamento DS. N° 057-2008-PCM.

Estas normas tienen que ver fundamentalmente con los residuos sólidos, en cuanto a sus procesos de las operaciones de gestión y manejo de estos residuos desde su generación hasta la disposición final. Señala los lineamientos para desarrollar y usar tecnologías, métodos, prácticas y procesos de producción y comercialización que favorezcan la minimización o reaprovechamiento de los residuos y su manejo adecuado por los agentes que intervienen en este proceso a través de Manifiestos y Declaraciones establecidos en Anexos autorizados.

Ley 27446 Ley de Sistema de Evaluación del Impacto Ambiental

Crea el sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, como un sistema único y coordinado de identificación, prevención, supervisión, control y corrección de los impactos ambientales negativos derivados de las actividades humanas como construcciones u obras que puedan causar daños ambientales.

Regula los criterios de protección ambiental, los procedimientos para la certificación de los contenidos y revisión de los estudios de Impacto Ambiental; el seguimiento y control por parte de las autoridades competentes.

Ley 28256 Ley que regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.

Art. 1º.- Del objeto de la Ley.

La presente Ley tiene por objeto regular las actividades, procesos y operaciones del transporte de los materiales y residuos peligrosos con sujeción a los principios de prevención y de protección de las personas, el medio ambiente y la propiedad.

Art. 2º.- Del ámbito de aplicación.

Están comprendidos en el alcance de la presente Ley, la producción, almacenamiento, embalaje, transporte y rutas de tránsito, manipulación, utilización, reutilización, tratamiento, reciclaje y disposición final.

Art. 3º.- Definición de materiales y residuos peligrosos.

Son materiales y residuos peligrosos, para efectos de la presente Ley, aquellas sustancias, elementos, insumos, productos o subproductos, o sus mezclas, en estado sólido, líquido y gaseoso que por sus características físicas, químicas, toxicológicas, de explosividad o por su carácter ilícito representan riesgos para la salud de las personas, el medio ambiente y propiedad.

Ley 29338 Ley de Recursos Hídricos.

Art. 83.- Prohibición de vertimientos de algunas sustancias.

Está prohibido verter sustancias contaminantes y residuos de cualquier tipo en el agua y en los bienes asociados a ésta, que representen riesgos significativos según los criterios de toxicidad, persistencia o bioacumulación. La Autoridad Ambiental respectiva, en coordinación con la Autoridad Nacional, establece los criterios y la relación de sustancias prohibidas.

Ley 8611 Ley General del Ambiente.

Art. I.- Del derecho y deber fundamental.

Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente.

Art. VI.- Del principio de prevención.

La gestión ambiental tiene como objetivos prioritarios prevenir, vigilar y evitar la degradación ambiental. Cuando no sea posible eliminar las causas que la generan, se adoptan las medidas de mitigación, recuperación, restauración o eventual compensación que correspondan.

Art. 74.- De la responsabilidad general.

Todo titular de operaciones responsable por las emisiones, efluentes, descargas y demás impactos negativos que se generen sobre el ambiente, la salud y los recursos naturales, como consecuencia de sus actividades

Art. 80.- De las normas técnicas nacionales de calidad y eco etiquetado.

El Estado promueve la adopción de normas técnicas nacionales para estandarizar los procesos de producción y las características técnicas de los bienes y servicios que se ofrecen en el país o se exportan, propiciando la gestión de su calidad, la prevención de riesgos y daños ambientales, así como las prácticas de etiquetado, que salvaguarden los derechos del consumidor.

DS. N° 074-2001-PCM Reglamento de Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental.

El presente reglamento es el instrumento legal que regula los Estándares de Calidad Ambiental del Aire para prevenir y controlar la contaminación del aire con lineamientos estratégicos para proteger la salud.

Art. 4.- Estándares Primarios de Calidad del Aire.- Los estándares primarios de la calidad del aire consideran los niveles de concentración máxima de los siguientes contaminantes:

- Dióxido de azufre (SO₂)
- Material en partículas, con diámetro menor o igual a 10 micrómetros (OM-10).
- Monóxido de Carbono (CO).
- Dióxido de Nitrógeno (NO₂)
- Ozono (O₃)
- Plomo (Pb)
- Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)

Ordenanza 295-MML-2000 del Sistema General de Residuos Sólidos; su Reglamento aprobado con Decreto de Alcaldía N° 147/MML-2001 y sus Modificatorias.

Estas normas, si bien es cierto que están referidas fundamentalmente a los residuos sólidos sobre todo a los producidos en el ámbito urbano, sin embargo tiene incidencia en la gestión de los aceites usados en cuanto regula los parámetros urbanísticos de las edificaciones de las plantas de tratamiento o de disposición final del manejo de estos residuos resguardando el medio ambiente.

1.3 Fundamentación del problema

1.3.1 Problema General

- a) ¿Será factible el diseño de una planta industrial para la re-refinación de aceites lubricantes usados en el distrito de Chilca?

1.3.2 Problemas Específicos

- a) ¿Cuál es la demanda de aceites lubricantes a nivel nacional?
- b) ¿Con que disponibilidad de recursos técnico-económico disponemos para el diseño de una planta?

1.4 Hipótesis principal y específico

1.4.1 Hipótesis Principal

- a) El diseño de una planta industrial de re-refinación de aceites usados en el distrito de Chilca, permitirá disminuir la demanda de este producto.

1.4.2 Hipótesis Específicos

- a) Se estima una demanda de 230000 galones mensuales de aceite base lubricante ecológico.
- b) La empresa cuenta con poder de financiamiento propio y crediticio además tiene un área disponible de 1900 m²

1.5 Objetivos. Objetivo general y Objetivo específico

1.5.1 Objetivo General

- a) Determinar la factibilidad del diseño de una planta industrial para la re-refinación de aceites lubricantes usados en el distrito de Chilca.

1.5.2 Objetivos específicos

- a) Determinar la demanda de aceites lubricantes a nivel nacional.
- b) Conocer la disponibilidad de recursos técnico-económicos para el diseño de la planta.

1.6 Antecedentes, Importancia, Justificación, alcances y metas

1.6.1 Antecedentes

- a) Cataño (2009), describió el proceso de re-refinación en la obtención de combustibles industriales alternativos a partir de aceites lubricantes usados, que sometido a diferentes procesos físico-químicos, son comercializados en todo tipo de dispositivo que requiera generar calor, constituyendo una buena alternativa de sustitución a los combustibles convencionales.
- b) Loayza & Silva (2005), presentó un conjunto de métodos sencillos, rápidos, económicos y Confiables que les permitan caracterizar los aceites usados para su posterior reaprovechamiento. Los métodos que se presentan son: contenido de agua, (en forma cualitativa y en forma cuantitativa), densidad y determinación del estado de los aditivos (dispersante) o «spot test».
- c) Orihuela (1979), realizó un estudio del mercado nacional para la instalación de una planta de recuperación de aceites lubricantes usados, proponiendo una serie de tecnologías alternativas de acuerdo a las industrias del presente. Se determinó el tamaño de planta, la distribución de equipos y además se realizó un estudio económico.
- d) Nonaica (1989), realizó la evaluación y análisis económico de la instalación de una planta de regeneración de aceites usados, mostrando una serie de métodos y etapas de gestión de estos residuos en el Perú. Se realizaron recolección y análisis de datos para la estimación de la demanda actual y la proyectada, se determinó además la factibilidad del proyecto.
- e) Villanueva (2005), Investigó sobre la regeneración de bases lubricantes a partir de aceites usados, utilizando la tecnología de extracción por solventes, a la vez presento en base a la investigación desarrollada el diseño de una planta de tratamiento de aceite usado a escala piloto, y desarrolló una evaluación económica a nivel de perfil.

1.6.2 Importancia y Justificación

El diseño de una planta de re-refinación de aceites lubricantes usados mediante el método ácido arcilla para la planta que se instalara en el distrito de Chilca a nivel industrial, permitirá incrementar la rentabilidad, cubrir la alta demanda y a la vez mantendrá un margen de sistema de gestión ambiental adecuado en la disposición final de los aceites lubricantes usados. Debido a las características del proyecto y las condiciones del mercado en el sector industrial y automotriz, en la que se encuentra la empresa, y teniendo el compromiso de cumplir con la normatividad ambiental, este proyecto permitirá:

- a) Dinamización del comercio y servicio.
- b) Introducción de puestos de trabajo.
- c) Mejora de calidad de vida de las zonas aledañas.
- d) Reducir los impactos ambientales generados por los aceites lubricantes usados.

El aprovechamiento de aceites usados como bases lubricantes, muestra grandes bondades para el sector privado así como para el país, debido a los bajos periodos de recuperación de la inversión y a los resultados positivos del análisis de rentabilidad.

1.6.3 Alcances y metas

a) Alcances

- El presente proyecto de investigación es una herramienta de ingeniería de procesos, ingeniería de detalles, técnico económico, un proyecto de inversión que nos sirve de consulta para la el **Diseño de una planta industrial para la re-refinación de aceites lubricantes usados**, que va desde la recepción de materia prima (aceites lubricantes usados) hasta la obtención un aceite base lubricante ecológica mediante el proceso del Re-refinado (Método ácido arcilla).

b) Metas

- Fomentar a los generadores y/o usuarios del aceite lubricante que hay procesos de tratamiento cuando este producto pase a un residuo peligroso.
- Promover, la sensibilización a los generadores del aceite lubricante usado sobre el riesgo para la salud humana e impactos negativos al medio

ambiente que pueden generar una mala disposición de estos residuos peligrosos.

- Promocionar a la industria Nacional la inversión en proyectos sostenibles y rentables que realicen el proceso del re-refinado del aceite lubricante usado.

CAPITULO II

CREACIÓN, ORGANIZACIÓN, PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN. Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE INSTALACIÓN DE LA PLANTA INDUSTRIAL PARA LA RE-REFINACION DE ACEITES LUBRICANTES USADOS.

2.1 Creación del proyecto de instalación de planta industrial para la re-refinación de aceites lubricantes usados

La idea del proyecto de instalación de una planta industrial para la re-refinación de aceites lubricantes usados nace de un reto que viene afrontando el país sobre el manejo de los residuos peligrosos, entre ellos los aceites lubricantes usados, por lo cual una de las medidas es establecer los aspectos técnicos en las diferentes etapas de manejo (acopio, empaque, embalaje, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final), que de ser aplicados permitirán proteger la salud humana y el ambiente, debido a que no se está llevando una adecuada fiscalización sobre la disposición final de estos residuos peligrosos , para ello planteamos la alternativa de determinar el tratamiento de los aceites lubricantes residuales por el método Acido-arcilla y que cumpla con la NTP 900.053.2009.

En el desarrollo de este proyecto se llevan a cabo actividades conjuntas de investigación de proceso productivo, análisis del mercado, análisis de tecnologías existentes orientadas a optimizar la calidad del producto de aceites lubricantes re-refinadas, ampliar la demanda nacional y satisfacción de los clientes.

2.2 Organización del proyecto de instalación de planta industrial para la re-refinación de aceites lubricantes usados

Para llevar a cabo el proyecto de instalación de una planta industrial se necesita realizar una serie de actividades que deben ser llevadas a cabo con suma responsabilidad y en forma ordenada.

Las actividades a realizar serán las siguientes:

- a) Estudio de mercado
- b) Evaluación del proceso
- c) Selección de tecnología

- d) Programación del proyecto
- e) Contrato de diseño y construcción.
- f) Diseño de procesos
- g) Localización y distribución de la planta
- h) Diseño detallado
- i) Adquisición de equipos y materiales.
- j) Construcción
- k) Puesta en marcha

2.3 Planificación del proyecto de instalación de planta industrial para la re-refinación de aceites lubricantes usados

Para la realización del proyecto de instalación de una planta industrial para la re-refinación de aceites lubricantes usados elaboraremos una serie de tareas las cuales serán realizadas de acuerdo a la importancia y son las siguientes:

a) Estudio de Mercado

Se deberá conocer el entorno competitivo y en consecuencia el mercado y la demanda del producto, de forma que pueda determinar si existen oportunidades o necesidades sin cubrir, si fuera así se deberá estudiar la viabilidad teórica del nuevo producto, es decir realizaremos un esbozo sobre la producción de dicho bien si es rentable o no realizar esa actividad.

b) Evaluación del Proceso

Se deberá debe evaluar diferentes tipos de procesos según la factibilidad del producto, para poder observar los diferentes resultados que se pueden obtener en cuanto a los aspectos técnicos y económicos de dichos procesos.

c) Selección de la Tecnología

Se deberá decidir cuál será el proceso tecnológico a emplear, dentro de las alternativas conocidas y las propias características del producto. En este tipo de decisión se analizaran para cada tecnología: la procedencia y tipo de materia prima, las clases de bienes de equipo e instalaciones técnicas que se precisan, el rendimiento del producto a fabricar, ya que todas las tecnologías no arrojan un mismo índice de rendimiento, el cual elevaría la rentabilidad de la empresa, dependiendo de la tecnología a usar para realizar la mejor elección.

d) Programación del Proyecto

Se deberá idear y coordinar las acciones para la realización del proyecto en función de un tiempo determinado.

e) Contrato de Diseño y Construcción

Se deberá contratar a los profesionales calificados para la realización del diseño y la posterior construcción de la planta.

f) Diseño de Proceso

Para la tecnología seleccionada se realizara una evaluación de las características de la materia prima y sus parámetros fisicoquímicos para el correcto desarrollo del proceso , además de desarrollar el balance de materia, balance de energía, diagrama de bloques, diagrama de proceso, diagrama de flujo. etc.

g) Localización y Distribución de la Planta

La ubicación de la planta es una de las actividades más importantes en la ejecución de un proyecto de ingeniería, comparable solo con la elección del tipo de proceso, para lo cual se deberán investigar y evaluar diferentes factores como cercanía a la materia prima, cercanía al mercado, mano de obra disponible, facilidad de transporte, etc. En cuanto a la distribución de planta la cual se conoce con la expresión técnica de lay-out, esta busca una forma de distribuir y ambientar los espacios físicos para lograr la máxima productividad y un buen clima laboral en las operaciones de la empresa.

h) Diseño detallado

Consiste en el dimensionamiento de los equipos principales, instrumentación, cableado, automatización, etc. Además de la estructura y disposición de los equipos.

i) Adquisición de equipos y materiales

Los realizadores del proyecto se encargaran de los contratos de compra, despacho e inspección de los equipos y materiales necesarios para el desarrollo del proceso.

j) Construcción

En esta etapa se deberá llevar a cabo la construcción de las edificaciones en general, el montaje de los equipos, instrumentación de equipos, instalaciones eléctricas, etc.

k) Puesta en marcha

Esta es la última etapa del proyecto que reflejara el resultado de las actividades previas, esta etapa dura aproximadamente 2 meses, tiempo en el cual se realizara la corrida "cero" en los equipos.

2.4 Programación del proyecto de instalación de planta industrial para la re-refinación de aceites lubricantes usados (Véase el cuadro N°2.1 y véase el cuadro N°2.2, en la página 35)

**CUADRO N°2.1
PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO**

Actividades	Duración-Meses													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. Estudio de mercado	X	X												
2. Evaluación del proceso		X												
3. Selección de la tecnología.			X	X										
4. Programación del proyecto				X										
5. Contrato de diseño y construcción.					X									
6. Diseño de Proceso.					X	X								
7. Localización y distribución en planta.							X	X						
8. Diseño detallado.								X						
9. Adquisición de equipos y materiales.									X	X	X	X		
10. Construcción.										X	X	X		
11. Puesta en marcha.													X	X

El tiempo de duración se calcula mediante la ecuación:

$$\text{Duracion (meses)} = t_e = \frac{(t_0 + 4t_m + t_p)}{6}$$

Dónde:

- t_e: tiempo esperado
- t₀: tiempo optimista
- t_m: tiempo más probable
- t_p: tiempo pesimista

CUADRO N°2.2
CALCULO DEL TIEMPO ESTIMADO DE INSTALACIÓN PARA EL PROYECTO

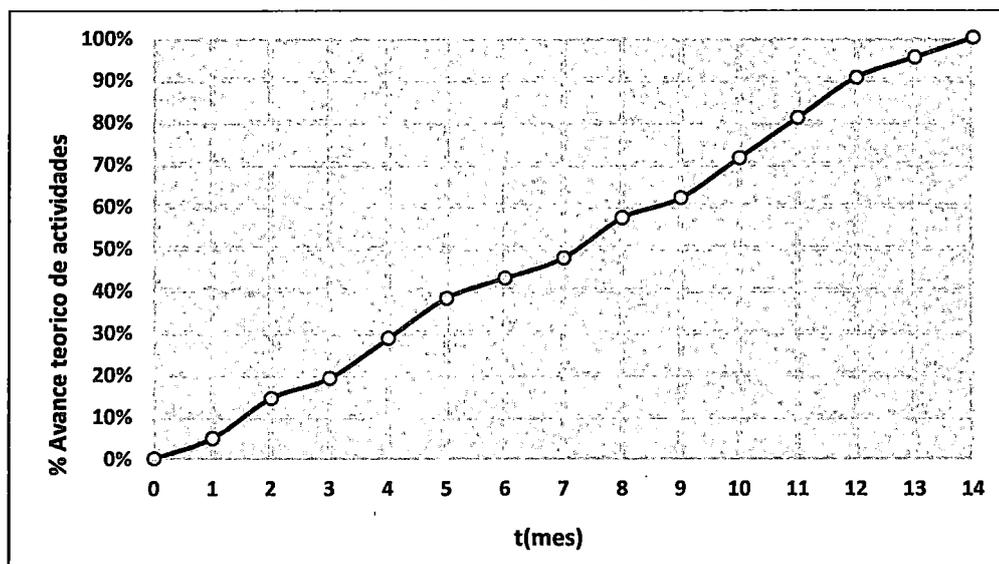
Actividades	t_e (meses)	t_0	t_m	t_p
Estudio de mercado	2	1	2	3
Evaluación del proceso	1	0.5	1	1.5
Selección de la tecnología.	2	1	2	3
Programación del proyecto	1	0.5	1	1.5
Contrato de diseño y construcción.	1	0.5	1	1.5
Diseño de Proceso.	2	1.5	2	2.5
Localización y distribución en planta.	2	1.5	2	2.5
Diseño detallado.	1	0.5	1	1.5
Adquisición de equipos y materiales.	4	3	4	5
Construcción.	3	2	3	4
Puesta en marcha.	2	1.5	2	2.5

Por lo tanto el tiempo estimado para la realización total del proyecto de instalación será de 14 meses.

2.5 Evaluación y control del proyecto de instalación de planta industrial para la re-refinación de aceites lubricantes usados

En esta etapa se verificara el cumplimiento de las acciones programadas en función al tiempo para la instalación del proyecto (Véase la gráfica N°2.1)

GRÁFICA N°2.1
% DE AVANCE TEÓRICO DE ACTIVIDADES EN FUNCIÓN AL TIEMPO



CAPITULO III INGENIERÍA DE PROCESOS

3.1 Desarrollo del proceso

3.1.1 Diseño del producto

El aceite base lubricante producto del re-refinado de aceites lubricantes usados es un líquido viscoso con un color a amarillento transparente cumpliendo con las características descritas en la NTP 900.053.2009, contiene aditivo entre un 15% y 20% en volumen a los aceites con el objetivo de proteger las superficies metálicas, proporcionar las prestaciones requeridas y alargar la duración del aceite. (Véase los cuadros N°8.15, 8.16 y 8.17 en las páginas 149 y 150)

a) Características de la oferta y demanda

El mercado de lubricantes en el país se divide en dos sectores, el sector de reventa (también llamado automotriz) y el sector industrial. En el sector reventa los clientes compran los lubricantes para a su vez revenderlos a los usuarios finales y obtener una ganancia de dicha transacción. Los principales canales en este sector son los distribuidores, mayoristas y detallistas, este último formado a su vez por lubricentros, estaciones de servicio, talleres de mecánica, tiendas de repuesto, concesionarios e hipermercados, siendo el canal de los lubricentros el canal detallista más importante (78%).

El sector industrial está formado por aquel tipo de clientes que compra los lubricantes como parte de los insumos necesarios para su operación. Así tenemos como clientes a empresas del sector minero, construcción, pesca, agro, etc. Del volumen total se estima que 55% se comercializa en el sector reventa y 45% en el sector industrial.

En el país existen distribuidores tales como Mobil, Shell, Castrol, Texaco, Repsol que abarcan más del 80% del mercado peruano los precios varían entre \$10.00 a \$30.00 el gal de aceite lubricante dependiendo de las propiedades físicas y químicas de los aditivos que estas contengan.

b) Comercialización

La empresa cuenta con una cartera de clientes, tanto en el interior del país como en la capital, en el cual se le venderá al por mayor, la comercialización estará en un inicio centrado en el sector de reventa, luego comercializaremos directamente a los usuarios finales, obviamente los precios variarán, según el tipo de cliente y la zona de la comercialización del producto.

La competencia es muy importante para una empresa, por eso es necesario distinguirlas de acuerdo al porcentaje de producción a nivel Nacional, las únicas empresas que utilizan el proceso del re-refinado de aceites lubricantes usados en el país son: Cia industrial lima

S.A. Cilsa, Lubricantes filtrados Marte E.I.R.L, Tower and Tower S.A, quienes serían nuestra principal competencia. (Véase el cuadro N°8.3, en la página 143)

3.1.2 Análisis de la materia prima

El Perú cuenta con una población de 27 millones aproximadamente, albergando Lima la capital, más de 8 millones, los consumos finales de los aceites lubricantes en el mercado peruano, se estiman mayor a 22 millones de galones al año, de los cuales un 60% corresponde al parque automotor, un 21% al sector industrial, un 9% para transmisión mecánica, 4% para el uso marino y un 6% para el sector aviación entre otros. La capacidad de regeneración de los aceites usados es muy escasa y poco relevante debido a diversos factores, tales como la falta de tecnología disponible, un marco legal que regule la gestión de manera adecuada, la sensibilización de los empresarios y de la sociedad en su conjunto. (Véase el cuadro N°3.1 y la gráfica N°3.1 en la página 38)

Los principales sectores productores de residuos de aceites usados son las siguientes.

Automoción

- Estaciones de servicios
- Talleres mecánicos
- Compra-venta de autos
- Embarcaciones de recreo
- Centros de reciclado
- Aparcamientos
- Aeropuertos

Industrial

- Producción de madera
- Papel y cartón
- Prensa e imprentas
- Química
- Caucho y plásticos
- Minería
- Mecanizado de metales
- Fabricación de maquinarias
- Fabricación de vehículos
- Fabricación diversas

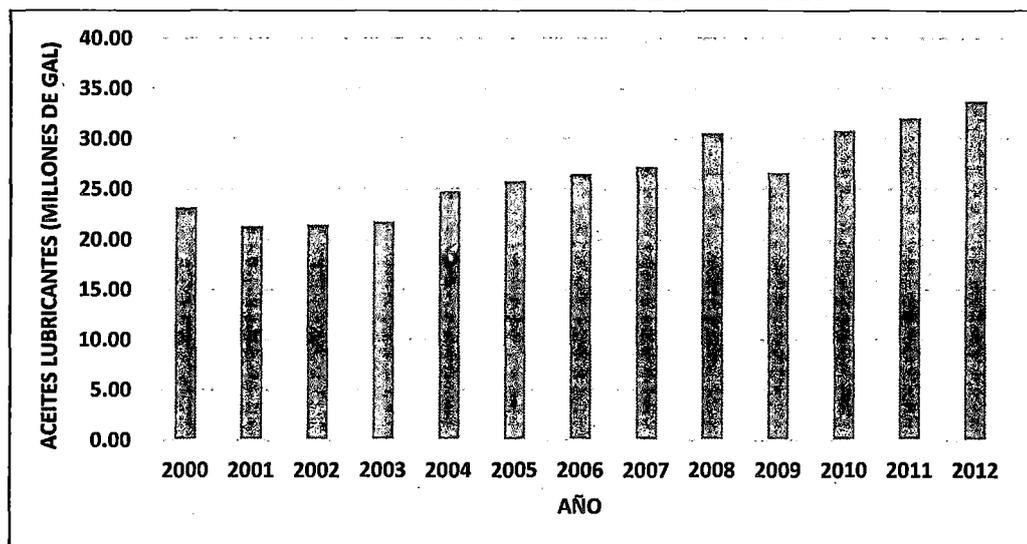
Terminales marinos y ferroviarios

- Puertos militares
- Puertos comerciales
- Estaciones de ferrocarril.

CUADRO N°3.1
DEMANDA NACIONAL DE ACEITES LUBRICANTES

AÑO	DEMANDA NACIONAL	
	MBLS	Millones de Gal
2000	551.99	23.18
2001	507.82	21.33
2002	511.54	21.48
2003	518.17	21.76
2004	589.75	24.77
2005	614.38	25.80
2006	631.01	26.50
2007	648.63	27.24
2008	727.22	30.54
2009	633.79	26.62
2010	733.28	30.80
2011	762.39	32.02
2012	803.03	33.73

GRÁFICA N°3.1
DEMANDA NACIONAL DE ACEITES LUBRICANTES



Fuente: Ministerio de la Producción - Viceministerio de MYPE e Industria-INEI

3.2 Análisis y descripción de tecnologías

La Norma técnica peruana (NTP 900.053:2009) establece las tecnologías o métodos que deben ser adoptadas para un manejo adecuado de los aceites usados para prevenir, reducir y mitigar impactos negativos al ambiente y a la salud, a continuación se muestra las tecnologías en el reaprovechamiento por re-refinación:

3.2.1 Método Acido-Arcilla

El aceite usado exento de sedimentos y libre de agua es sometido a un proceso de calentamiento (destilación a presión atmosférica o reducida) para eliminar el agua emulsionada y los hidrocarburos livianos presentes. El vapor de agua y los hidrocarburos livianos que salen por el tope del reactor son condensados, en el fondo del reactor queda el aceite de proceso.

A continuación el aceite de proceso se trata con ácido sulfúrico, para eliminar hidrocarburos oxidados, metales de desgaste, aditivos, polvo y carbón, que se separan del aceite en forma de precipitados hacia el fondo del tanque adquiriendo una consistencia pastosa denominada borras acidas, que son separadas del aceite de proceso.

Luego el aceite de proceso libre de borras es neutralizado con una sustancia alcalina. El aceite de proceso neutro es sometido luego a un tratamiento con arcillas activadas y a temperatura óptima para su decoloración.

Finalmente el aceite tratado es filtrado para separar las arcillas gastadas mediante un sistema de filtros que retienen las arcillas obteniéndose el producto final, la base lubricante mineral re-refinada.

3.2.2 Proceso Meinken

La carga de aceite usado es deshidratada previamente, para eliminar el agua existente y otros contaminantes de bajo punto de ebullición. Posteriormente el aceite pasa a una unidad de termocracking, que permite reducir los residuos. Por el tope de esta unidad se obtiene un destilado que unido al producto de la unidad de vacío, formarán después de la re destilación el "SPINDLE OIL" (hidrocarburos livianos). El producto de salida de la unidad de termocracking se bombea a la unidad de tratamiento ácido, donde se pone en contacto con ácido sulfúrico, obteniéndose aceite ácido y un desecho (residuo) ácido, que representa el 10.5% en peso en relación a la carga. Este aceite ácido se lleva a la unidad de vacío donde se separa de la fracción de gas oil y finalmente se trata en la unidad de filtración-neutralización, donde se obtiene un aceite básico de alta calidad. El rendimiento de la planta es el 70% en peso con relación a la carga, sin contar un 12% de gas oil obtenido que se utiliza como combustible. Este proceso es el más difundido mundialmente por su versatilidad y eficiencia.

3.2.3 Proceso propano-hidroterminado

Este proceso tiene como fin producir bases de alta calidad, sin dejar residuos. La carga de aceite usado se alimenta de pre tratamiento para eliminar agua e hidrocarburos livianos, esta carga pre tratada, se bombea a la unidad de selecto propano, en la cual se producen los destilados con propiedades lubricantes y un residuo de hidrocarburos pesados, que puede usarse como combustible pesado.

Los destilados obtenidos se bombean a la unidad de hidrotreatmento, donde son hidrogenados. Las bases hidrogenadas se destilan en tres cortes, que se filtran y se almacenan.

Las bases obtenidas del tipo "SPINDLE OIL", neutral y "bright-stock" representan un 83.2% en peso con relación a la carga, se obtiene además un 6% de gas oil, 1.5% de gas combustible y un 5% de combustible pesado.

3.2.4 Proceso K.T.I

Este proceso no deja productos de desecho y consiste en las siguientes etapas:

Pre tratamiento y destilación al vacío: El aceite usado es deshidratado y son eliminados parte de los hidrocarburos livianos, luego se envía el aceite a una torre de destilación al vacío, donde se extraen los livianos remanentes por el tope y contaminantes diversos por el fondo. Esto último es considerado de suma importancia para minimizar el consumo de hidrogeno en el hidrotreatmento posterior del aceite, la destilación al vacío produce bases lubricantes en el rango deseado para su posterior tratamiento.

Un diseño especial de la torre permite la obtención de altos rendimientos de destilado, con mínimo de arrastre de compuestos asfálticos en los cortes, con el objeto de evitar el envenenamiento prematuro y excesiva deposición de coque en el catalizador de hidrogenación. Los productos livianos separados pueden ser utilizados como combustible.

El fondo contiene metales, productos de polimerización y materiales asfálticos, que se pueden mezclar con residuos de refinería para la manufactura de asfalto para pavimento. El hidroterminado estabiliza el color y olor en los aceites, produce bases lubricantes con las especificaciones deseadas.

3.2.5 Proceso Berk

Este proceso incorpora un primer paso de deshidratación para eliminar agua e hidrocarburos livianos, seguido por una precipitación de lodos mediante el uso de solventes adecuado. Con este paso se tiene una recuperación promedio de la base del 95% en peso con una reducción de cenizas del 75%. Posteriormente el aceite extraído con solvente se pone en contacto con arcilla para mejorar el color y el olor.

Finalmente se realiza el hidrotreatmento que es un paso más complejo y más costoso con la ventaja de generar un mínimo de subproductos.

3.2.6 Proceso PROP

El aceite usado se pone en contacto con una solución de fosfatodiamónico, los metales (Excepto el zinc ditiofosfato) reaccionan con el fosfato para producir fosfatos insolubles en agua y aceite. El aceite sale de éste proceso convertido en una emulsión que contiene aproximadamente el 1% de los sólidos, esta emulsión pasa a un tratamiento térmico que produce la degradación de una cantidad apreciable de este compuesto de fósforo y a la vez produce la aglomeración de los sólidos dispersos, los cuales se separan posteriormente por filtración. El aceite desmetalizado y deshidratado se mezcla con hidrógeno en caliente utilizando níquel molibdeno, este tratamiento remueve compuestos de azufre, nitrógeno y cloro.

El aceite se hace circular a través de un lecho de arcilla, para la descomposición de los ácidos sulfónicos y mejorar el color y olor del aceite obtenido. Finalmente se lleva a cabo un proceso de limpieza para remover la fracción de combustibles restantes, esta operación permite controlar el punto de encendido del aceite purificado.

Esta es una de las tecnologías usadas en la regeneración de lubricantes que no produce contaminación (Ya que no usa ácidos o solventes en el tratamiento), no requiere destilación al vacío, no cambia la estructura de los hidrocarburos que constituyen el aceite y los contaminantes se retiran de forma tal que no contaminan el ambiente.

3.2.7 Extracción por solvente

Esta tecnología es uno de los procesos más económicos y más eficientes en la recuperación de aceites usados. Reemplaza el proceso ácido arcilla produciendo un lodo orgánico útil en lugar de un lodo tóxico. El proceso consiste en mezclar aceite usado y solvente en proporciones adecuadas para asegurar una completa miscibilidad. El solvente debe retener los aditivos y las impurezas orgánicas, éstas flocculan y sedimentan por acción de la gravedad. Al final se recupera el solvente por destilación para propósitos de reciclaje.

Este proceso puede remover entre 10-14% de contaminantes, cantidad de aditivos e impurezas presentes normalmente en el aceite usado. La etapa más crítica en el diseño de este proceso es el desarrollo del tipo apropiado de solvente, los parámetros de extracción y la relación de solvente: aceite. El sistema debe tener la capacidad de separar el máximo posible de lodos del aceite usado y al mismo tiempo perder la mínima cantidad de base lubricante en los lodos.

El aceite se almacena en un tanque con fondo cónico para permitir la sedimentación de partículas grandes por 3 días para luego ser homogenizado. La mezcla de aceite y solvente se agita durante un tiempo adecuado, se deja sedimentar por 24 horas, después se lavan los lodos usando solvente adecuado, éste proceso de lavado remueve un 95% del aceite intersticial presente en los lodos. Siguiendo el proceso de lavado los lodos se llevan al horno por 5 minutos a 100°C para evaporar el exceso de solvente. Las pérdidas del aceite se calculan como el peso de los lodos húmedos antes de lavarlos menos el peso de los lodos secos sobre el peso del aceite adicionado en la mezcla.

3.3 Selección de tecnologías

Para la selección de la tecnología se ha tenido en cuenta el análisis ambiental y económico de la planta piloto semicomercial WR INGENIEROS de una capacidad de producción de 357.5 gal/día de aceite base lubricante teniendo una eficiencia de 77% respecto al aceite lubricante usado como materia prima, considerando los buenos resultados de la planta piloto, la tecnología seleccionada para el proyecto será el método ácido- arcilla.

3.4 Diseño del proceso de la tecnología seleccionada

Por su mayor rendimiento técnico y económico se ha seleccionado el método ácido – arcilla para este proyecto de la cual las operaciones y procesos de esta tecnología se describirán a continuación.

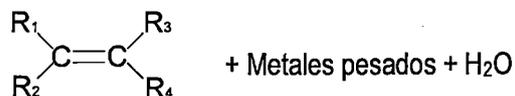
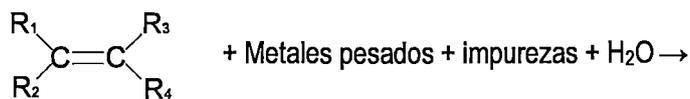
3.4.1 Procedimiento de diseño del proceso industrial

a) Recepción y Descarga de los aceites lubricantes usados

Llega la Cisterna, Camión o cualquier movilidad autorizada de nuestros proveedores conteniendo el aceite usado (también pueden estar contenido en cilindros calibrados a 55 Galones).

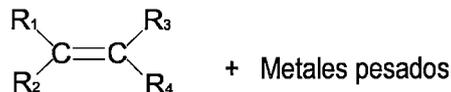
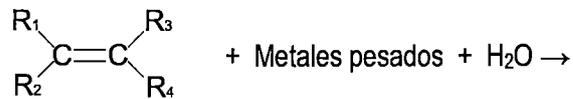
b) Cribado

La recepción de materia prima (aceite lubricante usado) es trasladado a un tanque de cribado, donde es retenido los residuos sólidos o impurezas por medio de un dispositivo provisto de una malla acerada (Resistente a la corrosión) con una abertura que permita la retención de los mismos. Se retienen aproximadamente 0.00642 Kg/gal de aceite lubricante usado.



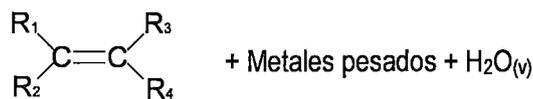
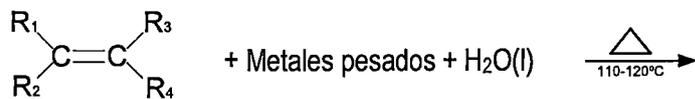
c) Decantación

El aceite luego de la operación de cribado es bombeado hacia el tanque de almacenamiento en donde por diferencia de densidades se separa parte del contenido de agua y de las impurezas presentes, siendo estos los que se depositarán en la parte inferior de los dispositivos de almacenamiento.

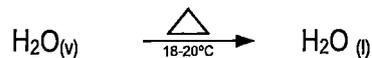


d) Destilación

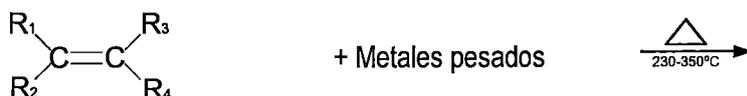
Eliminación del agua y separación de hidrocarburos ligeros (combustible K). Operación que consiste en calentar el aceite usado hasta alcanzar temperaturas muy altas entre 330-350°C a presión atmosférica. En esta etapa se separa algunos componentes de la mezcla, como el agua, que se obtiene entre 110°C y 120°C, mientras que los hidrocarburos ligeros se empiezan a obtener a temperaturas desde 230°C a 350°C, temperatura a la cual se procede al apagado del horno reactor. Obteniendo mediante un sistema de condensación 0.04467 gal de aguas oleosas y 0.11167 gal de combustible K por galón de aceite usado a destilar.

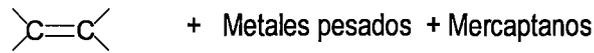


Luego:



Compuesto orgánico + azufre → Mercaptanos (tiol)



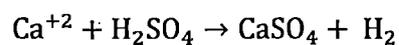
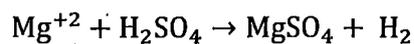
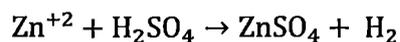
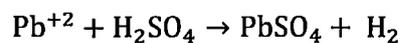
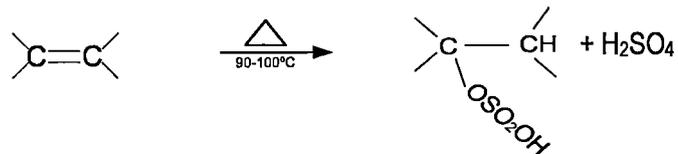
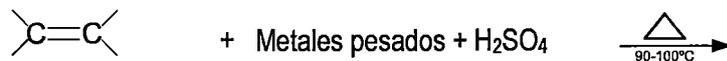


▪ **Lavado de gases no condensables**

Los gases no condensables que se eliminan durante la etapa de destilación son neutralizados en una torre de lavado de gases (re lleno de polipropileno), utilizando un solución diluida de Hipoclorito de calcio, peróxido de hidrogeno y/o solución que inhibe los olores de estos gases.

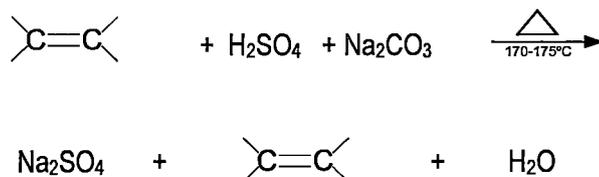
e) **Acidificación**

El aceite en proceso es bombeado hacia los tanques reactores de acidificación, en donde se adiciona ácido sulfúrico concentrado 98 % en proporción de 0.19973 Kg por galón de aceite a tratar. Se produce una serie de reacciones generando sulfatos de metales pesados llamados borras ácidas, la acidificación se realiza entre 80 y 120°C con agitación continua. Obteniéndose 0.05333 Kg de borras ácidas por galón de aceite de proceso.



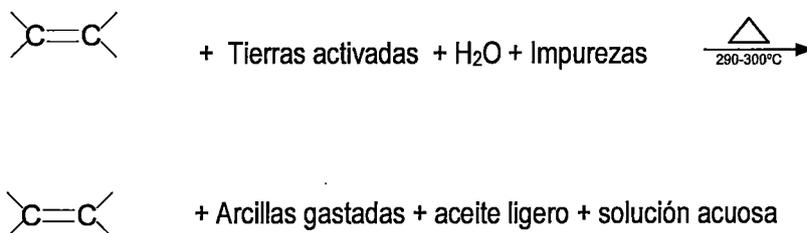
f) Neutralización

El aceite acidificado es bombeado hacia el reactor de neutralización, donde se le agrega de 0.01813kg de Carbonato de Sodio al 99% por galón de aceite acidificado, con la finalidad de neutralizar el ácido sulfúrico excedente procedente del proceso de acidificación, producto de la reacción se obtiene un precipitado de sulfato de 0.00518 Kg por galón de aceite tratado. La temperatura óptima es de 170-180°C, con agitación continua.



g) Adsorción o blanqueo

Operación en la cual se eliminan aquellas impurezas que colorean el aceite, mediante la adsorción por tierras activadas. Se adiciona de 0.43831Kg de tierras activadas por galón de aceite a tratar, el agregado es por lotes y bombeo batch. En esta operación también se obtienen por condensación una solución acuosa proveniente de la humedad de las tierras activadas en un rango de 170-230°C y un aceite ligero –diésel a 230-290°C, la temperatura óptima para esta etapa es de 250-300°C.



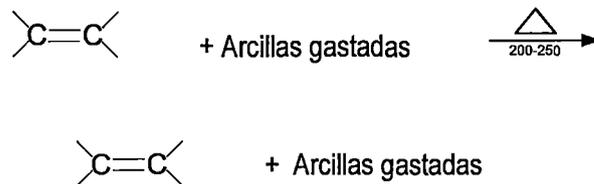
▪ Lavado de gases ácidos

Los gases ácidos provenientes de la etapa de acidificación, neutralización, y adsorción son extraídos por un sistema de campanas extractoras y conducidas a una torre de lavado de gases (re lleno de polipropileno), donde son lavados utilizando un solución alcalina diluida que puede ser soda caustica, hidróxido de calcio o también podemos utilizar lejía, de esta manera neutralizamos los olores ácidos del proceso.

h) Filtración

Operación en la que se separan las arcillas gastadas cargadas de impurezas mediante el uso del filtro- prensa un filtro prensa de placas y marcos, trabajando a 3000 psi, obteniéndose el aceite base lubricante como producto de esta etapa. Se realiza a una

temperatura de 200 a 250°C obteniéndose arcillas gastadas en una relación de 0.43595 Kg por galón de aceite tratado.



i) Desodorización y aditivación

Es la operación donde se bombea el aceite filtrado a un reactor de burbujeo y agitación en la cual se agrega aditivos en proporción de 0.03606 Kg por galón de aceite base para mejorar las propiedades fisicoquímicas, se realiza a una temperatura de 200 °C, obteniendo como producto un aceite ecológico de alto índice de viscosidad.



j) Almacenamiento

El producto terminado es descargado en cilindros calibrados a 55 Gal, y llevados al almacén de productos terminados.

k) Comercialización

Es la etapa de liberación de productos y subproductos o la venta de aceites bases para uso como lubricante en el parque automotor.

l) Disposición final de lodos

Los borras acidas y arcillas gastadas son evacuados por la empresa a los rellenos de seguridad (Befesa), como también se da la opción de tratar estos residuos para la fabricación de grasas o asfaltado para carreteras.

3.4.2 Balance de materia y energía

El balance de materia y energía para el proyecto se determinó a partir de los resultados de la planta piloto semicomercial (Véase el cuadro N°3.2 y el cuadro N°8.18, en la página 47 y 151 respectivamente), considerando tamaño de planta y las reacciones ocurridas en cada etapa del proceso.

El Tamaño de planta piloto semicomercial es de 10010 gal/mes equivalente a 357.5 gal/día de aceite base lubricante, y el tamaño de planta máximo para el proyecto de 230 722 gal/mes equivalente a 8240.07 gal/día de aceite base lubricante.

CUADRO N°3.2
BALANCE DE MATERIA, PLANTA PILOTO SEMICOMERCIAL Y PLANTA PROYECTO

Etapa/compuesto	Unidad	Planta semicomercial		Planta proyecto	
		Ingreso	Salida	Ingreso	Salida
1.-Cribado					
Aceite lubricante usado	Gal/día	467.50	0.00	10775.48	0.00
Aceite Cribado	Gal/día	0.00	447.76	0.00	10320.55
Residuos sólidos-impurezas	Kg/día	0.00	3.00	0.00	69.15
2.-Decantación					
Aceite Cribado	Gal/día	447.76	447.76	10320.55	10320.55
3.-Destilación					
Aceite Cribado	Gal/día	447.76	0.00	10320.55	0.00
Aceite destilado	Gal/día	0.00	375.05	0.00	8644.68
H ₂ O (Aguas oleosas)	Gal/día	0.00	20.00	0.00	460.98
Solventes livianos -combustible k	Gal/día	0.00	50.00	0.00	23.05
4.-Acidificación					
Aceite destilado	Gal/día	375.05	0.00	8644.68	0.00
Ácido Sulfúrico 98%(H ₂ SO ₄)	Kg/día	75.00	0.00	1728.69	0.00
Aceite acidificado	Gal/día	0.00	386.05	0.00	8898.05
Borras acidas(Sulfatos de metales pesados)	Kg/día	0.00	20.00	0.00	460.98
5.-Neutralización					
Aceite acidificado	Gal/día	386.05	0.00	8898.05	0.00
Carbonato de sodio 99%(Na ₂ CO ₃)	Kg/día	7.00	0.00	161.34	0.00
Aceite neutralizado	Gal/día	0.00	387.85	0.00	8939.72
Sulfatos de sodio	Kg/día	0.00	2.00	0.00	46.10
6.-Adsorción					
Aceite neutralizado	Gal/día	387.85	0.00	8939.72	0.00
Tierras activadas	Kg/día	170.00	0.00	3918.35	0.00
Aceite clarificado	Gal/día	0.00	412.89	0.00	9516.71
H ₂ O (Solución acuosa)	Gal/día	0.00	3.00	0.00	69.15
Aceite ligero(Diésel)	Gal/día	0.00	15.00	0.00	23.05
7.-Filtración					
Aceite clarificado	Gal/día	412.89	0.00	9516.71	0.00
Aceite base	Kg/día	0.00	360.55	0.00	8310.32
Arcillas gastadas	Gal/día	0.00	180.00	0.00	4148.85
8.-Desodorización y aditivación					
Aceite base	Gal/día	360.55	0.00	8310.32	0.00
Aditivo	Kg/día	13.00	0.00	299.64	0.00
Aceite base lubricante	Gal/día	0.00	357.50	0.00	8240.07

3.4.3 Diseño del diagrama de procesos: Diagrama de bloque. Diagrama de flujo codificado, Diagrama de bandera, plano unitario

DIAGRAMA N°3.1
DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE RE-REFINACIÓN DE ACEITES
LUBRICANTES USADOS

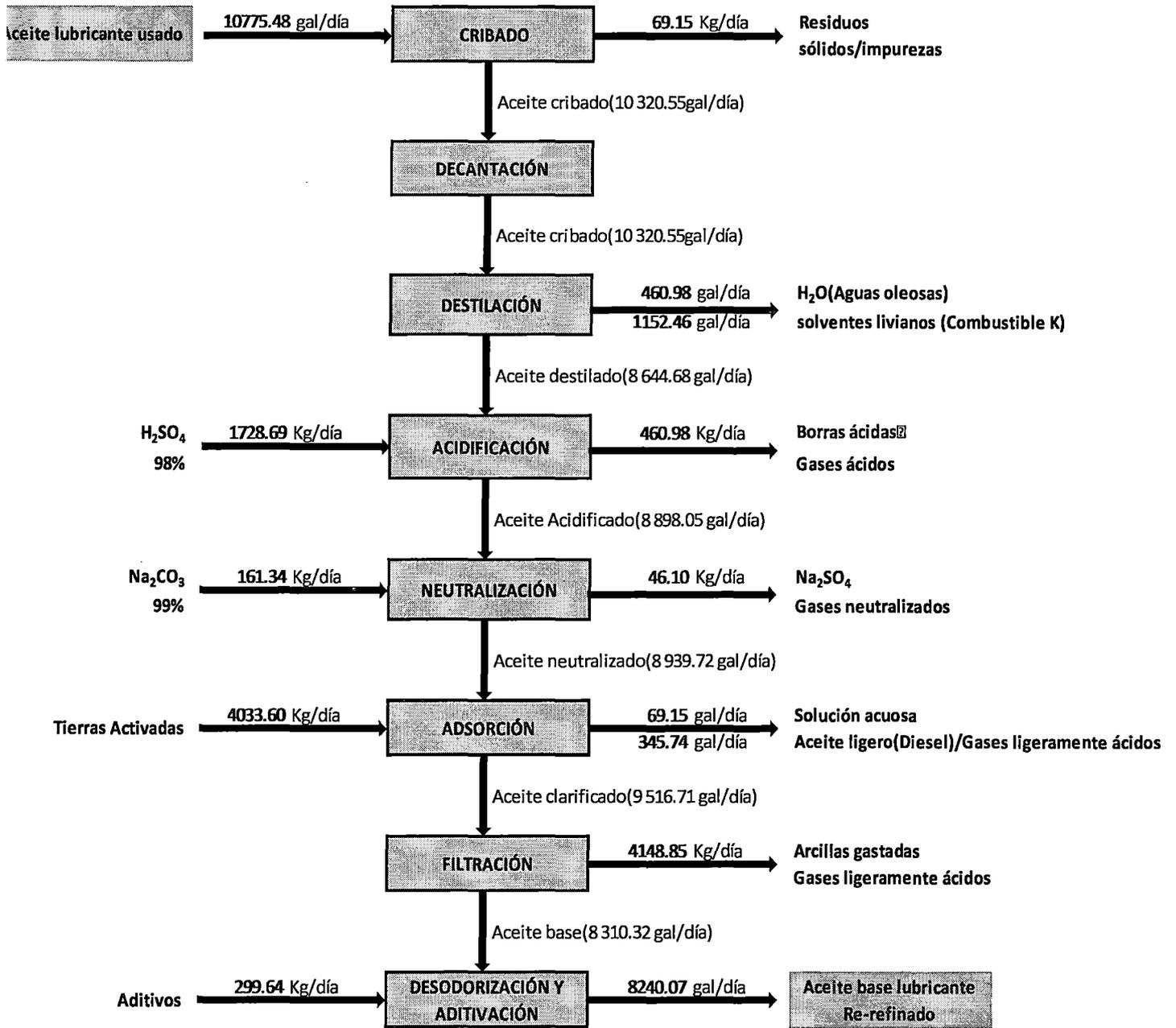


DIAGRAMA N°3.2
DIAGRAMA DE FLUJO CODIFICADO DEL PROCESO DE RE-REFINACIÓN DE ACEITES LUBRICANTES USADOS

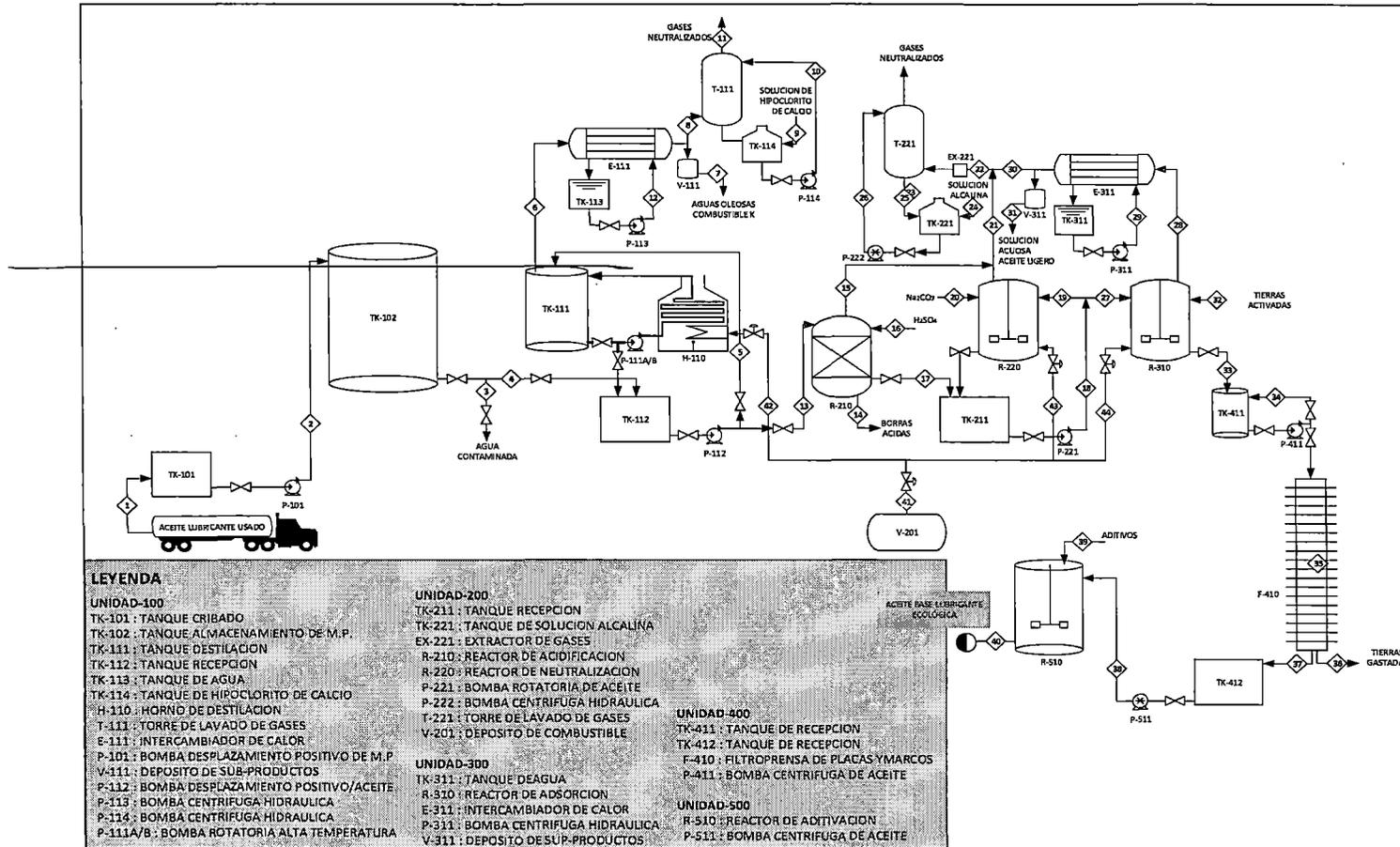
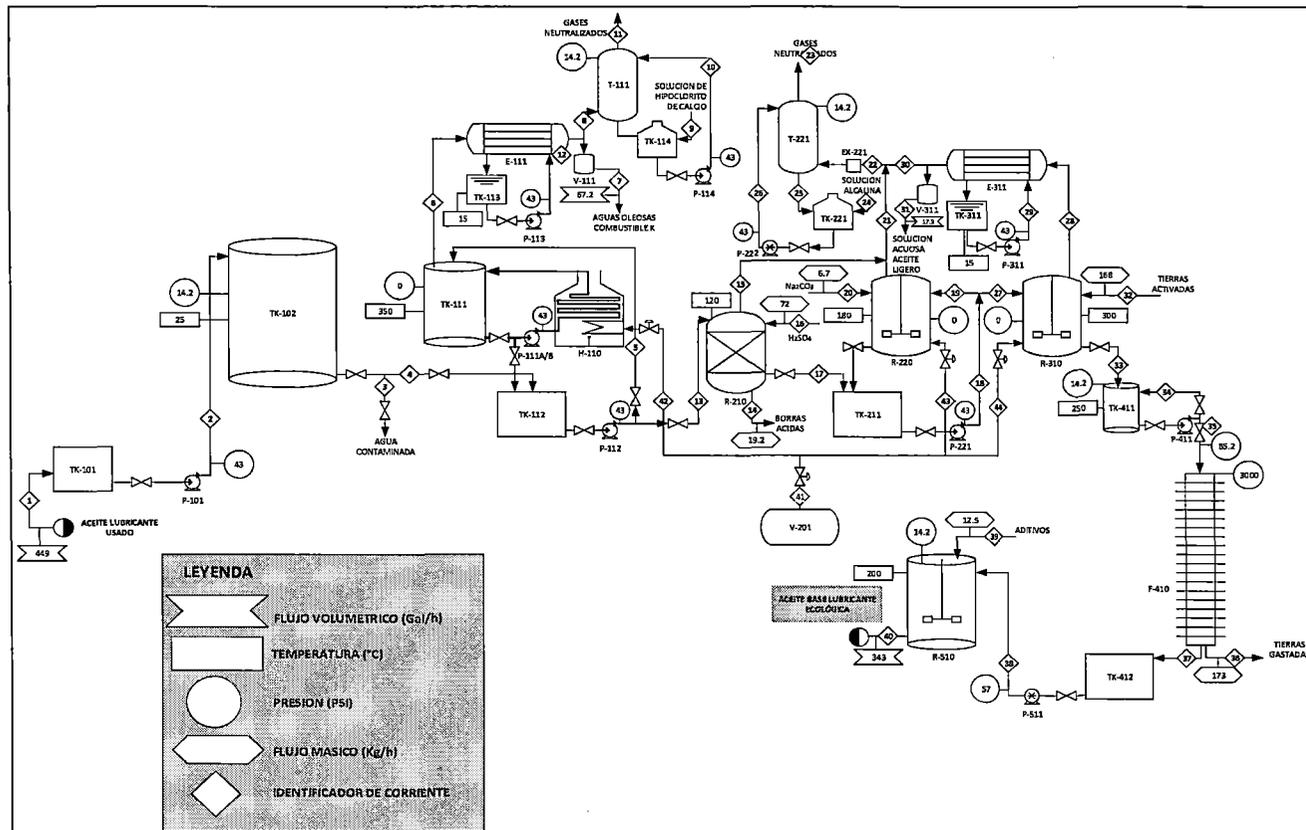


DIAGRAMA N°3.3 DIAGRAMA DE BANDERAS DEL PROCESO DE RE-REFINACIÓN DE ACEITES LUBRICANTES USADOS



a) Plano unitario

Es un documento que se prepara en forma similar al plan maestro, excepto en los detalles que son mayores debido al número de elementos que conforman una sola idea. Estos planos se preparan para las distintas áreas y resultan de utilidad para el desarrollo del diseño y la elaboración de módulos a escala (Maquetas).

(Véase el cuadro N°5.3, en la página 117 y el Plano N°8.1, en la página 152).

3.5 Plan Maestro

Llamado también plano de localización de equipos, es un documento que contiene el bosquejo o el dibujo inicial de la distribución y localización de los equipos para las distintas unidades del proceso de una planta industrial, muestra el área de proceso con la localización respectiva de los equipos y el área administrativa, además del área del proceso propiamente dicho.

Este plan maestro está sujeto a cualquier modificación y es el primero que se envía al campo durante la etapa de construcción y sirve de base para purificar el trabajo de las diversas disciplinas de la ingeniería involucrada.

(Véase el cuadro N°5.3, en la página 117 y el Plano N°8.1, en la página 152).

CAPITULO IV LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO DE PLANTA

4.1 Localización de Planta

4.1.1 Análisis de los factores locacionales

Para determinar la ubicación de la planta de Re-refinación de aceites lubricantes usados para el proyecto se tomó la consideración aspectos muy importantes tales como:

a) Cercanía a la materia prima

La cercanía a la principal materia prima es un factor muy importante para la focalización de nuestra empresa, pues el transporte implica un costo que se podría reducir cuanto más cerca se encuentre los lugares de producción de la materia prima. La principal materia prima es el aceite lubricante usado cual será abastecida por industrias de la capital y del interior del país.

Actualmente la planta piloto semicomercial se encuentra ubicada en el distrito de Puente Piedra, se consideró evaluar la posibilidad de cambiar el lugar para el proyecto debido al inconveniente en el transporte de la materia prima hacia la planta de Re-refinación ya que muchos de nuestros proveedores de materia prima son del interior del país y se requiere fluidez en el ingreso y salida de los vehículos pesados (cisternas, furgón, camiones entre otros vehículos autorizados para carga de residuos peligrosos.)

Para ello se comparó el distrito de Puente Piedra con el distrito de CHILCA ya que se cuenta con terrenos disponibles en dicho lugar.

b) Disponibilidad de mano de obra

La planta para el proyecto no se requiere de gran cantidad de personal.

c) Disponibilidad de energía eléctrica

El abastecimiento de energía eléctrica es por parte de EDELNOR en el distrito de PUENTE PIEDRA y en el distrito de CHILCA por EDELSUR. Las tarifas actuales que brindan al servicio de energía eléctrica no tienen mucha diferencia en las distintas localidades que estamos analizando.

d) Disponibilidad de agua potable

En la zona industrial de Puente Piedra no se encuentra con agua potable, pues los trabajos de abastecimiento de agua aún no se concluyen. El abastecimiento de agua en todo el distrito de Chilca es constante y es abastecida por SEDAPAL.

e) Facilidad de transporte

Los dos distritos cuentan con una red de vías que comunican a los diferentes mercados ya mencionados, cabe destacar que la carretera Panamericana Sur cruza por el distrito de Chilca y facilitaría el transporte de la materia prima y productos terminados y la red de transporte es más fluida que el distrito de Puente Piedra

f) Características del terreno

En el distrito de Chilca se tiene disponible un terreno propio, se cuenta con área disponible de 1900m² en la zona industrial.

4.1.2 Evaluación y elección de localización de Planta

Para evaluar las alternativas propuestas se comenzará con la ponderación de los distritos factores de localización (Véase el cuadro N°4.1 y el cuadro N°4.2, en la página 53).

**CUADRO N°4.1
ESCALA DE CALIFICACIÓN (1 – 10)**

Excelente	9 – 10
Muy buena	7 – 8
Buena	5 – 6
Regular	3 – 4
Mala	1 – 2

**CUADRO N°4.2
RANKING DE FACTORES**

Candidatos		Puente Piedra		Chilca-Cañete	
Factor	Peso %	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
Materia prima	20.60	7	144.20	9	185.40
Mercado	24.20	7	169.40	10	242.00
Energía eléctrica y agua	17.28	10	172.80	10	172.80
Terreno	10.40	7	72.80	9	93.60
Servicios de transporte	17.14	6	102.84	9	154.26
Otros	10.38	6	62.28	6	62.28
Total	100.00	43	724	53	910

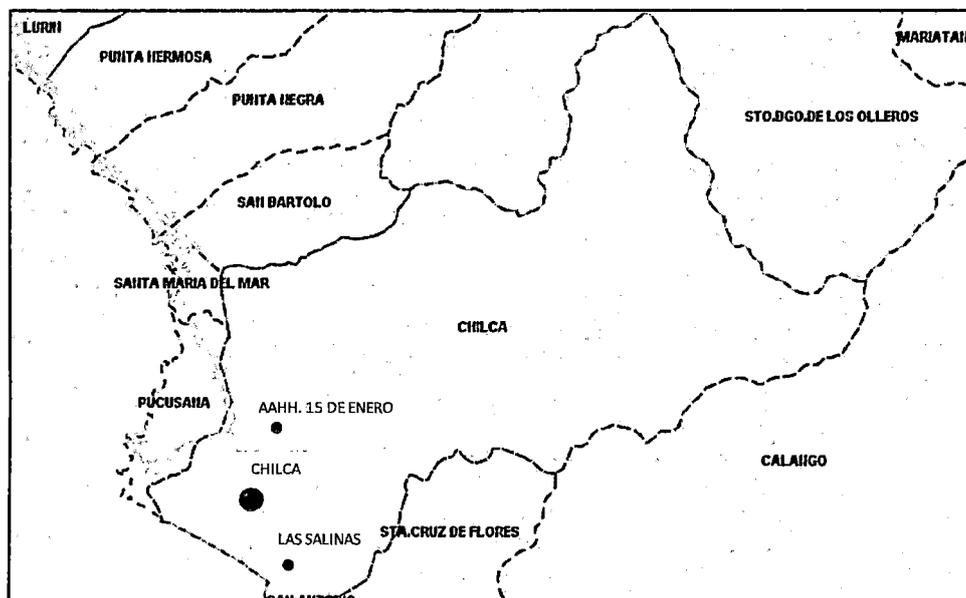
Tal como se muestra en el cuadro de ranking de factores, es el distrito de CHILCA el cual tuvo mayor puntuación para el proyecto.

a) Distrito de Chilca

El distrito de Chilca es uno de los dieciséis que conforman la provincia peruana de Cañete en la Región Lima. Creado el 2 de enero de 1857, Su capital Chilca está ubicada a 67 km al sur de la ciudad de Lima y cuenta con una población de 15.525 habitantes.

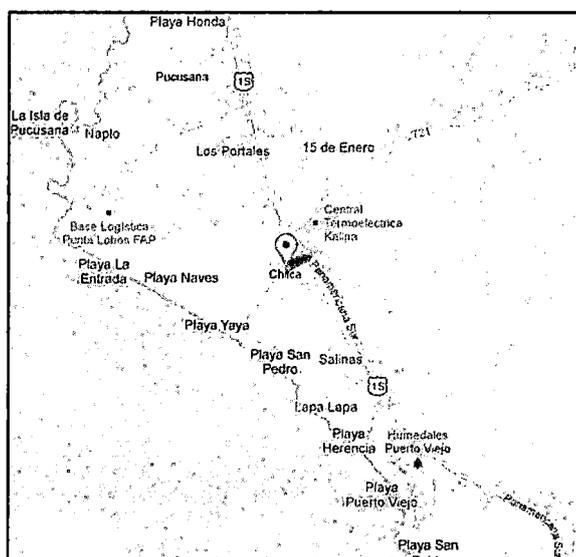
Este lugar es una antigua caleta de pescadores que cuenta con una amplia playa y un centenario templo católico. Esta tierra es conocida por la abundante producción de sus higos y granadas; así como por sus lagunas ubicadas en Salinas que, a decir de los lugareños, tienen propiedades curativas, sobre todo para males dermatológicos y óseos, problemas de hipertensión arterial e infertilidad. En el distrito se ubica una fábrica de cemento y varias de elaboración de licores de higo y de granada, además está la central termoeléctrica de kallpa. (Véase la figura N°4.1 y la figura N°4.2, en la página 54).

FIGURA 4.1
MAPA DE UBICACIÓN DEL DISTRITO DE CHILCA



Fuente: INEI

FIGURA N°4.2
LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA PARA EL PROYECTO



Fuente: INEI

4.2 Tamaño de planta

4.2.1 Tamaño de planta máximo

Para encontrar el tamaño de planta máximo, realizamos un análisis a las siguientes estadísticas en a nivel Nacional (Véase el cuadro N°8.9 en la página 146, los cuadros N°8.10 y 8.11 en la página 147 y los cuadros N° 8.12 y 8.13 en la página 148)

A partir del balance comercial de aceites lubricantes para el sector automotriz en el mercado nacional y externos se determinará el tamaño de planta máximo (Véase el cuadro N°4.3)

CUADRO N°4.3
DEMANDA NACIONAL DE ACEITES LUBRICANTES

Año	Demanda nacional (MBLS)
2000	551.99
2001	507.82
2002	511.54
2003	518.17
2004	589.75
2005	614.38
2006	631.01
2007	648.63
2008	727.22
2009	633.79
2010	733.28
2011	762.39
2012	803.03

Fuente: Ministerio de la Producción - Viceministerio de MYPE e Industria-INEI

Para encontrar el tamaño de planta máximo se aplicaron los siguientes modelos matemáticos. (Véase el cuadro N°4.4, en la página 56)

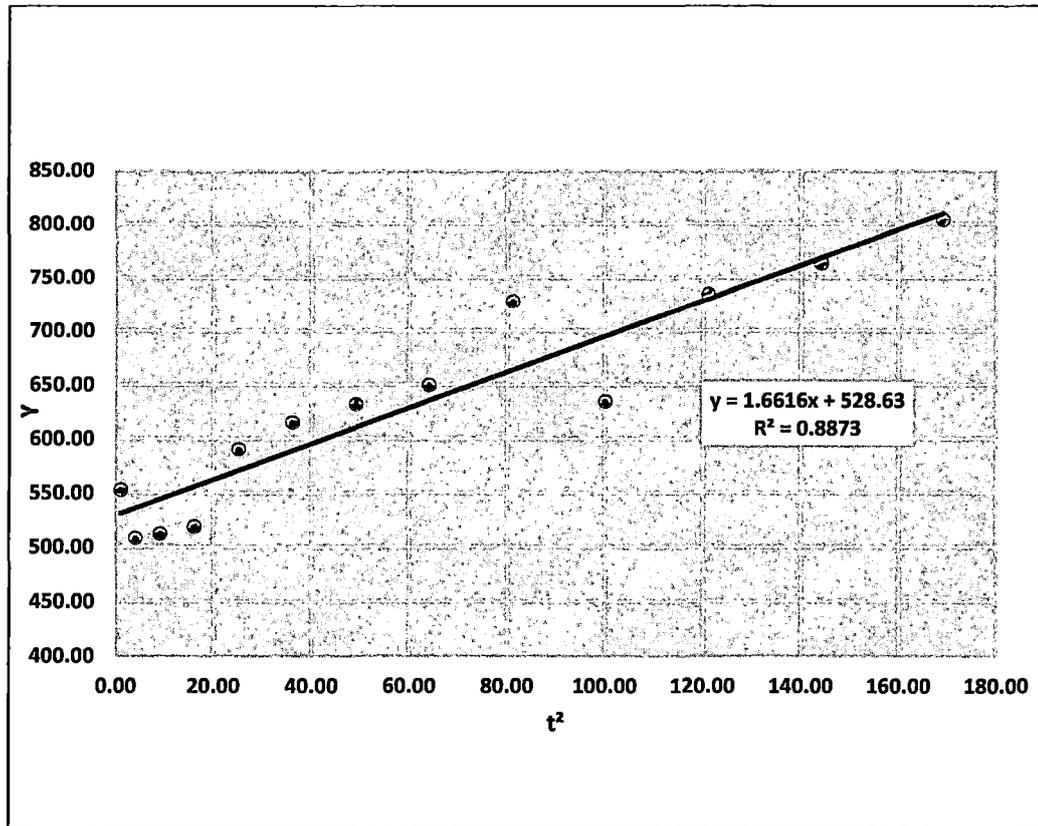
CUADRO N°4.4
CUADRO COMPARATIVO DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS

Modelo	Función	Ecuación de correlación	Coefficiente de Correlación (R²)
Lineal	$Y = At + B$	$Y = At + B$	0.8756
Exponencial	$Y = AB^t$	$\text{Ln}Y = \text{Ln}A + t\text{Ln}B \rightarrow y = a + tb$	0.8762
Potencial	$Y = At^B$	$\text{Ln}Y = \text{Ln}A + B\text{Ln}t \rightarrow y = a + xb$	0.6910
Cuadrático	$Y = A + Bt^2$	$Y = a + bx$	0.8873
Logarítmico	$Y = A + \text{Ln}t$	$Y = a + bx$	0.6757

- a) **Modelo lineal** (Véase el cuadro N°8.4, en la página 144 y véase la gráfica N°8.1, en la página 163)
- b) **Modelo Exponencial** (Véase el cuadro N°8.5, en la página 144 y véase la gráfica N°8.2, en la página 163)
- c) **Modelo Potencial** (Véase el cuadro N°8.6, en la página 145 y véase la gráfica N°8.3, en la página 164)
- d) **Modelo Cuadrático** (Véase el cuadro N°8.7, en la página 145 y véase la gráfica N°4.1, en la página 57)
- e) **Modelo Logarítmico** (Véase el cuadro N°8.8, en la página 146. y véase la gráfica N°8.4, en la página 164)

El modelo cuadrático, es el más recomendable para hallar la demanda proyectada $R^2 \approx 1$

GRÁFICA N°4.1
MODELO CUADRÁTICO T² VS Y



Por lo tanto:

$$Y = A+Bt^2 \rightarrow Y = a + bx$$

Luego:

$$Y = 528.63 + 1.6616x$$

Resolviendo ecuaciones:

$$a = 528.63 \rightarrow A = 528.63$$

$$b = 1.6616 \rightarrow B = 1.6616$$

Por lo tanto:

$$Y = A+Bt^2$$

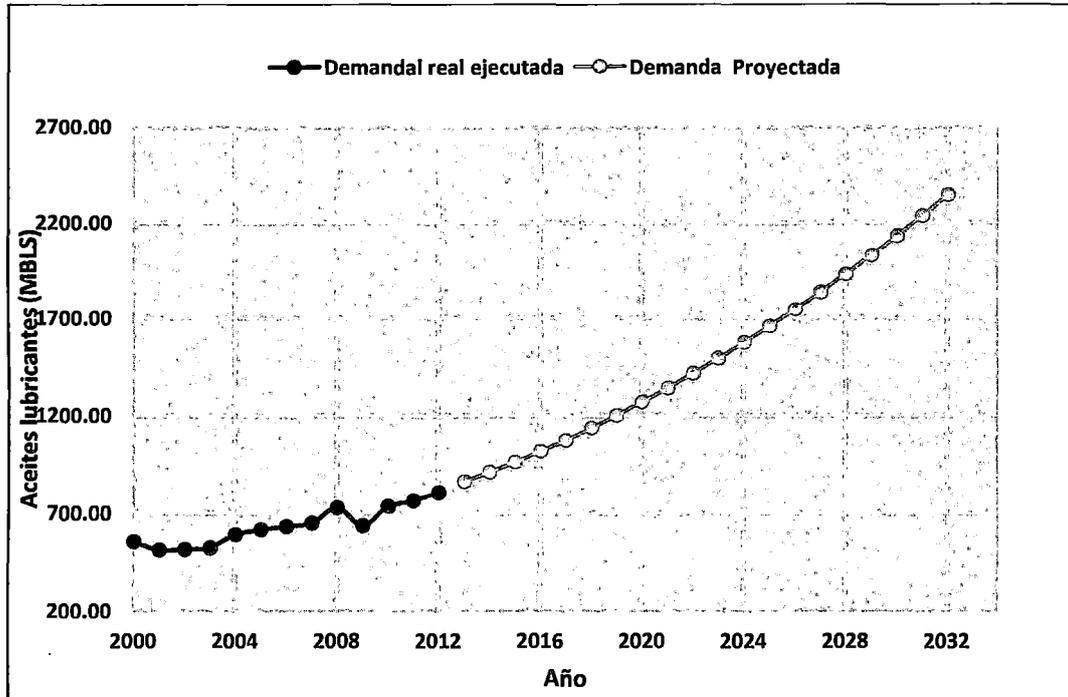
$$Y = 528.63 + 1.6616t^2$$

Calculamos la demanda proyectada en 20 años (Véase el cuadro N°4.5, en la página 58)

**CUADRO N°4.5
DEMANDA PROYECTADA DE ACEITES LUBRICANTES**

t	Año	Aceites lubricantes (MBLS)
1	2000	551.99
2	2001	507.82
3	2002	511.54
4	2003	518.17
5	2004	589.75
6	2005	614.38
7	2006	631.01
8	2007	648.63
9	2008	727.22
10	2009	633.79
11	2010	733.28
12	2011	762.39
13	2012	803.03
14	2013	854.30
15	2014	902.49
16	2015	954.00
17	2016	1008.83
18	2017	1066.99
19	2018	1128.47
20	2019	1193.27
21	2020	1261.40
22	2021	1332.84
23	2022	1407.62
24	2023	1485.71
25	2024	1567.13
26	2025	1651.87
27	2026	1739.94
28	2027	1831.32
29	2028	1926.04
30	2029	2024.07
31	2030	2125.43
32	2031	2230.11
33	2032	2338.11

GRÁFICA N°4.2
DEMANDA PROYECTADA DE ACEITES LUBRICANTES



Calculando la Tasa de Crecimiento (r):

$$\frac{D_2 - D_1}{D_1} \times 100$$

$$\frac{854.30 - 803.03}{803.03} \times 100 = 6.0021\%$$

Obtenemos la siguiente tabla:

CUADRO N°4.6
TASA DE CRECIMIENTO ($r_i\%$)

Año	Aceites lubricantes (MBLS)	Tasa ($r_i\%$)
2012	803.03	....
2013	854.30	6.002144
2014	902.49	5.339272
2015	954.00	5.399331
2016	1008.83	5.435273
2017	1066.99	5.450481
2018	1128.47	5.448025
2019	1193.27	5.430657
2020	1261.40	5.400812
2021	1332.84	5.360626
2022	1407.62	5.311959
2023	1485.71	5.256417
2024	1567.13	5.195383
2025	1651.87	5.130036
2026	1739.94	5.061380
2027	1831.32	4.990268
2028	1926.04	4.917417
2029	2024.07	4.843429
2030	2125.43	4.768810
2031	2230.11	4.693978
2032	2338.11	4.619282

Luego:

$$R = 1 + r_{\text{prom}}$$

$$r_{\text{prom}} = \frac{\sum r_i}{N}$$

Donde $N=20$

$$r_{\text{prom}} = 5.2027\%$$

Por lo tanto:

$$R = 1+r_{prom} = 1+0.052027 = 1.052027$$

Para determinar el tamaño máximo:

$$T_0 = D_1(R)^n$$

Determinando a partir de:

$$\frac{1}{R^n} = 1 - \frac{2(1-\alpha)(R-1)(N-n)}{\alpha(R+1)}$$

$$\alpha = 0.6(\text{Industria química})$$

Luego: $n = 9.1817$

$$T_0 = D_1(R)^n$$

$$T_0 = 803.03(1.052027)^{9.1817}$$

$$T_0 = 1279.31 \text{MBLS/Año}$$

$$T_0 = 4477587.421 \text{ gal/Mes}$$

En vista al análisis y considerando materia prima, recursos económicos y el porcentaje de producción de aceites lubricantes a partir del re-refinado de aceites lubricantes usados se calculará el tamaño de planta máximo para el proyecto alcanzando el 5.15% de la producción Nacional.

Calculando el tamaño de planta máximo para el proyecto:

$$T_0 = 4477587.421 \text{ gal/Mes}$$

$$T_0 = 4477587.421 \times 0.0515 \text{ gal/Mes}$$

$$T_0 = 230\,722. \text{gal/Mes}$$

4.2.2 Tamaño de planta mínimo

En el análisis de la planta piloto semicomercial de re-refinación de aceites lubricantes usado la empresa WR INGENIEROS EIRL en su planta piloto semicomercial tiene capacidad máxima de 10010 gal/mes de aceite base ecológica para aceites lubricantes en el sector automotriz, en base a esta información determinaremos el tamaño de planta mínimo para el proyecto (Véase el cuadro N°4.7, en la página 63).

**CUADRO N°4.7
BALANCE ECONÓMICO PLANTA SEMICOMERCIAL**

Descripción	Unidad	Unidad- consumo/mes	Precios (\$/1und insumo)	\$/Mes
1. Costo variables				30362.84
1.1 Insumos y materia prima				22866.13
1.1.1 Aceite usado	Gal	13090.00	1.14	14979.02
1.1.2 Carbonato de sodio(Na ₂ CO ₃)	kg	196.00	0.61	120.27
1.1.3 Acido sulfurico (H ₂ SO ₄)	kg	2100.00	0.49	1022.39
1.1.4 Tierras activadas	kg	4900.00	1.00	4914.70
1.1.5 Aditivo	kg	364.00	5.03	1829.76
1.2 Materiales				4649.47
1.2.1 Lonas de filtración	m	78.40	5.94	466.01
1.2.2 Cilindros para PP.TT.	cil	182.00	13.99	2545.45
1.2.3 Materiales de pintura	....	....	....	910.00
1.2.4 Accesorios de acabado (stiker,tapas para sellar)	....	....	....	728.00
1.4 Mantenimiento(3%CV)				910.89
1.4.1 Equipos del proceso (Bombas,hornos,extractores,tanques,otros)				910.89
1.6 Servicios				1936.35
1.6.1 Combustible	Gal	1470.00	0.89	1308.33
1.6.2 Energía eléctrica	Kw-H	3225.60	0.16	510.34
1.6.3 Agua	m ³	16.83	6.993	117.68
2. Costo fijos				7266.95
2.1 Mano de obra directa				1835.66
2.1.1 Operarios(N°05- 14 sueldos al año-s/.900.)				1835.66
2.2 Supervisión				1398.60
1.5.1 Jefe de planta/Supervisor de procesos/otros				1398.60
2.3 Costos Indirectos(06%CTP)				2257.79
2.3.1 Costos de inversión (05%CTP)				1881.49
2.3.1.1 Depreciación.				
2.3.1.2 Impuestos.				
2.3.1.3 Seguros.				
2.3.1.4 Financiación.				
2.3.1.5 Otros gravámenes.				
2.3.2.Gastos generales: 01% CTP				376.30
2.3.2.1 Investigación y desarrollo.				
2.3.2.2 Relaciones públicas.				
2.3.2.3 Contaduría y auditoría.				
2.3.2.4 Asesoramiento legal y patentes.				
2.4. Costos de Dirección y Administración				1398.60
2.5. Costos de Ventas y Distribución (01% CTP)				376.30
Costo total de Producción				37629.79

Fuente –WR Ingenieros EIRL

Determinando el punto de equilibrio, para un tamaño de planta máximo de 10010 gal/mes:

Luego:

$$Q_p = 10010 \text{ gal/mes}$$

$$CVU = CV/Q_p$$

Variable	\$/gal
Precio unitario de venta (P)	6.36
Costo variable unitario (CVU)	3.03

Reemplazando los valores y calculando el punto de equilibrio.

Punto de Equilibrio:

$$Q_{\min} = \frac{CF}{P - CVU}$$

$$Q_{\min} = \frac{7266.95}{6.36 - 3.03}$$

$$Q_{\min} = 2186.188 \frac{\text{gal}}{\text{mes}}$$

Por lo tanto nuestro tamaño de planta en el punto de equilibrio es 2186.188 gal/mes que es lo mínimo que debe producir la planta piloto semicomercial de WR Ingenieros .EIRL.

a) Análisis de la planta para el proyecto de re-refinación de aceites lubricantes usados

Teniendo en cuenta el mismo sistema de evaluación económico de la planta semicomercial WR INGENIEROS, se determinó para el proyecto de acuerdo al costo de producción se extrae los siguientes valores: (Véase el cuadro N°6.1, en la página 119).

Luego

$Q_p = 230\,722 \text{ gal/mes}$
$CV = 759681.18 \text{ \$/mes}$
$CF = 357497.03 \text{ \$/mes}$

$$CVU = CV/Q_p$$

Variable	\$/gal
Precio unitario de venta (P)	6.36
Costo variable unitario (CVU)	3.29

Reemplazando los valores y calculando el punto de equilibrio.

Punto de Equilibrio:

$$Q_{\min} = \frac{CF}{P - CVU}$$

$$Q_{\min} = \frac{357497.03}{6.36 - 3.29}$$

$$Q_{\min} = 116\,449 \frac{\text{gal}}{\text{mes}}$$

4.2.3 Tamaño de planta intermedio

El tamaño de planta óptimo será aquella que conduzca el resultado económico más favorable para la instalación de la planta (Véase el cuadro N°6.1, en la página 119).

*Ingreso por venta es igual al precio de venta por capacidad de venta.

$$I = PxQ_V$$

$$C_T = CF + CV$$

$$I = C_T + U$$

$$PxQ_V = C_T + U$$

$$PxQ_V = CF + CV + U$$

El tamaño de planta óptimo;

$$Q_p = Q_v = Q_{\text{Optimo}}$$

$$PxQ_V = CF + CVUxQ_p + U$$

$$Q_{\text{Optimo}} = \frac{CF + U}{P - CVU}$$

Dónde:

CF= 357497.03\$/mes
U= 129571.32\$/mes

Variable	\$/gal
Precio unitario de venta (P)	6.36
Costo variable unitario (CVU)	3.29

Luego reemplazando:

$$Q_{\text{Optimo}} = \frac{CF + U}{P - CVU}$$

$$Q_{\text{Optimo}} = \frac{357497.03 + 129571.32}{6.36 - 3.29}$$

$$Q_{\text{Optimo}} = 158\,930.9711 \frac{\text{gal}}{\text{mes}}$$

4.2.4 Selección del tamaño de planta

El tamaño de planta para el diseño del proyecto es aquel que conduzca el resultado económico más favorable para la instalación de la planta siendo la capacidad máxima de los cálculos realizados de acuerdo al análisis experimental que se realizó a la planta piloto semicomercial.

$$T_0 = 230\,722. \text{ Gal/Mes}$$

CAPITULO V INGENIERÍA DE DISEÑO DE DETALLES

5.1 Diseño de equipos principales

5.1.1 Procedimiento de diseño

a) Diseño del horno para el sistema de destilación

▪ Bases de diseño

El proceso de destilación tendrá un tiempo de operación (t_{op}) de 24 horas, la temperatura de ingreso del aceite lubricante usado es de 25 °C y a presión atmosférica las condiciones de salida será a 350°C. Se procesará 10 320.55 gal/día (1.63 m³ /hr) de aceite lubricante usado. Se utilizará un Horno de tipo caja o cabina para el proceso de destilación con un flujo, se utilizará GLP (gas propano) como combustible con un exceso de oxígeno del 20% mol, la temperatura media de los tubos en la sección radiante se estima 65.56 °C (150 °F) más a la máxima temperatura del fluido calentado ($T_s=415.56$ °C), la eficiencia térmica del horno es de 85%.

Propiedades del aceite usado a 25°C:

$$C_{p_{alu}}=1880 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$\rho_{alu}=910 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu_{alu}=471.4 \text{ cp}$$

▪ Diseño termodinámico del horno- Aplicación del método de Lobo y Evans

Balance Térmico:

$$Q_{Neto} = \sum Q = Q_F + Q_A + Q_R + Q_S - Q_W - Q_G$$

Donde:

Q_{neto} =Calor a la carga total en la zona radiante (BTU/ hr)

Q_F =Calor liberado por el combustible (BTU/ hr)

Q_A =Calor sensible sobre 60°F en el aire de combustión (BTU/ hr)

Q_R =Calor sensible sobre 60°F en los gases de combustión (BTU/ hr)

Q_S =Calor sensible sobre 60°F en el vapor usado para atomización de combustible (BTU/ hr)

Q_W =Pérdida de calor a través de las paredes del horno, de 1 a 10% de Q_F (BTU/ hr)

Q_G =Calor de los gases de combustión que salen de la sección radiante (BTU/ hr)

Considerando:

$Q_s = 0$, debido a que no se inyecta vapor para atomizar el combustible.
 $Q_R = 0$, despreciable considerando que la recirculación de gases es mínima

Por lo tanto la ecuación:

$$Q_{\text{Neto}} = \sum Q = Q_F + Q_A - Q_W - Q_G$$

Donde:

$$Q_{\text{requerido}} = m_{\text{alu}} \times C_{p_{\text{alu}}} \times (T_d - T_a)$$

$$Q_{\text{requerido}} = \left(1.63 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \times 910 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) 1880 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (350 - 25)^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{requerido}} = 906296.3 \text{ KJ /hr}$$

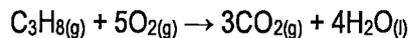
Calculando el calor Neto:

$$Q_{\text{Neto}} = \frac{Q_{\text{requerido}}}{\eta}$$

$$Q_{\text{Neto}} = \frac{906296.3}{0.85} \text{ KJ /hr}$$

$$Q_{\text{Neto}} = 1066230.941 \text{ KJ /hr}$$

No se sabe la cantidad de combustible que se requiere, se considerará al propano (n gml) como componente principal del gpl la reacción de combustión será el siguiente:



Moles que entran de propano

$$A = n \text{ gml C}_3\text{H}_8$$

Moles que entran de oxígeno

$$B_{\text{O}_2} = n \frac{5(100+20)\%}{100\%} = 6n \text{ gml O}_2$$

Moles que entran de nitrógeno

$$B_{x_{N_2}} = n_1 \frac{5(100+20)\%}{100\%} \times \frac{0.79}{0.21} = 22.571 n \text{ gmol } N_2$$

Moles que se forman CO_2

$$C_{x_{CO_2}} = n_1 \frac{3}{1} = 3 n \text{ gmol } CO_2$$

Moles que se forman H_2O

$$C_{x_{H_2O}} = n_1 \frac{4}{1} = 4 n \text{ gmol } H_2O$$

Moles que salen de O_2

$$C_{x_{O_2}} = 6n - n_1 \frac{5}{1} = n \text{ gmol } O_2$$

Moles que salen de N_2

$$C_{x_{N_2}} = 22.571n - 0 = 22.571n \text{ gmol } N_2$$

Calculemos Q_F , generado por la combustión del combustible

$$Q_F = \Delta H$$

$$\Delta H_{fCO_2}^{\circ} = -94046.5 \text{ cal/gmol}$$

$$\Delta H_{fH_2O(l)}^{\circ} = -68315.8 \text{ cal/gmol}$$

$$\Delta H_{fC_3H_8}^{\circ} = -24808.2 \text{ cal/gmol}$$

$$C_{p_{C_3H_8}} = 0.369 \frac{\text{cal}}{\text{g } ^{\circ}\text{C}}$$

$$C_{p_{CO_2}} = 0.199 \frac{\text{cal}}{\text{g } ^{\circ}\text{C}}$$

$$C_{p_{H_2O}} = 1.00 \frac{\text{cal}}{\text{g } ^{\circ}\text{C}}$$

$$C_{pO_2} = 0.218 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

$$C_{pN_2} = 0.248 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

$$Q_f = \Delta H = \left[N_{CO_2} (\Delta H_{fCO_2}^\circ + M_{CO_2} C_{pCO_2} (T_g - T_a)) + N_{H_2O} (\Delta H_{fH_2O(l)}^\circ + M_{H_2O} C_{pH_2O} (T_g - T_a)) + N_{O_2} (\Delta H_{fO_2}^\circ + M_{O_2} C_{pO_2} (T_g - T_a)) + N_{N_2} (\Delta H_{fN_2}^\circ + M_{N_2} C_{pN_2} (T_g - T_a)) \right] - \left[N_{C_3H_8} (\Delta H_{fC_3H_8}^\circ + M_{C_3H_8} C_{pC_3H_8} (T_a - T_a)) + N_{O_2} (\Delta H_{fO_2}^\circ + M_{O_2} C_{pO_2} (T_a - T_a)) + N_{N_2} (\Delta H_{fN_2}^\circ + M_{N_2} C_{pN_2} (T_a - T_a)) \right]$$

$$\Delta H = [3n(-94046.5 + 44.01 \times 0.199(1000 - 25)) + 4n(-68315.8 + 18.016 \times 1.00(1000 - 25)) + n(0 + 32.00 \times 0.218(1000 - 25)) + 22.571n(0 + 28.02 \times 0.248(1000 - 25))] - [n(-24808.2 + 44.09 \times 0.369(25 - 25)) + 6n(0 + 32 \times 0.218(25 - 25)) + 22.571n(0 + 28.02 \times 0.248(25 - 25))]$$

$$Q_f = -274989.5275n \text{ cal} = -1151.326137n \text{ KJ/hr}$$

Calculamos Q_A:

Calculo de la masa de aire suministrado a partir de las moles que entran de oxígeno

$$B_{x_{O_2}} = n \frac{5 \frac{(100+20)\%}{100\%}}{1} = 6n \text{ gmol } O_2$$

$$M_{\text{aire}} = 6n \text{ gmol } O_2 \times \frac{100\% \text{ mol aire} \cdot 29.00 \text{ g aire}}{21\% \text{ mol } O_2 \cdot 1 \text{ mol aire}}$$

$$M_{\text{aire}} = 0.8286n \text{ Kg aire}$$

Condiciones del aire a la entrada a quemadores.

$$T_{\text{bulbo seco}} = 100^\circ\text{F} = 37.78^\circ\text{C}$$

$$\% \text{humedad} = 85\%$$

$$\text{Exeso de aire} = e_{x_{\text{aire}}} = 20\%$$

A partir de estos datos y el uso de la carta Psicométrica se obtiene:

$$Y = 0.037 \frac{\text{Kg de H}_2\text{O}}{\text{Kg de aire seco.}}$$

Masa del agua en el aire

$$M_{\text{H}_2\text{Oaire}} = 0.8286n \text{ Kg aire seco} \times 0.037 \frac{\text{Kg de H}_2\text{O}}{\text{Kg de aire seco}}$$

$$M_{\text{H}_2\text{Oaire}} = 0.0307n \text{ Kg de H}_2\text{O}$$

$$M_{\text{H}_2\text{Oaire}} = 1.7056n \text{ g mol de H}_2\text{O}$$

Calculando la cantidad de calor sensible proporcionado por el aire húmedo será:

$$Q_A = Q_{\text{aire seco}} + Q_{\text{agua}}$$

$$Q_A = M_{\text{aire seco}} C_{p_{\text{aire}}} (T_A - 60^\circ\text{F}) + M_{\text{H}_2\text{O}} C_{p_{\text{H}_2\text{O}}} (T_A - 60^\circ\text{F})$$

Para cálculos trabajamos con las siguientes unidades:

$$T_A = 100 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$M_{\text{aire}} = 0.8286n \text{ Kg aire} = 1.82675n \text{ lb aire}$$

$$M_{\text{H}_2\text{Oaire}} = 0.0307n \text{ Kg de H}_2\text{O} = 0.06768n \text{ lb de H}_2\text{O}$$

$$C_{p_{\text{H}_2\text{O}}} = 0.44 \frac{\text{BTU}}{\text{lb } ^\circ\text{F}}$$

$$C_{p_{\text{aire}}} = 0.24 \frac{\text{BTU}}{\text{lb } ^\circ\text{F}}$$

$$Q_A = 1.82675n \times 0.24 (100 - 60) + 0.06768n \times 0.44 (100 - 60)$$

$$Q_A = 1.82675n \times 0.24 (100 - 60) + 0.06768n \times 0.44 (100 - 60)$$

$$Q_A = 18.727968n \frac{\text{BTU}}{\text{hr}} = 19.7590531n \text{ KJ/hr}$$

Cálculo de Q_W

Considerando un 2% de Q_F como pérdida de calor a través de las paredes del horno.

$$Q_W = 0.02Q_F = 0.02(-1151.326137n) = -23.026523n \text{ KJ/hr}$$

Cálculo de Q_G

$$Q_G = W (1 + G') C_{av} (T_g - 520)$$

Para cálculos

$$W = 44.094 \frac{\text{lb}}{\text{lb mol}} \times n \text{ gmol } C_3H_8 = 0.09721n \text{ lb } C_3H_8$$

Dónde:

$$G' = \frac{M_{\text{aire}}}{W} = \frac{1.82675n \text{ lb aire}}{0.09721n \text{ lb } C_3H_8}$$

$$G' = 18.79179097$$

Hallando C_{av} calor específico promedio de los gases de combustión entre T_g y 520°R .

$$N_{\text{Totales}} = n_{O_2} + n_{N_2} + n_{CO_2} + n_{H_2O}$$

$$N_{\text{Totales}} = n + 22.571n + 3n + (4n + 1.7056n)$$

$$N_{\text{Totales}} = n + 22.571n + 3n + (4n + 1.7056n)$$

$$N_{\text{Totales}} = 32.2766n$$

Fracción molar de los gases de combustión

$$x_{O_2} = 0.0310$$

$$x_{N_2} = 0.6993$$

$$x_{CO_2} = 0.0929$$

$$x_{H_2O} = 0.1768$$

Cp T(1090°F) de los gases de combustión

$$C_{p_{O_2}} = 7.84 \frac{\text{BTU}}{\text{lbmol } ^\circ\text{F}}$$

$$C_{p_{N_2}} = 7.70 \frac{\text{BTU}}{\text{lbmol } ^\circ\text{F}}$$

$$C_{p_{CO_2}} = 11.55 \frac{\text{BTU}}{\text{lbmol } ^\circ\text{F}}$$

$$C_{p_{H_2O}} = 9.18 \frac{\text{BTU}}{\text{lbmol } ^\circ\text{F}}$$

Calculamos Cpa para la mezcla de los gases de combustión:

$$C_{pa} = C_{p_{O_2}} \cdot x_{O_2} + C_{p_{N_2}} \cdot x_{N_2} + C_{p_{CO_2}} \cdot x_{CO_2} + C_{p_{H_2O}} \cdot x_{H_2O}$$

$$C_{pa} = 7.84 \times 0.0310 + 7.70 \times 0.6993 + 11.55 \times 0.0929 + 9.18 \times 0.1768$$

$$C_{pa} = 8.323669 \frac{\text{BTU}}{\text{lbmol } ^\circ\text{F}}$$

Calculando el peso molecular promedio PM_G:

$$PM_G = PM_{O_2} \cdot x_{O_2} + PM_{N_2} \cdot x_{N_2} + PM_{CO_2} \cdot x_{CO_2} + PM_{H_2O} \cdot x_{H_2O}$$

$$PM_G = 32 \times 0.0310 + 28 \times 0.6993 + 44 \times 0.0929 + 18 \times 0.1768$$

$$PM_G = 27.8424 \frac{\text{Lb}}{\text{lbmol}}$$

Calculando el peso molecular promedio C_{av}:

$$C_{av} = \frac{C_{pa}}{PM_G}$$

$$C_{av} = \frac{8.323669 \frac{\text{BTU}}{\text{lbmol } ^\circ\text{F}}}{27.8424 \frac{\text{Lb}}{\text{lbmol}}}$$

$$C_{av} = 0.298956591 \frac{\text{BTU}}{\text{lb } ^\circ\text{F}}$$

Considerando para el diseño del horno un flujo de energía radiante $q=12\ 000\ \text{BTU/h-ft}^2$ por ser un servicio de destilación de hidrocarburo (Aceite lubricante usado)

Calculando el número de tubos estimados:

$$N_{\text{Tubos}} = \frac{Q_{\text{Neto}}}{qS_{\text{tubo}}}$$

Donde S_{tubo} (Superficie de exposición por tubo)

$$S_{\text{tubo}} = \pi D_n L$$

Propuesta de diseño

$D_n=5''$ (Diámetro nominal)

$L=20$ pies (Longitud promedio de tubos)

$C=8.5''$ (Espacio entre tubos centro a centro)

Reemplazando:

$q=12\ 000\ \text{BTU/h-ft}^2$

$Q_{\text{Neto}}= 1066230.941\ \text{KJ/ hr} = 1010591.918\ \text{BTU / hr}$

$$S_{\text{tubo}} = \pi D_n L = \pi \times \left(5 \times \frac{1}{12}\right) \times 20 = 26.17993878\ \text{ft}^2$$

$$N_{\text{Tubos}} = \frac{Q_{\text{Neto}}}{qS_{\text{tubo}}} = \frac{1010591.918}{12\ 000 \times 26.17993878} = 3.216 = 4$$

Luego calculamos el área del horno donde se han montado los tubos (Cold plane área) área de plano frío A_{cp} .

$$A_{CP} = N_{\text{Tubos}} \times L \times C$$

$$A_{CP} = 4 \times 20 \times 8.5 \times 1/12$$

$$A_{CP} = 56.666\ \text{ft}^2$$

Calculamos el factor a aplicar al área fría plana para corregir por el espacio entre filas de tubos, considerando que solo hay una fila de tubos.

Entonces:

$$\alpha = 1.2554 - 0.205358 \left(\frac{C}{D_n} \right) + 0.0991667 \left(\frac{C}{D_n} \right)^2$$

$$\alpha = 1.192883163$$

Luego:

$$A_{CP} \cdot \alpha = 67.59591731 \text{ ft}^2$$

Calculo de la longitud de la trayectoria media radiante (LMR)

Propuesta dimensiones del horno de acuerdo a la tabla de proporción (1-2-1):

Ancho del horno= 7 ft

Largo del horno=14 ft

Altura del horno= 7 ft

$$L_{MR} = \frac{2}{3} \sqrt[3]{\text{Volumen del horno}}$$

$$L_{MR} = 5.8796 \text{ ft}$$

Calculo de área total de la superficie del horno (AT)

$$A_T = 2 \times \text{Área lateral} + 2 \times \text{Área frontal} + \text{Área del piso}$$

$$A_T = 2 \times 14 \times 7 + 2 \times 7 \times 7 + 14 \times 7 = 196 \text{ ft}^2$$

$$A_T = 392 \text{ ft}^2$$

Calculamos el área refractaria A_R :

$$A_R = A_T - A_{CP} \cdot \alpha = 324.4041 \text{ ft}^2$$

Luego;

$$\frac{A_R}{A_{CP} \cdot \alpha} = 4.7992$$

Calculo de la presión parcial del CO₂ y vapor de agua. H₂O (P) con un exceso de aire de 20%

$$P = 0.29067 - 0.0029654x_{\text{aire}} + 2.72 \times 10^{-5}x_{\text{aire}}^2 - 1.175 \times 10^{-7}x_{\text{aire}}^3$$

$$P = 0.2901 \text{ atm}$$

Considerando para:

$$T_s = 415.56 \text{ }^\circ\text{C} = 780 \text{ }^\circ\text{F}, F_0 = 0.8 \text{ y:}$$

$$\frac{\sum Q}{A_{CP} \cdot \alpha \cdot F} = \frac{1010591.918 \text{ BTU}}{67.59591731 \times 0.8 \text{ h} - \text{ft}^2}$$

$$\frac{\sum Q}{A_{CP} \cdot \alpha \cdot F} = 18688.1094 \frac{\text{BTU}}{\text{h} - \text{ft}^2}$$

De la gráfica N°8.5 en la página 165

$$T_{0g} = 1350 \text{ }^\circ\text{F} = 732.22 \text{ }^\circ\text{C}$$

Corrigiendo el valor de T_g,

Para ello realizamos lo siguiente:

$$P \cdot L_{MR} = 0.2901 \times 5.8796 \text{ atm} \cdot \text{ft}$$

$$P \cdot L_{MR} = 1.70567196 \text{ atm} \cdot \text{ft}$$

De la gráfica N°8.6 en la página 166 con: T_g = 1350 °F obtenemos la emisividad del gas

$$e_{0g} = 0.395$$

Luego con

$$\frac{A_R}{A_{CP} \cdot \alpha} = 4.7992$$

En la gráfica N°8.7, en la página 167 .Obtenemos,

$$F_1 = 0.78$$

Luego hallamos:

$$\frac{\sum Q}{A_{CP} \cdot \alpha \cdot F} = 19167.29169 \frac{\text{BTU}}{\text{h} - \text{ft}^2}$$

De la gráfica N°8.5 en la página 165 con $T_s=415.56 \text{ }^\circ\text{C}=780 \text{ }^\circ\text{F}$, $T_{1g}=1360 \text{ }^\circ\text{F}=737.78 \text{ }^\circ\text{C}$

De la gráfica N°8.6, en la página 166 con: $T_{1g} = 1360 \text{ }^\circ\text{F}$ obtenemos la emisividad del gas

$$e_{1g} = 0.394$$

Luego con:

$$\frac{A_R}{A_{CP} \cdot \alpha} = 4.7992$$

En la gráfica N°8.7, en la página 167. Obtenemos,

$F_2=0.779=0.78$ por lo tanto $T_g=1360 \text{ }^\circ\text{F}=737.78 \text{ }^\circ\text{C}=1819.674 \text{ }^\circ\text{R}$

Luego Calculamos Q_G

$$Q_G = W (1 + G') C_{av} (T_g - 520)$$

$$Q_G = 0.09721n (1 + 18.79179097) 0.298956591(1819.674 - 520)$$

$$Q_G = 747.547171n \frac{\text{BTU}}{\text{h}} = 788.7040532n \text{ Kj/hr}$$

Por lo tanto en la ecuación:

$$Q_{\text{Neto}} = \sum Q = Q_F + Q_A - Q_W - Q_G$$

$$1066230.941 = 1151.326137n + 19.7590531n - 23.026523n - 788.7040532n$$

$$n = 2967.0718$$

Luego sabemos que se procesará 10 320.55 gal/día ($1.63 \text{ m}^3 / \text{hr}$) de aceite lubricante usado.

$$Q_1 = 1.63 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

Calculando números de quemadores

Liberación de calor por quemador BTU/hr

Normal =823000

Máximo=1250000

Mínimo=486000

Para una liberación de calor normal

$$N_q = \frac{Q_F}{823000}$$

Luego

$$Q_f = 1151.326137n \frac{\text{KJ}}{\text{hr}} = 3237807.015 \text{ BTU/hr}$$

Entonces

$$N_q = \frac{3237807.015}{823000}$$

$$N_q = 3.9341 = 4$$

- **Datos de construcción** (Véase la figura N°8.12 ,en la página 159)
 - Ancho del horno= 7 ft = 2.1336m
 - Largo del horno=14 ft = 4.2672m
 - Altura del horno= 7 ft = 2.1336m
 - Longitud total de tubería = 80 ft =24.384m
 - Diámetro nominal de tubería cedula 40 de acero inoxidable=5"
 - Flujo de proceso=1.63m³/hr= 10 320.55 gal/día
 - Consumo de combustible= 130.8 Kg/hr de gas C₃H₈
 - Número de quemadores= 4

b) Diseño de Tanque de destilación

■ Bases de diseño

El aceite lubricante usado que circulará por el banco de tubos del horno de destilación recirculará por un tanque permitirá almacenar el aceite destilado y separa los gases producto de la destilación, ingresando un volumen de 10320.55 gal de aceite lubricante usado por día (1.63m³/hr)

Propiedades del aceite lubricante usado:

$$C_{p_{alu}} = 1880 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$\rho_{alu} = 910 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu_{alu} = 471.4 \text{ cp}$$

■ Calculo de la capacidad

Volumen del aceite lubricante usado

$$V_{alu} = 1.63 \text{ m}^3 \times \frac{24 \text{ hr}}{1 \text{ hr}} = 39.0674 \text{ m}^3$$

Volumen de gases condensables

$$V_{gases} = 0.25 \times V_{alu} = 9.7669 \text{ m}^3$$

Volumen de carga total

$$V_{CT} = V_{alu} + V_{gases} = 48.8343 \text{ m}^3$$

Flujo de entrada (F_a)

$$F_a = \frac{V_{CT}}{t_{op}} = \frac{48.8343 \text{ m}^3}{24 \text{ hr}} = 2.0348 \text{ m}^3/\text{hr}$$

▪ **Dimensionamiento**

Tiempo de residencia $\theta=24$ hr

Calculo del volumen del tanque:

$$V_{Tk} = F_a \times \theta \times 1.2 = 58.6011 \text{ m}^3$$

Calculo de la altura del líquido en la parte cilíndrica del tanque (z)

$$V_{\text{liquido cil.}} = F_a \times \theta - V_{\text{fondo}}$$

$$V_{\text{liquido cil.}} = 48.8343 - 0.1 \times 48.8343$$

$$V_{\text{liquido cil.}} = 43.9508 \text{ m}^3$$

Asumiendo $D'/Z'=1$

Luego:

$$V_{\text{liquido cil.}} = \frac{\pi}{4} Z'^3 = 43.9508 \text{ m}^3$$

$$Z' = 3.8249 \text{ m}$$

Entonces: D y Z (1.12-1.15)

$$Z = Z' = 3.8249 \text{ m}$$

$$D = D' \times 1.12 = 4.2839 \text{ m}$$

Calculo de la altura de la parte cilíndrica del tanque de destilación (H).

$$\text{Volumen} = \frac{\pi}{4} D^2 H = V_{Tk} - V_{\text{fondo}}$$

$$\text{Volumen} = \frac{\pi}{4} D^2 H = 58.6011 - 4.8834$$

$$H = 3.7269 \text{ m}$$

Calculo de la altura del volumen del fondo (h)

$$h = \frac{D}{8} = \frac{4.2839}{8} = 0.5355 \text{ m}$$

Calculo de altura total del reactor

$$H_T = H + h = 4.2624 \text{ m}$$

- **Datos de construcción** (Véase la figura N°8.2, en la página 154)
 - Volumen del tanque $V_{TK} = 58.6011 \text{ m}^3$
 - Diámetro del tanque $D = 4.2839 \text{ m}$
 - Altura del tanque $H_T = 4.2624 \text{ m}$
 - Altura del volumen del fondo $h = 0.5355 \text{ m}$
 - El tanque estará conectado a un sistema de condensación de gases para obtener las aguas oleosas y el combustible K.

c) Diseño de Reactor de acidificación (Reactor continuo tipo tanque agitado - CSTR)

▪ **Bases de diseño**

El proceso de acidificación se realiza entre 100 °C a presión atmosférica, ingresando 1728.69 kg de H_2SO_4 /día (72.0286 Kg/hr,) de $\rho_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1840 \text{ Kg/m}^3$ y 8644.68 gal de aceite usado destilado por día. (1.3635m³/hr)

Propiedades del aceite:

$$C_{p_{\text{alu}}} = 1880 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$\rho_{\text{alu}} = 910 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu_{\text{alu}} = 471.4 \text{ cp}$$

$$Q_{\text{alu}} = 1.3635 \text{ m}^3/\text{hr} = 1240.7688 \text{ Kg/hr.}$$

▪ **Balance de masa**

$$[\text{Acumulación}] = [\text{Entrada}] - [\text{Salida}] + [\text{Generación}]$$

$$\frac{dN_a}{dt} = f_{a0} - f_a + \int r_a dV$$

▪ **Ecuación de diseño**

Considerando la mezcla es perfecta

$$\int r_a dV = r_a V$$

Luego:

$$0 = f_{a0} - f_a + r_a V$$

$$V_R = \frac{f_{a0} - f_a}{-r_a}$$

Sabemos que: $f_a = C_a F$

- f_a (Moles /tiempo volumen)

- F_a (Volumen/tiempo)

- θ (Tiempo necesario para procesar un volumen de alimentación igual al volumen del reactor V_R)

Por lo tanto:

$$V_R = \frac{(C_{a0} - C_a)F}{-r_a}$$

$$\frac{V_R}{F} = \frac{(C_{a0} - C_a)}{-r_a} = \theta$$

$$V_R = F_a \theta$$

▪ **Calculo de la capacidad**

Volumen de mezcla

$$V_{H_2SO_4} = 1728.69 \text{ Kg} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1840 \text{ Kg}} = 0.9395 \text{ m}^3$$

$$V_{alu} = 1.3635 \text{ m}^3 \times \frac{24 \text{ hr}}{1 \text{ hr}} = 32.724 \text{ m}^3$$

$$V_{mezcla} = V_{H_2SO_4} + V_{alu} = 0.9395 + 32.724 = 33.6635 \text{ m}^3$$

Volumen de aire

$$V_{\text{aire}} = 0.25 \times V_{\text{mezcla}} = 8.4159 \text{ m}^3$$

Volumen de carga total:

$$V_{\text{CT}} = V_{\text{mezcla}} + V_{\text{aire}} = 42.0794 \text{ m}^3$$

Flujo de entrada (F_a)

$$F_a = \frac{V_{\text{CT}}}{t_{\text{op}}} = \frac{42.0794 \text{ m}^3}{24 \text{ hr}} = 1.7533 \text{ m}^3/\text{hr}$$

▪ **Dimensionamiento**

Tiempo de residencia $\theta=24$ hr

Calculo del volumen del reactor:

$$V_R = F_a \times \theta \times 1.2 = 50.4953 \text{ m}^3$$

Calculo de la altura del líquido en la parte cilíndrica del reactor (z)

$$V_{\text{liquido cil.}} = F_a \times \theta - V_{\text{fondo}}$$

$$V_{\text{liquido cil.}} = 42.0794 - 0.1 \times 42.0794$$

$$V_{\text{liquido cil.}} = 37.8714 \text{ m}^3$$

Asumiendo $D'/Z'=1$

Luego:

$$V_{\text{liquido cil.}} = \frac{\pi}{4} Z'^3 = 37.8714 \text{ m}^3$$

$$Z' = 3.6398 \text{ m}$$

Entonces: D y Z (1.12-1.15)

$$Z = Z' = 3.6398 \text{ m}$$

$$D = D' \times 1.12 = 4.0765 \text{ m}$$

Calculo de la altura de la parte cilíndrica del tanque de reacción (H).

$$\text{Volumen} = \frac{\pi}{4} D^2 H = V_R - V_{\text{fondo}}$$

$$\text{Volumen} = \frac{\pi}{4} D^2 H = 50.4953 - 4.2079$$

$$H = 3.5465 \text{ m}$$

Calculo de la altura del volumen del fondo (h)

$$h = \frac{D}{8} = \frac{4.0765}{8} = 0.5096 \text{ m}$$

Calculo de altura total del reactor

$$H_T = H + h = 4.0561 \text{ m}$$

▪ **Sistema de agitación**

Se empleará un sistema de agitación con impulsor hélice con 4 palas ya que este tipo de agitador puede operar para líquidos viscosos como en el caso de aceites lubricantes.

Se dimensionará el agitador de acuerdo a las siguientes proporciones básicas. (Véase la figura N°8.1, en la página 153)

$$C = \frac{1}{3} D_t = \frac{4.0765 \text{ m}}{3} = 1.3588 \text{ m}$$

$$D_a = 0.5 D_t = 0.5 \times 4.0765 \text{ m} = 2.0383 \text{ m}$$

$$W = \frac{1}{5} D_a = \frac{2.0383 \text{ m}}{5} = 0.4077 \text{ m}$$

$$D_d = \frac{2}{3} D_a = \frac{2}{3} \times 2.0383 \text{ m} = 1.3589 \text{ m}$$

$$L = \frac{1}{4} D_a = \frac{1}{4} \times 2.0383 \text{ m} = 0.5096 \text{ m}$$

$$J = \frac{1}{12} D_t = \frac{1}{12} \times 4.0765\text{m} = 0.3397\text{m}$$

Calculo de la potencia del agitador

$$NRe = \frac{D_a^2 N \rho}{\mu}$$

Donde:

N_{Re} = Numero de Reynolds

N = Revoluciones por segundo rps

ρ = Densidad del fluido kg/m^3

μ = Viscosidad del fluido Kg/ms

D_a = Diámetro del agitador, m

Para calculo practico $N_{Re}=10000$ para un estado de inicio del estado turbulento.

$$N = \frac{NRe \cdot \mu}{D_a^2 \rho}$$

$$N = \frac{10000 \times 0.4714}{2.0383^2 \times 910}$$

$$N = 1.2468 \text{ rps}$$

Calculando la potencia (P)

$$P = K_T N^3 D_a^5 \rho$$

Para el valor de K_T (Véase el cuadro N°8.14, en la página 149), de acuerdo al tipo de flujo con el que se trabaja (K_L =Laminar, K_T =Turbulento), el tipo de agitador a emplear y el número de palas.

$K_T=0.87$

$$P = 0.87 \times 1.2468^3 \times 2.0383^5 \times 910 = 53987.2925\text{W}$$

$$P = 53987.2925\text{W} \times \frac{1\text{HP}}{754.699\text{W}} = 72 \text{ HP}$$

- **Datos de construcción** (Véase la figura N°8.3, en la página 154)
 - Volumen del reactor $V_R = 50.4953 \text{ m}^3$
 - Diámetro del reactor $D = 4.0765 \text{ m}$
 - Altura del reactor $H_T = 4.0561 \text{ m}$
 - Altura del volumen del fondo $h = 0.5096 \text{ m}$
 - Sistema de agitación con impulsor hélice con 3 palas:
 - $C = 1.3588 \text{ m}$
 - $D_a = 2.0383 \text{ m}$
 - $W = 0.4077 \text{ m}$
 - $D_d = 1.3589 \text{ m}$
 - $L = 0.5096 \text{ m}$
 - $J = 0.3397 \text{ m}$
 - $N = 1.2468 \text{ rps}$
 - $P = 72 \text{ HP}$

d) Diseño de Reactor de Neutralización (Reactor continuo tipo tanque agitado- CSTR)

▪ **Bases de diseño**

El proceso de neutralización se realiza entre 170-180 °C a presión atmosférica, ingresando 161.34 kg de Na_2CO_3 /día (6.7225 Kg/hr,) de $\rho_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 610 \text{ Kg/m}^3$ y 8898.05 gal de aceite acidificado por día. (1.4034 m^3/hr)

Propiedades del aceite acidificado:

$$\rho_{\text{ala}} = 844.0323 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu_{\text{ala}} = 471.4 \text{ cp (Asumiendo para cálculos)}$$

▪ **Balance de masa**

$$[\text{Acumulación}] = [\text{Entrada}] - [\text{Salida}] + [\text{Generación}]$$

$$\frac{dN_a}{dt} = f_{a0} - f_a + \int r_a dV$$

▪ **Ecuación de diseño**

Considerando la mezcla es perfecta

$$\int r_a dV = r_a V$$

Luego:

$$0 = f_{a0} - f_a + r_a V$$

$$V_R = \frac{f_{a0} - f_a}{-r_a}$$

Sabemos que: $f_a = C_a F$

- f_a (Moles /tiempo volumen)

- F_a (Volumen/tiempo)

- θ (Tiempo necesario para procesar un volumen de alimentación igual al volumen del reactor V_R)

Por lo tanto:

$$V_R = \frac{(C_{a0} - C_a)F}{-r_a}$$

$$\frac{V_R}{F} = \frac{(C_{a0} - C_a)}{-r_a} = \theta$$

$$V_R = F_a \theta$$

▪ **Calculo de la capacidad**

Volumen de mezcla

$$V_{Na_2CO_3} = 161.34 \text{ Kg} \times \frac{1 \text{ m}^3}{610 \text{ Kg}} = 0.2645 \text{ m}^3$$

$$V_{ala} = 1.4034 \text{ m}^3 \times \frac{24 \text{ hr}}{1 \text{ hr}} = 33.6827 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{mezcla}} = V_{\text{Na}_2\text{CO}_3} + V_{\text{ala}} = 0.2645 + 33.6827 = 33.9472 \text{ m}^3$$

Volumen de aire

$$V_{\text{aire}} = 0.25 \times V_{\text{mezcla}} = 8.4868 \text{ m}^3$$

Volumen de carga total:

$$V_{\text{CT}} = V_{\text{mezcla}} + V_{\text{aire}} = 42.4340 \text{ m}^3$$

Flujo de entrada (F_a)

$$F_a = \frac{V_{\text{CT}}}{t_{\text{op}}} = \frac{42.4340 \text{ m}^3}{24 \text{ hr}} = 1.7681 \text{ m}^3/\text{hr}$$

▪ **Dimensionamiento**

Tiempo de residencia $\theta = 24 \text{ hr}$

Calculo del volumen del reactor:

$$V_R = F_a \times \theta \times 1.2 = 50.9208 \text{ m}^3$$

Calculo de la altura del líquido en la parte cilíndrica del reactor (z)

$$V_{\text{liquido cil.}} = F_a \times \theta - V_{\text{fondo}}$$

$$V_{\text{liquido cil.}} = 42.4340 - 0.1 \times 42.4340$$

$$V_{\text{liquido cil.}} = 38.1906 \text{ m}^3$$

Asumiendo $D'/Z'=1$

Luego:

$$V_{\text{liquido cil.}} = \frac{\pi}{4} Z'^3 = 38.1906 \text{ m}^3$$

$$Z' = 3.6500 \text{ m}$$

Entonces: D y Z (1.12-1.15)

$$Z = Z' = 3.6500 \text{ m}$$

$$D = D' \times 1.12 = 4.0880 \text{ m}$$

Calculo de la altura de la parte cilíndrica del tanque de reacción (H).

$$\text{Volumen} = \frac{\pi}{4} D^2 H = V_R - V_{\text{fondo}}$$

$$\text{Volumen} = \frac{\pi}{4} D^2 H = 50.9208 - 4.2434$$

$$H = 3.5563 \text{ m}$$

Calculo de la altura del volumen del fondo (h)

$$h = \frac{D}{8} = \frac{4.0880}{8} = 0.511 \text{ m}$$

Calculo de altura total del reactor

$$H_T = H + h = 4.0673 \text{ m}$$

▪ **Sistema de agitación**

Se empleará un sistema de agitación de turbina con 4 palas ya que este tipo de agitador puede operar para líquidos viscosos como en el caso de aceites lubricantes.

Se dimensionará el agitador de acuerdo a las siguientes proporciones básicas. (Véase la figura N°8.1, en la página 153)

$$C = \frac{1}{3} D_t = \frac{4.0880 \text{ m}}{3} = 1.3627 \text{ m}$$

$$D_a = 0.5 D_t = 0.5 \times 4.0880 = 2.044 \text{ m}$$

$$W = \frac{1}{5} D_a = \frac{2.044 \text{ m}}{5} = 0.4088 \text{ m}$$

$$D_d = \frac{2}{3} D_a = \frac{2}{3} \times 2.044 \text{ m} = 1.3627 \text{ m}$$

$$L = \frac{1}{4} D_a = \frac{1}{4} \times 2.044 \text{ m} = 0.511 \text{ m}$$

$$J = \frac{1}{12} D_t = \frac{1}{12} \times 4.0880\text{m} = 0.3407\text{m}$$

Calculo de la potencia del agitador

$$NRe = \frac{D_a^2 N \rho}{\mu}$$

Donde:

NRe = Numero de Reynolds

N = Revoluciones por segundo rps

ρ = Densidad del fluido kg/m^3

μ = Viscosidad del fluido Kg/ms

D_a = Diámetro del agitador, m

Para calculo practico $NRe=10000$ para un estado de inicio del estado turbulento.

$$N = \frac{NRe \cdot \mu}{D_a^2 \rho}$$

$$N = \frac{10000 \times 0.4714}{2.044^2 \times 844.0323}$$

$$N = 1.33681 \text{ rps}$$

Calculando la potencia (P)

$$P = K_T N^3 D_a^5 \rho$$

Para el valor de K_T (Véase el cuadro N°8.14, en la página 149), de acuerdo al tipo de flujo con el que se trabaja (K_L =Laminar, K_T =Turbulento), el tipo de agitador a emplear y el número de palas.

$$K_T=1.27$$

$$P = 1.27 \times 1.33681^3 \times 2.044^5 \times 844.0323 = 91364.3\text{W}$$

$$P = 62588.1095\text{W} \times \frac{1\text{HP}}{754.699\text{W}} = 121 \text{ HP}$$

- **Datos de construcción** (Véase la figura N°8.4, en la página 155)
 - Volumen del reactor $V_R = 50.9208 \text{ m}^3$
 - Diámetro del reactor $D = 4.0880 \text{ m}$
 - Altura del reactor $H_T = 4.0673 \text{ m}$
 - Altura del volumen del fondo $h = 0.511 \text{ m}$
 - Sistema de agitación con impulsor hélice con 3 palas:
 - $C = 1.3627 \text{ m}$
 - $D_a = 2.044 \text{ m}$
 - $W = 0.4088 \text{ m}$
 - $D_g = 1.3627 \text{ m}$
 - $L = 0.5110 \text{ m}$
 - $J = 0.3407 \text{ m}$
 - $N = 1.33681 \text{ rps}$
 - $P = 83 \text{ HP}$

e) **Diseño del reactor de adsorción o blanqueo (Reactor continuo tipo tanque agitado de mezcla perfecta - CSTR)**

- **Bases de diseño**

El proceso de adsorción se realiza entre 250-300 °C a presión atmosférica, ingresando 4033.60 kg de tierras activadas/día (168.0667 Kg/hr,) de $\rho_{\text{tierras}} = 840 \text{ Kg/m}^3$ y 8939.72gal de aceite neutralizado por día. (1.41m³/hr)

Propiedades del aceite neutralizado:

$$\rho_{\text{aln}} = 843.5040 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu_{\text{aln}} = 471.4 \text{ cp (Asumiendo para cálculos)}$$

- **Balance de masa**

$$[\text{Acumulación}] = [\text{Entrada}] - [\text{Salida}] + [\text{Generación}]$$

$$\frac{dN_a}{dt} = f_{a0} - f_a + \int r_a dV$$

▪ **Ecuación de diseño**

Considerando la mezcla es perfecta

$$\int r_a dV = r_a V$$

Luego:

$$0 = f_{a0} - f_a + r_a V$$

$$V_R = \frac{f_{a0} - f_a}{-r_a}$$

Sabemos que: $f_a = C_a F$

- f_a (Moles /tiempo volumen)

- F_a (Volumen/tiempo)

- θ (Tiempo necesario para procesar un volumen de alimentación igual al volumen del reactor V_R)

Por lo tanto:

$$V_R = \frac{(C_{a0} - C_a)F}{-r_a}$$

$$\frac{V_R}{F} = \frac{(C_{a0} - C_a)}{-r_a} = \theta$$

$$V_R = F_a \theta$$

▪ **Calculo de la capacidad**

Volumen de mezcla

$$V_{tierras} = 168.0667 \text{ Kg} \times \frac{1\text{m}^3}{840 \text{ Kg}} = 0.20\text{m}^3$$

$$V_{aln} = 1.41\text{m}^3 \times \frac{24 \text{ hr}}{1 \text{ hr}} = 33.84\text{m}^3$$

$$V_{mezcla} = V_{tierras} + V_{aln} = 0.20 + 33.84 = 34.04\text{m}^3$$

Volumen de aire

$$V_{\text{aire}} = 0.25 \times V_{\text{mezcla}} = 8.51 \text{ m}^3$$

Volumen de carga total:

$$V_{\text{CT}} = V_{\text{mezcla}} + V_{\text{aire}} = 42.55 \text{ m}^3$$

Flujo de entrada (F_a)

$$F_a = \frac{V_{\text{CT}}}{t_{\text{op}}} = \frac{42.55 \text{ m}^3}{24 \text{ hr}} = 1.773 \text{ m}^3/\text{hr}$$

▪ **Dimensionamiento**

Tiempo de residencia $\theta=24$ hr

Calculo del volumen del reactor:

$$V_R = F_a \times \theta \times 1.2 = 51.06 \text{ m}^3$$

Calculo de la altura del liquido en la parte cilíndrica del reactor (z)

$$V_{\text{liquido cil.}} = F_a \times \theta - V_{\text{fondo}}$$

$$V_{\text{liquido cil.}} = 42.55 - 0.1 \times 42.55$$

$$V_{\text{liquido cil.}} = 38.295 \text{ m}^3$$

Asumiendo $D'/Z'=1$

Luego:

$$V_{\text{liquido cil.}} = \frac{\pi}{4} Z'^3 = 38.295 \text{ m}^3$$

$$Z' = 3.653 \text{ m}$$

Entonces: D y Z (1.12-1.15)

$$Z = Z' = 3.653 \text{ m}$$

$$D = D' \times 1.12 = 4.0914 \text{ m}$$

Calculo de la altura de la parte cilíndrica del tanque de reacción (H).

$$\text{Volumen} = \frac{\pi}{4} D^2 H = V_R - V_{\text{fondo}}$$

$$\text{Volumen} = \frac{\pi}{4} D^2 H = 51.06 - 0.1 \times 51.06$$

$$H = 3.495 \text{ m}$$

Calculo de la altura del volumen del fondo (h)

$$h = \frac{D}{8} = \frac{4.0914}{8} = 0.5114 \text{ m}$$

Calculo de altura total del reactor

$$H_T = H + h = 4.00 \text{ m}$$

▪ **Sistema de agitación**

Se empleará un sistema de agitación de turbina con 4 palas ya que este tipo de agitador puede operar para líquidos viscosos como en el caso de aceites lubricantes.

Se dimensionará el agitador de acuerdo a las siguientes proporciones básicas. (Véase la figura N°8.1, en la página 153)

$$C = \frac{1}{3} D_t = \frac{4.0914 \text{ m}}{3} = 1.3638 \text{ m}$$

$$D_a = 0.5 D_t = 0.5 \times 4.0914 \text{ m} = 2.0457 \text{ m}$$

$$W = \frac{1}{5} D_a = \frac{2.0457 \text{ m}}{5} = 0.409 \text{ m}$$

$$D_d = \frac{2}{3} D_a = \frac{2}{3} \times 2.0457 \text{ m} = 1.3638 \text{ m}$$

$$L = \frac{1}{4} D_a = \frac{1}{4} \times 2.0457 \text{ m} = 0.5114 \text{ m}$$

$$J = \frac{1}{12} D_t = \frac{1}{12} \times 4.0914\text{m} = 0.3410\text{m}$$

Calculo de la potencia del agitador

$$NRe = \frac{D_a^2 N \rho}{\mu}$$

Donde:

N_{Re} = Numero de Reynolds

N = Revoluciones por segundo rps

ρ = Densidad del fluido kg/m^3

μ = Viscosidad del fluido Kg/ms

D_a = Diámetro del agitador, m

Para calculo practico $N_{Re}=10000$ para un estado de inicio del estado turbulento.

$$N = \frac{NRe \cdot \mu}{D_a^2 \rho}$$

$$N = \frac{10000 \times 0.4714}{2.0457^2 \times 843.5040}$$

$$N = 1.335\text{rps}$$

Calculando la potencia (P)

$$P = K_T N^3 D_a^5 \rho$$

Para el valor de K_T (Véase el cuadro N°8.14, en la página 149), de acuerdo al tipo de flujo con el que se trabaja (K_L =Laminar, K_T =Turbulento), el tipo de agitador a emplear y el número de palas.

$K_T=1.27$

$$P = 1.27 \times 1.335^3 \times 2.0457^5 \times 843.5040 = 91315.5\text{W}$$

$$P = 91315.5 \text{ W} \times \frac{1\text{HP}}{754.699\text{W}} = 121 \text{ HP}$$

- **Datos de construcción** (Véase la figura N°8.5, en la página 155)
 - Volumen del reactor $V_R = 51.06 \text{ m}^3$
 - Diámetro del reactor $D = 4.0914 \text{ m}$
 - Altura del reactor $HT = 4.00 \text{ m}$
 - Altura del volumen del fondo $h = 0.5114 \text{ m}$
 - Sistema de agitación con impulsor hélice con 3 palas:
 - $C = 1.3638 \text{ m}$
 - $D_a = 2.0457 \text{ m}$
 - $W = 0.409 \text{ m}$
 - $D_d = 1.3638 \text{ m}$
 - $L = 0.5114 \text{ m}$
 - $J = 0.3410 \text{ m}$
 - $N = 1.335 \text{ rps}$
 - $P = 121 \text{ HP}$

f) Diseño de filtro prensa

▪ **Base de diseño**

El filtro prensa tendrá las siguientes especificaciones. Sistemas de cierre hidráulico modulares: el grupo hidráulico modular, accionado eléctrica o neumáticamente, proporciona presiones hidráulicas de hasta 345 bar (5.000 psi) al cilindro hidráulico. La unidad compensa automáticamente la expansión y contracción térmicas del paquete de filtros por cambios en la temperatura de proceso. El grupo hidráulico está diseñado para minimizar el consumo energético y cuenta con conexiones codificadas con color para facilitar una rápida sustitución durante el servicio técnico y el mantenimiento.

La bomba hidráulica y los componentes asociados están totalmente alojados en un armario de acero para protegerlos de la contaminación y los daños accidentales, pero a los que se puede seguir accediendo fácilmente para el mantenimiento a través de una puerta situada a lo ancho del armario. (Véase la figura N°8.13, en la página 159)

g) Diseño de reactor de aditivación (Tanque agitado de mezcla perfecta)

▪ **Bases de diseño**

El proceso de aditivación se realiza entre 200-230 °C a presión atmosférica, ingresando 299.64 kg de aditivos/día (12.485Kg/hr,) de $\rho_{\text{aditivo}} = 880 \text{ Kg/m}^3$ y 8310.32gal de aceite base por día. (1.3107m³/hr)

Propiedades del aceite neutralizado:

$$\rho_{alb} = 858.0335 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu_{alb} = 471.4 \text{ cp (Asumiendo para cálculos)}$$

▪ **Balance de masa**

$$[\text{Acumulación}] = [\text{Entrada}] - [\text{Salida}] + [\text{Generación}]$$

$$\frac{dN_a}{dt} = f_{a0} - f_a + \int r_a dV$$

▪ **Ecuación de diseño**

Considerando la mezcla es perfecta

$$\int r_a dV = r_a V$$

Luego:

$$0 = f_{a0} - f_a + r_a V$$

$$V_R = \frac{f_{a0} - f_a}{-r_a}$$

Sabemos que: $f_a = C_a F$

- f_a (Moles / tiempo volumen)

- F_a (Volumen/tiempo)

- θ (Tiempo necesario para procesar un volumen de alimentación igual al volumen del reactor V_R)

Por lo tanto:

$$V_R = \frac{(C_{a0} - C_a)F}{-r_a}$$

$$\frac{V_R}{F} = \frac{(C_{a0} - C_a)}{-r_a} = \theta$$

$$V_R = F_a \theta$$

▪ **Calculo de la capacidad**

Volumen de mezcla

$$V_{\text{aditivo}} = 299.64 \text{ Kg} \times \frac{1 \text{ m}^3}{880 \text{ Kg}} = 0.3405 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{alb}} = 1.3107 \text{ m}^3 \times \frac{24 \text{ hr}}{1 \text{ hr}} = 31.4568 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{mezcla}} = V_{\text{aditivo}} + V_{\text{alb}} = 0.3405 + 31.4568 = 31.7973 \text{ m}^3$$

Volumen de aire

$$V_{\text{aire}} = 0.25 \times V_{\text{mezcla}} = 7.9493 \text{ m}^3$$

Volumen de carga total:

$$V_{\text{CT}} = V_{\text{mezcla}} + V_{\text{aire}} = 39.7466 \text{ m}^3$$

Flujo de entrada (F_a)

$$F_a = \frac{V_{\text{CT}}}{t_{\text{op}}} = \frac{39.7466 \text{ m}^3}{24 \text{ hr}} = 1.6561 \text{ m}^3/\text{hr}$$

▪ **Dimensionamiento**

Tiempo de residencia $\theta = 24 \text{ hr}$

Calculo del volumen del reactor:

$$V_R = F_a \times \theta \times 1.2 = 47.6957 \text{ m}^3$$

Calculo de la altura del líquido en la parte cilíndrica del reactor (z)

$$V_{\text{líquido cil.}} = F_a \times \theta - V_{\text{fondo}}$$

$$V_{\text{líquido cil.}} = 39.7464 - 0.1 \times 39.7464$$

$$V_{\text{liquido cil.}} = 35.7718 \text{ m}^3$$

Asumiendo $D'/Z'=1$

Luego:

$$V_{\text{liquido cil.}} = \frac{\pi}{4} Z'^3 = 37.7718 \text{ m}^3$$

$$Z' = 3.6366 \text{ m}$$

Entonces: D y Z (1.12-1.15)

$$Z = Z' = 3.6366 \text{ m}$$

$$D = D' \times 1.12 = 4.0730 \text{ m}$$

Calculo de la altura de la parte cilíndrica del tanque de reacción (H).

$$\text{Volumen} = \frac{\pi}{4} D^2 H = V_R - V_{\text{fondo}}$$

$$\text{Volumen} = \frac{\pi}{4} D^2 H = 47.6957 - 0.1 \times 47.6957$$

$$H = 3.2946 \text{ m}$$

Calculo de la altura del volumen del fondo (h)

$$h = \frac{D}{8} = \frac{4.0730}{8} = 0.5091 \text{ m}$$

Calculo de la altura total del reactor

$$H_T = H + h = 3.8037 \text{ m}$$

▪ **Sistema de agitación**

Se empleará un sistema de agitación de turbina con 4 palas ya que este tipo de agitador puede operar para líquidos viscosos como en el caso de aceites lubricantes.

Se dimensionará el agitador de acuerdo a las siguientes proporciones básicas. (Véase la figura N°8.1, en la página 153)

$$C = \frac{1}{3} D_t = \frac{4.0730 \text{ m}}{3} = 1.3577 \text{ m}$$

$$D_a = 0.5 D_t = 0.5 \times 4.0730 \text{ m} = 2.0365 \text{ m}$$

$$W = \frac{1}{5} D_a = \frac{2.0365 \text{ m}}{5} = 0.4073 \text{ m}$$

$$D_d = \frac{2}{3} D_a = \frac{2}{3} \times 2.0365 \text{ m} = 1.3589 \text{ m}$$

$$L = \frac{1}{4} D_a = \frac{1}{4} \times 2.0365 \text{ m} = 0.5091 \text{ m}$$

$$J = \frac{1}{12} D_t = \frac{1}{12} \times 4.0730 \text{ m} = 0.3394 \text{ m}$$

Calculo de la potencia del agitador

$$N_{Re} = \frac{D_a^2 N \rho}{\mu}$$

Donde:

N_{Re} = Numero de Reynolds

N = Revoluciones por segundo rps

ρ = Densidad del fluido kg/m^3

μ = Viscosidad del fluido Kg/ms

D_a = Diámetro del agitador, m

Para calculo práctico $N_{Re}=10000$ para un estado de inicio del estado turbulento.

$$N = \frac{N_{Re} \cdot \mu}{D_a^2 \rho}$$

$$N = \frac{10000 \times 0.4714}{2.0365^2 \times 858.0335}$$

$$N = 1.3247 \text{ rps}$$

Calculando la potencia (P)

$$P = K_T N^3 D_a^5 \rho$$

Para el valor de K_T (Véase el cuadro N°8.14, en la página 149), de acuerdo al tipo de flujo con el que se trabaja (K_L =Laminar, K_T =Turbulento), el tipo de agitador a emplear y el número de palas.

$$K_T=1.27$$

$$P = 1.27 \times 1.3247^3 \times 2.0365^5 \times 858.0335 = 88732.5W$$

$$P = 60785.2459W \times \frac{1HP}{754.699W} = 118 HP$$

- **Datos de construcción** (Véase la figura N°8.6, en la página 156)
 - Volumen del reactor $V_R = 47.6957 \text{ m}^3$
 - Diámetro del reactor $D = 4.0730 \text{ m}$
 - Altura del reactor $H_T = 3.8037 \text{ m}$
 - Altura del volumen del fondo $h = 0.5091 \text{ m}$
 - Sistema de agitación con impulsor hélice con 3 palas:
 - $C = 1.3577 \text{ m}$
 - $D_a = 2.0365 \text{ m}$
 - $W = 0.4073 \text{ m}$
 - $D_d = 1.3589 \text{ m}$
 - $L = 0.5091 \text{ m}$
 - $J = 0.3394 \text{ m}$
 - $N = 1.3247 \text{ rps}$
 - $P = 118 \text{ HP}$

5.2 Diseño de equipos de uso genérico

5.2.1 Procedimiento de diseño

a) Diseño de Tanque cribado

■ Bases de diseño

El aceite lubricante usado será cribado en un tanque rectangular a nivel que contendrá una malla N°100, separando las partículas sólidas del aceite, ingresando un total de 10 775.48gal /día (1.6996m³/hr) que posteriormente se bombeará a un tanque de almacenamiento de materia prima. Por se considerará un volumen del 10% de la carga total ya que inmediatamente será bombeado a un tanque de almacenamiento.

Propiedades del aceite lubricante usado:

$$C_{p_{alu}} = 1880 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$\rho_{alu} = 910 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu_{alu} = 471.4 \text{ cp}$$

■ Calculo de la capacidad

Volumen de aceite lubricante usado

$$V_{alu} = 1.6996 \text{ m}^3 \times \frac{24 \text{ hr}}{1 \text{ hr}} \times 0.10 = 4.0790 \text{ m}^3$$

Volumen de aire

$$V_{aire} = 0.25 \times V_{alu} = 1.0197 \text{ m}^3$$

Volumen de carga total:

$$V_{CT} = V_{alu} + V_{aire} = 5.0987 \text{ m}^3$$

■ Dimensionamiento

Calculo del volumen del tanque:

$$V_{Tk} = V_{CT} \times 1.2 = 6.1185 \text{ m}^3$$

Calculo de la altura del líquido en la parte del tanque (z)

$$V_{\text{liquido}} = V_{\text{CT}}$$

$$V_{\text{liquido}} = 5.0987\text{m}^3$$

Asumiendo $a'=b'=z'$

Luego:

$$V_{\text{liquido}} = z'^3 = 5.0987 \text{ m}^3$$

$$z' = 1.7212\text{m}$$

Entonces: a,b,z (1.12-1.15)

$$z = z' = 1.7212 \text{ m}$$

$$a = a' = 1.7212 \text{ m}$$

$$b = b' \times 1.12 = 1.9277 \text{ m}$$

Calculo de la altura del tanque cribado(c)

$$\text{Volumen} = abc = V_{\text{TK}}$$

$$\text{Volumen} = abc = 6.1185\text{m}^3$$

$$c = 1.8441\text{m}$$

- **Datos de construcción** (Véase la figura N°8.7, en la página 156)
 - Volumen del tanque $V_{\text{TK}} = 6.1185\text{m}^3$
 - Ancho del tanque $a = 1.7212\text{m}$
 - Largo del tanque $b = 1.9277\text{m}$
 - Altura del tanque $c = 1.8441\text{m}$
 - La parte superior del tanque estará cubierto por una malla N°100 de acero de dimensiones $a \times b$.
 - El tanque será colocado en una poza de tal manera que quede la parte superior de cribado a nivel del piso.

b) Diseño de tanque de almacenamiento de materia prima

■ Bases de diseño

El proceso de decantación se realiza a temperatura ambiente y a presión atmosférica, la función principal es la separación del agua que pueda contener la materia prima como mezcla, la capacidad mínima es el volumen a procesar diario ingresando 10 775.48 gal de aceite lubricante usado por día. (1.6996m³/hr), para el diseño se considerara 10 veces el volumen de carga total ya que se requiere mantener un stock considerable de materia prima.

Propiedades del aceite:

$$C_{p_{alu}}=1880 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$\rho_{alu} =910 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu_{alu}=471.4 \text{ cp}$$

■ Calculo de la capacidad

Volumen del aceite lubricante usado

$$V_{alu} = 1.6996\text{m}^3 \times \frac{24 \text{ hr}}{1 \text{ hr}} = 40.7895\text{m}^3$$

Volumen de aire

$$V_{aire} = 0.25 \times V_{alu} = 10.1974 \text{ m}^3$$

Volumen de carga total:

$$V_{CT} = V_{alu} + V_{aire} = 50.9869 \text{ m}^3$$

■ Dimensionamiento

Volumen de carga total requerida V_{CTR}

$$V_{CTR} = V_{CT} \times 10 = 504.953 \text{ m}^3$$

Volumen del tanque cilíndrico

$$V_{Tk} = V_{CTR} \times 1.20 = 605.9436 \text{ m}^3$$

Calculo de la altura del líquido en la parte cilíndrica del tanque (Z)

$$V_{\text{liquido cil.}} = V_{\text{CTR}}$$

$$V_{\text{liquido cil.}} = 504.953 \text{ m}^3$$

Asumiendo $D'/Z'=1$

Luego:

$$V_{\text{liquido cil.}} = \frac{\pi}{4} Z'^3 = 504.953 \text{ m}^3$$

$$Z' = 8.6309 \text{ m}$$

Entonces: D y Z (1.12-1.15)

$$Z = Z' \times 1.12 = 9.6667 \text{ m}$$

$$D = D' = 8.6309 \text{ m}$$

Calculo de la altura total del tanque (H).

$$\text{Volumen} = \frac{\pi}{4} D^2 H = V_{\text{Tk}}$$

$$\text{Volumen} = \frac{\pi}{4} D^2 H = 605.9436 \text{ m}^3$$

$$H = 10.3569 \text{ m}$$

- **Datos de construcción** (Véase la figura N°8.8, en la página 157)
 - Volumen tanque $V_{\text{Tk}} = 605.9436 \text{ m}^3$
 - Diámetro del tanque $D = 8.6309 \text{ m}$
 - Altura del tanque $H = 10.3569 \text{ m}$

c) Diseño de tanque de recepción de aceite destilado

■ Bases de diseño

El aceite lubricante usado una vez destilado pasa a un tanque rectangular de recepción, luego es bombeado al reactor de acidificación, ingresando al tanque 8644.68 gal de aceite destilado al día. (1.3635m³/hr)

Propiedades del aceite lubricante usado:

$$C_{p\text{alu}} = 1880 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$\rho_{\text{alu}} = 910 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu_{\text{alu}} = 471.4 \text{ cp}$$

■ Calculo de la capacidad

Volumen de aceite lubricante destilado

$$V_{\text{ald}} = 1.3635 \text{ m}^3 \times \frac{24 \text{ hr}}{1 \text{ hr}} = 32.7236 \text{ m}^3$$

Volumen de aire

$$V_{\text{aire}} = 0.25 \times V_{\text{ald}} = 8.1809 \text{ m}^3$$

Volumen de carga total:

$$V_{\text{CT}} = V_{\text{ald}} + V_{\text{aire}} = 40.9045 \text{ m}^3$$

■ Dimensionamiento

Calculo del volumen del tanque:

$$V_{\text{Tk}} = V_{\text{CT}} \times 1.2 = 49.0854 \text{ m}^3$$

Calculo de la altura del líquido en la parte del tanque (z)

$$V_{\text{liquido}} = V_{\text{CT}}$$

$$V_{\text{liquido}} = 40.9045 \text{ m}^3$$

Asumiendo $a'=b'=z'$

Luego:

$$V_{\text{liquido}} = z'^3 = 40.9045$$

$$z' = 3.4455\text{m}$$

Entonces: a,b,z (1.12-1.15)

$$z = z' = 3.4455 \text{ m}$$

$$a = a' = 3.4455 \text{ m}$$

$$b = b' \times 1.12 = 3.8590 \text{ m}$$

Calculo de la altura del tanque (c)

$$\text{Volumen} = abc = V_{\text{TK}}$$

$$\text{Volumen} = abc = 49.0854\text{m}^3$$

$$c = 3.6917\text{m}$$

- **Datos de construcción** (Véase la figura N°8.9, en la página 157)
 - Volumen del tanque $V_{\text{TK}} = 49.0854\text{m}^3$
 - Ancho del tanque $a = 3.4455\text{m}$
 - Largo del tanque $b = 3.8590\text{m}$
 - Altura del tanque $c = 3.6917\text{m}$
 - El tanque será colocado en una poza de tal manera que la válvula de ingreso quede a nivel de la válvula de descarga del horno de destilación.

d) Diseño de tanque de recepción de aceite neutralizado y acidificado

▪ **Bases de diseño**

Este tanque rectangular tendrá doble función, se utilizara para descargar el aceite acidificado que luego será bombeado al reactor de neutralización y también para descargar el aceite neutralizado que posteriormente es bombeado al reactor de adsorción ingresando al tanque 8939.72 gal de aceite al día.(1.4100m³/hr).para cálculos se considerará el volumen de carga del aceite neutralizado por ser mayor al volumen de carga del aceite acidificado.

Propiedades del aceite lubricante usado neutralizado:

$$\begin{aligned}C_{p_{aln}} &= 1880 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C} \\ \rho_{aln} &= 843.5040 \text{ Kg/m}^3 \\ \mu_{aln} &= 471.4 \text{ cp}\end{aligned}$$

▪ **Calculo de la capacidad**

Volumen de aceite lubricante neutralizado

$$V_{aln} = 1.41\text{m}^3 \times \frac{24 \text{ hr}}{1 \text{ hr}} = 33.8404\text{m}^3$$

Volumen de aire

$$V_{aire} = 0.25 \times V_{aln} = 8.4601 \text{ m}^3$$

Volumen de carga total:

$$V_{CT} = V_{aln} + V_{aire} = 42.3005\text{m}^3$$

▪ **Dimensionamiento**

Calculo del volumen del tanque:

$$V_{Tk} = V_{CT} \times 1.2 = 50.7606 \text{ m}^3$$

Calculo de la altura del liquido en la parte del tanque (z)

$$V_{liquido} = V_{CT}$$

$$V_{\text{liquido}} = 42.3005\text{m}^3$$

Asumiendo $a'=b'=z'$

Luego:

$$V_{\text{liquido}} = z'^3 = 42.3005\text{m}^3$$

$$z' = 3.4843\text{m}$$

Entonces: a,b,z (1.12-1.15)

$$z = z' = 3.4843 \text{ m}$$

$$a = a' = 3.4843 \text{ m}$$

$$b = b' \times 1.12 = 3.9024 \text{ m}$$

Calculo de la altura del tanque cribado(c)

$$\text{Volumen} = abc = V_{\text{Tk}}$$

$$\text{Volumen} = abc = 50.7606\text{m}^3$$

$$c = 3.7332\text{m}$$

- **Datos de construcción** (Véase la figura N°8.10 ,en la página 158)
 - Volumen del tanque $V_{\text{Tk}} = 50.7606\text{m}^3$
 - Ancho del tanque $a = 3.4843\text{m}$
 - Largo del tanque $b = 3.9024\text{m}$
 - Altura del tanque $c = 3.7332\text{m}$
 - El tanque será colocado en una poza de tal manera que la válvula de ingreso quede a nivel de la válvula de descarga del reactor de neutralización.

e) **Diseño de tanque de recepción de aceite clarificado**

▪ **Bases de diseño**

Luego del proceso de adsorción, el aceite se descarga a un tanque cilíndrico de capacidad de 1/3 del volumen de carga total, posteriormente cuando alcance la temperatura de filtración de 200 a 250 C es bombeado al filtro prensa, ingresando 9516.71 gal de aceite clarificado por día (1.5010m³/hr)

Propiedades del aceite

$$C_{p_{\text{alu}}} = 1880 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$\rho_{\text{alu}} = 910 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu_{\text{alu}} = 471.4 \text{ cp}$$

▪ **Calculo de la capacidad**

Volumen de aceite clarificado

$$V_{\text{alc}} = 1.5010 \text{ m}^3 \times \frac{24 \text{ hr}}{1 \text{ hr}} = 36.024 \text{ m}^3$$

Volumen de aire

$$V_{\text{gases}} = 0.25 \times V_{\text{alc}} = 9.006 \text{ m}^3$$

Volumen de carga total:

$$V_{\text{CT}} = V_{\text{alc}} + V_{\text{gases}} = 45.03 \text{ m}^3$$

▪ **Dimensionamiento**

Volumen de carga total requerida V_{CTR}

$$V_{\text{CTR}} = V_{\text{CT}} \times 1/3 = 15.01 \text{ m}^3$$

Volumen del tanque

$$V_{\text{Tk}} = V_{\text{CTR}} \times 1.2 = 18.012 \text{ m}^3$$

Calculo de la altura del líquido en la parte cilíndrica del reactor (z)

$$V_{\text{liquido cil.}} = V_{\text{CTR}} - V_{\text{fondo}}$$

$$V_{\text{liquido cil.}} = 15.01 - 0.1 \times 15.01$$

$$V_{\text{liquido cil.}} = 13.509 \text{ m}^3$$

Asumiendo $D'/Z'=1$

Luego:

$$V_{\text{liquido cil.}} = \frac{\pi}{4} Z'^3 = 13.509 \text{ m}^3$$

$$Z' = 2.5813 \text{ m}$$

Entonces: D y Z (1.12-1.15)

$$Z = Z' = 2.5813 \text{ m}$$

$$D = D' \times 1.12 = 2.8911 \text{ m}$$

Calculo de la altura de la parte cilíndrica del tanque (H).

$$\text{Volumen} = \frac{\pi}{4} D^2 H = V_{\text{Tk}} - V_{\text{fondo}}$$

$$\text{Volumen} = \frac{\pi}{4} D^2 H = 18.012 - 1.501$$

$$H = 2.5151 \text{ m}$$

Calculo de la altura del volumen del fondo (h)

$$h = \frac{D}{8} = \frac{2.8911}{8} = 0.3614 \text{ m}$$

Calculo de altura total del reactor

$$H_T = H + h = 2.8765 \text{ m}$$

- **Datos de construcción** (Véase la figura N°8.11, en la página 158)
 - Volumen tanque VTK = 18.012 m³
 - Diámetro del tanque D= 2.8911m
 - Altura del tanque H= 2.8765 m

f) Selección de bombas

En la planta se utilizaran bombas API para hidrocarburos (RPH/RPHb)

Diseño: Mono-etapa, tipo cuerpo de rodamientos, carcasa partida radialmente tipo “back-pull- out” con apoyo en la línea del eje de acuerdo a API 610 última edición, rodete radial cerrado instalación horizontal, succión axial y descarga radial, sello mecánico del eje o prensa estopa montado sobre casquillo.

Aplicación: Manejo de fluidos en refinerías, industria química y petroquímica, plantas de energía y desalinizadora.

Datos Técnicos:

DN: 25-400

Q: Hasta 4150 m³/h

H: Hasta 400m

P: Hasta 80 bar

T: Hasta 450C

N: Hasta 3000 min⁻¹

Las bombas del proceso se diseñaron utilizando un software de simulación CHEMCAD 6.0.1 (Véase las figuras N°8.14, 8.15, 8.16, 8.17, 8.18 y 8.19 en las páginas 160,161 y 162).

5.3 Listado de los equipos y maquinaria de la planta industrial

5.3.1 Equipo y maquinaria principal (Véase el cuadro N°5.1 , en la página 113)

CUADRO N°5.1
LISTADO DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS

Item	Especificación	Capacidad	Unidades	Potencia
1	Tanque cribado	6.1185m ³	1	
2	Tanque de almacenamiento de materia prima	605.9436m ³	1	.....
3	Sistema de destilación (Tanque-Horno)	58.6011m ³	1	.....
4	Reactor de acidificación (CSTR)	50.4953m ³	1	72 HP
5	Reactor de neutralización (CSTR)	50.9208m ³	1	83 HP
6	Reactor de adsorción (CSTR)	51.0600m ³	1	83 HP
7	Reactor de aditivación (Tanque agitado de mezcla perfecta)	47.6957m ³	1	81 HP
8	Tanque de recepción de aceite destilado	49.0854m ³	1	.....
9	Tanque de recepción de aceite neutralizado y acidificado.	50.7606m ³	1	.....
10	Tanque de recepción de aceite clarificado.	18.0120m ³	1	.....
11	Filtro prensa de placas y marcos	5000PSI	1	7HP
12	Bomba de desplazamiento positivo (Cribado)	39.3782m ³ /h	1	3.5HP
13	Bomba Rotatoria(Destilacion)	44.1486m ³ /h	1	3.9HP
14	Bomba de desplazamiento positivo -(Destilacion-Acidificacion)	35.4840m ³ /h	1	3.2HP
15	Bomba rotatoria -(Neutralizacion-Adsorcion)	37.4349m ³ /h	1	3.3HP
16	Bomba rotatoria -(Adsorción-filtracion)	40.4664m ³ /h	1	9HP
17	Bomba rotatoria -(Filtracion-Aditivación)	35.3367m ³ /h	1	4.7HP
18	Bomba rotatoria -(Descarga de Aceite)	33.4160m ³ /h	1	3HP
19	Bomba centrifuga Hidráulica sistema de enfriamiento	.....	2	3.5HP
20	Bomba centrifuga Hidráulica sistema de lavado de gases	.....	2	3.5HP
21	Torre de lavado de gases	11.7202m ³	2	.....
22	Intercambiadores de calor	20m ²	2	.....

5.3.2 Equipo auxiliar

**CUADRO N°5.2
LISTADO DE EQUIPO AUXILIAR**

Item	Especificación	Capacidad	Unidades
1	Montacarga	2 TM	1
2	Extintores PQS	30Lb	8
3	Balanza de plataforma	1/4 TM	1
4	Calibrador de volúmen	55 Gl	3

5.4 Disposición de la Planta

La disposición de la planta industrial de re-refinación de aceites lubricantes usados, se realizó de tal manera que la distribución de los equipos y unidades de servicio dentro de la planta, tanto el pabellón industrial y administrativo estén ubicados de tal manera que las operaciones sean seguras, se realicen de forma satisfactoria y eficaz logrando el ahorro en la inversión del capital inicial y en los costos operativos.

La distribución en planta implicó la ordenación de espacios necesarios para movimiento de material, almacenamiento, equipos o líneas de producción, equipos industriales, administración, servicios para el personal, etc.

Los objetivos de la distribución en planta fueron:

- a) Integración de todos los factores que afecten la distribución.
- b) Movimiento de material según distancias mínimas.
- c) Circulación del trabajo a través de la planta.
- d) Utilización "efectiva" de todo el espacio.
- e) Mínimo esfuerzo y seguridad en los trabajadores.
- f) Flexibilidad en la ordenación para facilitar reajustes o ampliaciones.

Algunos de los puntos a ser estimados en la elaboración del plano fueron:

- a) Topografía: preparación del terreno.
- b) Tubería para servicios: elevada y enterrada.
- c) Drenajes
- d) Vientos remanentes
- e) Invencciones de los equipos: suministro para el área de mantenimiento
- f) Tuberías de aleación de acero de gran diámetro, buscando que sea lomas corto posible
- g) Condiciones de suelo: de acuerdo al peso de los equipos

- h) Tráfico interno y en las vecindades de la planta
- i) Seguridad en todos los aspectos. Aquí se consideró todas las condiciones de operación.

El área dispuesta para la planta industrial de re-refinación de aceites lubricantes usados es de 1900m² de (38mx50m), la disposición de la planta tendrá: Pabellón Industrial y Pabellón Administrativo.

5.4.1 Método de cálculo para determinar el área de proceso

Se utilizó el método según P.F. GUERCHET, crea un método de cálculo para cada elemento a distribuir un área igual a las tres superficies finales.

La superficie total necesaria para cada elemento a distribuir es:

$$S_T = S_S + S_g + S_e$$

a) Superficie estática (S_S)

Si se considera como aquella área ocupada realmente el equipo a instalarse (área verdadera)

b) Superficie de gravitación (S_g)

Se calcula considerando aquellas superficies utilizadas alrededor de los puestos de trabajo por el obrero y por el material acopiado alrededor de las operaciones en curso.

$$S_g = S_S \cdot N$$

Las superficies se obtienen para cada elemento multiplicando la superficie estática por el número de lados (N), a partir de los cuales la maquina debe ser utilizada.

c) Superficie evolutiva (S_e)

Es aquella área que se debe reserva entre los puestos de trabajo para los desplazamientos del personal y así como del material y de los productos.

$$S_e = (S_S + S_g)K$$

Donde K es un coeficiente que varía entre 0,05 y 3 en nuestro caso K=0.05, por el tipo de industria química.

5.4.2 Pabellón Industrial

El pabellón industrial estará conformado por las siguientes áreas:

d) Área de procesos ,Conformado por las siguientes secciones

- Cribado
- Destilación
- Acidificación
- Neutralización
- Adsorción
- Filtración
- Aditivación

e) Área de almacenes, y talleres

- Materia prima
- Insumos químicos
- Producto terminado (Producto y subproductos)
- Residuos sólidos y líquidos
- Taller de Mantenimiento

Este pabellón tendrá un área de 1100m² y un perímetro de 176m será construido con un sistema de albañilería confinada de 3.00m de altura con columnas de 0.30mx0.30m distanciadas a 3.50m y vigas de concreto de 0.30mx0.40m, además tendrá un sistema de zapatos conectados con vigas de sedimentación de 0.30mx0.50m.

El piso será de concreto armado de 0.25m de espesor con un ligero declive de 2% para no tener dificultad en la limpieza del pabellón.

Se habilitará una plataforma de 10mx5m y 1.50m de altura para la descarga de materia prima (Aceite lubricante usado en cilindros) y el despacho de producto terminado (Aceite base lubricante)

El servicio de agua y luz estará distribuido en todas las secciones de la planta.

5.4.3 Pabellón Administrativo

El pabellón Administrativo estará conformado por las siguientes secciones:

- Oficinas
- Laboratorio
- Servicios Higiénicos
- Vestuarios para los colaboradores
- Guardianía

Tendrá un área de 800m² se construirá con un sistema de albañilería confinada, pisos cerámicos de 0.40mx0.40m, techos aligerados, columnas de 0.30mx0.30m , vigas de 0.25mx0.30m , puertas de madera y ventanas metálicas, será distribuido en dos pisos, el primer piso se ubicara el laboratorio, en el segundo piso oficinas administrativas.

Fuente: Instituto de construcción y gerencia PERU. (Véase el cuadro N°5.3 y el Plano N°8.1, en la página 152)

**CUADRO N°5.3
DISPOSICIÓN DE ÁREAS DE LA PLANTA INDUSTRIAL**

Ítem	Descripción	Nomenclatura	Dimensiones		Area(m ²)
			A (m)	L(m)	
1	Sala de recepción	S-01	3	6	18
2	Laboratorio	S-02	6	6	36
3	Compras y ventas	S-03	2.5	3	7.5
4	Operaciones y mantenimiento	S-04	2.5	3	7.5
5	Gerencia general	S-05	3	6	18
6	RRHH y contabilidad	S-06	2.3	3	6.9
7	SSHH damas	S-07	1	2.3	2.3
8	SSHH varones	S-08	1	2.3	2.3
9	Comedor	S-09	6	7	42
10	Estacionamiento de vehículos	S-10	6	6.9	41.4
11	Vestuarios	S-11	3	6	18
12	SSHH colaboradores	S-12	3	5	15
13	Estacionamiento de vehículos	S-13	3	7.5	22.5
14	Almacen de herramientas	S-14	5.8	6	34.8
15	Taller de mantenimiento	S-15	5	6	30
16	Almacen de productos terminados	S-16	6	10	60
17	Almacen de insumos químicos	S-17	6	8.5	51
18	Almacen de materia prima	S-18	6	10	60
19	Zona de residuos solidos	S-19	3	8.5	25.5
20	Garinta de control ingreso	GC-01	3	3	9
21	Garinta de control salida	GC-02	3	3	9
22	Area de cribado y almacenamiento de M.P.	A-01	10.5	17	178.5
23	Area de destilación	A-02	10	11	110
24	Area de acidificación	A-03	4.5	5	22.5
25	Area de neutralización	A-04	5	9.5	47.5
26	Area de adsorción	A-05	5.5	9	49.5
27	Area de filtración	A-06	3.5	16	56
28	Area de aditivación	A-07	4.5	5	22.5

CAPITULO VI EVALUACIÓN ECONÓMICA

6.1 Estimación del total de producción

Los ingresos por Ventas de Producción (Véase el cuadro N°6.1 en la página 119) para la producción a escala banco se ha proyectado producir teniendo un rendimiento de 85% del tamaño de planta máximo encontrado, se obtiene 196113.7gal/mes Asimismo el precio de venta del galón de aceites base para lubricante es de \$6.36 sin incluir el I.G.V, por lo tanto el ingreso por ventas sería:

$$196\ 113.7 \frac{\text{Gal}}{\text{mes}} \times 6.36 \frac{\$}{\text{gal}} = 1\ 246\ 749.523 \frac{\$}{\text{mes}}$$

Al concluir se observa que produce la siguiente UTILIDAD para $196\ 113.7 \frac{\text{gal}}{\text{mes}}$

$$\text{Precio de Venta} = \text{Precio de Costo} + \text{Utilidad}$$

Luego:

$$\text{Utilidad} = \text{Ingreso de Venta} - \text{Costo total de producción}$$

$$U = 1\ 246\ 749.523 \frac{\$}{\text{mes}} - 1\ 117\ 178.21 \frac{\$}{\text{mes}} = 129\ 571.317 \frac{\$}{\text{mes}}$$

**CUADRO N°6.1
EVALUACIÓN ECONÓMICO PARA EL PROYECTO**

Descripción	Unidad	Unidad- consumo/mes	Precios (\$/1und insumo)	\$/Mes
1. Costo variables (cv)				759681.18
1.1 Insumos y materia prima				486700.41
1.1.1 Aceite usado	Gal	301713.38	1.14	345253.71
1.1.2 Carbonato de sodio(Na ₂ CO ₃)	kg	4517.63	0.61	2772.02
1.1.3 Acido sulfurico (H ₂ SO ₄)	kg	48403.22	0.49	23565.26
1.1.4 Tierras activadas	kg	112940.84	1.00	113279.66
1.1.5 Aditivo	kg	364.00	5.03	1829.76
1.2 Materiales				82613.60
1.2.1 Lonas de filtración .	m	1807.05	5.944056	10741.23
1.2.2 Cilindros para PP.TT.	cil	4195.00	13.99	58671.33
1.2.3 Materiales de pintura	....	....	....	7333.92
1.2.4 Accesorios de acabado (stiker,tapas para sellar)	....	....	....	5867.13
1.4 Mantenimiento(3%CV)				22790.44
1.4.1 Equipos del proceso (Bombas,hornos,extractores,tanques,otros)				22790.44
1.6 Servicios (15% CTP)				167576.73
1.6.1 Combustible				
1.6.2 Energia electrica				
1.6.3 Agua/Refrigeración				
2. Costo fijos (CF)				357497.03
2.1 Mano de obra directa (15%CTP)				167576.73
2.1.1 Operarios de planta y ventas.				167576.73
2.2 Supervisión (3%CTP)				33515.35
1.5.1 Jefe de planta/Supervisor de procesos/otros (Supervisión de Operación, supervisión directa y tareas de oficina(20% Mano de Obra de Operación) sea (3% Costo total del producto)				33515.35
2.3 Costos Indirectos(10%CTP)				111717.82
2.3.1 Costos de inversión (05%CTP)				55858.91
2.3.1.1 Depreciación.				
2.3.1.2 Impuestos.				
2.3.1.3 Seguros.				
2.3.1.4 Financiación.				
2.3.1.5 Otros gravámenes.				
2.3.2 Gastos Generales: 05% CTP				55858.91
2.3.2.1 Investigación y desarrollo. (Costo de laboratorio (reactivos de análisis para el control de pruebas durante el proceso).				
2.3.2.2 Relaciones públicas.				
2.3.2.3 Contaduría y auditoría.				
2.3.2.4 Asesoramiento legal y patentes.				
2.4. Costos de Dirección y Administración(3%CTP)				33515.35
2.5. Costos de Ventas y Distribución (01% CTP)				11171.78
Costo total de Producción(CTP)				1117178.21

6.2 Estimación de inversión total

La inversión total requerida para la instalación de la planta industrial para la re-refinación de aceites lubricantes usados en el Distrito de Chilca se obtiene sumando la inversión de capital fijo y capital de trabajo.

6.2.1 Inversión de capital fijo

a) Costo del terreno y edificio

- **Costo del terreno**, Se tiene un área de 1900m² a 100\$/m²

$$1900\text{m}^2 \times 100 \frac{\$}{\text{m}^2} = 190\,000\$$$

- **Costo del edificio**

- **Pabellón Industrial**, un área de 1100m² a 152.82 \$/m²

$$1100\text{m}^2 \times 152.82 \frac{\$}{\text{m}^2} = 168102 \$$$

- **Pabellón Administrativo**, un área de 800m² a 305.64\$/m²

$$800\text{m}^2 \times 305.64 \frac{\$}{\text{m}^2} = 244512 \$$$

Fuente: Instituto de construcción y gerencia-PERU.

b) Costo del equipo industrial

- **Equipo industrial**, Véase el cuadro N°6.2, en la página 121

**CUADRO N°6.2
COSTO DEL EQUIPO INDUSTRIAL**

Especificación	Capacidad	Unidades	Potencia	Costo \$/und	Costo \$ total
Tanque cribado	6.1185m ³	1	.....	2650.18	2650.18
Tanque de almacenamiento de materia prima	605.9436m ³	1	.....	33568.90	33568.90
Sistema de destilación	58.6011m ³	1	.....	14134.28	14134.28
Reactor de acidificación	50.4953m ³	1	72 HP	21327.56	21327.56
Reactor de neutralización	50.9208m ³	1	83 HP	22880.92	22880.92
Reactor de adsorción	51.0600m ³	1	83 HP	23234.28	23234.28
Reactor de aditivación	47.6957m ³	1	81 HP	22027.56	22027.56
Tanque de recepción de aceite destilado	49.0854m ³	1	.....	10247.35	10247.35
Tanque de recepción de aceite neutralizado y acidificado.	50.7606m ³	1	.....	6713.78	6713.78
Tanque de recepción de aceite clarificado.	18.0120m ³	1	.....	6183.75	6183.75
Filtroprensa de placas y M.	5000PSI	1	7HP	25000.00	25000.00
Bomba de desplazamiento positivo (Cribado)	39.3782m ³ /h	1	3.5HP	2500.00	2500.00
Bomba rotatoria (Destilacion)	44.1486m ³ /h	1	3.9HP	706.71	706.71
Bomba de desplazamiento positivo -(Destilacion-Acidificacion)	35.4840m ³ /h	1	3.2HP	2500.00	2500.00
Bomba rotatoria - (Neutralizacion-Adsorcion)	37.4349m ³ /h	1	3.3HP	2800.00	2800.00
Bomba rotatoria -(Adsorción-filtración)	40.4664m ³ /h	1	9HP	1342.76	1342.76
Bomba rotatoria -(Filtración-Aditivación)	35.3367m ³ /h	1	4.7HP	712.00	712.00
Bomba rotatoria -(Descarga de Aceite)	33.4160m ³ /h	1	3HP	400.00	400.00
Bomba centrifuga Hidraulica sistema de enfriamiento	.....	2	3.5HP	1875.00	3750.00
Bomba centrifuga Hidraulica	.....	2	3.5HP	1875.00	3750.00
Torre de lavado de gases	11.7202m ³	2	.....	5477.03	10954.06
Intercambiadores de calor	20m ²	2	.....	15000.00	30000.00
Costo del equipo industrial					247384.08

Fuente: Cotizado a empresas: DEPIMET SRL- Desarrollo de piezas metálicas, PEDROLLO SAC, ABB ingenieros

- **Equipo auxiliar, véase el cuadro N°6.3**

**CUADRO N°6.3
COSTO DEL EQUIPO AUXILIAR**

Especificación	Capacidad	Unidades	Costo \$/und	Costo \$ total
Montacarga	2 TM	1	18000.00	18000.00
Extintores PQS	30Lb	8	20.00	160.00
Balanza de plataforma	1/4 TM	1	350.00	350.00
Calibrador de volumen	55 GI	3	250.00	750.00
Costo del equipo auxiliar				19260.00

Fuente: Cotizado a empresas: DEPIMET SRL- Desarrollo de piezas metálicas, PEDROLLO SAC, ABB ingenieros

Se tiene que el costo total del equipo industrial es de 266644.08 \$.

c) Costo de instalación del equipo

Se considera el 30% del costo total del equipo industrial

$$266644.08 \$ \times 0.30 = 79993.23 \$$$

d) Imprevistos

Se considera el 10% del costo total del equipo industrial

$$266644.08 \$ \times 0.10 = 26664.41 \$$$

Calculamos el costo de inversión de capital fijo para el proyecto, (Véase el cuadro N°6.4, en la página 123)

**CUADRO N°6.4
COSTO DE INVERSIÓN DE CAPITAL FIJO**

Descripción	Costo \$
1.-Costo del terreno y edificio	602614.00
1.1.-Costo del terreno	190000.00
1.2.-Costo del edificio	412614.00
1.2.1.-Pabellon industrial	168102.00
1.2.2.-Pabellon administrativo	244512.00
2.-Costo total del equipo industrial	266644.08
2.1.-Costo del equipo industrial	247384.08
2.2.-Costo del equipo auxiliar	19260.00
3.-Costo de instalación del equipo	79993.23
4.-Imprevistos	26664.41
Costo inversión de capital fijo	975915.72

6.2.2 Capital de trabajo

El capital de trabajo para una planta es la cantidad de dinero necesario para hacerla funcionar hasta que produzca y autoabastezca, para el presente proyecto se estimara el capital de trabajo tomando como base un bimestre de operación.

Generalmente su estimación corresponde a lo siguiente:

**CUADRO N°6.5
TOTAL DE INVERSIÓN BIMESTRAL**

Concepto	Miles de \$ (2meses)
Requerimiento de gastos	
1.- Para cubrir los CV Totales	
759681.190 \$/MES	1519.36238
2.- Para cubrir costos Fijos operativos Totales desembolsable	
357497.03 \$/MES	714.99406
Total de inversión	2234.35644

6.3 Estado de pérdida u ganancia

Se considerara que las ventas de cada año son cobrados el mismo año, para ello tenemos en cuenta lo siguiente:

6.3.1 Programación de producción y ventas

Horizonte de análisis: 10 años

Hipótesis de inventario final: 10% de la producción del año anterior

Incremento de capacidad: 8%, por lo tanto 1.08 de la producción

**CUADRO N°6.6
RELACIÓN DEUDA/CAPITAL**

Concepto	Inversión (Miles \$)	deuda (Miles \$)	Capital (Miles \$)
Inversión fija(IF)	975.92	683.1410031	292.7747156
Capital de trabajo(CT)	2234.35644	-	2234.35644
Intereses Pre-Operativos(IOP)	259.5935812	-	259.5935812
Total	3469.86574	683.1410031	2786.724737
Relación deuda/capital	100.00%	20%	80%

Cálculos auxiliares: La deuda se asume un 70% de la inversión fija (Véase el cuadro N°6.7).

**CUADRO N°6.7
DEUDA/INVERSIÓN FIJA**

Concepto	Cantidad (Miles \$)
Deuda 70% de Inversion Fija	683.1410031
Inversion Fija	975.9157187

6.3.2 Programa de pagos de intereses y amortización del préstamo

**CUADRO N°6.8
CONDICIONES DE LA FINANCIERA**

Monto de préstamo	683.1410031	MILES \$
Plazo	12	Semestres
Plazo Incluye	4	semestres de gracia
Tasa de interés	19%	Liquidables semestralmente
Tasa semestral	9.5%	-
Forma de desembolso	100%	AL INICIO DE LA OBRA

**CUADRO N°6.9
CALENDARIO DE PAGO (MILES DE \$)**

Semestre	Capital adeudado	Pago de Intereses	Amortizaciones	Servicio de deuda				
0	683.1410031	0	0	0	EPO			
1	683.1410031	64.8983953	0	64.8983953				
2	683.1410031	64.8983953	0	64.8983953		EPO = 259.5935812		
3	683.1410031	64.8983953	0	64.8983953				
4	683.1410031	64.8983953	0	64.8983953		Intereses	Amortizaciones	Servicio de deuda
5	683.1410031	64.8983953	75.9045559	140.8029512	AÑO1	122.5858578	151.8091118	274.3949696
6	607.2364472	57.6874625	75.9045559	133.5920184	AÑO2	93.7421265	151.8091118	245.5512383
7	531.3318913	50.4765297	75.9045559	126.3810856				
8	455.4273354	43.2655969	75.9045559	119.1701528	AÑO3	64.8983953	151.8091118	216.7075071
9	379.5227795	36.0546641	75.9045559	111.9592200				
10	303.6182236	28.8437312	75.9045559	104.7482871				
11	227.7136677	21.6327984	75.9045559	97.5373543	AÑO4	36.0546641	151.8091118	187.8637759
12	151.8091118	14.4218656	75.9045559	90.3264215				
13	75.9045559	7.2109328	75.9045559	83.1154887	AÑO5	7.2109328	75.9045559	83.1154887
14	-	-						

Fuente propia

Amortizaciones (1629165,1/9)= 75.9045559 Miles de \$

Intereses (1629165,1*0.095)= 64.8983953 Miles de \$

6.3.3 Flujo de caja económico

La capacidad instalada 230 722.10 gal/mes con un incremento de capacidad de 8%, con una capacidad anual de 2 768 665.20 gal/año, teniendo como precio del aceite base lubricante 6.36 \$/gal.

**CUADRO N°6.10
FLUJO DE CAJA ECONÓMICO (MILES DE \$)**

Concepto/Año	Estado de pérdidas y ganancias EPG (Miles de \$)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Produccion gal/año		2214932.2	2392126.7	2583496.9	2768665.2	2768665.2	2768665.2	2768665.2	2768665.2	2768665.2	2768665.2
Ventas de galones de aceite		14086.9685	15213.9260	16431.0401	17608.7107	17608.7107	17608.7107	17608.7107	17608.7107	17608.7107	17608.7107
Costos operativos											
Costo variable		7292.9394	7876.3746	8506.4845	9116.1743	9116.1743	9116.1743	9116.1743	9116.1743	9116.1743	9116.1743
Costos Fijos desembolsable		4289.9644	4289.9644	4289.9644	4289.9644	4289.9644	4289.9644	4289.9644	4289.9644	4289.9644	4289.9644
Total costos operativos		11582.9038	12166.3389	12796.4489	13406.1386	13406.1386	13406.1386	13406.1386	13406.1386	13406.1386	13406.1386
UAI		2504.0648	3047.5871	3634.5912	4202.5720	4202.5720	4202.5720	4202.5720	4202.5720	4202.5720	4202.5720
Intereses		122.5859	93.7421	64.8984	36.0547	7.2109	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
UAI		2381.4789	2953.8450	3569.6928	4166.5174	4195.3611	4202.5720	4202.5720	4202.5720	4202.5720	4202.5720
Impuestos (TAX 30%) UAI		714.4437	886.1535	1070.9078	1249.9552	1258.6083	1260.7716	1260.7716	1260.7716	1260.7716	1260.7716
Utilidad neta		1667.0352	2067.6915	2498.7850	2916.5622	2936.7528	2941.8004	2941.8004	2941.8004	2941.8004	2941.8004

6.3.4 Flujo de caja financiero

CUADRO N°6.11
FLUJO DE CAJA FINANCIERO (MILES DE \$)

Concepto/Año	Estado de pérdidas y ganancias EPG (miles de \$)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Produccion gal/año		2214932.2	2392126.7	2583496.9	2768665.2	2768665.2	2768665.2	2768665.2	2768665.2	2768665.2	2768665.2
Ventas total		14086.969	15213.926	16431.040	17608.711	17608.711	17608.711	17608.711	17608.711	17608.711	17608.711
Costos operativos											
Costo variable		7292.939	7876.375	8506.485	9116.174	9116.174	9116.174	9116.174	9116.174	9116.174	9116.174
Costos Fijos desembolsable		4289.964	4289.964	4289.964	4289.964	4289.964	4289.964	4289.964	4289.964	4289.964	4289.964
Total de egresos operativos		11582.904	12166.339	12796.449	13406.139	13406.139	13406.139	13406.139	13406.139	13406.139	13406.139
Intereses		122.586	93.742	64.898	36.055	7.211	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Depresacion (-)		0.000	0.000	0.000							
Utilidad antes de impuesto		2381.479	3047.587	3634.591	4202.572	4202.572	4202.572	4202.572	4202.572	4202.572	4202.572
Impuestos a la renta		714.444	914.276	1090.377	1260.772	1260.772	1260.772	1260.772	1260.772	1260.772	1260.772
Utilidad neta despues del impuesto		1667.035	2133.311	2544.214	2941.800	2941.800	2941.800	2941.800	2941.800	2941.800	2941.800
Depresacion (+)		0.000	0.000	0.000							
Inversion depreciables	975.916										
Inversion de capital de trabajo	2234.356										
Credito a largo plazo	683.141			151.809	151.809	151.809	151.809	75.905			
Amortizaciones											
Flujo de caja	-2527.131	1667.035	2133.311	2392.405	2789.991	2789.991	2789.991	2865.896	2941.800	2941.800	2941.800

6.4 Criterio de rentabilidad

Existen métodos para demostrar la rentabilidad del proyecto para ello damos algunos conceptos y cálculos que determinaran la aceptabilidad del proyecto.

6.4.1 Valor actual neto (VAN) y Tasa interna de retorno (TIR)

a) VAN

Es un método de evaluación para medir el valor presente neto del proyecto a través de la actualización de sus beneficios o flujos netos y costos, el factor de actualización está dado por el costo del capital de la empresa.

▪ VANE

Se determina a partir del flujo de caja económico

$$VANE = IT - \sum FNA$$

Donde:

IT: Inversión total

FNA: Flujos netos actualizados

▪ VANF

Consiste en evaluar la rentabilidad del proyecto incluyendo el financiamiento externo.

$$VANF = IP - \sum FNA$$

Donde:

IT: Inversión propia

FNA: Flujos netos actualizados

- **Si el VAN es cero**, la inversión es indiferente ya que el inversionista gana justo lo que esperaba obtener.
- **Si el VAN es mayor que cero**, la inversión es aceptable ya que muestra cuanto más gana, por sobre lo que quería ganar.
- **Si el VAN es menor que cero**, la inversión se debe rechazar ya que aunque no indica pérdida, significa cuanto falta para que el inversionista ganara todo lo que quería ganar.

b) TIR

Es el método que introduce el valor del dinero en el tiempo, su tasa de descuento iguala al valor actual de los beneficios y el valor actual de los costos previstos.

- **TIRE** Se obtiene a partir del flujo de caja económico
- **TIRF** Se obtiene a partir del flujo de caja financiero

- **Si el TIR mayor que la tasa mínima**, el proyecto puede ser aceptado debido a que la inversión ganara más del costo de los fondos utilizados para financiarlo.

- **Si el TIR es igual a la tasa mínima**, es indiferente aceptar o no el proyecto.

- **Si el TIR menor que la tasa mínima**, el proyecto no se debe aceptar, se ganara menos que el costo de los fondos utilizados para financiarlo.

6.4.2 VANE y TIRE para el proyecto

El WACC o costo de capital sirve para calcular el VANE y TIRE en la evaluación económica.

**CUADRO N°6.12
VANE Y TIRE (MILES DE \$)**

TIRE							
AÑOS	FLUJO ECONOMICO	R= 17.28%		R= 81.71%		R= 85.0%	
		fd	VA	fd	.	fd	VA
0	-2527.13	1.00	-2527.1312	1.0000	-2527.1312	1.0000	-2527.1312
1	1667.04	0.85	1421.4473	0.5503	917.4152	0.5405	901.1001
2	2067.69	0.73	1503.3417	0.3029	626.2217	0.2922	604.1465
3	2498.78	0.62	1549.1263	0.1667	416.4783	0.1579	394.6514
4	2916.56	0.53	1541.7543	0.0917	267.5198	0.0854	248.9914
5	2936.75	0.45	1323.7236	0.0505	148.2427	0.0461	135.5217
6	2941.80	0.38	1130.6524	0.0278	81.7222	0.0249	73.3809
7	2941.80	0.33	964.0845	0.0153	44.9740	0.0135	39.6653
8	2941.80	0.28	822.0554	0.0084	24.7504	0.0073	21.4407
VANE			7729.0543		0		-108.2331

RESUMEN	VANE=	7729.0543	Miles de \$	Acepta
	TIRE=	81.71%		Acepta

Conclusión: de acuerdo a la estructura de costos, a la capacidad de generación de fondos a la estructura financiera asumida y el nivel de costos del capital el proyecto es aceptable.

Como el TIRE > Tm (Tm= 17.28%) entonces el proyecto se aprueba.

6.4.3 VANF y TIRF para el proyecto

El 19% sirve para calcular VANF y TIRF en la evaluación económica.

CUADRO N°6.13
VANF Y TIRF (MILES DE \$)

AÑO	FLUJO FINANCIERO	FACTOR DE DESCUENTO fd = 19%	19.00%	R= 81.05%		R= 85.00%	
			VA	fd	VA	fd	VA
0	-2527.13	1	-2527.1312	1	-2527.1312	1	-2527.1312
1	1667.04	0.8403	1400.8699	0.5523	920.7596	0.5405	901.1001
2	2133.31	0.7062	1506.4691	0.3051	650.8143	0.2922	623.3195
3	2392.40	0.5934	1419.6908	0.1685	403.1244	0.1579	377.8500
4	2789.99	0.4987	1391.2815	0.0931	259.6622	0.0854	238.1858
5	2789.99	0.4190	1169.1441	0.0514	143.4202	0.0461	128.7491
6	2789.99	0.3521	982.4740	0.0284	79.2158	0.0249	69.5941
7	2865.90	0.2959	848.0700	0.0157	44.9439	0.0135	38.6419
8	2941.80	0.2487	731.5391	0.0087	25.4815	0.0073	21.4407
VAN (19%)			6922.4074		0		-128.2499

RESUMEN	VANF=	6922.4074	Miles de \$	Acepta
	TIRF=	81.05%		Acepta

Conclusión: Como el TIRF > Tm (Tm= 19%) entonces el proyecto se aprueba

6.4.4 Periodo de recuperación (PR)

El periodo de recuperación se encuentra determinado por el año anterior a la recuperación total más el costo no recuperado al inicio del año dividido entre el flujo de efectivo durante el año.

El siguiente cuadro nos muestra dicho cálculo:

CUADRO N°6.14
PERIODO DE RECUPERACIÓN (PR)

Flujo financiero (Miles de \$)	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
	2527.13	1667.04	2133.31	2392.40	2789.99
Período de recuperación	-2527.13	-860.10	1273.22	3665.62	6455.61

$$PR = 1 + \frac{860.10}{2133.31}$$

$$PR = 1.4031 \text{ Años}$$

Esto significa que la inversión total del flujo financiero de \$ 2 527 131.156 dólares se recupera a partir de 1.4031 años (1 años, 4 meses y 25 días), demostrando la rentabilidad del proyecto.

6.4.5 ROI y ROV

Para construir la carta económica de producción referimos los siguientes datos:

- Base de producción de aceite base lubricante es de 230722.1 gal/mes equivalente a 2768665.2 gal/año.
- CVU=3.293 \$/gal
- Precio de venta =6.360\$/gal
- Costo fijos= 357497.03 \$/mes equivalente a 4289.96436 miles \$/año.

**CUADRO N°6.15
CARTA ECONÓMICA EN MILES DE \$**

Uso %	Produccion de aceite	CV (Miles de \$)	CF (Miles de \$)	V (Miles de\$)	U (Miles de\$)
0	0	0	4289.9644	0	-4289.9644
20	553733.0400	1823.2349	4289.9644	3521.7421	-2591.4571
40	1107466.0800	3646.4697	4289.9644	7043.4843	-892.9498
60	1661199.1200	5469.7046	4289.9644	10565.2264	805.5575
80	2214932.1600	7292.9394	4289.9644	14086.9685	2504.0648
100	2768665.2000	9116.1743	4289.9644	17608.7107	4202.5720

**CUADRO N°6.16
COSTOS UNITARIOS PROMEDIOS EN MILES DE \$**

Uso %	Produccion de aceite	CVU total	CFU	CPU	ROI(%)	ROV(%)
0	0	0	0	0		
20	55373304	3.2926E-05	7.7474E-05	1.1040E-04	-2.66	-0.74
40	110746608	3.2926E-05	3.8737E-05	7.1663E-05	-0.91	-0.13
60	166119912	3.2926E-05	2.5825E-05	5.8751E-05	0.83	0.08
80	221493216	3.2926E-05	1.9368E-05	5.2295E-05	2.57	0.18
100	276866520	3.2926E-05	1.5495E-05	4.8421E-05	4.31	0.24

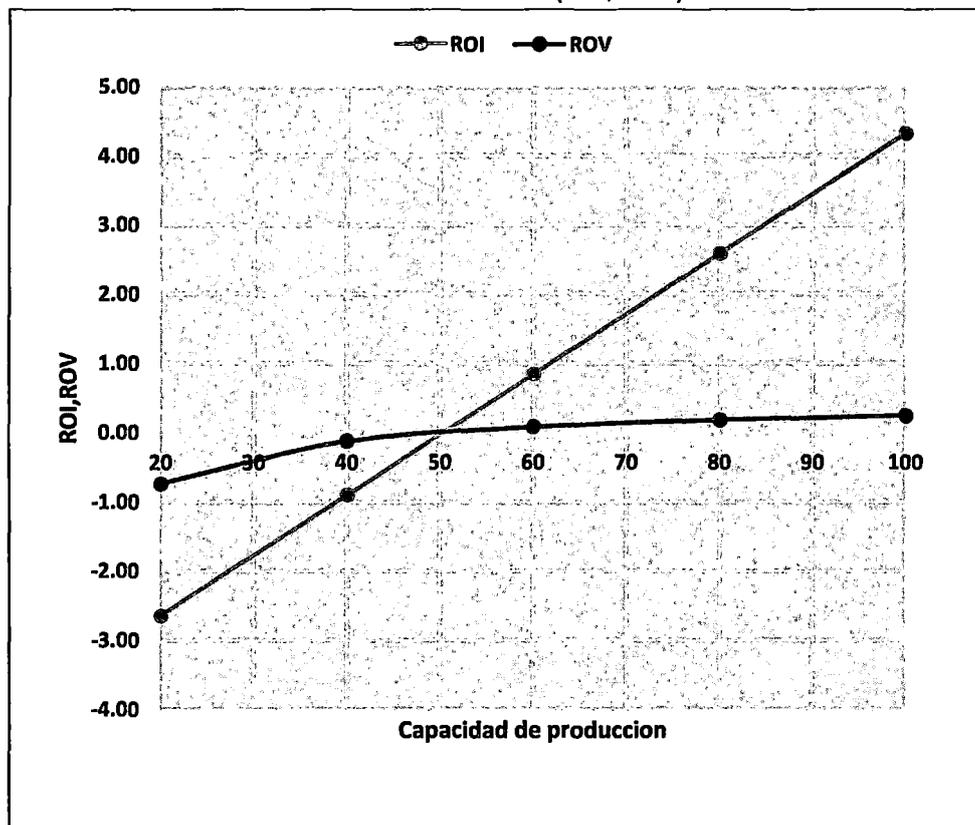
Donde:

$$U = V - (CV + CF)$$

$$ROI = \frac{U}{I}$$

$$ROV = \frac{U}{V}$$

GRÁFICA N°6.1
RENTABILIDAD (ROI, ROV)



6.5 Financiamiento

6.5.1 Estructura de financiamiento

CUADRO N°6.17
ESTRUCTURA DE FINANCIAMIENTO

Concepto	Inversion	Deuda	Aporte de accionistas
Total (Miles de \$)	3469.86574	683.1410031	2786.724737
Relacion D/K	100.00%	20%	80%

CUADRO N°6.18
COSTO DE CAPITAL GLOBAL-TASA MÍNIMA REFERENCIAL O COKE

Fuente	Valor del dinero (%)	Participación en la estructura %	Promedio ponderado %
Deuda	10%	20%	2.02%
Capital propio(1)	19%	80%	15.26%
Costo de capital empresa WACC			17.28%

(1)Se ha tomado dicho valor del artículo de Porlles, J. y Fernandez, E. rendimiento empresarial, estructura financiera y el valor del dinero en el Perú estudios en ciencias Administrativas año I, Vol I, Nro 1- 2003, unidad de post grado: Facultad de ciencias administrativas UNMSM.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Resultados del “Diseño de una planta industrial para la re-refinación de aceites lubricantes usados en el Distrito de Chilca”

- a) Evaluación y elección de localización de la planta de re-refinación de aceites lubricantes usados, tal como se muestra en el cuadro de ranking de factores (Véase el cuadro N°4.2, en la página 53), es el distrito de CHILCA el cual tuvo mayor puntuación para el proyecto.
- b) La tecnología seleccionada para el proyecto teniendo en cuenta el análisis ambiental y económico de la planta piloto semicomercial es el método ácido- arcilla.
- c) El tamaño de planta para el diseño del proyecto más favorable para la instalación de la planta y que nos dio mejor resultado económico de acuerdo al análisis que se realizó a la planta piloto semicomercial es de 230 722 gal de aceite base lubricante producidas al mes.
- d) La ingeniería de procesos y la ingeniería de diseño de detalles para el proyecto nos da una distribución de planta óptima en un área de 1900 m²
- e) La inversión total para la instalación, puesta en marcha hasta que produzca y se autoabastezca la planta industrial, tomando como base un bimestre de operación es de 3469.86574 miles de dólares, de la cual el 80% será capital por aporte de los accionistas y un 20% financiado por los bancos.
- f) Se obtuvo como resultado el VANE de 7729.0543 miles de \$, el TIRE de 81.071%, el VANF de 6922.4074 miles de \$ y el TIRF DE 81.05%.
- g) El periodo de recuperación de la inversión total del flujo financiero se recupera a partir de 1.4031 años (1 años, 4 meses y 25 días)
- h) Se elaboró la carta económica de producción del proyecto.(Véase el cuadro N°6.15, en la página 132)

7.2 Discusión de resultados

a) Contrastación de hipótesis con los resultados

Los resultados obtenidos demuestran que la hipótesis está comprobada ; el distrito de Chilca , es el lugar apropiado para la instalación de la planta del proyecto con una producción mensual de 230 722 gal de aceite base lubricante ecológica, disminuyendo la demanda de aceites lubricantes provenientes de las refinerías debido a que incursionaría al mercado Nacional un nuevo producto alternativo y a la vez reduciría el impacto ambiental generado por la mala disposición de los aceites usados ,además el estudio técnico de la ingeniería de procesos y la ingeniería de diseño de detalles demuestran la distribución optima del área disponible que se encuentra en el distrito de Chilca, por lo tanto el estudio económico nos demuestra la rentabilidad del proyecto y que la inversión se puede realizar con capital Nacional.

b) Contrastación de los resultados con otros estudios similares

El método ácido arcilla para la re-refinación de los aceites lubricantes usados nos da un producto final que cumple con los parámetros indicados en la NTP 900.053.2009 (Véase el cuadro N°8.16, en la página 150).

A nivel Nacional no se encuentran muchas industrias que se dedican a este rubro, por lo general el sector automotriz utiliza aceites lubricantes importados o aceites provenientes de las refinerías del país. A nivel internacional la ejecución de estos proyectos han dado buenos resultados como son los países europeos (España), en Sudamérica (Argentina, Chile), en el Perú solo se cuenta con empresas que no abastecen el mercado Nacional debido a la capacidad del tamaño de planta como son Cilsa ,Marte , Tower and Tower y WR ingenieros. Por lo tanto los resultados obtenidos son únicos basado en el análisis de la planta piloto semicomercial.

7.3 Conclusiones

- a)** El proyecto está orientado a satisfacer las necesidades del mercado nacional ofreciendo productos de alta calidad utilizando como materia prima los aceites lubricantes usados que en el país muchas veces le dan una mala disposición generando impactos negativos al medio ambiente.
- b)** La tecnología a emplearse en el proyecto es de óptimo rendimiento técnico – económico, no es compleja y se viene utilizando en países desarrollados donde han tenido favorables resultados en el mercado automotriz y reducir la contaminación ambiental con la mala disposición de los aceites lubricantes usados.
- c)** La inversión en el proyecto es muy buena ya que los costos fijos son moderados y se pueden financiar con capital nacional.
- d)** La calidad del producto del aceite base lubricante re-refinado es altamente competitiva en el mercado nacional y exterior, debido a sus niveles de rendimiento en el sector automotriz, superando a los aceites proveniente de la destilación del crudo de petróleo.
- e)** Los estados de pérdidas y ganancias proyectadas nos muestra que la empresa tendrá utilidades a un corto plazo con un periodo de recuperación de la inversión de 1 años, 4 meses y 25 días.
- f)** La evaluación económica nos da un TIRE de 81.71% y un TIRF de 81.05% la cual nos demuestra la aceptación y rentabilidad del proyecto.
- g)** Socialmente genera fuentes de trabajo para los pobladores de la zona contribuyendo de esta manera la lucha contra el desempleo.
- h)** El proyecto reduciría la contaminación ambiental debido a los impactos negativos que generen la mala disposición de los aceite lubricantes usados.

8.1 Recomendaciones

- a) Se recomienda promover el proyecto, principalmente a los productores de aceites lubricantes, refinerías de petróleo, EPS-RS y EC-RS que se encargan de procesar, comercializar y brindar una buena disposición a los aceites lubricantes usados.

- b) Se recomienda entidades del estado como **El organismo supervisor de la inversión de la energía y minería (OSINERGMIN)**, y **El organismo de evaluación y fiscalización ambiental (OEFA)** realizar una evaluación confiable de la disposición de los aceites lubricantes usados, promoviendo la tecnología del presente proyecto debido a su rentabilidad y costo de inversión moderado.

CAPITULO VIII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APENDECI

a) Libros

- PERRY ROBERT H. **Manual del Ingeniero Químico**. México. Editorial Mc Graw Hill interamericana de México S.A.1992.
- VILBRANDT, FRANK C. **Ingeniería Química del diseño de plantas industriales** .México. Editorial D.F. Grijalbo.1963.
- ESPINOZA LOAYZA, SANDOVAL ALVARADO, VILLAR REÁTEGUI. **Gestión ambiental de aceites usados: Documento de sistematización**. Lima, Perú. Editorial Usaid / Coman. 2000.
- INDECOPI. **Gestión ambiental: manejo de aceites usados, refinación**. Lima, Perú. Editorial Indecopi.2000.
- INDECOPI. **Gestión ambiental: manejo de aceites usados, recolección y almacenamiento**. Lima, Perú. Editorial Indecopi.2000.
- INDECOPI. **Gestión ambiental: manejo de aceites usados, generalidades**. Lima, Perú. Editorial Indecopi.2000.

b) Tesis

- ANDRÉS FRANK PAZ MENÉNDEZ .**Estudio experimental para la regeneración de aceites automotrices usados mediante la extracción supercrítica**. Tesis doctoral. México. Instituto Politécnico Nacional.2004.
- SALAZAR BARBOZA, JOSÉ . **Proyecto de instalación de una planta de reacondicionamiento de aceites lubricantes usados**. Tesis para obtener título profesional. Lima, Perú. Universidad Nacional de Ingeniería. 1963.
- PARRILLA CHINCHAY, EDINSON. **Estudio técnico económico para la instalación de una planta para reciclar aceites lubricantes usados**. Tesis para obtener el título profesional. Lima, Perú. Universidad Nacional de Ingeniería. 2002.

- DE LA CRUZ ESPINOZA, ISABEL MERCEDES. **Seguridad, salud y protección ambiental en el tratamiento físico del aceite usado.** Tesis para obtener el título profesional. Lima, Perú. Universidad Nacional de Ingeniería. 2010.
- NONAICA ULLOA, MIGUEL ANGEL. **Estudio técnico económico para la instalación de una planta de regeneración de aceites lubricantes usados.** Tesis para obtener el título profesional. Lima, Perú. Universidad Nacional de Ingeniería. 1989.
- PACHAS ORIHUELA, ADOLFO FERNANDO. **Proyecto de instalación de una planta de recuperación de aceites lubricantes usados en el Perú.** Tesis para obtener el título profesional. Lima, Perú. Universidad Nacional de Ingeniería. 1979.
- VILLANUEVA TORRES, CECILIA DEL PILAR. **Diseño de planta piloto para desarrollar tecnología de extracción por solvente para tratamiento de aceites usados.** Lima, Perú. Universidad Nacional de Ingeniería. 2005.

c) Trabajos de investigación

- CARLOS M. GÓMEZ, GUSTAVO C. GARCÍA, ARIEL HERNÁNDEZ, PABLO RAMÍREZ .**La industria de la re-refinación de aceite mineral usado en argentina-buenos aires.** Trabajo de investigación doctoral .Buenos Aires, Argentina. Universidad del CEMA. 2007.
- JORGE LOAYZA P. Y MARINA SILVA M. **Diseño de métodos rápidos para la caracterización de aceites lubricantes usados.** Trabajo de investigación profesional. Lima, Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2005.

ANEXOS

a) Matriz de consistencia

**CUADRO N°8.1
MATRIZ DE CONSISTENCIA**

PROBLEMA GENERAL	OBEJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL
¿Será factible el diseño de una planta industrial para la re-refinación de aceites lubricantes usados en el distrito de Chilca?	Determinar la factibilidad del diseño de una planta industrial para la re-refinación de aceites lubricantes usados en el distrito de Chilca.	El diseño de una planta industrial de re-refinación de aceites lubricantes usados en el distrito de Chilca, permitirá disminuir la demanda de este producto.
SUB -PROBLEMAS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICOS
¿Cuál es la demanda de aceites lubricantes a nivel Nacional?	Determinar la demanda de aceites lubricantes a nivel nacional.	Se estima una demanda de 230 000 gal mensuales de aceite base ecológica.
¿Con que disponibilidad de recursos técnico-económicos disponemos para el diseño de una planta?	Conocer la disponibilidad de recursos técnico-económicos para el diseño de la planta.	La empresa cuenta con poder de financiamiento propio y crediticio además tiene un área disponible de 1900 m ² .

P=f(x1, x2)

P= Factibilidad del diseño de una planta industrial para la re-refinación de aceites lubricantes usados en el distrito de Chilca.

X1= Demanda de aceites lubricantes a nivel nacional.

X2= Disponibilidad de recursos técnico-económicos que se dispone para el diseño de una planta industrial

b) Operacionalización de variables

**CUADRO N°8.2
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

Variables	Dimensiones	Indicadores
Variable dependiente *Factibilidad del diseño de una planta industrial para la re-refinación de aceites lubricantes usados en el distrito de Chilca.	Ingeniería de procesos	*Tecnología seleccionada *Localización de la planta *Tamaño de planta *Diagramas de ingeniería del proceso.
	Ingeniería de diseño de detalles	*Diseño de equipos
	Evaluación económica	*Inversión del proyecto *Flujo de cajas económicos y financieros *Rentabilidad (VANE, VANF, TIRE, TIRF) *Periodo de recuperación de la inversión
Variable independiente *Demanda de aceites lubricantes a nivel nacional. *Disponibilidad de recursos técnico-económicos que se dispone para el diseño de una planta industrial.	Estudio de mercado a nivel nacional	*características de la demanda *comercialización
	Financiamiento	*capital bancario y capital de accionistas *Área del terreno disponible

c) Cuadros estadísticos – Anuario 2000-2012 (INEI-DGH-Ministerio de energía y minas)

**CUADRO N°8.3
EMPRESAS QUE PRODUCEN ACEITES LUBRICANTES**

Nombre/razón social	Departamento	Producto	N° RUC	100% Producción
Mobil oil del peru S.R.L	Lima	Aceites lubricantes/Refinados de petróleo	20259880603	40
Shell lubricantes del Perú S.A	Lima	Aceites lubricantes/Refinados de petróleo	20507855645	20
Castrol del Perú S.A	Lima	Aceites lubricantes/Refinados de petróleo	20100115400	15
Cepsa Perú S.A.(Texaco)	Lima	Aceites lubricantes/Refinados de petróleo	20516908930	10
Isopetrol lubricants del Perú S.A.C	Lima	Aceites lubricantes/Refinados de petróleo	20509709573	4
Otros(Vistony,Lubrimax,etc)	Lima/provincia	Aceites lubricantes/Refinados de petróleo	.....	8.49
Cia industrial lima S.A. Cilsa	Lima	Aceite lubricantes re-refinado	20100814324	1.5
Lubricantes filtrados Marte E.I.R.L	Lima	Aceite lubricantes re-refinado	20100764122	0.5
Tower and Tower SA	Lima	Aceite lubricantes re-refinado	20380618797	0.5
W.r. Ingenieros E.I.R.L.	Lima	Aceite lubricantes re-refinado	20373779611	0.01

Fuente: Ministerio de Energía y Minas-DGH

CUADRO N°8.4
DEMANDA NACIONAL DE ACEITES LUBRICANTE - MODELO LINEAL

t	Año	Y
1	2000	551.99
2	2001	507.82
3	2002	511.54
4	2003	518.17
5	2004	589.75
6	2005	614.38
7	2006	631.01
8	2007	648.63
9	2008	727.22
10	2009	633.79
11	2010	733.28
12	2011	762.39
13	2012	803.03

CUADRO N°8.5
DEMANDA NACIONAL DE ACEITES LUBRICANTE - MODELO EXPONENCIAL

t	Año	Y	Ln(Y)
1	2000	551.99	6.31354
2	2001	507.82	6.23012
3	2002	511.54	6.23743
4	2003	518.17	6.25030
5	2004	589.75	6.37969
6	2005	614.38	6.42061
7	2006	631.01	6.44732
8	2007	648.63	6.47486
9	2008	727.22	6.58923
10	2009	633.79	6.45172
11	2010	733.28	6.59753
12	2011	762.39	6.63646
13	2012	803.03	6.68839

CUADRO N°8.6
DEMANDA NACIONAL DE ACEITES LUBRICANTE - MODELO POTENCIAL

t	Año	Y	Ln(t)	Ln(Y)
1	2000	551.99	0.00	6.31
2	2001	507.82	0.69	6.23
3	2002	511.54	1.10	6.24
4	2003	518.17	1.39	6.25
5	2004	589.75	1.61	6.38
6	2005	614.38	1.79	6.42
7	2006	631.01	1.95	6.45
8	2007	648.63	2.08	6.47
9	2008	727.22	2.20	6.59
10	2009	633.79	2.30	6.45
11	2010	733.28	2.40	6.60
12	2011	762.39	2.48	6.64
13	2012	803.03	2.56	6.69

CUADRO N°8.7
DEMANDA NACIONAL DE ACEITES LUBRICANTE - MODELO CUADRÁTICO

t	Año	Y	t ² =x
1	2000	551.99	1.00
2	2001	507.82	4.00
3	2002	511.54	9.00
4	2003	518.17	16.00
5	2004	589.75	25.00
6	2005	614.38	36.00
7	2006	631.01	49.00
8	2007	648.63	64.00
9	2008	727.22	81.00
10	2009	633.79	100.00
11	2010	733.28	121.00
12	2011	762.39	144.00
13	2012	803.03	169.00

CUADRO N°8.8
DEMANDA NACIONAL DE ACEITES LUBRICANTE - MODELO LOGARÍTMICO

t	Año	Y	Ln(t)
1	2000	551.99	0.00
2	2001	507.82	0.69
3	2002	511.54	1.10
4	2003	518.17	1.39
5	2004	589.75	1.61
6	2005	614.38	1.79
7	2006	631.01	1.95
8	2007	648.63	2.08
9	2008	727.22	2.20
10	2009	633.79	2.30
11	2010	733.28	2.40
12	2011	762.39	2.48
13	2012	803.03	2.56

CUADRO N°8.9
ÍNDICE DE LA PRODUCCIÓN ANUAL DE PETRÓLEO CRUDO

Año	Producción Nacional de petróleo crudo (Mbls)
2000	36313.30
2001	35440.47
2002	35355.77
2003	33342.60
2004	34448.01
2005	40622.58
2006	42187.16
2007	41562.21
2008	43930.38
2009	53026.22
2010	57362.97
2011	55741.18
2012	55991.30

Fuente: Ministerio de Energía y Minas-DGH

CUADRO N°8.10
ÍNDICE DE CARGAS DE PETRÓLEO CRUDO A LAS REFINERÍAS EN EL PERU

Año	Petróleo crudo nacional (Mbls)	Petróleo crudo importado (Mbls)	Petróleo total refinado (Mbls)	Aceite base (Mbls)
2000	29938.50	22574.20	52512.70	0.00
2001	29259.00	26464.00	55723.00	0.00
2002	26665.60	27612.20	54277.80	0.00
2003	22005.60	30100.80	52106.40	0.00
2004	22525.90	30365.20	52891.10	0.00
2005	23218.80	35218.80	58437.60	0.00
2006	18671.90	36575.10	55247.00	0.00
2007	18052.10	39953.50	58005.60	0.52
2008	20061.00	35888.30	55949.30	3.12
2009	19790.30	35825.50	55615.80	3.16
2010	19905.20	35091.00	54996.20	3.12
2011	19103.50	34120.80	53224.30	3.12
2012	19085.84	33960.09	53045.93	1.08

Fuente: Ministerio de Energía y Minas-DGH

CUADRO N°8.11
IMPORTACIÓN DE ACEITES BASES Y ACEITES LUBRICANTES

Año	Aceites bases			Aceites lubricantes		
	Mbls	US\$/BL	MUS\$	Mbls	US\$/BL	MUS\$
2000	438.40	60.44	26496.90	33.60	100.66	3382.18
2001	407.75	63.12	25737.18	44.42	116.76	5186.48
2002	475.00	56.50	26837.50	28.90	123.00	3554.70
2003	517.72	65.37	33844.65	42.79	123.87	5300.18
2004	532.73	71.91	38308.61	47.68	111.25	5304.40
2005	588.59	92.55	54474.00	96.58	60.38	5831.50
2006	599.28	131.28	78673.48	96.65	138.85	13419.85
2007	696.55	132.98	92627.22	104.21	206.33	21501.65
2008	671.71	184.91	124205.90	135.14	276.34	37344.59
2009	667.30	122.81	81951.11	183.01	304.95	55808.90
2010	766.34	153.13	117349.64	247.59	315.08	78010.66
2011	757.42	193.45	146522.90	243.63	379.49	92455.15
2012	580.14	171.2925	99373.63	366.627	376.511417	138039.25

Fuente: Ministerio de Energía y Minas-Aduanas

CUADRO N°8.12
EXPORTACIÓN DE ACEITES BASES Y ACEITES LUBRICANTES

Año	Aceites bases			Aceites lubricantes		
	Mbls	US\$/BL	MUS\$	Mbls	US\$/BL	MUS\$
2000	3.18	146.26	465.11	7.37	139.04	1024.72
2001	0.06	80.33	4.82	6.72	120.10	807.07
2002	0.20	85.50	17.10	52.90	104.40	5522.76
2003	0.05	90.24	4.51	59.01	107.41	6338.17
2004	0.29	94.45	27.39	47.07	115.49	5436.11
2005	1.69	106.73	180.37	824.95	12.22	10080.89
2006	1.44	138.22	199.04	78.87	187.01	14749.48
2007	5.42	164.41	891.10	90.81	183.99	16708.13
2008	2.07	221.25	457.99	90.20	254.38	22945.08
2009	0.45	185.08	83.29	125.81	237.89	29928.94
2010	0.97	214.98	208.53	168.76	204.65	34536.73
2011	0.25	294.21	73.55	173.23	286.03	49548.98
2012	1.28	416.26	532.81	128.71	307.06	39521.37

Fuente: Ministerio de Energía y Minas-Aduanas

CUADRO N°8.13
DEMANDA NACIONAL DE ACEITES LUBRICANTES

Año	Importación (Mbls)	Exportación (Mbls)	Producción Nacional (Mbls)	Demanda Nacional (Mbls)
2000	33.60	7.37	525.76	551.99
2001	44.42	6.72	470.12	507.82
2002	28.90	52.90	535.54	511.54
2003	42.79	59.01	534.39	518.17
2004	47.68	47.07	589.14	589.75
2005	96.58	78.82	596.62	614.38
2006	96.65	78.87	613.23	631.01
2007	104.21	90.81	635.23	648.63
2008	135.14	90.20	682.28	727.22
2009	183.01	125.81	576.59	633.79
2010	247.59	168.76	654.45	733.28
2011	243.63	173.23	691.99	762.39
2012	366.63	128.71	565.11	803.03

Fuente: Ministerio de la Producción - Viceministerio de MYPE e Industria-INE

d) Cuadros de ingeniería del proyecto

**CUADRO N°8.14
VALORES DE KL Y KT**

Tipo de impulsor	KL	KT
Impulsor hélice, tres palas		
Paso 1.0	41	0.32
Paso 1.5	48	0.87
Turbina		
Disco de seis palas	65	5.75
Seis palas inclinadas	-	1.63
Cuatro palas inclinadas	44.5	1.27
Paleta plana, dos palas	36.5	1.70
Impulsor HE-3	43	0.28
Ancla	300	0.35

*Para tanques que tienen cuatro deflectores en la pared del tanque, cuya anchura es igual o menor al 10% del diámetro del tanque

**CUADRO N°8.15
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL ACEITE BASE LUBRICANTE**

Características físicas	Rango
Viscosidad a 40 °C	172
Viscosidad a 100° C	12
Contenido de cenizas sulfatadas	0.02
Densidad a 15°C, Kg/L	0.8872
TBN, mg de KOH/g	0.56
Índice de viscosidad	122

Fuente: NTP 900.053.2009

CUADRO N°8.16
LMP DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS PARA EL ACEITE BASE

Parámetros	Concentración máxima ppm	Resultados obtenidos del aceite base lubricante	
Halógenos Totales	<15	12.22	11.65
PCB	<1	Ausencia	Ausencia
Azufre	<1250	983	843
Plomo	<2	1.98	3.08
ZINC	<2	2.5	1.98
Cobre	<2	1.58	1.36
Cromo Total	<2	2	2.78
Níquel	<2	3	2.77

Fuente propia: Análisis de laboratorio del aceite de la planta piloto

CUADRO N°8.17
DENSIDADES PROMEDIO DE ACEITES LUBRICANTES A T=25°C

Producto	Densidad promedio (kg/m³)
Aceite lubricante usado(ala)	910.0000
Aceite lubricante acidificado(ala)	844.0323
Aceite lubricante neutralizado(aln)	843.5040
Aceite lubricante base(alb)	858.0335

Fuente propia: Análisis de laboratorio del aceite de la planta piloto

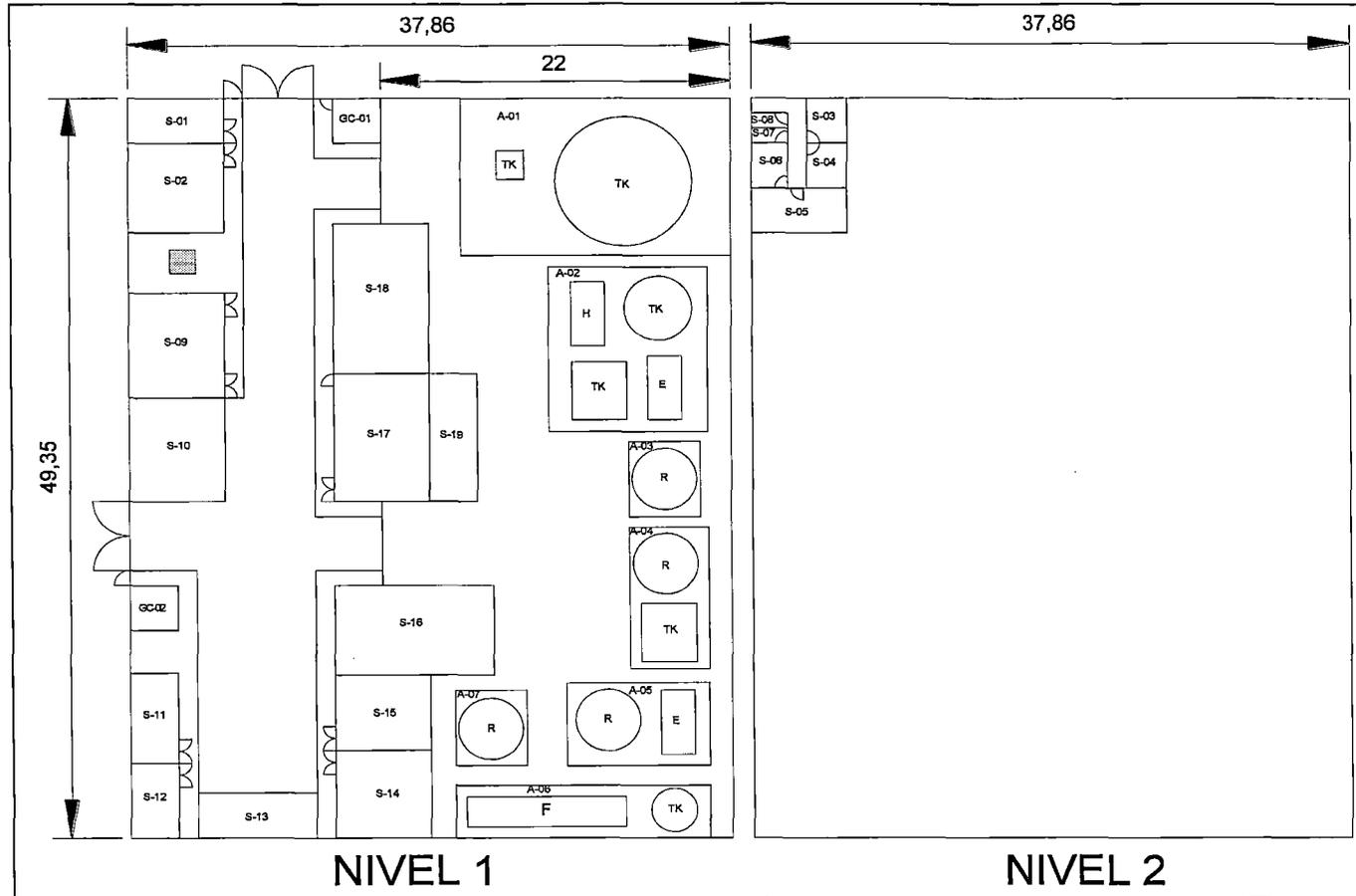
**CUADRO N°8.18
CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA PARA EL PROYECTO**

Especificación	Unidades	Potencia(HP)	Potencia (Kw)	Consumo de energía (Kw-h/Gal PPTT)
1.- Consumo Planta				0.80
Motor reductor del reactor de acidificación	1	72	53.69	0.16
Motor reductor del reactor de Neutralización	1	83	61.89	0.18
Motor reductor del reactor de Adsorción	1	83	61.89	0.18
Motor reductor del reactor de Aditivación	1	81	60.40	0.18
Filtro prensa de placas y marcos	1	7	5.22	0.02
Bomba de desplazamiento positivo (Cribado)	1	3.5	2.61	0.01
Bomba rotatoria (Destilación)	1	3.9	2.91	0.01
Bomba de desplazamiento positivo -(Destilacion-Acidificacion)	1	3.2	2.39	0.01
Bomba rotatoria - (Neutralización-Adsorción)	1	3.3	2.46	0.01
Bomba rotatoria-(Adsorción-filtracion)	1	9	6.71	0.02
Bomba rotatoria -(Filtración-Aditivación)	1	4.7	3.50	0.01
Bomba rotatoria -(Descarga de Aceite)	1	3	2.24	0.01
Bomba centrifuga Hidráulica sistema de enfriamiento	2	3.5	5.22	0.02
Bomba centrifuga Hidráulica sistema de lavado de gases	2	3.5	5.22	0.02
2.-Consumo general (1.6 consumo planta)				1.29
3.-Consumo depreciable (0.6 consumo planta)				0.48
Consumo total de energía (KW-h/ gal PP.TT)				2.58

Fuente propia: Balance energía en base a la planta piloto

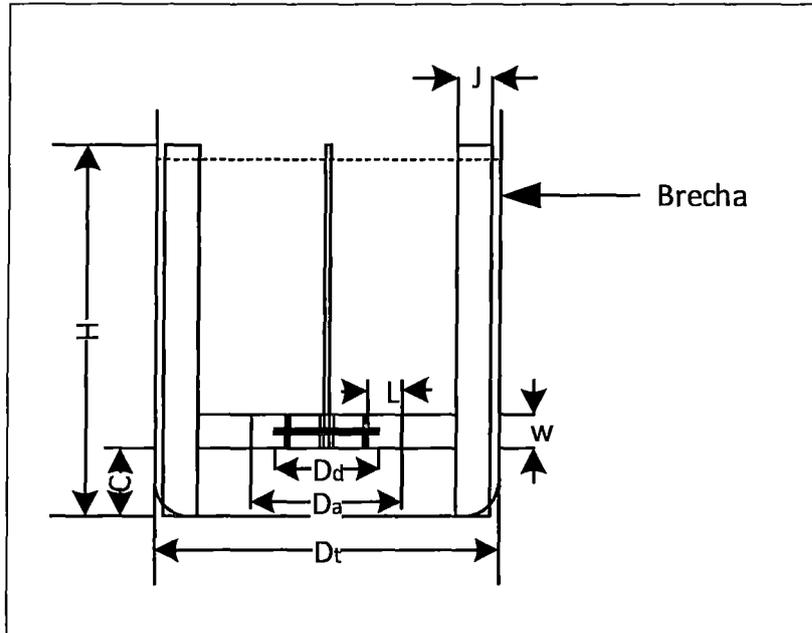
e) Planos del proyecto.

PLANO N°8.1
PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS Y LOCALIZACIÓN DE EQUIPOS



f) Figuras de diseño de equipos

FIGURA N°8.1
 PROPORCIONES DEL SISTEMA DE AGITACIÓN



$$\frac{D_a}{D_t} = 0.3 \text{ a } 0.5 \quad , \quad \frac{H}{D_t} = 1 \quad , \quad \frac{C}{D_t} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5} \quad , \quad \frac{D_d}{D_a} = \frac{2}{3} \quad , \quad \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4} \quad , \quad \frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$$

FIGURA N°8.2
DISEÑO DEL TANQUE DE DESTILACIÓN

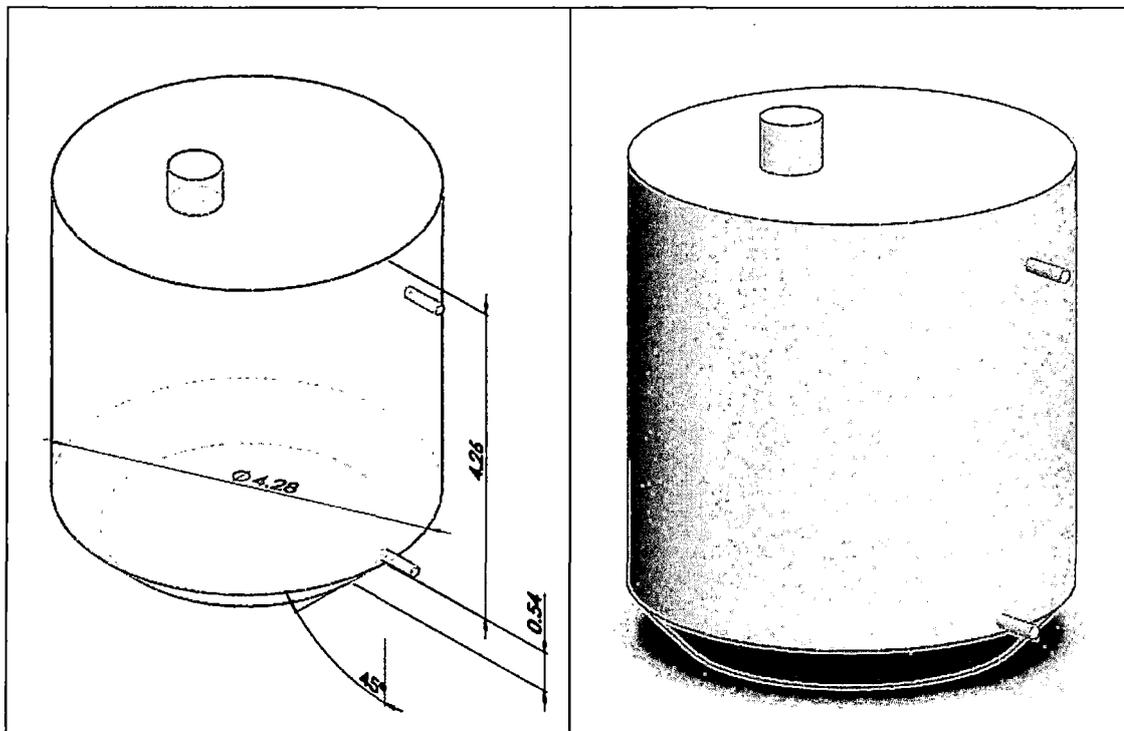


FIGURA. N°8.3
DISEÑO DEL REACTOR DE ACIDIFICACIÓN

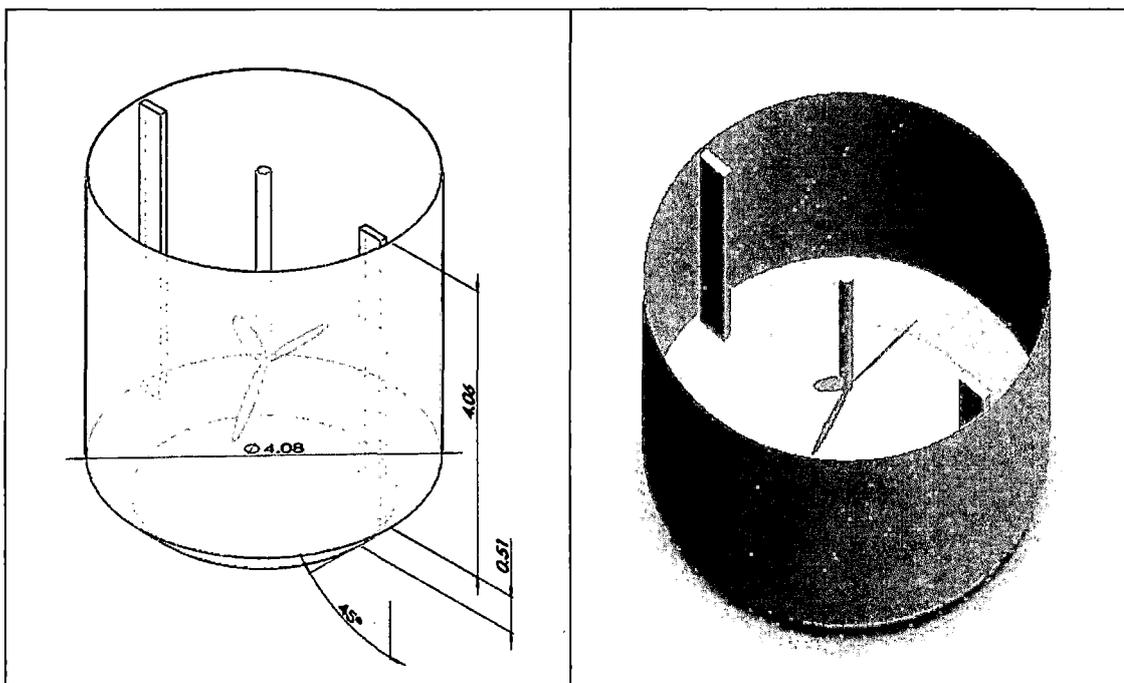


FIGURA N°8.4
DISEÑO DEL REACTOR DE NEUTRALIZACIÓN

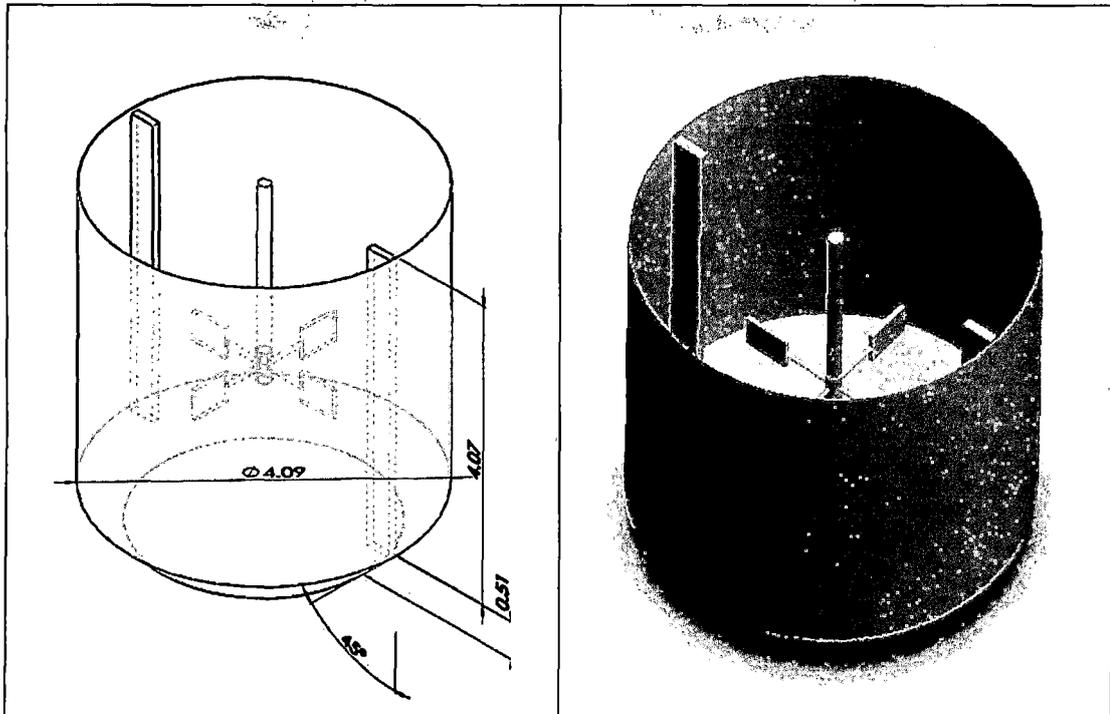


FIGURA N°8.5
DISEÑO DEL REACTOR DE ADSORCIÓN

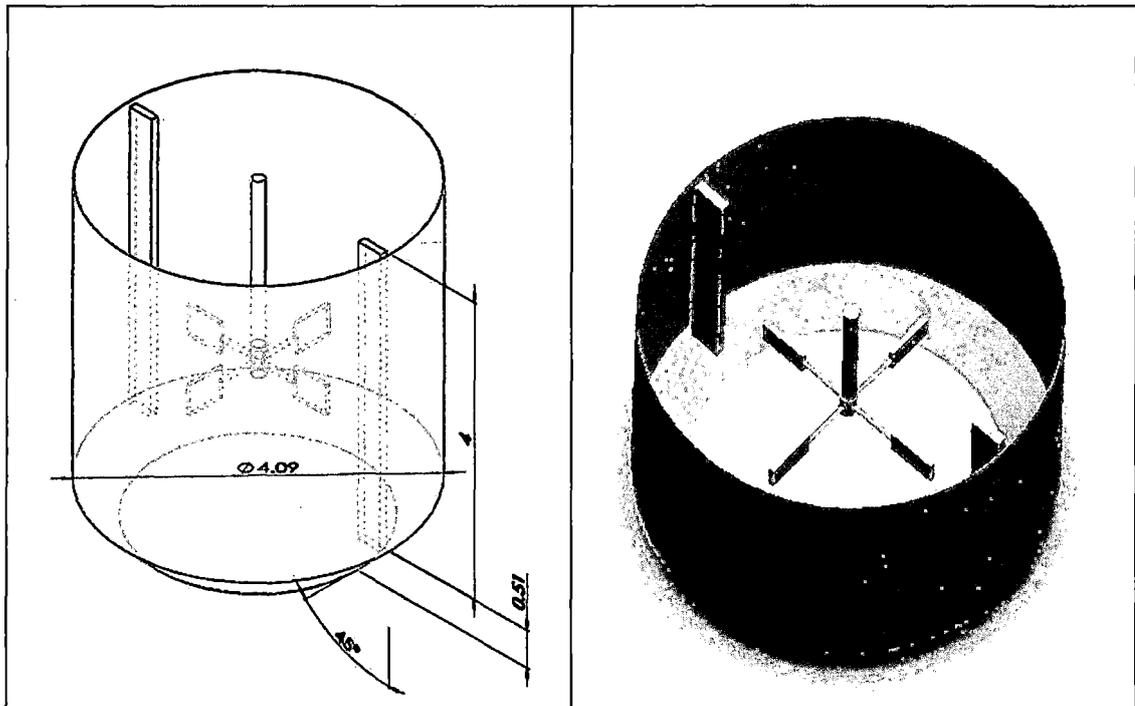


FIGURA N°8.6
DISEÑO DEL REACTOR DE ADITIVACIÓN

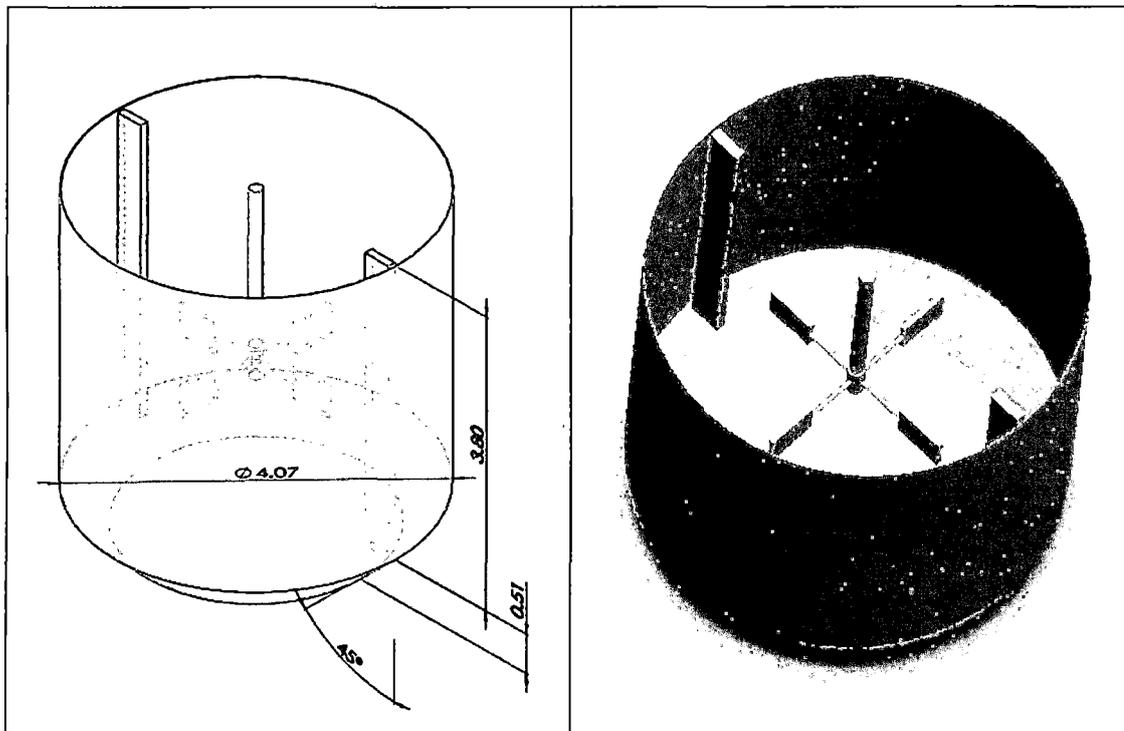


FIGURA N°8.7
DISEÑO DEL TANQUE CRIBADO

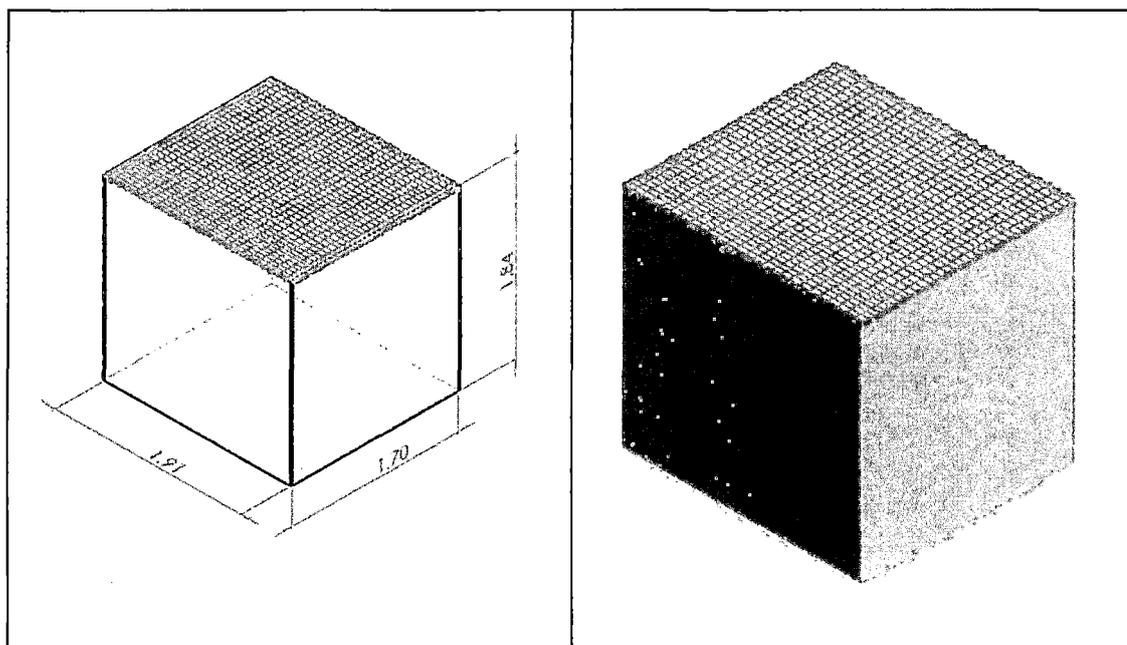


FIGURA N°8.8
DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA

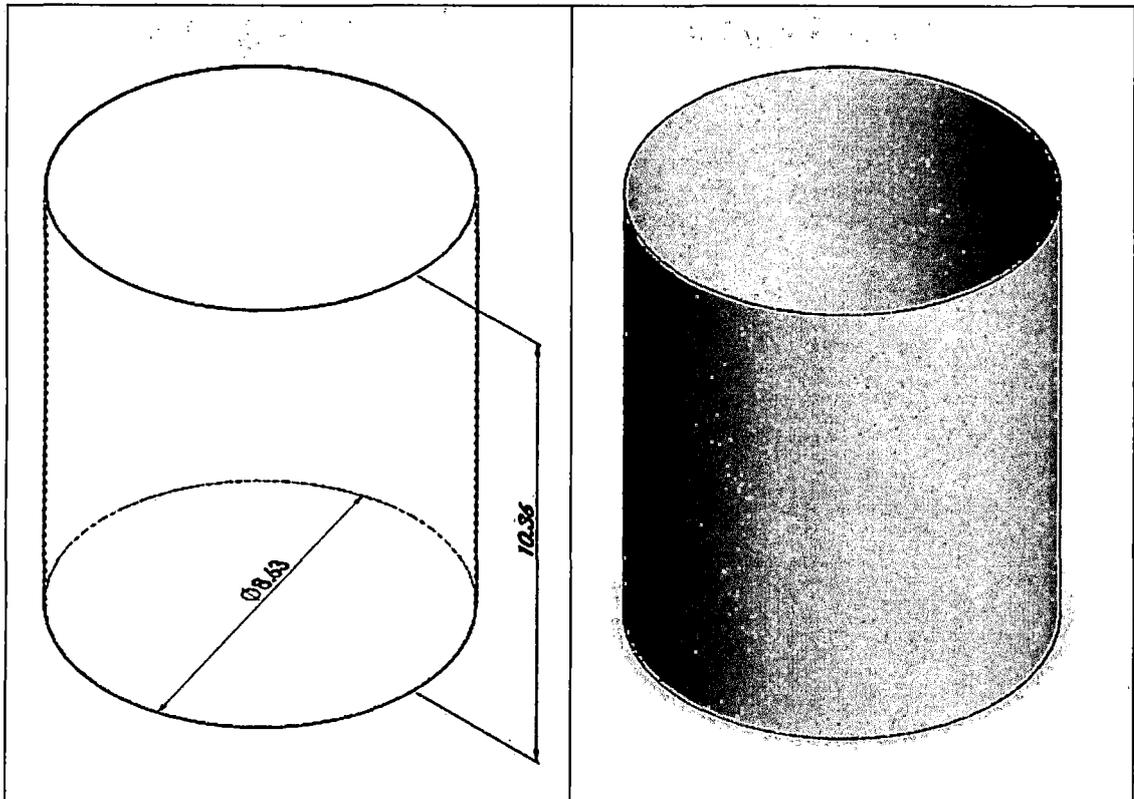


FIGURA N°8.9
DISEÑO DEL TANQUE DE RECEPCIÓN DE ACEITES DESTILADO

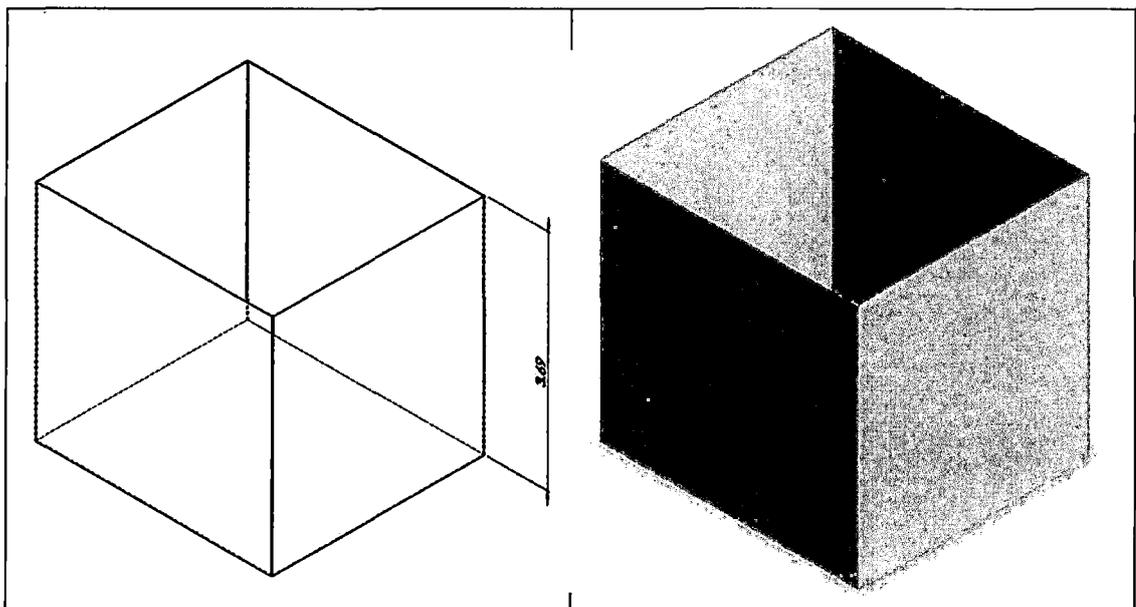


FIGURA 8.10
DISEÑO DEL TANQUE DE RECEPCIÓN DE ACEITE NEUTRALIZADO – ACIDIFICADO.

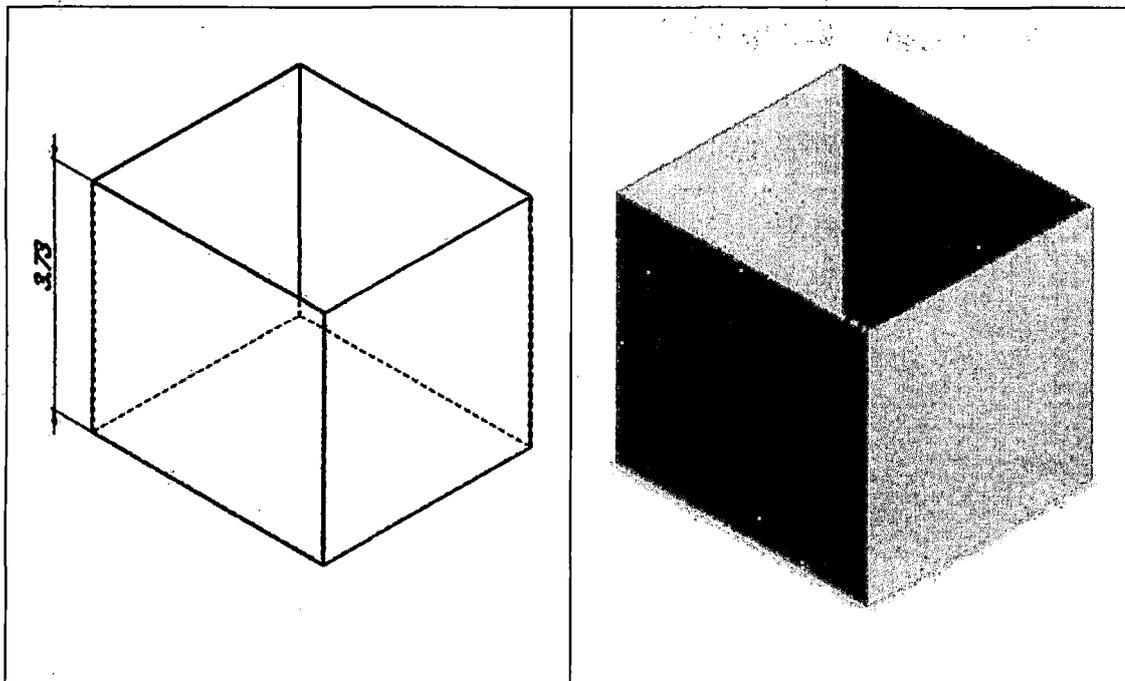


FIGURA N°8.11
DISEÑO DEL TANQUE DE RECEPCIÓN DE ACEITE CLARIFICADO

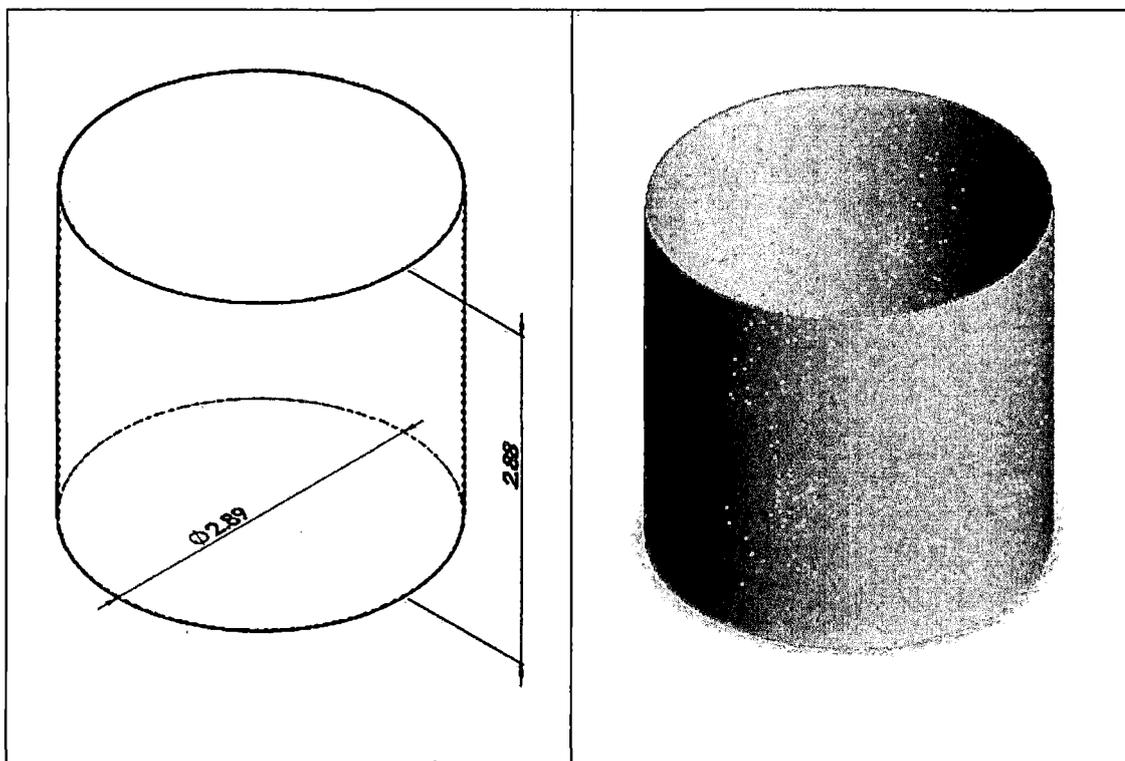


FIGURA N°8.12
CORTE TRANSVERSAL DE UN HORNO A FUEGO DIRECTO TIPO CAJA O CABINA

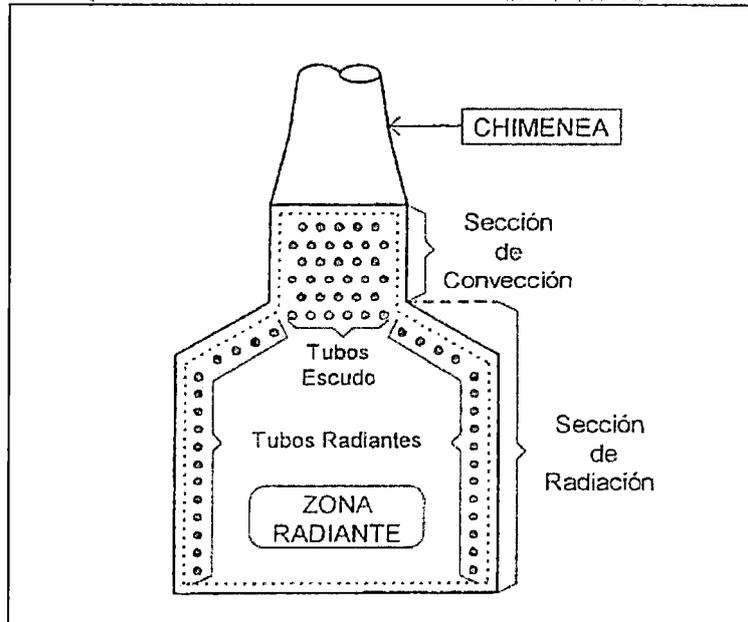
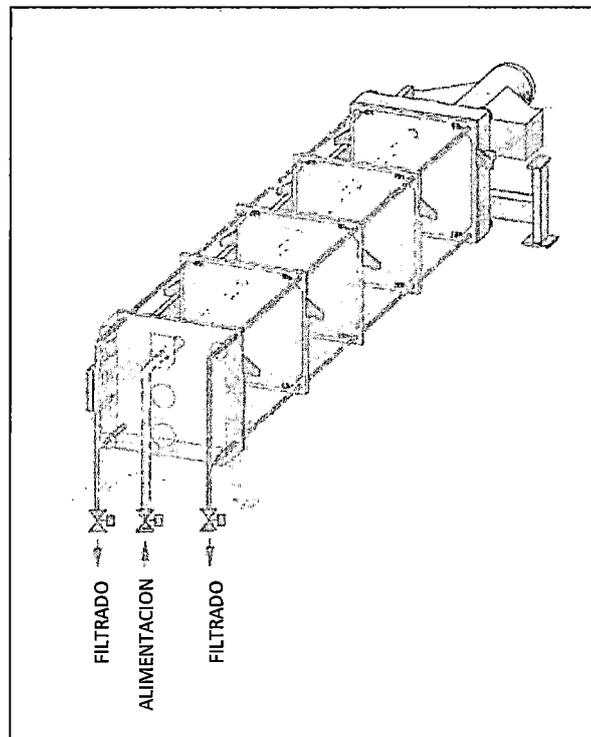


FIGURA N°8.13
ESQUEMA DEL FILTRO PRESA DE PLACAS Y MARCOS



g) Simulación de diseños de bombas del proceso en CHEMCAD 6.0.1

FIGURA N°8.14
DISEÑO DE LA BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO (CRIBADO)

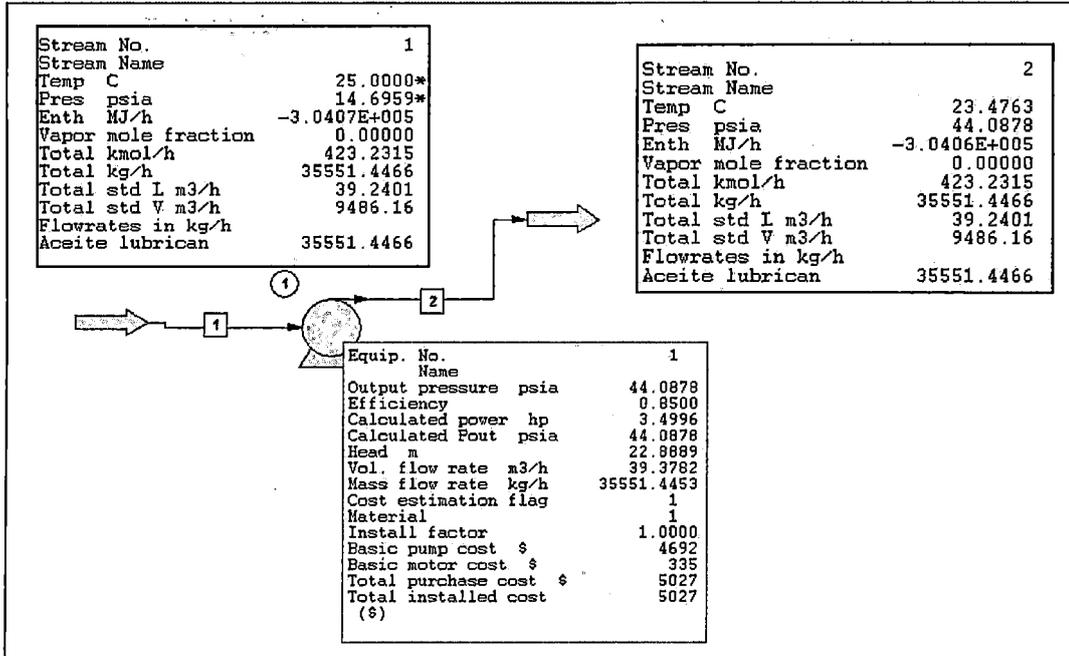


FIGURA N°8.15
DISEÑO DE LA BOMBA ROTATORIA DE DESTILACIÓN

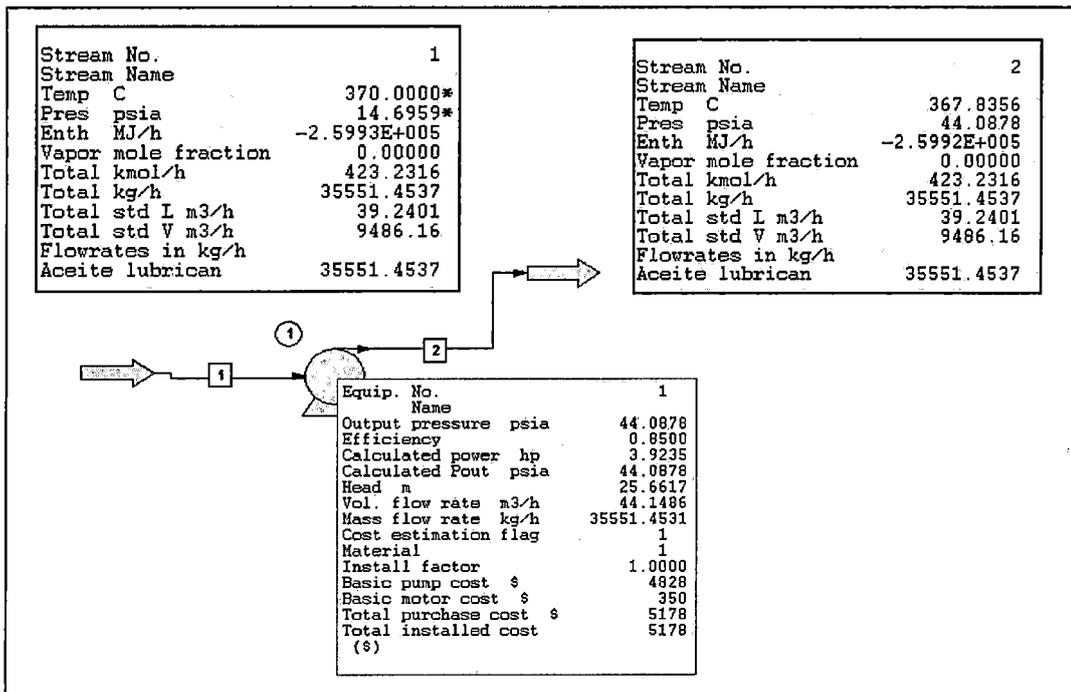


FIGURA N°8.16

DISEÑO DE LA BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO DESTILACIÓN

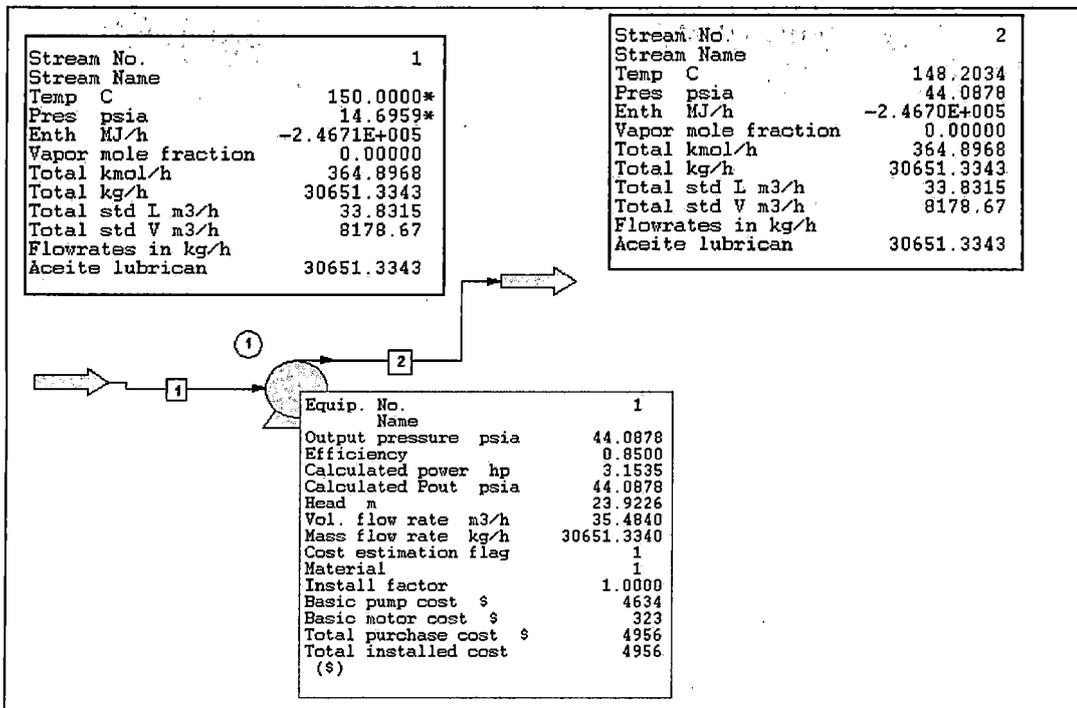


FIGURA N°8.17

DISEÑO DE LA BOMBA ROTATORIA (NEUTRALIZACION-ADSORCION)

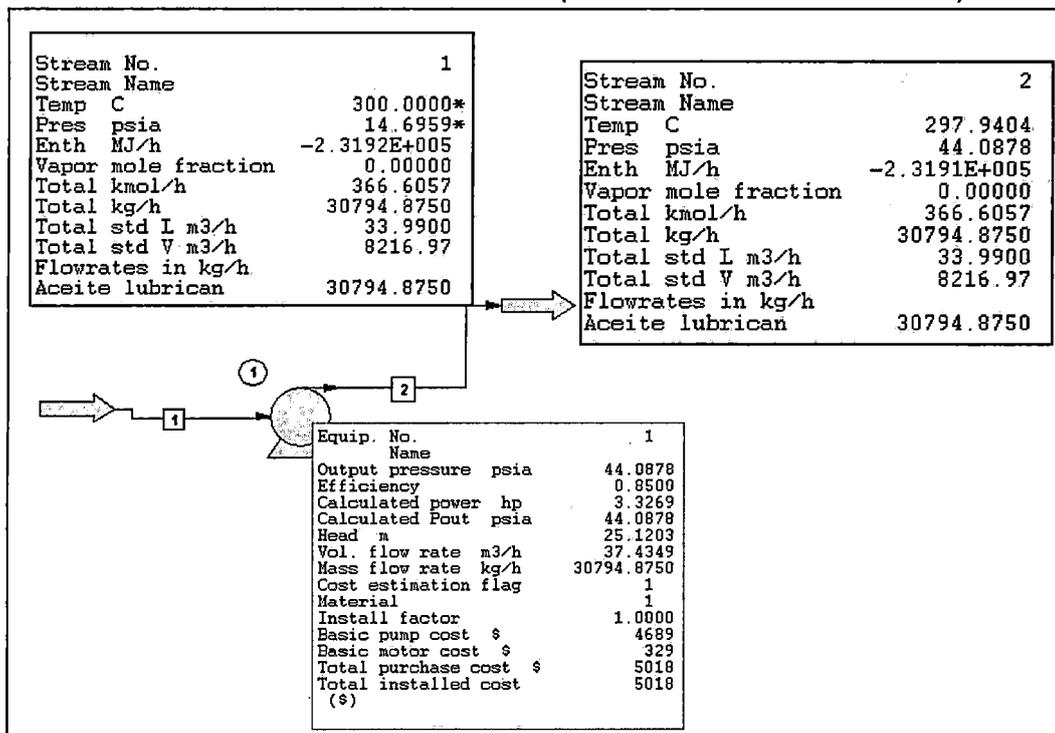


FIGURA N°8.18
DISEÑO DE LA BOMBA ROTATORIA (ADSORCIÓN-FILTRACIÓN)

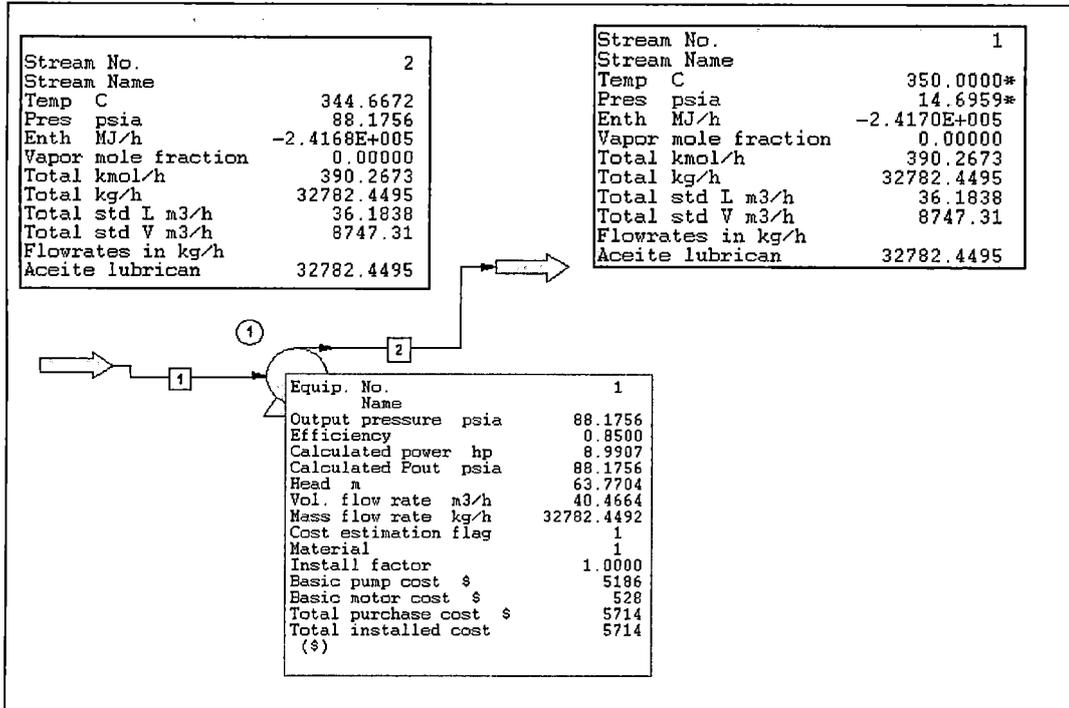
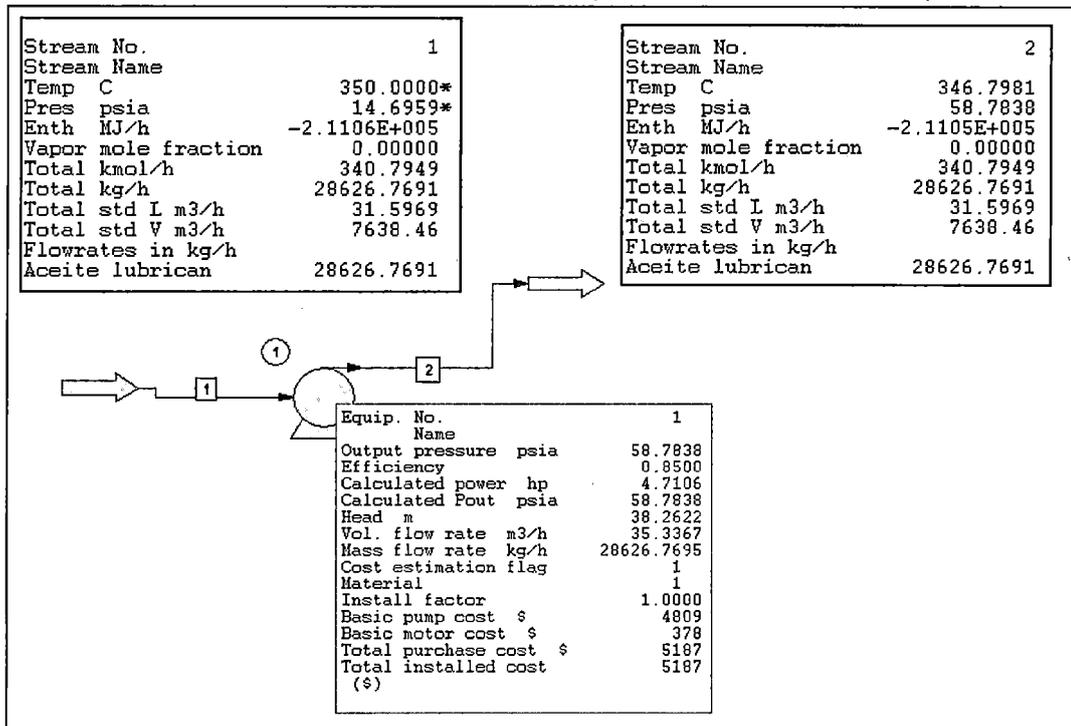
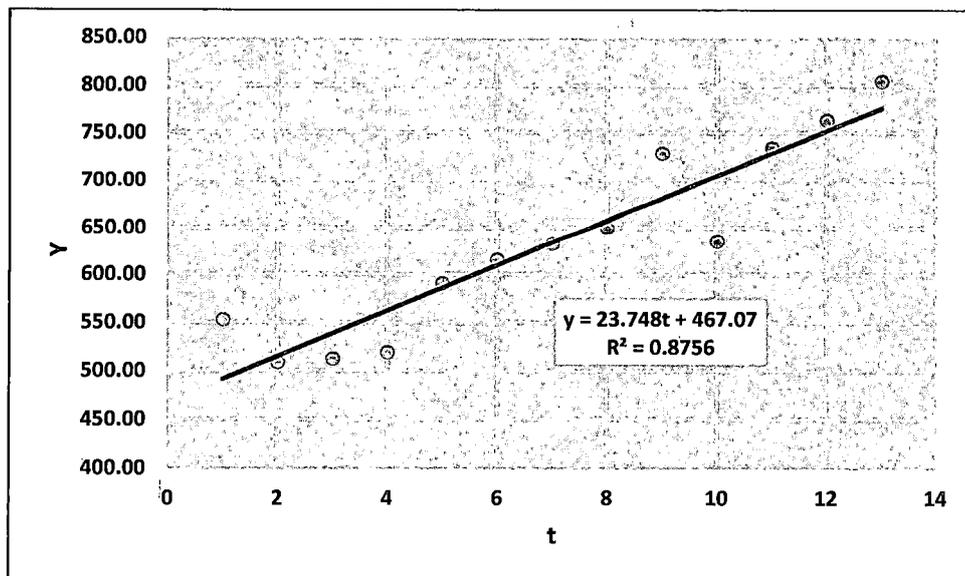


FIGURA N°8.19
DISEÑO DE LA BOMBA ROTATORIA (FILTRACIÓN-ADITIVACIÓN)

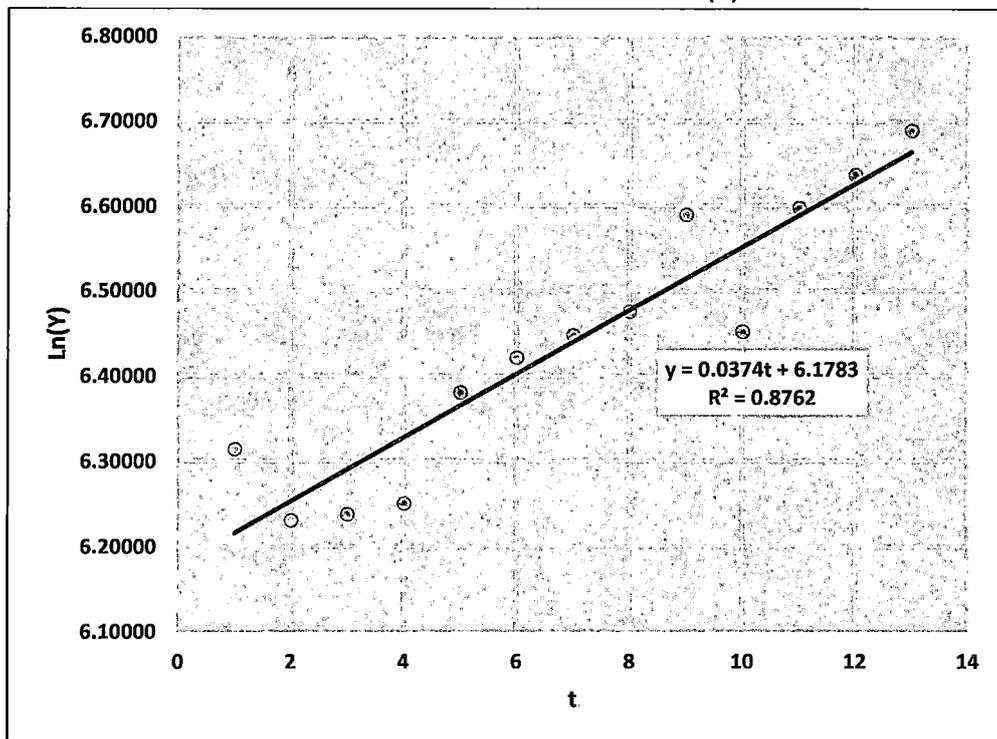


h) Gráficas de modelos matemáticos

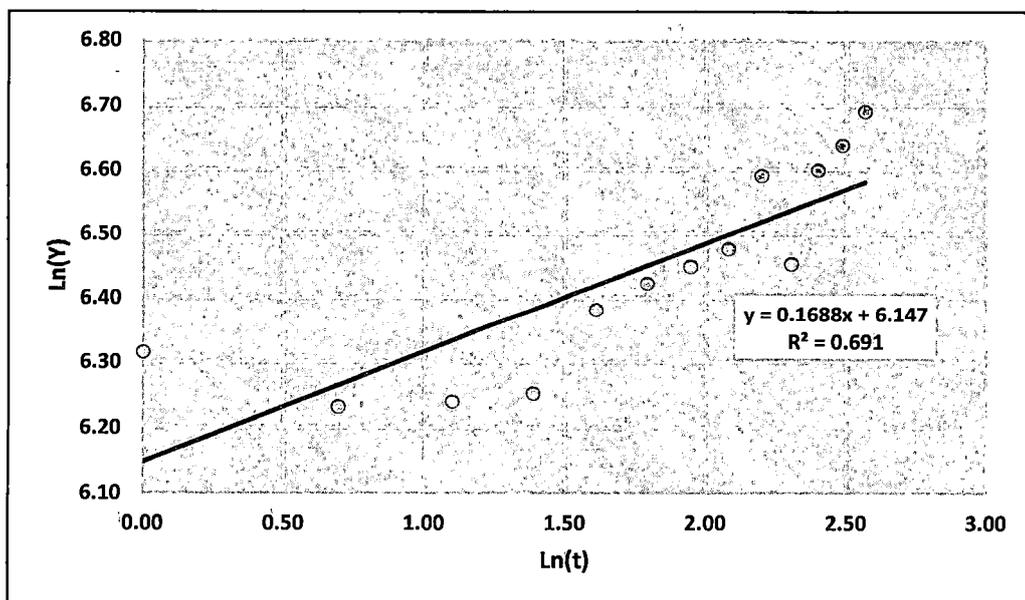
GRÁFICA N°8.1
MODELO LINEAL t VS Y



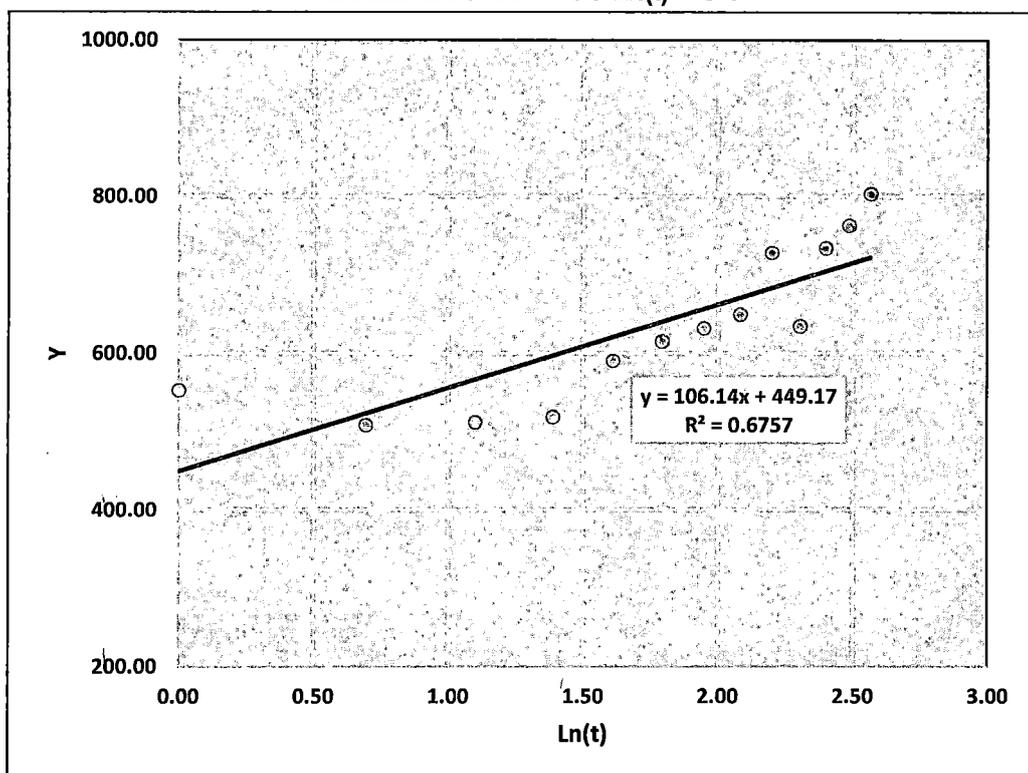
GRÁFICA N°8.2
MODELO EXPONENCIAL t VS Ln(Y)



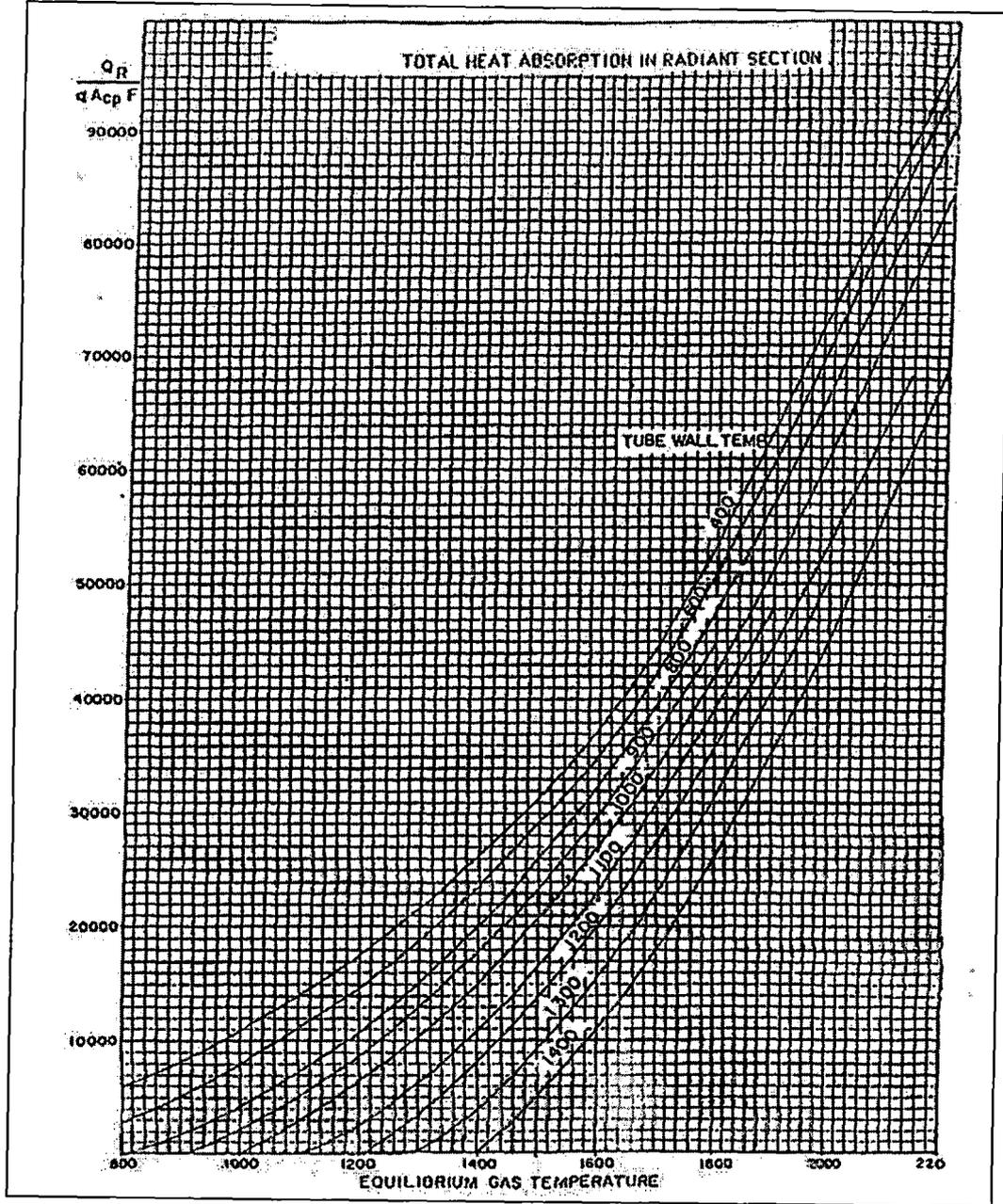
GRÁFICA N°8.3
MODELO POTENCIAL Ln(t) VS Ln(Y)



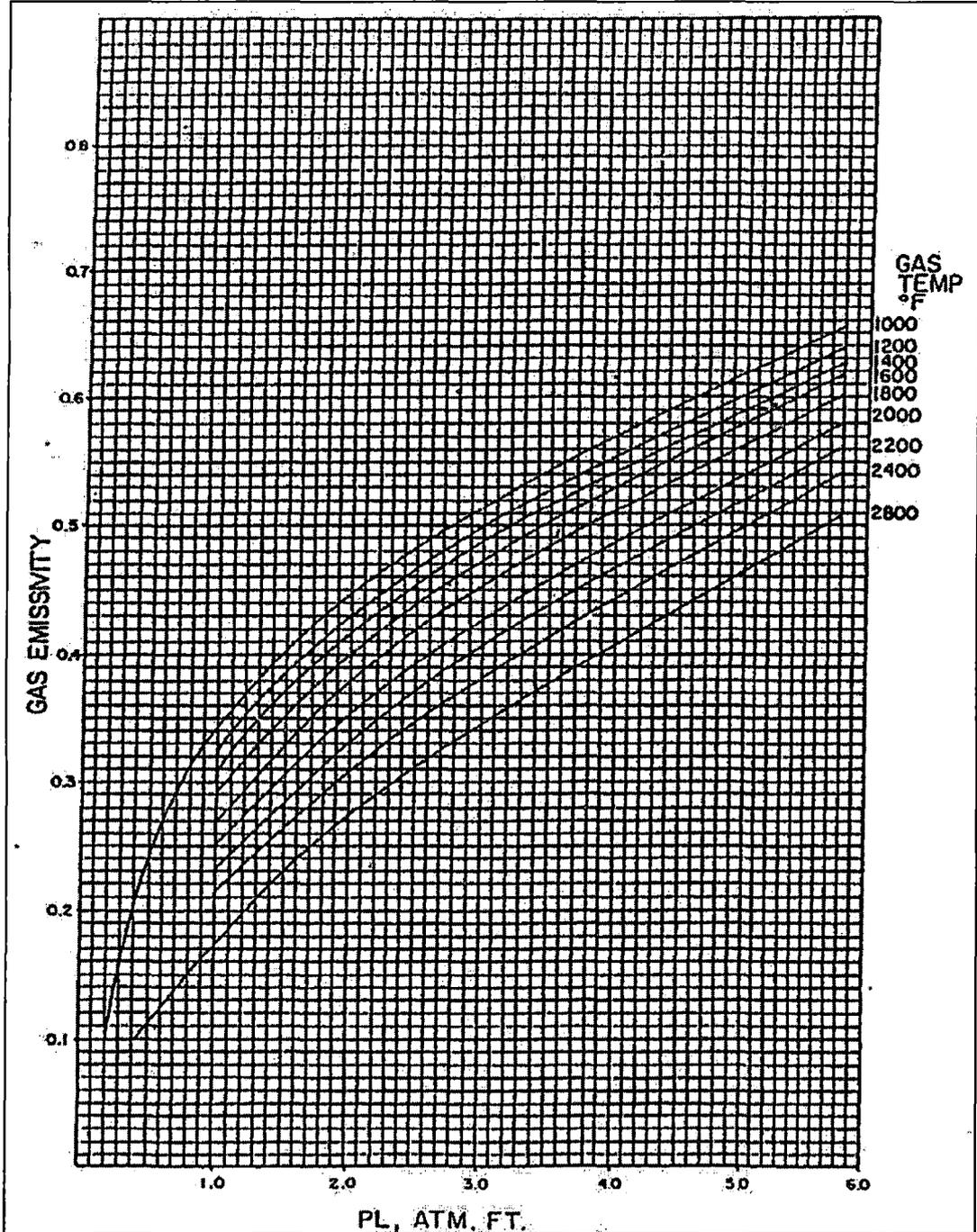
GRÁFICA N°8.4
MODELO LOGARÍTMICO Ln(t) VS Y



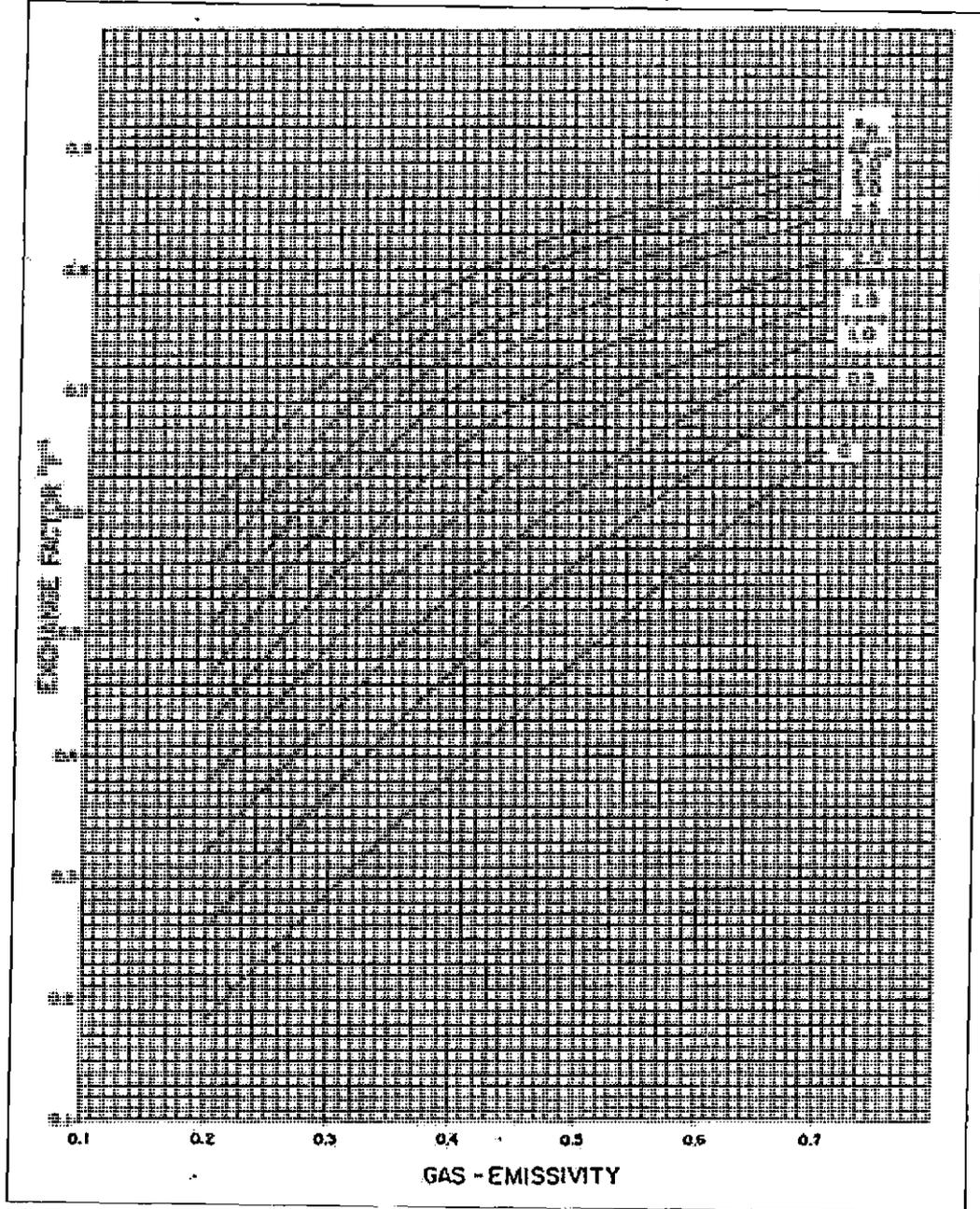
GRÁFICA N°8.5
 TOTAL DE CALOR DE ABSORCIÓN EN LA SECCIÓN RADIANTE



GRÁFICA N°8.6
EMISIVIDAD DEL GAS (EG)



GRÁFICA N°8.7
FACTOR DE INTERCAMBIO (F)



i) Fotografías

FOTO N°8.1
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE M.P DE PLANTA PILOTO

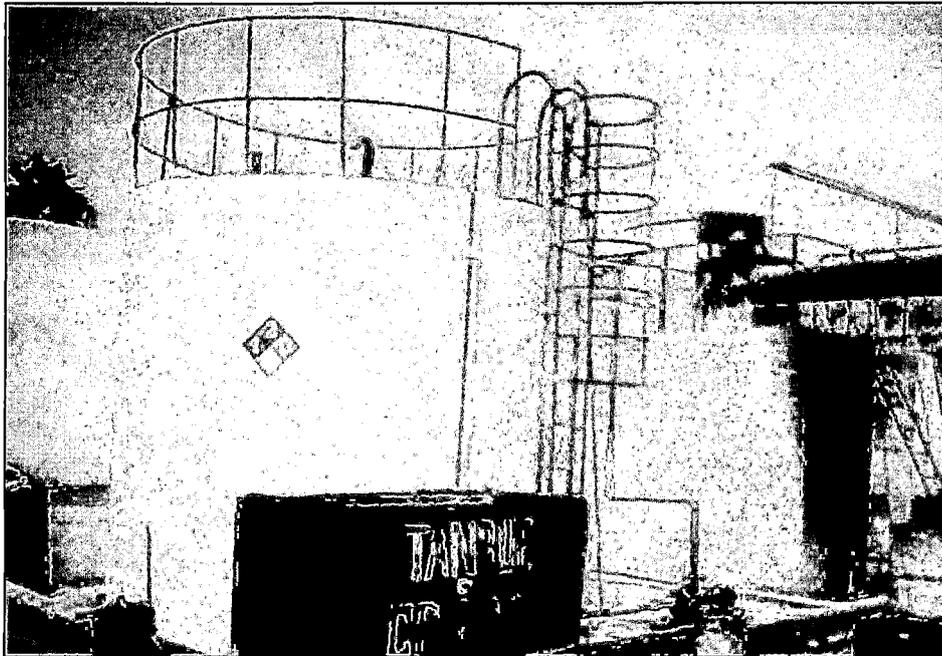


FOTO N°8.2
REACTORES DE ACIDIFICACIÓN

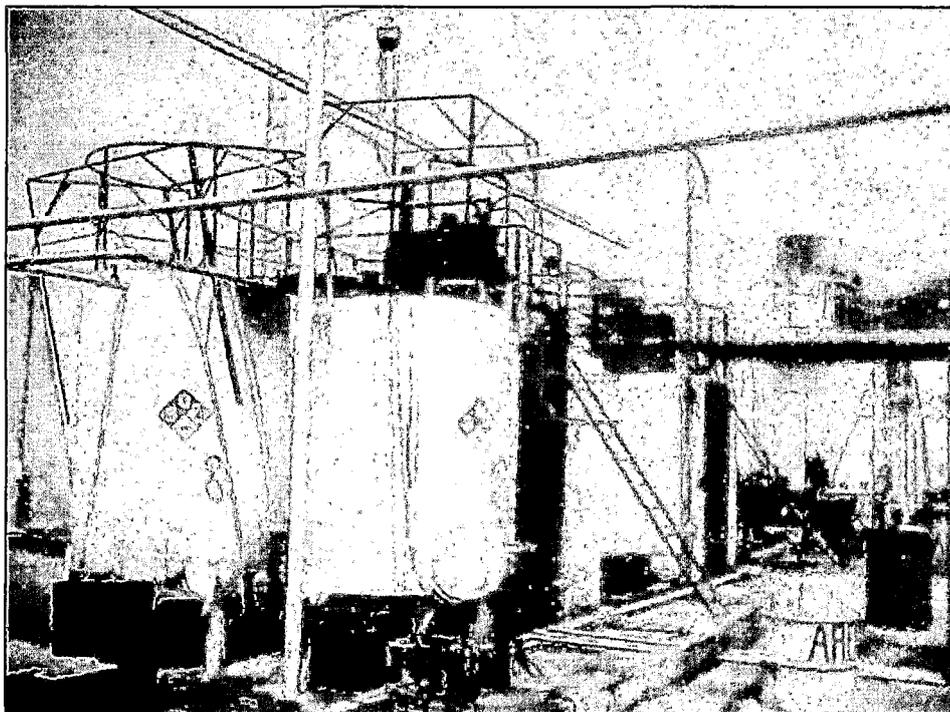


FOTO N°8.3
SISTEMA DE DESTILACIÓN DE ACEITES LUBRICANTES USADOS

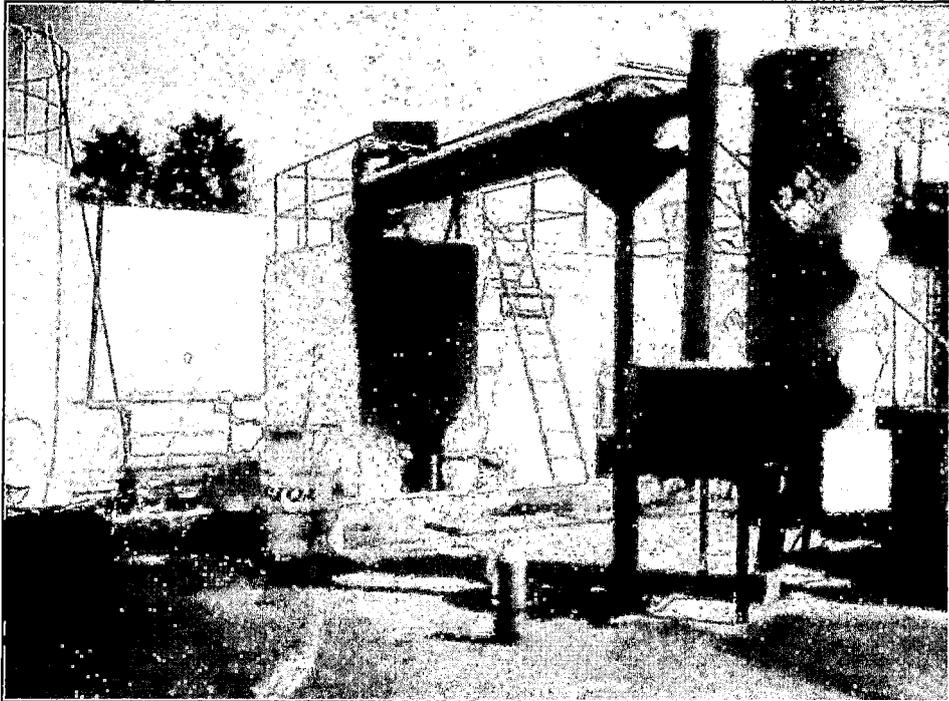


FOTO N°8.4
REACTORES DE NEUTRALIZACIÓN Y ADSORCIÓN

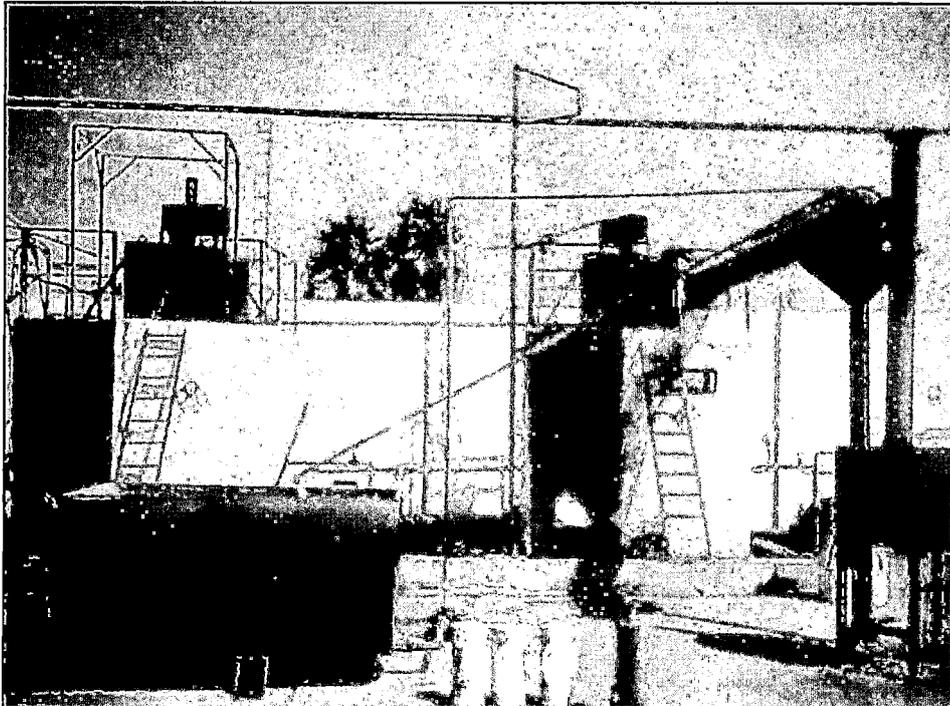


FOTO N°8.5
FILTRO PRENSA Y REACTOR DE ADITIVACIÓN

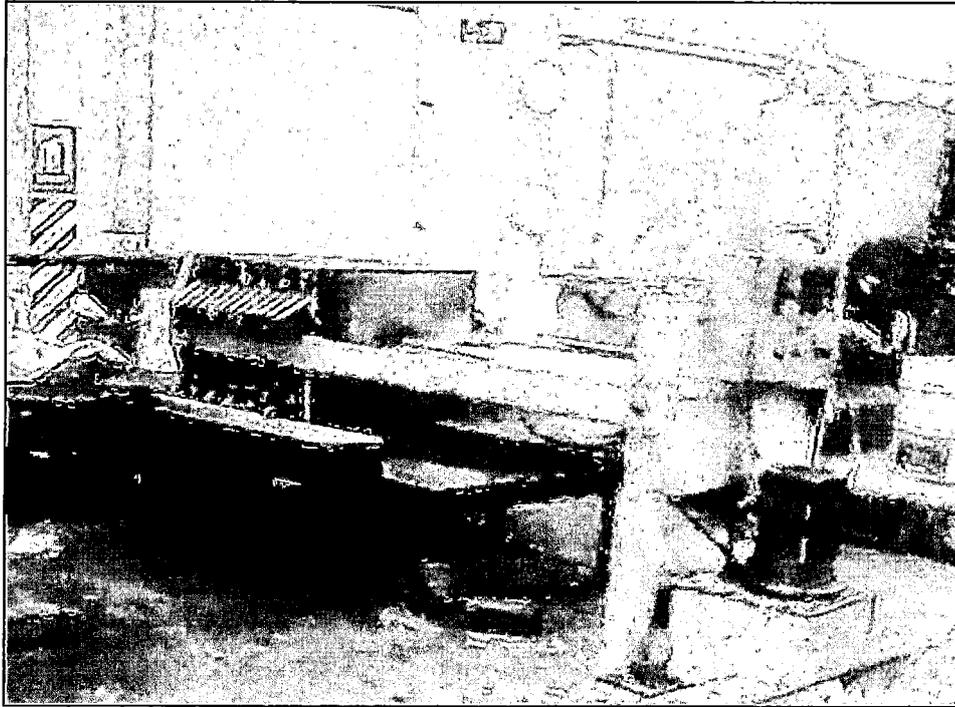


FOTO N°8.6
ETAPA DE FILTRACIÓN DEL ACEITE BASE

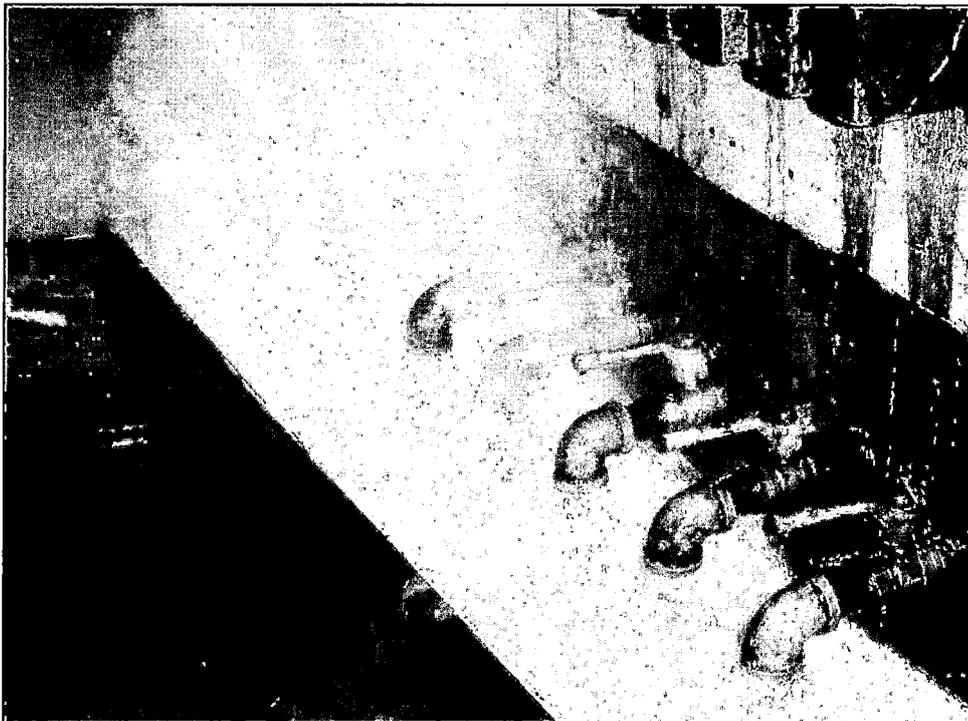


FOTO N°8.7
ACEITE BASE LUBRICANTE ECOLÓGICO

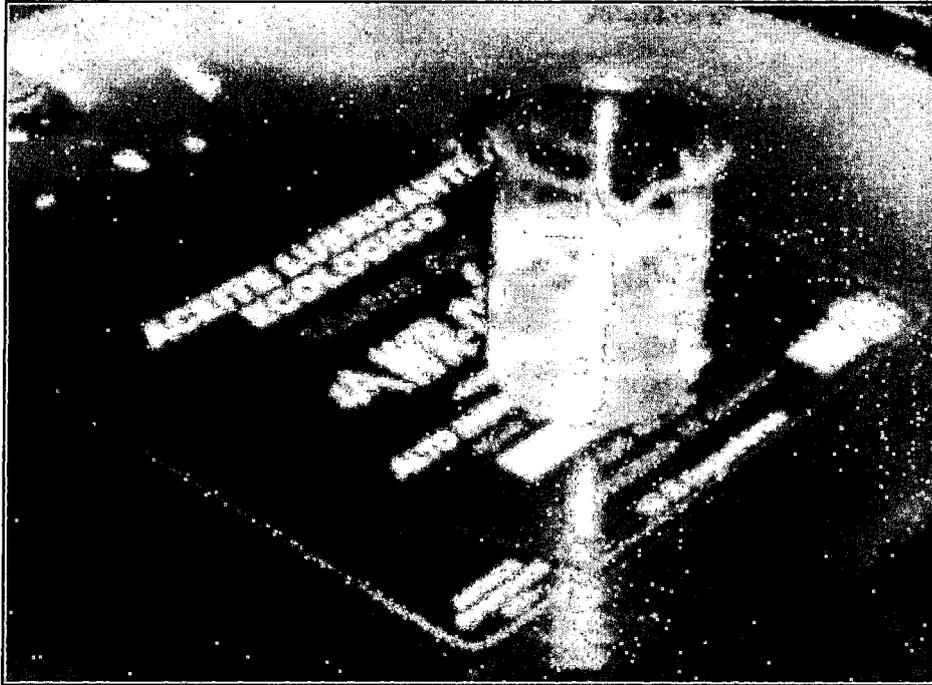
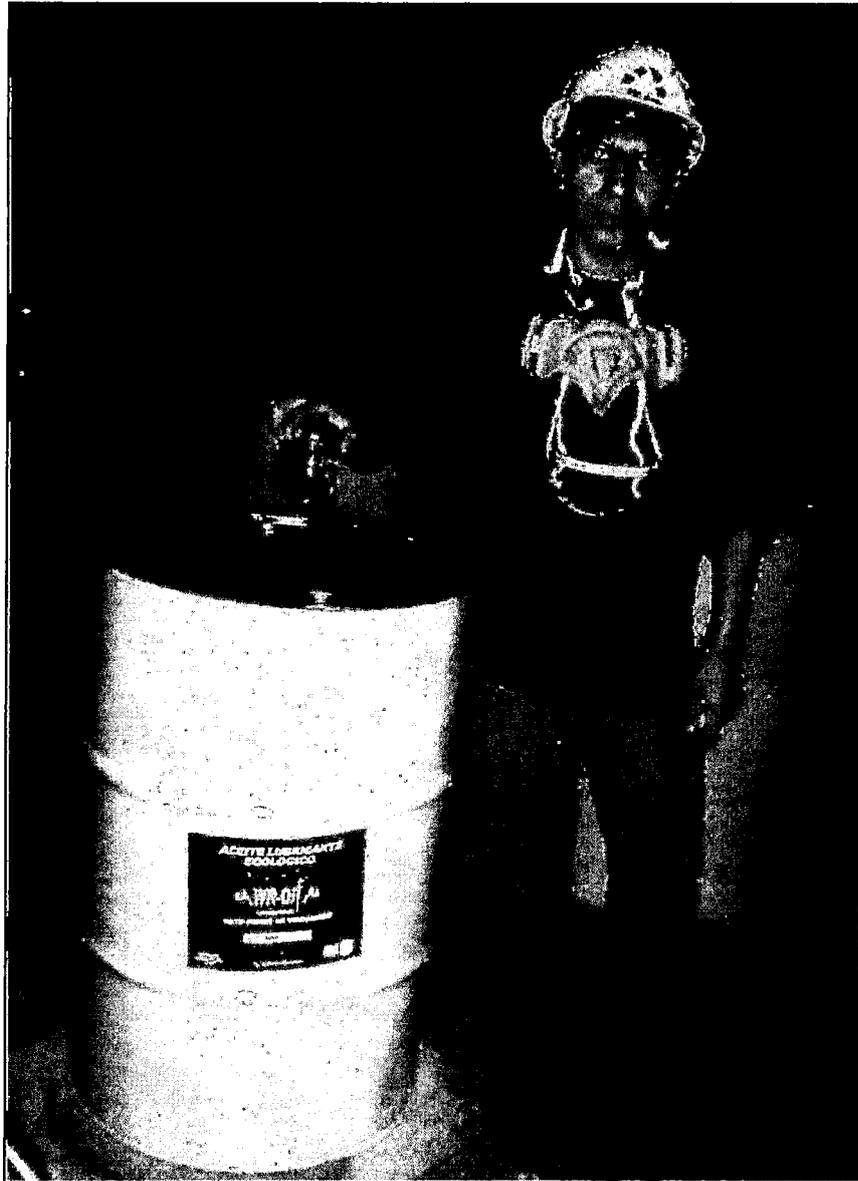


FOTO N°8.8
PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO FINAL (PP.TT.)



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

PROVEIDO N° 1036-2014-FIQ

**ASUNTO: APROBACIÓN DEL LEVANTAMIENTO DE
LAS OBSERVACIONES REALIZADA EN LA
SUSTENTACIÓN DE TESIS.**

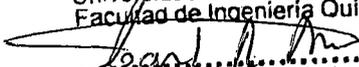
**REF.: MEMORANDUM S/N DEL PRESIDENTE DE
JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS -
INGENIERO LUIS AMERICO CARRASCO
VENEGAS.**

INGRESO No. 2356

**PASE AL SEÑOR BACHILLER SANCHEZ LUYO
LUIS ALBERTO, PARA EL TRÁMITE
RESPECTIVO.**

Bellavista, 29 de Agosto de 2014.

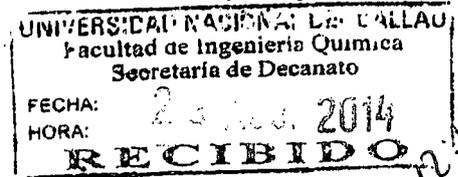
Universidad Nacional del Callao
Facultad de Ingeniería Química


.....
Ing. M. Sc. Carlos Alejandro Ancieta Nextr
Decano

Pily c.

cc. ARCHIVO.

MEMORANDUM S/N



A: Ing. Carlos Ancieta Dextre
Decano de la Facultad de Ingeniería Química

De: Luis Carrasco Venegas
Presidente de Jurado de Tesis

Asunto: Dictamen de levantamiento de observaciones del proceso de sustentación de la tesis.

Fecha: 28 de agosto del 2014

S.D.

Mediante el presente hago llegar a Ud. el Informe correspondiente sobre el levantamiento de observaciones hechas durante el proceso de sustentación de tesis titulada: "***Diseño de una Planta Industrial para la Re-refinación de Aceites Lubricantes usados en el Distrito de Chilca***", realizada por el Bach. Sánchez Luyo Luis Alberto

Al respecto debo mencionar que el Sr. Sánchez Luyo, ha cumplido con levantar dichas observaciones, por lo cual esta expedito para continuar con sus trámites.

Adjunto las copias de las opiniones emitidas por los miembros del jurado.

Sin otro particular, quedo de Ud.

Atentamente,



Luis Carrasco Venegas
Presidente del Jurado

**LIBRO 2 FOLIO No.63 ACTA N° 246 DE SUSTENTACION DE TESIS SIN
CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO**

El día Catorce del mes de Agosto del año Dos Mil Catorce, siendo las 14.10..... horas, se reunió el JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS de la Facultad de Ingeniería Química, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

Mg. LUIS AMERICO CARRASCO VENEGAS	: Presidente
Ing. LEONARDO FELIX MACHACA GONZALES	: Secretario
Ing. LEONARDO RUFINO CARLOS PEREYRA	: Vocal
Ing. CESAR GUTIERREZ CUBA	: Asesor

con el fin de dar inicio al acto de sustentación de tesis del Señor Bachiller SANCHEZ LUYO LUIS ALBERTO, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico, sustenta la tesis titulada "DISEÑO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL PARA LA RE-REFINACIÓN DE ACEITES LUBRICANTES USADOS EN EL DISTRITO DE CHILCA".

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, se acordó: Dar por APROBADO..... con el calificativo BUENO..... al expositor Señor Bachiller SANCHEZ LUYO LUIS ALBERTO.

Se dio por cerrada la Sesión a las 12.45..... horas del día Catorce del mes y año en curso.



Ing. LUIS AMÉRICO CARRASCO VENEGAS
Presidente



Ing. LEONARDO FELIX MACHACA
GONZALES
Secretario



Ing. LEONARDO RUFINO CARLOS PEREYRA
Vocal



Ing. CESAR GUTIERREZ CUBA
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

Recomendaciones de los Señores Miembros del Jurado de Sustentación al sustentante, para que realice las correcciones de la tesis antes de su aprobación.

TESISTA : Bachiller SANCHEZ LUYO LUIS ALBERTO

TITULO DE LA TESIS: "DISEÑO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL PARA LA RE-REFINACIÓN DE ACEITES LUBRICANTES USADOS EN EL DISTRITO DE CHILCA".

I. - PRESIDENTE:

- ADECUAR AL FORMATO DEL PROYECTO DE TESIS
- ESPECIFICAR EL TIPO DE REACTOR Y MODELO DE DISEÑO
- ESPECIFICAR LA OFERTA DE A-LUB. USADO Y COMO DETERMINO EL AREA DE PROCESO'

II. - SECRETARIO:

.....
.....
.....

III. - VOCAL:

.....
.....
.....

Ing. LUIS AMÉRICO CARRASCO VENEGAS

Presidente

Ing. LEONARDO FELIX MACHACA GONZALES

Secretario

Ing. LEONARDO RUFINO CARLOS PEREYRA

Vocal

Bellavista, 14 de Agosto de 2014.

Pily c.