



142A

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

---

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

**DISEÑO DE LA INSTALACION PARA TRATAMIENTO DE AGUA  
DE LASTRE DE BUQUES TRANSPORTADORES DE COMBUSTOLEO**

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**  
P R E S E N T A  
EN EL AREA MECANICA  
**ROBERTO RODRIGUEZ SANCHEZ**  
EN EL AREA INDUSTRIAL  
**J. HECTOR RUIZ SOLORIO**

ASESOR: M.I. LEOPOLDO GONZALEZ G.

MEXICO D.F.

1994

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*ESTE TRABAJO ESTA DEDICADO A:*

*MIS PADRES, POR SU APOYO Y SACRIFICIO.*

*IRENE, MI COMPANERA, POR SU ALIENTO Y  
AYUDA INCONDICIONAL.*

*MIS HERMANOS POR SU AYUDA Y SOLIDARIDAD.*

*MIS PROFESORES Y ASESORES DE LA U.N.A.M.  
QUE HICIERON FACTIBLE ESTA TESIS.*

*MEXICO, UN PAIS GRANDE QUE NECESITA DE  
LOS VERDADEROS MEXICANOS.*

*R. R. S.*

**DEDICATORIAS :**

**A LA MEMORIA DE MIS PADRES  
QUE ME ESTIMULARON Y ENSEÑA-  
RON EL CAMINO A SEGUIR.**

**A TODOS Y CADA UNO DE MIS HERMANOS,  
QUE CON SU CARINO Y APOYO HAN AYU-  
DADO GRANDEMENTE COMO LO DEBEN HA-  
CER LOS HERMANOS..**

**CON DEDICACION MUY CARINOSA A JOSUE  
QUE HA SIDO TAMBIEN UN MAESTRO PARA  
MI. QUE A SU CORTA EDAD ME HA ENSE-  
ÑADO MUCHO.**

**J. H. R. S.**

**DISEÑO DE LA INSTALACION PARA  
TRATAMIENTO DE AGUA DE LASTRE DE  
BUQUES TRANSPORTADORES DE COMBUSTOLEO**

-----

**INDICE**

	PAG .
INTRODUCCION.....	3
OBJETIVO.....	6
CAPITULO I : SITUACION ACTUAL.....	8
I.1 : DESCRIPCION DEL SISTEMA.....	8
1.2 : OBTENCION DE PARAMETROS DEL PROCESO.....	10
CAPITULO II : SOLUCION PROPUESTA .....	12
II.1 : MEMORIA DE CALCULO Y DIAGRAMA DE FLUJO.....	16
II.2.1: CALCULO DE CAPACIDAD DE TANQUES.....	16
II.2.2: SISTEMA DE CALENTAMIENTO CON VAPOR.....	20
II.2.3: CALCULO DE TUBERIA.....	25
II.3 : SELECCION DE EQUIPO.....	38
II.3.1: SELECCION DE EQUIPO MECANICO.....	38
II.3.2: SELECCION DE CALDERA.....	39
II.3.3: SELECCION DE BOMBAS.....	40
II.3.4: ESPECIFICACION: BOMBA RECIRCULACION ACHIQUE.....	42
II.3.5: ESPECIFICACION: BOMBA DE COMBUSTOLEO.....	43
II.4 : COSTO DE LA INSTALACION.....	44
II.4.1: COSTO INSTALACION MECANICA.....	44
II.4.2: COSTO INSTALACION ELECTRICA.....	46
CAPITULO III: SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA.....	47
III.1 : CUANTIFICACION DE CARGA Y DIAGRAMA UNIFILAR.....	47
III.1.1: SELECCION DE TRANSFORMADOR.....	49
III.1.2: VOLTAJE DE ACOMETIDA.....	50
III.1.3: CALCULO DE CONDUCTOR DE ACOMETIDA.....	52
III.1.4: CALCULO DE CONDUCTOR PARA MOTORES.....	55
III.1.5: SELECCION DE ARRANCADORES.....	58
III.1.6: SELECCION DE TABLERO DE DISTRIBUCION.....	59
III.2 : ESPECIFICACIONES DE EQUIPO.....	60
III.2.1: TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION.....	62
III.2.2: CENTRO DE CONTROL DE MOTORES.....	63

CAPITULO IV: SISTEMA DE MANTENIMIENTO.....	65
IV.1 : PROLOGO.....	65
IV.2 : INTRODUCCION.....	67
IV.3 : MANTENIMIENTO TUBERIAS Y TANQUES.....	69
IV.4 : MANTENIMIENTO EQUIPO MECANICO.....	76
IV.4.1: CALDERA.....	77
IV.4.2: BOMBAS.....	80
IV.5 : MANTENIMIENTO EQUIPO ELECTRICO.....	82
IV.5.1: TRANSFORMADOR.....	82
IV.5.2: ARRANCADORES.....	84
IV.5.3: CENTRO DE CONTROL DE MOTORES.....	85
CAPITULO V: RESULTADO FINAL.....	87
V.1: IMPACTO ECOLOGICO.....	87
V.2: CONCLUSION.....	93
GLOSARIO.....	94
CONVERSIONES.....	96
BIBLIOGRAFIA.....	98

## INTRODUCCION

EN AÑOS RECIENTES CON EL INCREMENTO EN LAS RELACIONES COMERCIALES PETROLERAS DE MEXICO CON OTROS PAISES DEL MUNDO, SE HA AUMENTADO EL TRAFICO DE BUQUES-TANQUES TRANSPORTADORES DE COMBUSTOLEO, DE LOS DIFERENTES PUERTOS MEXICANOS HACIA LOS PAISES DE LA CUENCA DEL PACIFICO, ESTADOS UNIDOS, ESPAÑA, ETC.; LA FLOTA PETROLERA DE PEMEX, EN SU MAYORIA UTILIZA BUQUES LASTRADOS CON PESOS MUERTOS DE HASTA 60,000 [TONELADAS] LOS CUALES EN SU MAYORIA TRANSPORTAN COMBUSTOLEO QUE TIENE UNA DENSIDAD RELATIVA DE 0.97 .

CABE MENCIONAR QUE PEMEX TAMBIEN TRANSPORTA OTROS COMBUSTIBLES MAS LIGEROS, COMO DIESEL, GASOLINA, TURBOSINA, ETC. PERO ESTOS REPRESENTAN VOLUMENES MAS PEQUEÑOS.

EL TRANSPORTE DE COMBUSTOLEO PESADO, EN ESPECIAL, ES EL QUE HA REPRESENTADO PARA PEMEX UN PROBLEMA GRAVE DE CONTAMINACION DE AGUAS MARINAS, SOBRE TODO EN LAS COSTAS DE LAS TERMINALES DE VENTA QUE TIENE PEMEX DISTRIBUIDAS EN TODA LA REPUBLICA, PRINCIPALMENTE DEBIDO A LA DIFERENCIA MINIMA QUE HAY ENTRE DENSIDADES RELATIVAS ENTRE COMBUSTOLEO Y AGUA. ESTO PROVOCA QUE SE MEZCLEN MUY FACILMENTE Y SI NO SE TRATAN CONVENIENTEMENTE, A MENUDO EL AGUA DE LASTRE DESCARGADA AL MAR LLEVA UNA GRAN CANTIDAD DE ACEITE, LO CUAL IMPLICA LA CONTAMINACION DEL AGUA DE MAR.

LOS BUQUES QUE SON LASTRADOS CON AGUA DE MAR, DESPUES QUE HAN ENTREGADO EL COMBUSTOLEO AL CLIENTE. DURANTE SU TRAVESIA DE REGRESO FORMAN CAPAS ESPESAS DE COMBUSTOLEO EN LA PARTE SUPERIOR DEL LASTRE, YA QUE EN LOS COMPARTIMIENTOS DE LOS BUQUES QUEDARON RESIDUOS ACEITOSOS QUE, POR DENSIDAD MAS BAJA PASAN A LA PARTE SUPERIOR, EN LA PARTE INFERIOR DE LOS COMPARTIMIENTOS QUEDA AGUA DE MAR RELATIVAMENTE LIMPIA LA CUAL LLAMAREMOS AGUA DE LASTRE.

POR LO GENERAL, LOS BUQUES SON LASTRADOS CON EL EQUIVALENTE AL 40% DEL PESO MUERTO DEL BUQUE, POR LO QUE PARA UN BARCO DE 60 000 [TON].; EL LASTRE REPRESENTA 24 000 [TON]. DE AGUA (24 000 000 [LTS]).

AL LLEGAR LOS BARCOS DE REGRESO A SU TERMINAL MARITIMA EL AGUA DE LASTRE Y EL COMBUSTOLEO SON DESCARGADOS Y ALMACENADOS TEMPORALMENTE EN RECIPIENTES O EN CARCAMOS MUY GRANDES, DE DONDE POSTERIORMENTE EL AGUA DE LASTRE SE VACIA AL MAR Y EL COMBUSTOLEO SEPARADO ES ENVIADO A LAS REFINERIAS DE PEMEX DONDE SE LE QUITA LA HUMEDAD QUE ABSORBIO DURANTE LA TRAVESIA POR MAR.

EL AGUA DE LASTRE DESCARGADA AL MAR REPRESENTA ACTUALMENTE UNA FUENTE GRAVE DE CONTAMINACION, YA QUE DEBIDO A LA FALTA DE UNA ADECUADA INSTALACION QUE ELIMINE LA MAYOR PARTE DEL COMBUSTO-



LEO MEZCLADO, NO SE PUEDE EVITAR QUE LAS COSTAS EN LAS TERMINALES DE VENTAS DE PETROLEOS MEXICANOS ESTEN CONTINUAMENTE CON UNA CAPA OSCURA EN LA SUPERFICIE.

RECIENTEMENTE PEMEX, PRESIONADO POR LAS AUTORIDADES GUBERNAMENTALES ENCARGADAS DE LA VIGILANCIA DE LOS ENTORNOS ECOLOGICOS ASI COMO POR LA EROGACION DE FUERTES MULTAS Y LA ACCION DE GRUPOS ECOLOGICOS LOCALES, HA MOSTRADO UN INTERES MUY MARCADO EN RESOLVER EN FORMA MAS EFICIENTE ESTE GRAVE PROBLEMA. SABEMOS POR OTRA PARTE QUE EN LAS NEGOCIACIONES DEL TRATADO DE LIBRE COMERCIO ESTE PUNTO SERA UN FACTOR MUY IMPORTANTE A TRATAR, POR LO QUE MEXICO DEBERA MEJORAR LOS SISTEMAS DE PROTECCION ECOLOGICA A TODOS LOS NIVELES.

EN LA ACTUALIDAD, PETROLEOS MEXICANOS HA FORMADO GRUPOS INTERDISCIPLINARIOS CON PROFESIONISTAS ESPECIALIZADOS EN EL TEMA (ASESORES, FIRMAS DE INGENIERIAS, INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO, ETC.), PARA DE UNA VEZ POR TODAS ACABAR CON ESTE PROBLEMA. EL PRESENTE TRABAJO PRETENDE APORTAR UNA SOLUCION VIABLE. DISENANDO UNA INSTALACION QUE APOYADA EN LOS DATOS DE PROCESO PROPORCIONADOS POR PEMEX, AYUDE A LA DISMINUCION DE ESTE PROBLEMA.

## OBJETIVO

EL PRESENTE TRABAJO PRETENDE MOSTRAR EL DISEÑO Y EL CALCULO DE UNA INSTALACION QUE BASADA EN LOS PARAMETROS E INFORMACION DE PROCESO PROPORCIONADOS POR PEMEX, CUMPLA CON LOS REQUERIMIENTOS AMBIENTALES TANTO NACIONALES COMO INTERNACIONALES, CON RESPECTO A LA DESCARGA DE AGUA DE LASTRE DE BUQUES TRANSPORTADORES DE COMBUSTIBLES, AL MAR O A LOS RIOS. ESPECIFICAMENTE LA INSTALACION A DISEÑAR, MANEJARA EL AGUA DE LASTRE QUE TRANSPORTAN DE REGRESO LOS BUQUES-TANQUES QUE SUMINISTRAN COMBUSTOLEO AL EXTRANJERO.

EL DISEÑO DE ESTA INSTALACION COMPRENDERA EL CALCULO Y SELECCION DE TUBERIA DE TRANSPORTE, BOMBAS MANEJADORAS DE AGUA Y COMBUSTOLEO, COMPRESORES DE AIRE, CALENTADORES DE AGUA Y COMBUSTOLEO, TANQUES DE ALMACENAMIENTOS, DISEÑO DE DIAGRAMA DE FLUJO DE LA INSTALACION ASI COMO LA ELABORACION DEL DIAGRAMA DE OPERACION.

TAMBIEN POR OTRA PARTE, SE AMPARARA EL DISEÑO Y CALCULO DE LA SUBESTACION ELECTRICA QUE SUMINISTRARA LA ENERGIA QUE REQUIEREN LOS EQUIPOS PARA SU FUNCIONAMIENTO Y SU CORRECTA OPERACION, ESTA SUBESTACION COMPRENDE, SELECCION DE TRANSFORMADORES, INTERRUPTORES, ARRANCADORES, TABLEROS Y EQUIPO DE CONTROL.

LOS DATOS DE PROCESO, TEMPERATURAS DE SEPARACION, VISCOSIDADES, DENSIDADES, DATOS DE LABORATORIO, DESEMULSIFICANTES, CANTIDADES A MANEJAR DE AGUA Y ACEITE SON PROPORCIONADOS POR PETROLEOS MEXICANOS DIRECTAMENTE DE SU INSTALACION PORTUARIA PARA EXPORTACION DE CRUDO EN LA CIUDAD DE SALINA CRUZ, OAXACA.

SE INCLUIRA EN ESTE TRABAJO, ASPECTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CORRECTIVO Y PREDICTIVO PARA EL EQUIPO QUE SERA UTILIZADO EN LA PLANTA.

EN EL DISEÑO DE LA PLANTA, SE TENDRA CUIDADO DE CUMPLIR CON LAS NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES TALES COMO : CCONNIE, IEEE, ANSI, IEC, NOM, PEMEX. ETC., ASI COMO CON EL CONVENIO INTERNACIONAL PARA PREVENIR LA CONTAMINACION DEL MAR PROVENIENTE DE BUQUES.

LO QUE SE PRETENDE CON ESTA INSTALACION, ES PROTEGER EL ENTORNO ECOLOGICO QUE PRIVA EN LAS TERMINALES MARITIMAS DE PETROLEOS MEXICANOS, DONDE ACTUALMENTE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTOS PARA EL AGUA DE LASTRE DE LOS BUQUES TRANSPORTADORES DE COMBUSTIBLES NO SON EFICACES.

## CAPITULO I : SITUACION ACTUAL

### I.1 DESCRIPCION DEL SISTEMA.

PARA EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO, NOS VAMOS A REFERIR ESPECIFICAMENTE A LA SITUACION ACTUAL QUE GUARDA LA TERMINAL MARITIMA DE SALINA CRUZ, OAXACA. LA CUAL HABIA SIDO MENCIONADA ANTERIORMENTE. ESTE ES UNO DE LOS LUGARES DE PEMEX DONDE CLARAMENTE SE HA DETECTADO EL PROBLEMA DE CONTAMINACION MENCIONADO ANTERIORMENTE, SIN EMBARGO CABE MENCIONAR QUE LA SOLUCION PROPUESTA EN ESTE TRABAJO ES APLICABLE A CUALQUIERA DE LAS TERMINALES MARITIMAS QUE PEMEX UTILIZA PARA LA MISMA FUNCION.

ACTUALMENTE EN SALINA CRUZ, OAX. EL LASTRE DE LOS BUQUES-TANQUES ES DESCARGADO EN UNA FOSA CONSTRUIDA BAJO NIVEL DE PISO, COMO LA MOSTRADA EN LA FIGURA NUMERO I.1. EL ACHIQUE, QUE ES LA PARTE FINAL QUE DESCARGA EL BUQUE, ES ENVIADO A UN TANQUE CERCANO DE 10 000 [BLS] <sup>(1)</sup> DE CAPACIDAD DONDE SE DEJA REPOSAR TEMPORALMENTE PARA POSTERIORMENTE SER ENVIADO A LA REFINERIA DONDE ES TRATADO ADECUADAMENTE PARA RECUPERAR EL ACEITE.

EL AGUA DE LASTRE MENOS CONTAMINADA QUE QUEDO EN LA PARTE INFERIOR DE LA FOSA, SE DEJA REPOSAR POR UN TIEMPO QUE DEPENDE DE LA LLEGADA Y CAPACIDAD DEL PROXIMO BUQUE QUE VA A DESCARGAR.

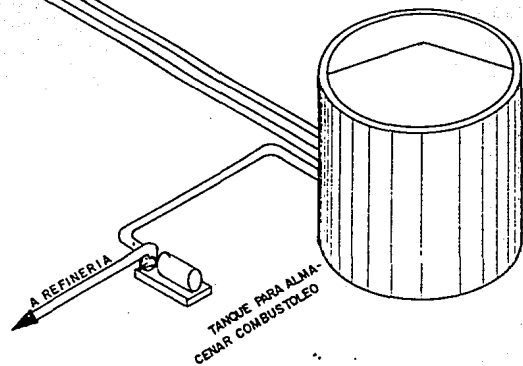
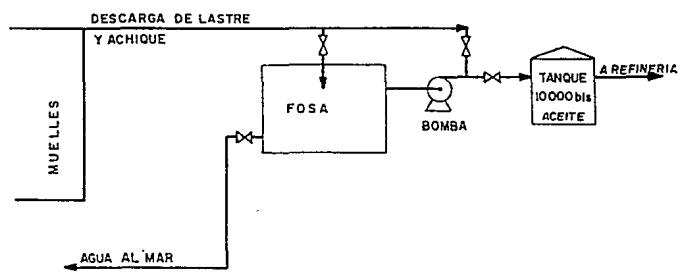
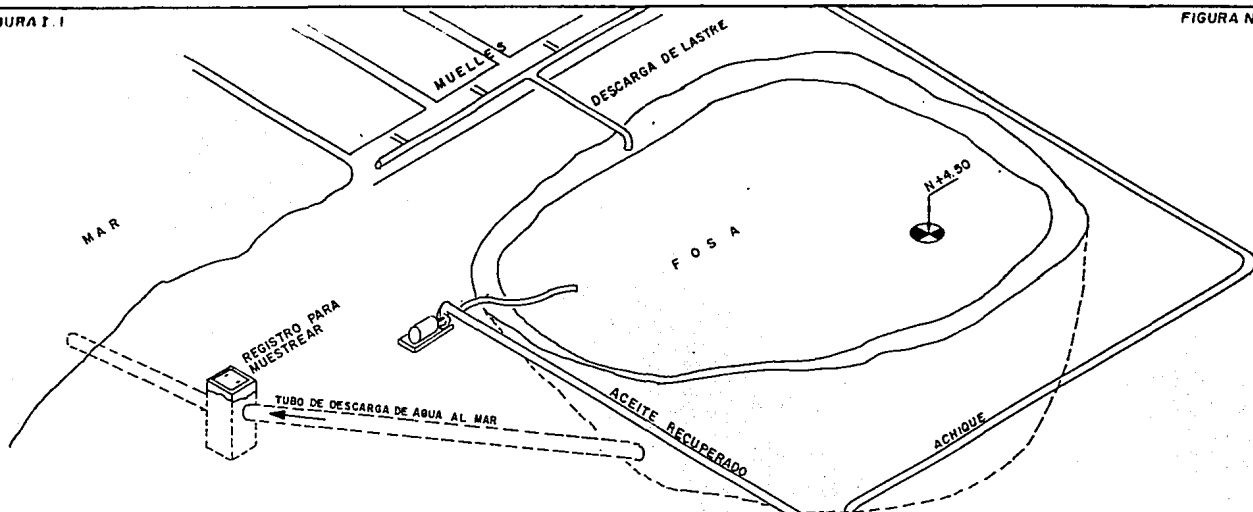


FIGURA N° I.1  
FOSA ACTUAL DE LASTRE

EN ALGUNOS CASOS, SE LLEGAN A TENER REPOSOS DE 24 A 48 HORAS EN LA FOSA, SIN EMBARGO ESTE LAPSO DE TIEMPO SE HA RECORTADO POCO A POCO, DEBIDO EN FORMA IMPORTANTE AL INCREMENTO DE LLEGADAS DE BUQUES Y POR OTRA PARTE A LA POCA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE LA FOSA, LO QUE HA OBLIGADO A LA CONSTRUCCION DE OTRA FOSA SIMILAR, SIN QUE HASTA LA FECHA ESTAS HAYAN DADO RESULTADOS SATISFACTORIOS.

EL AGUA DE LASTRE QUE SE DESCARGA EN LA FOSA, LLEVA A MENUDO CANTIDADES APRECIABLES DE COMBUSTOLEO QUE SON DECANTADAS EN LA PARTE SUPERIOR, FORMANDO NATAS DE UN ESPESOR DE HASTA UN METRO. ESTE ACEITE ES EXTRAIDO DE LA FOSA POR MEDIO DE MANGUERAS QUE FLOTAN EN LA SUPERFICIE Y LAS CUALES ESTAN CONECTADAS A BOMBAS, LAS CUALES ENVIAN EL PRODUCTO AL TANQUE YA MENCIONADO (VER FIGURA NUMERO I.1)

EL AGUA QUE QUEDA EN LA PARTE INFERIOR DE LA FOSA, ES ENVIADA AL MAR POR GRAVEDAD Y MEDIANTE TUBERIAS CONECTADAS EN LA PARTE BAJA CON EL MAR, COMO SE VE EN LA FIGURA I.1

ANTES DE DESCARGAR EL AGUA AL MAR, SE TOMAN MUESTRAS EN UN REGISTRO LOCALIZADO EN EL TRAYECTO DE LA TUBERIA, PARA DETERMINAR LA CANTIDAD DE ACEITE Y SEDIMENTOS QUE LLEVA EL AGUA.

## I.2 OBTENCION DE PARAMETROS DEL PROCESO.

COMO SE DIJO EN EL INCISO ANTERIOR, LOS REPOSOS SON MUY IMPORTANTES PARA BAJAR EL CONTENIDO DE ACEITE EN EL AGUA, SIN EMBARGO ULTIMAMENTE YA LA CANTIDAD DE ACEITE QUE SE ESTABA ENVIANDO AL MAR REBASABA A MENUDO Y CON GRAN DIFERENCIA LO PERMITIDO POR EL CONVENIO INTERNACIONAL PARA PREVENIR LA CONTAMINACION DEL MAR PROVENIENTE DE BUQUES QUE ESTIPULA UN MAXIMO DE 15 [ppm] <sup>(1)</sup> DE CONTENIDO DE ACEITE.

ESTA SITUACION HA OBLIGADO A PEMEX A ANALIZAR MAS A FONDO ESTE PROBLEMA, PARA DETERMINAR LOS PARAMETROS DE PROCESOS QUE LE AYUDEN A CONTROLAR EN FORMA MAS EFICIENTE ESTE PROBLEMA.

EN BASE A MUESTRAS OBTENIDAS DIRECTAMENTE DE LOS BUQUES-TANQUES QUE TRANSPORTAN COMBUSTIBLES, SE HAN DETERMINADO EN EL LABORATORIO DE LA TERMINAL MARITIMA DE SALINA CRUZ, OAX., LOS SIGUIENTES PARAMETROS DE PROCESO DE LASTRE Y DEL ACHIQUE <sup>(1)</sup>:

1.- PROPORCION AGUA DE LASTRE-ACHIQUE DEL VOLUMEN TOTAL DEL BUQUE:

AGUA DE LASTRE : 95%

ACHIQUE : 5%

## 2.- PROPORCION AGUA-ACEITE-SOLIDOS EN EL ACHIQUE:

AGUA : 77%

ACEITE : 20%

SOLIDOS : 3%

## 3.- CONTENIDO PROMEDIO DE ACEITE EN EL AGUA DE LASTRE :

30 A 200 [PPM]

## 4.- DENSIDAD RELATIVA DEL AGUA DE MAR :

1.014

## 5.- DENSIDAD RELATIVA DEL COMBUSTOLEO A 25 [°C] :

0.97

## 6.- VISCOSIDAD A 50 [°C] EN SEGUNDOS SAYBOLT UNIVERSAL [SSU]

5 000

## 7.- TEMPERATURA OPTIMA DE SEPARACION COMBUSTOLEO-AGUA-SOLIDOS

65 [°C]

NOTA IMPORTANTE: LA TEMPERATURA DEL INCISO 7 SE OBTUVO MEZCLANDO AL ACHIQUE 1% DE DIESEL Y 1% DE DESEMULSIFICANTE R-15 CON EL FIN DE BAJAR UN POCO LA DENSIDAD DEL COMBUSTOLEO Y POR OTRA PARTE AGLUTINAR MAS LAS PARTICULAS DE COMBUSTOLEO PARA ACTIVAR UNA SEPARACION MAS RAPIDA.

CON ESTOS PARAMETROS OBTENIDOS POR LA INVESTIGACION REALIZADA EN PEMEX, DISENAREMOS LA INSTALACION QUE PUEDA MANEJAR LOS GRANDES VOLUMENES DE LASTRE QUE SE MANEJAN EN LA TERMINAL. ASI COMO EVITAR LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS MARINAS.



## CAPITULO II : SOLUCION PROPUESTA

### II.1 DESCRIPCION Y ANALISIS TECNICO DEL SISTEMA

TENIENDO COMO BASE LOS PARAMETROS Y DATOS DEL PROCESO YA MENCIONADO EN EL CAPITULO ANTERIOR, SE ELABORO EL DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO MOSTRADO EN LA FIGURA NUMERO II.1., EL CUAL, FUNCIONARA DE LA SIGUIENTE MANERA:

EL AGUA DE LASTRE QUE VIENE EN LOS BUQUES-TANQUE TRANSPORTADORES DE COMBUSTOLEO, SERA DESCARGADA POR LAS BOMBAS PROPIAS DEL BUQUE Y ALMACENADA EN LOS TANQUES TV-1, TV-2 Y TV-3, QUE TIENEN CAPACIDAD ADECUADA PARA ALMACENAR UN VOLUMEN QUE SERA CALCULADO MAS ADELANTE. EN ESTOS TANQUES SE DEJARA REPOSAR EL TIEMPO QUE SEA NECESARIO DE TAL MANERA QUE EL POCO ACEITE QUE VIENE MEZCLADO TENGA TIEMPO DE DECANTARSE. PARA AGILIZAR LA SEPARACION DE ESTE ACEITE, A ESTOS TANQUES SE LES INYECTARA AIRE A PRESION POR LA PARTE BAJA EN FORMA DE PEQUENAS BURBUJAS, LO CUAL HA DEMOSTRADO EN CAMPO, UN ACELERAMIENTO EN EL PROCESO DE SEPARACION.

DEBIDO A QUE LAS CANTIDADES DE ACEITE EN ESTA AGUA DE LASTRE SON ALREDEDOR DE 100 A 200 (PPM) SE PERMITIRA QUE SE ACUMULE UNA CAPA APRECIABLE DEL MISMO, PARA PODER ENVIARLO DESPUES DE VARIOS DIAS AL CARCAMO CT-1, EL CUAL ES UN CARCAMO DE DRENAJE ACEITOSO.

LOS TANQUES TV-1, TV-2 Y TV-3 CONTARAN CON SUFICIENTES TOMAS PARA MUESTREO DE AGUA A LO LARGO DE SU ALTURA, DONDE SE DETERMINARA CUANTAS PPM DE ACEITE TIENE EL TANQUE A DIFERENTES POSICIONES. SI EL AGUA DEL TANQUE CONTIENE MENOS DE 15 [PPM]<sup>11</sup> ENTONCES SERA DESCARGADA AL MAR, YA QUE CUMPLE CON EL CONVENIO INTERNACIONAL YA MENCIONADO, QUE MARCA UN MAXIMO DE 15 [PPM]. COMO SE VE EN LA FIGURA II.1, LOS PASOS INDICADOS ESTAN CLARAMENTE ESTABLECIDOS.

POCO ANTES DE TERMINAR CON LA DESCARGA DEL AGUA DE LASTRE, EL OPERADOR DE LA BOMBA DEL BARCO AVISARA POR MEDIO DE RADIO DE BANDA CIVIL AL OPERADOR DE PEMEX EN EL CUARTO DE CONTROL DEL AREA DE ALMACENAMIENTO QUE ENSEGUIDA BOMBEARA EL ACHIQUE DE TAL MANERA QUE SE TENDRAN QUE CERRAR LAS VALVULAS DE ENTRADA DE LOS TANQUES TV-1, TV-2 Y TV-3 Y SE ABRIRA LA VALVULA DE ENTRADA DEL TANQUE TV-4 PARA RECIBIR DICHO PRODUCTO.

COMO YA SE DIJO ANTERIORMENTE, EL ACHIQUE REPRESENTA SOLO EL 5% DEL AGUA DE LASTRE, POR LO QUE EL TANQUE DEBERA SER DE MENOR CAPACIDAD RESPECTO A LOS TANQUES TV-1, TV-2 Y TV-3.

YA ALMACENADO EL ACHIQUE SE LE SOMETERA AL SIGUIENTE PROCESO: PRIMERAMENTE SE CALENTARA LA MEZCLA CON EL EQUIPO CA-1 HASTA ALCANZAR 50 [°C], LUEGO POR MEDIO DE LA BOMBA BA-1 SE HARA RECIRCULAR COMO SE MUESTRA EN EL DIAGRAMA, PASANDO DICHA MEZCLA A TRAVES DEL AGITADOR MOSTRADO, DONDE SE LE INYECTARA UNA

MINIMA CANTIDAD DE DIESEL Y DESEMULSIFICANTE. EN LA TRAYECTORIA DE RECIRCULACION SE CONTARA CON UN CALENTADOR CA-3, EL CUAL AUMENTARA LA TEMPERATURA HASTA 65 [°C]. YA OBTENIDAS LAS CONDICIONES DEL PROCESO, SE DARA POR TERMINADA LA AGITACION Y RECIRCULACION DE LA MEZCLA, INICIANDOSE EL PERIODO DE REPOSO.

SE PROPONE QUE EL TANQUE TV-4 CUENTE CON UN SUCCIONADOR DE ACEITE DEL TIPO FLOTANTE EL CUAL VACIARA LA CAPA DE ACEITE FORMADA Y LA CONDUCIARA HASTA EL CARCAMO CT-2, DE DONDE POSTERIORMENTE SE TRANSFERIRA AL TANQUE TV-5 POR MEDIO DE LA BOMBA BA-3. EL TANQUE TV-4 TAMBIEN RECIBIRA EL DRENAJE ACEITOSO DEL CARCAMO CT-1 SOMETIENDOLO AL PROCESO YA MENCIONADO.

EL AGUA QUE QUEDE DENTRO DEL TANQUE TV-4 DESPUES DE HABER OBTENIDO EL ACEITE, TAMBIEN SERA MUESTREADA AL IGUAL COMO SE HIZO EN LOS TANQUES TV-1, TV-2 Y TV-3. Y SI SE ENCUENTRA QUE TIENE MENOS DE 15 [PPM]<sup>(1)</sup> SE VACIARA DIRECTAMENTE AL MAR, EN CASO CONTRARIO (MAS DE 15 [PPM]) ESTA AGUA SE HARA PASAR A TRAVES DE LA MAQUINA DE FLOTACION MOSTRADA EN EL DIAGRAMA CON LA CLAVE PFA-1, LA CUAL LE ELIMINARA EL ACEITE RESTANTE POR MEDIO DE UN SISTEMA DE FLOTACION, EL CUAL SERA EXPLICADO POSTERIORMENTE, ENVIANDOLA ENSEGUIDA AL MAR.

(1) VER GLOSARIO DE TERMINOS

RESPECTO AL COMBUSTOLEO OBTENIDO, COMO DIJIMOS, ESTE SE ALMACENARA EN EL TANQUE TV-5, EL CUAL TAMBIEN CONTARA CON UN CALENTADOR CA-2, EL CUAL MANTENDRA LA TEMPERATURA DEL MISMO A 50[\*C] PARA QUE EN EL MOMENTO REQUERIDO SEA TRANSFERIDO A LA REFINERIA POR MEDIO DE LA BOMBA BA-4. EL COMBUSTOLEO OBTENIDO EN ESTE PROCESO ES DE MUY BUENA CALIDAD POR LO QUE SE PROPONE COMO ALTERNATIVA QUE SEA DESCARGADO DIRECTAMENTE A LOS BUQUES QUE TRANSPORTAN COMBUSTOLEO AL EXTRANJERO.

CABE MENCIONAR QUE TODOS LOS TANQUES UTILIZADOS EN ESTE SISTEMA CUENTAN TAMBIEN CON SISTEMA DE EXTRACCION DE LODOS QUE SERAN SACADOS PERIODICAMENTE.

EN EL DIAGRAMA TAMBIEN SE MUESTRAN LOS TANQUES TV-6 Y TV-7, LOS CUALES ALMACENARAN RESPECTIVAMENTE EL DIESEL Y EL DESEMULSIFICANTE, LAS BOMBAS BA-5 Y BA-6 LOS INYECTARAN AL AGITADOR DEL SISTEMA.

EN TERMINOS GENERALES, EL DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO MOSTRADO EN LA FIGURA NUMERO II.1; NOS INDICA PASO A PASO LO ANTES MENCIONADO.

TENICAMENTE EL SISTEMA PROPUESTO NO TIENE COMPLICACIONES YA QUE UTILIZA EQUIPOS DE USO COMUN; DE BAJO COSTO Y DE FACIL OBTENCION, POR OTRA PARTE LA CONSTRUCCION ES MUY SENCILLA PUES NO REQUIERE DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES COMPLICADOS.

FIGURA II.1

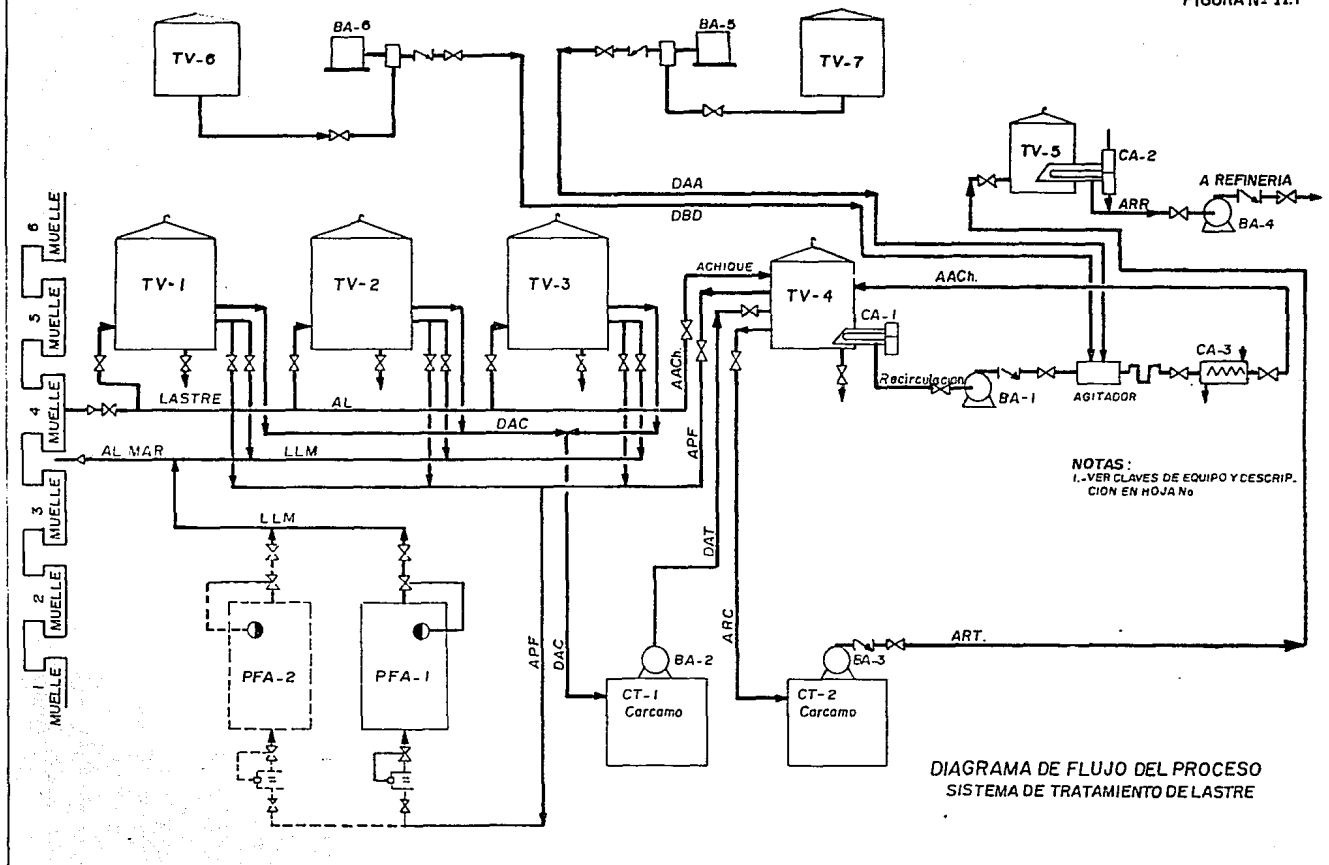


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO  
 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LASTRE

## II.2 MEMORIA DE CALCULO Y DIAGRAMA DE FLUJO

### II.2.1 CALCULO DE LA CAPACIDAD DE TANQUES

DE ACUERDO CON LAS ESTADISTICAS PROPORCIONADAS POR PEMEX RESPECTO A LAS LLEGADAS DE BUQUES-TANQUE A LA TERMINAL MARITIMA DE SALINA CRUZ OAXACA; SE HA LLEGADO A DETERMINAR QUE LA CAPACIDAD MAXIMA DE DISEÑO DE LA INSTALACION DEBERA CONSIDERAR LA DESCARGA DE UN BUQUE-TANQUE DE 30 000 [TPM] <sup>(1)</sup>. CADA 24 HORAS, POR LO QUE LOS VOLUMENES A MANEJAR SERAN LOS SIGUIENTES :

COMO EL BUQUE TRAE EL 40% DEL PESO DEL MISMO COMO AGUA DE LASTRE POR LO TANTO EL VOLUMEN SERA :

$$V = 30.000 \times 0.4 = 12.000 \text{ [Ton]}. \text{ (AGUA DE LASTRE)}$$

EQUIVALENTES A 12.000.000 [LITROS] <sup>(1)</sup>
EQUIVALENTES A 3.170.410 [GALONES] <sup>(1)</sup>
EQUIVALENTES A 75.486 [BLS] <sup>(1)</sup>

ESTA SERIA LA CAPACIDAD NOMINAL DEL SISTEMA, PERO POR RECOMENDACION DE PEMEX Y TOMANDO EN CUENTA QUE A LA FECHA SE SIGUE AMPLIANDO LA ZONA DE MUELLES DE LA TERMINAL, SE TENDRA ADICIONALMENTE UN 25% DE VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO POR LO QUE NUESTRO VOLUMEN MAXIMO A DESCARGAR SERA :

$$V = 75486 \times 1.25 = 94.357.50 \text{ [BLS]}.$$

LAS DIMENSIONES DE TANQUES COMERCIALES Y QUE UTILIZA PEMEX EN SUS INSTALACIONES, SE PUEDEN VER EN LA TABLA N° II.2; DE ESTA SELECCIONAREMOS EL TAMAÑO DEL TANQUE O TANQUES ADECUADOS.

POR OTRA PARTE. SE DETERMINO QUE EL TIEMPO MINIMO PROMEDIO DE REPOSO QUE REQUIERE EL LASTRE APLICANDOLE BURBUJEO DE AIRE PARA ELEMENAR EL COMBUSTOLEO MEZCLADO (DE 30 A 200 [PPM]) ES DE 12 HORAS.

POR LO QUE UN TANQUE QUEDARA TOTALMENTE EN REPOSO POR LO MENOS ESE TIEMPO; LOS TANQUES Y BARCAZAS QUE DESCARGUEN EN EL TRANS-CURSO DEL REPOSO DEBERAN VACIARSE EN OTRO TANQUE QUE SE SOME-TERA A REPOSO HASTA QUE SE LLENE. MIENTRAS TANTO SE CONTARA CON UN TERCER TANQUE QUE RECIBA LA DESCARGA MAYOR DE 75,486 [BLS].<sup>(1)</sup> EN LAS PROXIMAS 24 HORAS.

DE ACUERDO A CRITERIOS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES, CONVIENE QUE LOS TANQUES TENGAN GRAN AREA Y QUE LA ALTURA NOMINAL SEA MENOR AL NORMALIZADO DE TAL MANERA QUE LA FLOTACION DEL ACEITE SE HAGA EN EL TIEMPO YA ESTIPULADO; POR LO QUE EL TANQUE QUE NOS PROPORCIONA ESTE SERVICIO Y LA CAPACIDAD REQUERIDA ES EL DE 100,000 [BLS].<sup>(1)</sup>; A ESTE TANQUE SE LE ELIMINARA UN ANILLO SUPERIOR DE PLACAS PARA REDUCIRLE LA ALTURA POR LO QUE TAMBIEN SU VOLUMEN DISMINUIRA.

AL ELIMINAR UN ANILLO A LA ALTURA DEL TANQUE DE 100.000 BLS. LA CAPACIDAD REAL DEL TANQUE SERA DE 55,000 [BLS]. EL ALMACENAMIENTO TOTAL QUE SE TENDRA SERA DE  $55,000 \times 3 = 165,000$  [BLS]

ESTOS TRES TANQUES NOS PERMITIRAN TENER LA SIGUIENTE FLEXIBILIDAD : LOS PRIMEROS 75,486 [BLS]. SE ALMACENARAN EN LOS DOS PRIMEROS TANQUES, DE TAL MANERA QUE EL PRIMERO QUEDARA LLENO, Y EL SEGUNDO QUEDARA CON 20,486 [BLS]. ESTE ULTIMO TANQUE PODRA RECIBIR DESCARGAS PEQUEÑAS DE BARCOS Y BARCAZAS QUE SE PRESENTEN DURANTE EL DIA. EL PROMEDIO DE DESCARGAS DE EMBARCACIONES PEQUEÑAS VA DE 100 A 5,000 [BLS]<sup>(1)</sup> POR BUQUE.

EL TERCER TANQUE COMO YA DIJIMOS RECIBIRA LA DESCARGA DEL PROXIMO BUQUE CON OTROS 75,486 [BLS]. DE LASTRE. MIENTRAS TANTO EN ESE MOMENTO SE DESCARGARA AL MAR EL AGUA LIMPIA CON MENOS DE 15 [PPM] <sup>(1)</sup> DEL TANQUE N° 1. EL EXCEDENTE DE AGUA QUE NO PUEDE SER ALMACENADA EN EL TERCER TANQUE (TV-3) SERA ALMACENADA EN EL TANQUE N° 2, QUE INICIALMENTE TENIA UN VOLUMEN DE 20,486 [BLS]. MAS LAS DESCARGAS PARCIALES DE PEQUEÑAS EMBARCACIONES. ESTE SEGUNDO TANQUE PODRA DESCARGAR PARCIALMENTE AL MAR VOLUMENES DE AGUA LIMPIA, COMPROBANDO PREVIAMENTE QUE EL AGUA DE LA PARTE INFERIOR NO TENGA MAS DE 15 PPM. MIENTRAS TANTO EL PRIMER TANQUE QUE YA ESTA VACIO ESTARA LISTO PARA RECIBIR EL SIGUIENTE VOLUMEN DE UN NUEVO BUQUE DE 30,000 [TPM]

(1) VER GLOSARIO DE TERMINOS



DESPUES DE DOS DESCARGAS DE 75,486 [BLS], EL SEGUNDO TANQUE DEBERA VACIAR AL MAR UN PROMEDIO DE 25,000 A 30,000 [BLS].<sup>(1)</sup>, POR DESCARGAS PARCIALES PARA DAR CABIDA AL EXCEDENTE DEL TERCER BARCO QUE DESCARGARA, Y QUE SERA DE 20,486 [BLS]. ESTE CICLO ESTABLECIDO SE REPETIRA EN FORMA CONTINUA CON EL TIEMPO.

COMO SE VE, EL UTILIZAR ESTA CAPACIDAD DE TANQUE, NOS DA LA FLEXIBILIDAD QUE REQUERIMOS PARA NUESTRO SISTEMA. PUDIERAMOS HABER OPTADO POR TANQUES MAS GRANDES, SIN EMBARGO SERIA MAS COSTOSO Y OCUPARIAN UN AREA MAS GRANDE DE TERRENO.

EN CONCLUSION, LOS TRES TANQUES TENDRAN LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS GENERALES :

CAPACIDAD NOMINAL = 55,000 [BLS] [8744M <sup>3</sup> ] <sup>(1)</sup>
DIAMETRO REAL EN METROS. (Ft) = 40.84[M] [134 Ft] <sup>(1)</sup>
ALTURA NOMINAL EN METROS. (Ft) = 7.32 [24 Ft] <sup>(1)</sup>

LA CONSTRUCCION DE LOS TANQUES SERA CON PLACAS DE ACERO AL CARBON. LA TABLA N° II.2, MUESTRA LAS DIMENSIONES TIPCAS DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO COMERCIALES QUE PEMEX UTILIZA EN SUS INSTALACIONES INDUSTRIALES.

(1) VER GLOSARIO DE TERMINOS

TABLA II. 2

## DIMENSIONES DE TANQUES CILINDRICOS VERTICALES

CAPACIDAD		DIAMETRO		ALTURA		PESO VACIO		
NOMINAL B L S	REAL							
	BLS	METS CUBS	PIES	METROS	PIES	METROS	LBS	TONS
500	502	79.89	15' 0"	4.572	16' 0"	4.877	13228	6
1000	1011	160.80	20' 0"	6.096	18' 0"	5.486	19842	9
2000	2019	321.09	24' 6"	7.468	24' 0"	7.315	28660	13
3000	3028	481.48	30' 0"	9.144	24' 0"	7.315	35274	16
5000	5043	801.88	31' 8"	9.652	36' 0"	10.973	48502	22
10000	10105	1606.78	42' 6"	12.954	40' 0"	12.192	85930	39
15000	15036	2390.70	58' 0"	17.678	32' 0"	9.754	127868	58
20000	20359	3237.03	60' 0"	18.288	40' 0"	12.192	171961	78
30000	30083	4783.17	73' 4"	22.352	40' 0"	12.192	244713	111
40000	39930	6348.91	85' 0"	25.908	40' 0"	12.192	317466	144
55000	55940	8894.54	100' 0"	30.480	40' 0"	12.192	418878	190
80000	80560	12808.98	120' 0"	36.576	40' 0"	12.192	604066	274
100000	100438	15969.66	134' 0"	40.843	40' 0"	12.192	760595	345
150000	149111	23708.63	150' 0"	45.720	48' 0"	14.630	1005308	456
200000	214713	34139.43	180' 0"	54.864	48' 0"	14.630	1593942	723
500000	525625	83574.38	280' 0"	85.344	48' 0"	14.630	3300000	1500

## II.2.2 SISTEMA DE CALENTAMIENTO CON VAPOR.

COMO YA SE MENCIONO ANTERIORMENTE, PARA EL PROCESO DE PREPARACION DEL ACEITE, SE REQUIERE CALENTAR LA MEZCLA DE COMBUSTOLEO Y AGUA (ACHIQUE)<sup>(1)</sup> EN EL TANQUE TV-4 PARA OBTENER LA TEMPERATURA DE 65 [°C] NECESARIA PARA LA OPTIMA SEPARACION.

LA MANERA MAS ECONOMICA, PARA CALENTAR ESTE GRAN VOLUMEN ES UTILIZAR UN CALENTADOR QUE UTILICE VAPOR COMO MEDIO PARA SUBIR LA TEMPERATURA.

DE ESTA MANERA EN EL TANQUE DE ACHIQUE, SE REQUIERE VAPOR PARA OBTENER LOS RESULTADOS MENCIONADOS POR LO QUE SE UTILIZARA EL CALENTADOR CLAVE CA-1 MOSTRADO EN EL DIAGRAMA DE FLUJO.

SE REQUIERE ADEMAS VAPOR EN EL TANQUE TV-5 DONDE SE ALMACENARA EL COMBUSTIBLE RECUPERADO. EN ESTE TANQUE ES NECESARIO CALENTAR PARA MANTENER LA TEMPERATURA DE BOMBEO DEL ACEITE, YA QUE SI SE ENFRIA SERA MAS DIFICIL BOMBLEARLO. PUES AL BAJAR LA TEMPERATURA, AUMENTA LA VISCOSIDAD DEL COMBUSTOLEO. EL CALENTADOR USADO SERA EL MARCADO CON LA CLAVE CA-2 EN EL DIAGRAMA DE FLUJO Y ESTE MANTENDRA LA TEMPERATURA DEL COMBUSTOLEO EN 50°C, QUE FUE LA TEMPERATURA CON LA QUE SE CALCULARA LA BOMBA BA-4 CON LA CUAL SE TRANSFIERE EL COMBUSTOLEO A LA REFINERIA.

OTRO PUNTO DONDE SE REQUIERE VAPOR PARA CALENTAR ES EN LA TUBERIA DE RECIRCULACION DE ACHIQUE DONDE ESTA UBICADO EL CALENTADOR CA-3 ESTE MANTENDRA Y ELEVARA SI SE REQUIERE LA TEMPERATURA DE LA MEZCLA A 65 [°C], QUE ES LA NECESARIA DE ACUERDO CON PEMEX PARA SEPARAR EN FORMA OPTIMA EL AGUA DEL COMBUSTO-LEO, DEPOSITANDOSE LOS RESIDUOS (ARENA, TIERRA, ETC.) EN EL FONDO DEL TANQUE.

EL VAPOR REQUERIDO PARA EL CALENTADOR CA-1 EN EL TANQUE DE ACHIQUE SE CALCULA COMO SIGUE:

DATOS:

TEMPERATURA DEL ACHIQUE DEL BARCO = 30 [°C] (86°F).<sup>(1)</sup>

TIPO DE CALENTADOR A UTILIZAR: DE CASCO Y TUBOS, TIPO INMERSION DONDE EL VAPOR VIAJARA POR EL INTERIOR DE LOS TUBOS Y LA MEZCLA (ACHIQUE) POR EL EXTERIOR.

TEMPERATURA MAXIMA A ALCANZAR = 65 [°C] (149°F)

PRESION REQUERIDA DEL VAPOR SATURADO = 50 [PSI]<sup>(1)</sup>

ESTE VAPOR SERA SUMINISTRADO POR UNA CALDERA TIPO PAQUETE QUE SE CALCULARA POSTERIORMENTE.

II.2.21 CALCULO DE VAPOR REQUERIDO PARA EL CALENTADOR CA-1  
(ACHIQUE EN TV-4) VER DIAGRAMA UNIFILAR FIGURA II.1.

DATOS:

TEMPERATURA DE ENTRADA ----- 30 [°C] (36°F)<sup>(1)</sup>  
 TEMPERATURA DE SALIDA ----- 50 [°C] (122°F)<sup>(1)</sup>  
 FLUJO DE ACHIQUE----- 875 [GPM]<sup>(1)</sup>  
 GASTO ----- 437.167 [LB/H]<sup>(1)</sup>  
 CALOR ESPECIFICO DEL ACHIQUE----- 0.88 [BTU/LB]<sup>(1)</sup>

APLICANDO LA ECUACION:

$$Q = W C_p \Delta T / H_v \text{ ----- (II.1)}$$

DONDE :

Q= LIBRAS POR HR DE VAPOR NECESARIO

W= MASA EN LIBRA POR HORA POR CALENTAR.

C<sub>p</sub> = CALOR ESPEC.DEL FLUIDO A CALENTAR [btu/lb]

ΔT= DIFERENCIAL DE TEMPERATURA ENTRADA-SALIDA [°F]

H<sub>v</sub> = ENTALPIA DE VAPORIZACION [btu/lb]

SUSTITUYENDO VALORES EN LA ECUACION II.1 :

$$Q_1 = [437.167 \times (122-86^\circ\text{F}) \times 0.88] / 912 = 15.185 \text{ [Lb/Hr]}$$

## II.2.22 PARA EL CASO DEL CALENTADOR CA-3 (RECIRCULACION DE ACHIQUE)

### DATOS:

TEMPERATURA DE ENTRADA	-	50°C (122°F)
TEMPERATURA DE SALIDA	-	65°C (149°F)
FLUJO DE ACHIQUE	-	437.167 LB/HR
CALOR ESPECIFICO (C <sub>p</sub> )	-	0.88 BTU/LB

UTILIZANDO LA ECUACION II.1 Y SUSTITUYENDO VALORES TENEMOS:

$$Q_2 = [437.167 \times 0.88 \times (149 - 122)] / 912 = 11390 \text{ [LB/HR]}$$

## II.2.23 PARA EL CALENTADOR CA-2 (TANQUE DE COMBUSTOLEO):

DURANTE EL PERIODO DE ALMACENAMIENTO SE ENFRIA A 30°C (86°F) Y LA TEMPERATURA DE BOMBEO REQUERIDA ES 50°C.

EL COMBUSTOLEO TIENE UN CALOR ESPECIFICO DE 0.5 BTU/LB.<sup>(1)</sup>

FLUJO DE ENVIO YA DETERMINADO ES DE 437.5 GPM = 218,584 LB/H POR LO QUE APLICANDO NUEVAMENTE II.1 TENEMOS:

$$Q_3 = [218,584 \times 0.5 (122 - 86)] / 912 = 4314 \text{ [LB/H]}$$

SOLO SE TOMARA LA CARGA CRITICA SIMULTANEA QUE EN ESTE CASO SE PRESENTARA AL RECIRCULAR Y CALENTAR EL ACHIQUE EN EL TANQUE.

(1) VER GLOSARIO DE TERMINOS

TV-4 (CALENTADORES CA-1 Y CA-3). EL CALENTAMIENTO DEL COMBUSTIBLE SE HARA CUANDO NO SE ESTE OCUPANDO VAPOR EN TANQUE TV-4 POR LO QUE LA CARGA TOTAL DE VAPOR PARA CALCULAR LA CALDERA SERA LA DEL CA-1 + CA-3.

#### II.2.24 CALCULO DE CAPACIDAD DE CALDERA:

CANTIDAD DE VAPOR REQUERIDO ES:

PARA CA-1	=	15,186 [LB/HR]
PARA CA-3	=	11,390 [LB/HR]
TOTAL	=	<u>26,576</u> [LB/HR]

SABEMOS QUE UN CABALLO CALDERA ES IGUAL A 34.5 (LIBRA DE VAPOR/H) x 970 (ENTALPIA DEL VAPOR BTU/H) POR LO TANTO :

$$HP_c = (26576 \times 912) / (34.5 \times 970) = 724.26 \text{ [HPc]}^{(1)}$$

CON EL RESULTADO ANTERIOR, SELECCIONAMOS UNA CALDERA COMERCIAL DE 800 [HP] <sup>(1)</sup>.

### II.2.3 CALCULO DE LA TUBERIA

#### II.2.31 TUBERIA DE LLENADO DE TANQUES TV-1, TV-2, TV-3 Y DESCARGA AL MAR .

DE ACUERDO CON LA INVESTIGACION, SE SABE QUE EL GASTO PROMEDIO MAXIMO DE DESCARGA DE UN BUQUE-TANQUE ES DE 10,000 [GPM] <sup>(1)</sup>, LLENANDO UN TANQUE DE 55,000 [BLS] EN UN PROMEDIO DE 3,3 HORAS, POR LO QUE PARA ESTE GASTO CALCULAREMOS EL DIAMETRO DE LA TUBERIA.

PARA CALCULO Y SELECCION DE TUBERIAS VAMOS A UTILIZAR COMO REFERENCIA EL "HYDRAULIC INSTITUTE PIPE FRICTION MANUAL", DE LOS ESTADOS UNIDOS; Y LOS SIGUIENTES DATOS:

VELOCIDAD PROM. A LA DESCARGA DE BOMBAS (AGUA) = 8 [Ft/S]<sup>(1)</sup>

VELOCIDAD PROM. A LA DESCARGA DE BOMBAS (COMBUST.) = 4 [Ft/S]

VELOCIDAD PROMEDIO A LA DESCARGA DE TANQUES (AGUA) = 4 [Ft/S]

RECORDANDO QUE  $Q = V \times A$  -----(II.2)

DONDE :

A = AREA [Ft<sup>2</sup>]<sup>(1)</sup>

Q = GASTO [Ft<sup>3</sup>/MIN]<sup>(1)</sup>

V = VELOCIDAD [Ft/MIN]<sup>(1)</sup>



POR LO TANTO, DESPEJAMOS EL AREA PARA POSTERIORMENTE OBTENER EL DIAMETRO DE LA TUBERIA

$$A = Q / V$$

SUSTITUYENDO VALORES Y APLICANDO FACTOR DE CONVERSION:

$$A = (10,000 \times 0.1337) / (8 \times 60) = 2.79 \text{ [Ft}^2\text{]}$$

SABEMOS QUE :

$$A = (\pi D^2) / 4 \text{ POR LO TANTO } D = 4A/\pi$$

SUSTITUYENDO VALORES

$$D = 4 \times 2.79 / \pi = 1.88 \text{ [Ft]} = 22.56 \text{ [PULG]}$$

EL DIAMETRO DE 23" NO ES COMERCIAL, POR LO QUE SELECCIONAMOS TUBERIA DE 24", LA TABLA N° II.3, NOS MUESTRA QUE ESTA TUBERIA PUEDE CONDUCIR 10,000 [GPM]<sup>(1)</sup> A UNA VELOCIDAD 7.98 [Ft/s]<sup>(1)</sup>. ESTO CUMPLE CON LOS DATOS INICIALES DEL PROBLEMA.

POR LO TANTO, SELECCIONAMOS TUBERIA CON DIAMETRO NOMINAL DE 24", PARA TRANSPORTAR EL AGUA DE LASTRE HACIA CADA UNO DE LOS TANQUES TV-1, TV-2, Y TV-3.

LA CEDULA QUE MARCA LA TABLA II.3 ES 40, SIN EMBARGO COMO ESTAS TUBERIAS TRANSPORTAN AGUA DE MAR, LO CUAL REPRESENTA UN GRADO DE CORROSION ALTO, LA NORMA MARCA QUE PARA ESTOS CASOS

(1) VER GLOSARIO DE TERMINOS

HYDRAULIC INSTITUTE

FRICITION LOSS FOR WATER IN FEET PER 100 FEET OF PIPE

TABLE II.3

24 INCH OD		STEEL — SCHEDULE 40 ID = 22.624 INCHES e/D = 0.0000796			ASPHALT-DIPPED CAST IRON ID = 24.00 INCHES e/D = 0.000200		
DISCHARGE		V	V <sup>2</sup> /2g	h <sub>f</sub>	V	V <sup>2</sup> /2g	h <sub>f</sub>
CFS	GPM	ft/sec	feet	feet per 100 feet of pipe	ft/sec	feet	feet per 100 feet of pipe
0.668	400	0.239	0.000801	0.00107	0.213	0.000703	0.000821
0.891	500	0.319	0.00158	0.00178	0.284	0.00125	0.00137
1.114	600	0.399	0.00247	0.00267	0.355	0.00195	0.00205
1.34	700	0.479	0.00356	0.00371	0.426	0.00281	0.00284
1.56	800	0.559	0.00485	0.00490	0.496	0.00383	0.00376
1.78	900	0.638	0.00633	0.00621	0.567	0.00500	0.00480
2.01	1000	0.718	0.00801	0.00787	0.638	0.00633	0.00597
2.23	1100	0.798	0.00989	0.00928	0.709	0.00782	0.00724
2.67	1200	0.958	0.0142	0.0120	0.851	0.01126	0.01102
3.12	1400	1.12	0.0194	0.0171	0.993	0.0153	0.0135
3.56	1600	1.28	0.0253	0.0210	1.135	0.0200	0.0173
4.01	1800	1.44	0.0321	0.0272	1.276	0.0253	0.0210
4.46	2000	1.60	0.0396	0.0330	1.42	0.0313	0.0262
5.57	2500	1.99	0.0618	0.0469	1.77	0.0489	0.0385
6.68	3000	2.39	0.0891	0.0700	2.13	0.0703	0.0563
7.80	3500	2.79	0.121	0.0934	2.48	0.0957	0.0759
8.91	4000	3.19	0.158	0.120	2.84	0.125	0.098
10.02	4500	3.59	0.200	0.149	3.19	0.158	0.122
11.1	5000	3.99	0.247	0.181	3.55	0.195	0.140
13.4	6000	4.79	0.356	0.257	4.26	0.281	0.211
15.6	7000	5.59	0.485	0.343	4.96	0.383	0.254
17.8	8000	6.38	0.633	0.447	5.67	0.500	0.308
20.1	9000	7.18	0.801	0.551	6.38	0.633	0.404
22.3	10000	7.98	0.989	0.671	7.09	0.782	0.471
26.7	12000	9.58	1.42	0.950	8.51	1.126	0.810
31.2	14000	11.2	1.94	1.29	9.93	1.53	1.11
35.6	16000	12.8	2.53	1.67	11.35	2.00	1.43
40.1	18000	14.4	3.21	2.10	12.76	2.53	1.80
44.6	20000	16.0	3.96	2.58	14.2	3.13	2.21
49.0	22000	17.6	4.70	3.10	15.6	3.78	2.67
53.5	24000	19.2	5.70	3.67	17.0	4.50	3.10
57.9	26000	20.7	6.69	4.29	18.4	5.28	3.71
62.4	28000	22.3	7.76	4.96	19.9	6.13	4.32
66.8	30000	22.9	8.91	5.68	21.3	7.03	4.97
71.3	32000	25.5	10.13	6.42	22.7	8.00	5.65
75.8	34000	27.1	11.4	7.22	24.1	9.04	6.35
80.2	36000	28.7	12.8	8.08	25.5	10.13	7.10
84.7	38000	30.3	14.3	9.00	26.9	11.3	7.90
89.1	40000	31.9	15.8	9.98	28.4	12.5	8.75
93.6	42000	33.5	17.5	11.0	29.8	13.8	9.63
98.0	44000	35.1	19.2	12.1	31.2	15.1	10.5
102	46000	36.7	20.9	13.2	32.6	16.5	11.5
107	48000	38.3	22.8	14.3	34.0	18.0	12.5
111	50000	39.9	24.7	15.6	35.5	19.5	13.6
123	55000	43.9	29.9	18.7	39.0	23.6	16.4
134	60000	47.9	35.6	22.3	42.6	28.1	19.5
145	65000	51.9	41.8	26.2	46.1	33.0	22.9
156	70000	55.9	48.5	30.4	49.6	38.0	26.3
167	75000	59.8	55.7	34.8	53.2	43.0	30.5
178	80000	63.8	63.3	39.4	56.7	50.0	34.7
189	85000	67.8	71.5	44.4	60.3	56.5	39.1
201	90000	71.8	80.1	49.7	63.8	63.3	43.9
212	95000	75.8	89.3	55.5	67.4	70.5	48.9
223	100000	79.8	98.9	61.6	70.9	78.2	54.2
245	110000	87.8	120	74.0	78.0	91.6	65.5
267	120000	95.8	142	88.0	85.1	113	78.0
290	130000	103.7	167	103	92.2	132	91.5
312	140000	112	191	119	99.3	153	106
334	150000	120	223	137	106	200	121

NOTE: No allowance has been made for age, differences in diameter, or any abnormal condition of interior surface. Any factor of safety must be estimated from the local conditions and the requirements of each particular installation.

SE DEBE SELECCIONAR EL NUMERO DE CEDULA INMEDIATO SUPERIOR POR LO QUE SE SELECCIONARA CEDULA N° 80 CORRESPONDIENTE A UN ESPESOR DE PARED DE 5 [mm].

LAS BOMBAS DE DESCARGA DE LOS BUQUES CUENTAN CON LA SUFICIENTE PRESION PARA LLENAR LOS TANQUES POR LO QUE EN ESTE CASO NO REQUIERE EL CALCULO DE CAIDA DE PRESION. POR OTRA PARTE LA TRAYECTORIA DE LA TUBERIA ES MENOR DE 200 [M], POR LO QUE LAS PERDIDAS SON MINIMAS. EN EL DIAGRAMA DE FLUJO DE LA FIG. II.1 ESTA TUBERIA TIENE LA CLAVE : AL.

LAS TRAYECTORIAS DE TUBERIAS SE PUEDEN VER EN LA FIGURA II.4 POR ESTA MISMA TUBERIA SE DESCARGARA EL ACHIQUE, PREVIAMENTE DEBERAN CERRARSE LAS VALVULAS DE LOS TANQUES TV-1, TV-2 Y TV-3.

PARA DESCARGAR EL AGUA AL MAR SOLO SE CONSIDERARA LA CARGA INICIAL QUE TIENE EL TANQUE POR SU ALTURA Y SE ENVIARA POR GRAVEDAD AL MAR.

CONSIDERAREMOS UN TIEMPO PARA DESCARGAR EL AGUA AL MAR DE 3 HORAS PROMEDIO, POR LO QUE EL GASTO DE DESCARGA PARA UN TANQUE SERA:

$$Q = (55.000 \text{ BLS} \times 42 \text{ GAL}) / (3 \times 60 \text{ min}) = 12.833 \text{ [GPM]}$$

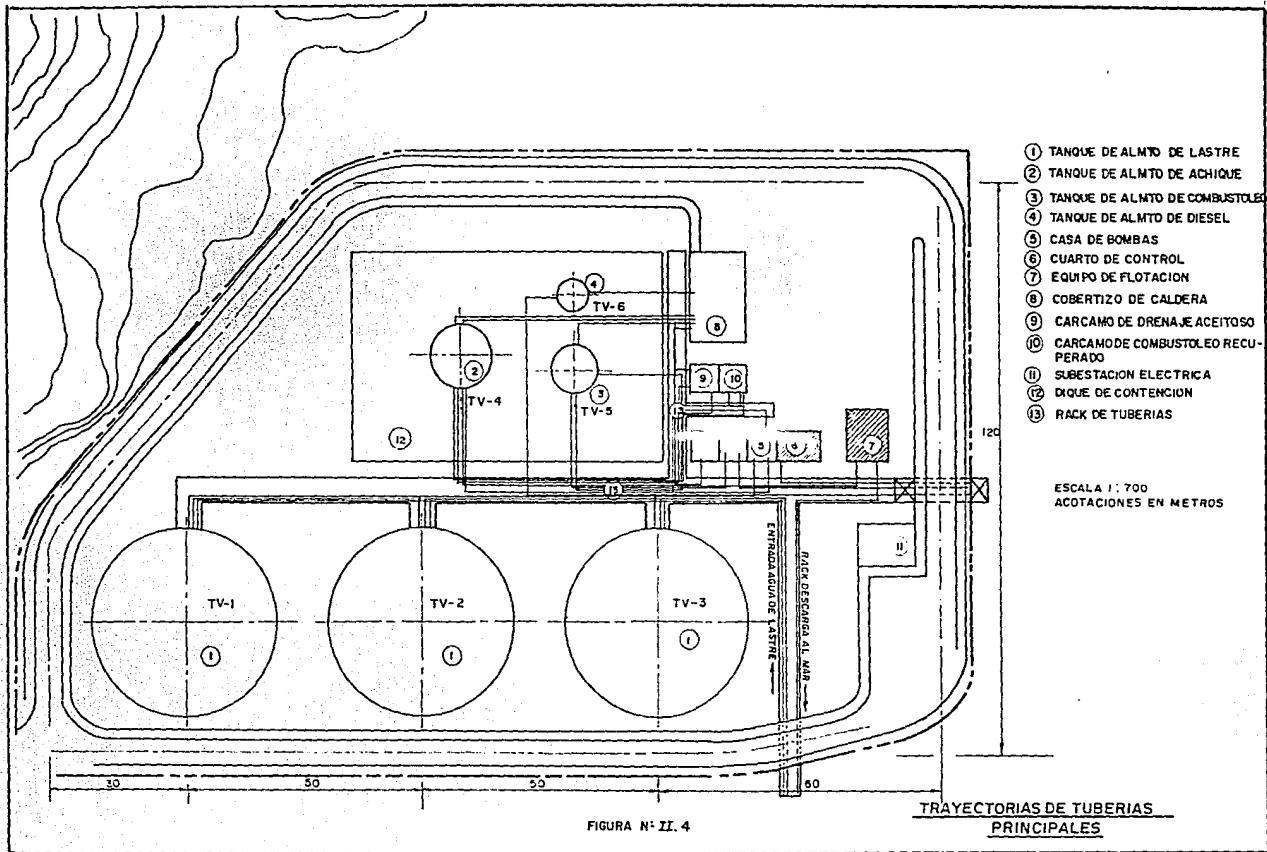


FIGURA N°. II. 4

CON EL RESULTADO ANTERIOR Y LA VELOCIDAD DE 4.41 [Ft], RECURRIENDO A LA TABLA II.5 SE TIENE UNA TUBERIA DE 36" CON PERDIDAS DE 0.126 [Ft] x CADA 100 [Ft] DE TUBERIA. LA TRAYECTORIA AL MAR ES DE APROXIMADAMENTE 200 [M] (656 [Ft]). POR LO QUE LAS PERDIDAS POR TRAMO RECTO SERAN:

$$\text{PERDIDAS} = 0.126 \times 656 / 100 = 0.62 \text{ [Ft]}$$

SE UTILIZARAN LOS SIGUIENTES ACCESORIOS, PARA LOS CUALES SE TIENEN SUS PERDIDAS EN [Ft] :

4 CODOS DE 36" A 90'	=	76 [Ft] x 4	=	304 [Ft]
VALVULA DE MARIPOSA	=	43 [Ft] <sub>(11)</sub>		
TOTAL DE PERDIDAS	=	347 [Ft]		(106 MTS)

SELECCIONAMOS LA TUBERIA CON DIAMETRO DE 36" MARCADA EN LA TABLA N° II.5 CON 14.000 [GPM] Y 4.41 [P/S]<sup>(11)</sup> CON PERDIDAS DE 0.126 [Ft] x 100 [Ft] DE TUBO.

### II.2.32 CALCULO DE TUBERIA PARA TRANSFERENCIA DE COMBUSTOLEO A REFINERIA Y BOMBA.

SABIENDO QUE EL ACHIQUE REPRESENTA EL 5% DEL TOTAL DE LASTRE Y QUE EL 20% DEL ACHIQUE ES COMBUSTOLEO OBTENEMOS LOS SIGUIENTES DATOS PARA EL CALCULO DE TUBERIA Y BOMBA.

HYDRAULIC INSTITUTE

FRICITION LOSS FOR WATER IN FEET PER 100 FEET OF PIPE

TABLA II. 5

36 INCH ID				STEEL ε/D = 0.0000500	CAST IRON ε/D = 0.000133
DISCHARGE		V	V <sup>2</sup> /2g	h <sub>f</sub>	h <sub>f</sub>
CFS	GPM	ft/sec	feet	feet per 100 feet of pipe	feet per 100 feet of pipe
2.23	1 000	0.315	0.00154	0.000988	0.00101
2.07	1 200	0.375	0.00222	0.00137	0.00140
3.12	1 400	0.441	0.00303	0.00181	0.00186
3.56	1 600	0.504	0.00395	0.00231	0.00237
4.01	1 800	0.567	0.00500	0.00285	0.00295
4.46	2 000	0.630	0.00618	0.00344	0.00357
5.57	2 500	0.788	0.00965	0.00517	0.00538
6.68	3 000	0.946	0.0139	0.00721	0.00751
7.80	3 500	1.103	0.0189	0.00957	0.0101
8.91	4 000	1.26	0.0247	0.0122	0.0129
10.02	4 500	1.41	0.0313	0.0152	0.0161
11.14	5 000	1.58	0.0386	0.0185	0.0195
13.4	6 000	1.89	0.0556	0.0260	0.0276
15.6	7 000	2.21	0.0756	0.0345	0.0369
17.8	8 000	2.52	0.0988	0.0442	0.0475
20.1	9 000	2.84	0.125	0.0551	0.0593
22.3	10 000	3.15	0.154	0.0670	0.0724
26.7	12 000	3.78	0.222	0.0942	0.103
31.2	14 000	4.41	0.303	0.126	0.139
35.6	16 000	5.04	0.395	0.162	0.180
40.1	18 000	5.67	0.500	0.203	0.227
44.6	20 000	6.30	0.618	0.248	0.279
53.7	25 000	7.88	0.965	0.378	0.430
66.8	30 000	9.46	1.39	0.540	0.617
78.0	35 000	11.03	1.89	0.724	0.832
89.1	40 000	12.6	2.47	0.941	1.08
100	45 000	14.1	3.13	1.18	1.36
111	50 000	15.8	3.86	1.45	1.68
134	60 000	18.9	5.56	2.07	2.40
156	70 000	22.1	7.56	2.81	3.25
178	80 000	25.2	9.88	3.66	4.23
201	90 000	28.4	12.5	4.59	5.34
223	100 000	31.5	15.4	5.64	6.58
267	120 000	37.8	22.2	8.05	9.50
312	140 000	44.1	30.3	10.9	12.9
356	160 000	50.4	39.5	14.2	16.8
401	180 000	56.7	50.0	17.9	21.3
446	200 000	63.0	61.8	22.1	26.3
557	250 000	78.8	96.5	34.4	41.0
668	300 000	94.6	139	49.4	58.8
780	350 000	110	189	67.0	80.0
891	400 000	126	247	87.3	105

NOTE: No allowance has been made for age, differences in diameter, or any abnormal condition of interior surface. Any factor of safety must be estimated from the local conditions and the requirements of each particular installation.

## DATOS:

VISCOSIDAD A 122 [\*F] (50°C) DEL COMBUSTOLEO = 5.000 [SSU].<sup>(1)</sup>  
 TEMPERATURA DE BOMBEO = 50 [\*C] [122°F]  
 ACHIQUE = 0.05 x 75.486 [LBS] = 377 [BLS]  
 COMBUSTOLEO = 0.2 x 3774 = 755 [BLS]

ESTE ACEITE SERA VACIADO A UN CARCAMO DESPUES DE SER OBTENIDO DEL TANQUE TV-4 POR LOS SUCCIONADORES FLOTANTES.

ESTE COMBUSTOLEO SALE DEL TANQUE TV-4 CON UNA TEMPERATURA DE 65 [\*C] (149°F) DESCARGANDOSE DIRECTAMENTE POR GRAVEDAD AL CARCAMO DE ACEITE RECUPERADO DE DONDE SE TRANSFERIRA ANTES DE ENFRIARSE AL TANQUE TV-5, QUE TENDRA CAPACIDAD PARA 5.000 [BLS].

DE ACUERDO CON ESTO, EL MAXIMO FLUJO QUE SE MANEJARA DEL CARCAMO AL TANQUE TV-5 SUPONIENDO QUE LA DESCARGA AL TANQUE SE HACE EN 3 HORAS SERA :

$$Q = (755 \times 42) / (3 \times 60) = 176 \text{ [GPM]}$$

CON ESTE GASTO Y SABRIENDO QUE EL COMBUSTOLEO TIENE UNA VISCOSIDAD DE 5.000 [SSU]<sup>(1)</sup>, ENTRAMOS A LA FIGURA N°II.6 PARA DETERMINAR EL MODULO DE PERDIDAS POR FRICCION CON UN DIAMETRO DE TUBERIA DE ACERO AL CARBON DE 6".

# FRICTION LOSS MODULUS FOR 100 FEET OF PIPE

Loss—Lbs. Per Sq. In.—Modulus  $\times$  Specific Gravity

Loss—Feet of Liquid = Modulus  $\times$  2.31

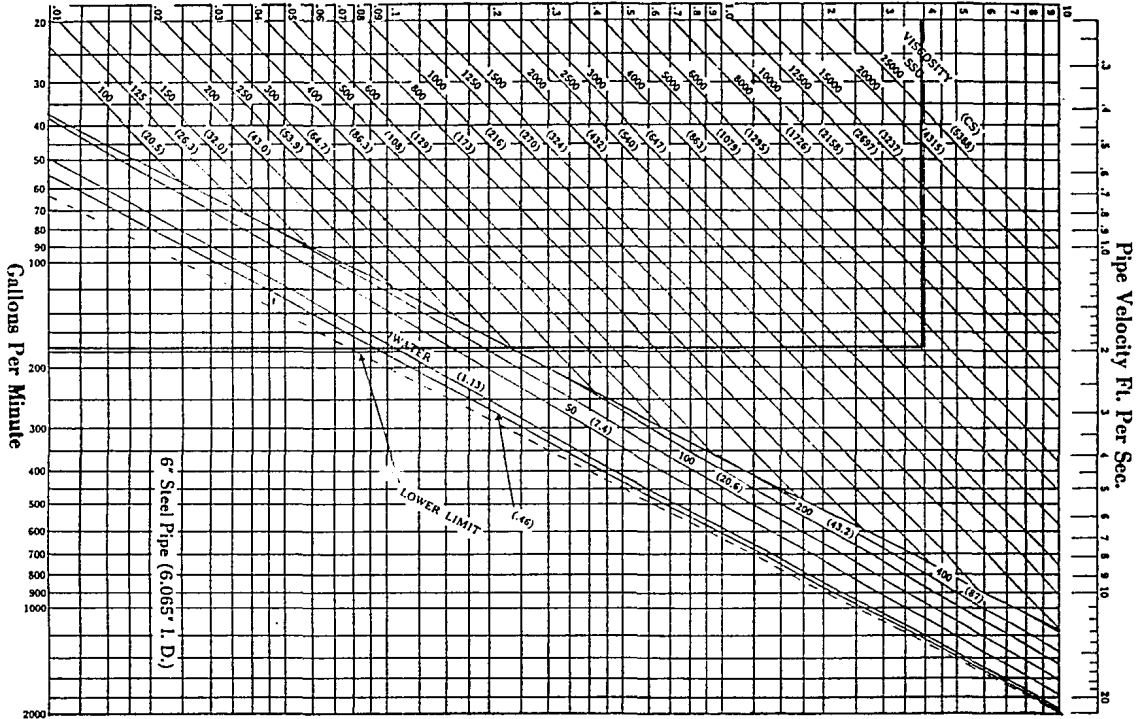


FIG. II. 6



ENCONTRAMOS QUE ESTE NOS DA UN VALOR DE 4 [LB/PULG<sup>2</sup>] <sup>(11)</sup>. EN LA FIGURA N°II.7, VEMOS QUE CON TUBERIA DE 8" DE DIAMETRO SERIA DE 1.45 [LB/PULG<sup>2</sup>], POR PIE DE TUBERIA.

DE ACUERDO CON EL ARREGLO DE TUBERIA DE LA FIGURA N°II.4, LA LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL EN PIES APROXIMADA DE LA TRAYECTORIA DE LA TUBERIA DE COMBUSTOLEO (CONSIDERANDO ACCESORIOS) DEL CARCAMO CT-2 AL TANQUE TV-5 ES DE 250 [Ft] POR LO QUE LAS PERDIDAS TOTALES SON PARA TUBO DE 6".

POR LO TANTO, UTILIZANDO LA SIGUIENTE ECUACION:

$$h_f = (f \times M_p \times 2.31 \times L) / 100 \text{ -----(II.3)}$$

DONDE:

$h_f$  = PERDIDAS DE FRICCION [Ft]

$f$  = FACTOR DE ENVEJECIMIENTO (2.2)

$M_p$  = MODULO DE PERDIDAS x FRICC. [LB/PULG<sup>2</sup>]

$L$  = LONG. EQUIV. TOTAL = (TUBERIA + ACCESORIOS)

SUSTITUYENDO VALORES, TENEMOS:

$$h_f = (2.2 \times 4 \times 2.31 \times 250) / 100 = 50.82 \text{ [Ft]}$$

CONSIDERANDO TUBERIA DE 8" DE DIAMETRO, QUE PRESENTA MENOS PERDIDAS Y EL MANEJO ADECUADO DEL GASTO OBTENIDO, LAS PERDIDAS SERAN UTILIZANDO LA ECUACION (II.3).

$$h_t = (2.2 \times 1.45 \times 2.31 \times 250) / 100 = 18.42 \text{ [Ft]}$$

EN EL CASO DE UTILIZAR TUBERIA DE 6" LA BOMBA TENDRIA QUE VENCER UNA CARGA TOTAL REPRESENTADA POR LA SUMA DE LOS SIGUIENTES ALTURAS A VENCER :

FONDO DEL CARCAMO = 10 [Ft] (3M) <sup>(1)</sup>
ALTURA DEL TANQUE = 40 [Ft] (12.2M) <sup>(1)</sup>
PERDIDAS EN LA TUB. = 50.82 [Ft] (15.5 M) <sup>(1)</sup>
TOTAL DE CARGA = 100.82 [Ft] (30.73M) <sup>(1)</sup>

UN FACTOR MUY IMPORTANTE ES EL CONSUMO DE ENERGIA DEL EQUIPO , POR LO QUE ESTA BOMBA CONSUMIRIA LA SIGUIENTE ENERGIA . APLICANDO LA ECUACION :

$$B_{hp} = Q H \rho / 3960 N_p N_m \text{-----(II.4)}$$

DONDE

Q = GASTO EN [GPM] <sup>(1)</sup>

H = CARGA EN [Ft]

N<sub>p</sub> = EFICIENCIA BOMBA

ρ = DENSIDAD RELATIVA

N<sub>m</sub> = EFICIENCIA MOTOR

SUSTITUYENDO VALORES EN LA ECUACION (II.4):

$$B_{hp} = (101 \times 176 \times 0.96) / (3960 \times 0.6 \times 0.75) = 9.57 \text{ [HP]}$$

PARA ESTE TIPO DE INSTALACIONES SE UTILIZA UN FACTOR DE SERVICIO PARA MOTORES DE 1.10, POR LO QUE LA POTENCIA FINAL DEL MOTOR SERA DE :

$$\text{HP} = 9.57 \times 1.1 = 10.53 \text{ [HP]}$$

POR LO TANTO CONSIDERAREMOS TUBERIA DE 6" Y EL MOTOR QUE MOVERA LA BOMBA SERA DE 15 [HP]<sup>(1)</sup> (POTENCIA INMEDIATA SUPERIOR COMERCIAL A LA CALCULADA).

EL CONTROL DE BOMBEO EN EL CARCAMO DE COMBUSTOLEO SERA POR MEDIO DE ELECTRONIVELES.

#### II.2.33 CALCULO DE TUBERIA PARA TRANSFERENCIA DE COMBUSTOLEO DEL TANQUE TV-5 A LA REFINERIA.

COMO SE DIJO EN CAPITULO ANTERIOR, EL ACEITE O COMBUSTOLEO RECUPERADO SE ENVIARA A LA REFINERIA O SE DESCARGARA DIRECTAMENTE A LA LINEA DE LLENADO DE LOS BUQUES, EL CASO MAS CRITICO ES EL ENVIO A LA REFINERIA YA QUE SON 4 [Km] DE DISTANCIA POR LO QUE HAREMOS EL CALCULO PARA ESTE CASO MAS DESFAVORABLE.

EL TANQUE DE 5.000 [BLS], ALMACENARA EL PRODUCTO BOMBEADO DEL CARCAMO CT-2. EL TIEMPO QUE TARDA EN ALMACENAR EL TOTAL DE VOLUMEN DE 755 BLS ES "T<sub>d</sub>" (TIEMPO EN DIAS) POR LO QUE:

(1) VER GLOSARIO DE TERMINOS

$$T_d = 5,000 \text{ [BLS]} / 755 \text{ [BLS/DIA]} = 6.62 \text{ [DIAS]}$$

POR LO QUE EL BOMBEO PODRA HACERSE CADA 6 DIAS PROMEDIO; EL TIEMPO RECOMENDADO PARA BOMBEAR ES DE 8 Hrs. POR LO QUE EL GASTO SERA:

$$Q = (5,000 \times 42) / (8 \times 60) \text{ min.} = 437.5 \text{ [GPM]}$$

PARA TRANSPORTAR EL COMBUSTOLEO. VAMOS A SELECCIONAR COMO PRIMER INTENTO TUBERIA DE 8" DE DIAMETRO. PARA OBTENER EL MODULO DE PERDIDAS ENTRAMOS A LA FIGURA II.7, CON LOS DATOS DE GASTOS 437.5 [GPM]<sup>(1)</sup> Y UNA VISCOSIDAD DE 5.000 [SSU].<sup>(1)</sup>

CALCULO DE PERDIDAS : UTILIZANDO LA ECUACION (II.3) DEL INCISO ANTERIOR :

$$h_f = (2.2' \times 3.4 \times 2.31 \times 13124') / 100 = 2268 \text{ [Ft]}$$

SUMANDO LA ALTURA DEL TANQUE QUE RECIBIRA EL COMBUSTOLEO. LA CARGA TOTAL SERA :

$$2268 + 40 \text{ (TANQUE RECEPTOR)} = 2308 \text{ [Ft]}$$

CALCULANDO LA CAPACIDAD DE LA BOMBA. SE TIENE APLICANDO II.4:

$$bhp = (437.5 \times 2.308 \times 0.96) / (3960 \times 0.85) = 288 \text{ [HP]}$$

ES UNA BOMBA DEMASIADO GRANDE POR LO QUE TENEMOS QUE AUMENTAR

# FRICTION LOSS MODULUS FOR 100 FEET OF PIPE

Loss—Lbs. Per Sq. In.—Modulus × Specific Gravity

Loss—Feet of Liquid = Modulus × 2.31

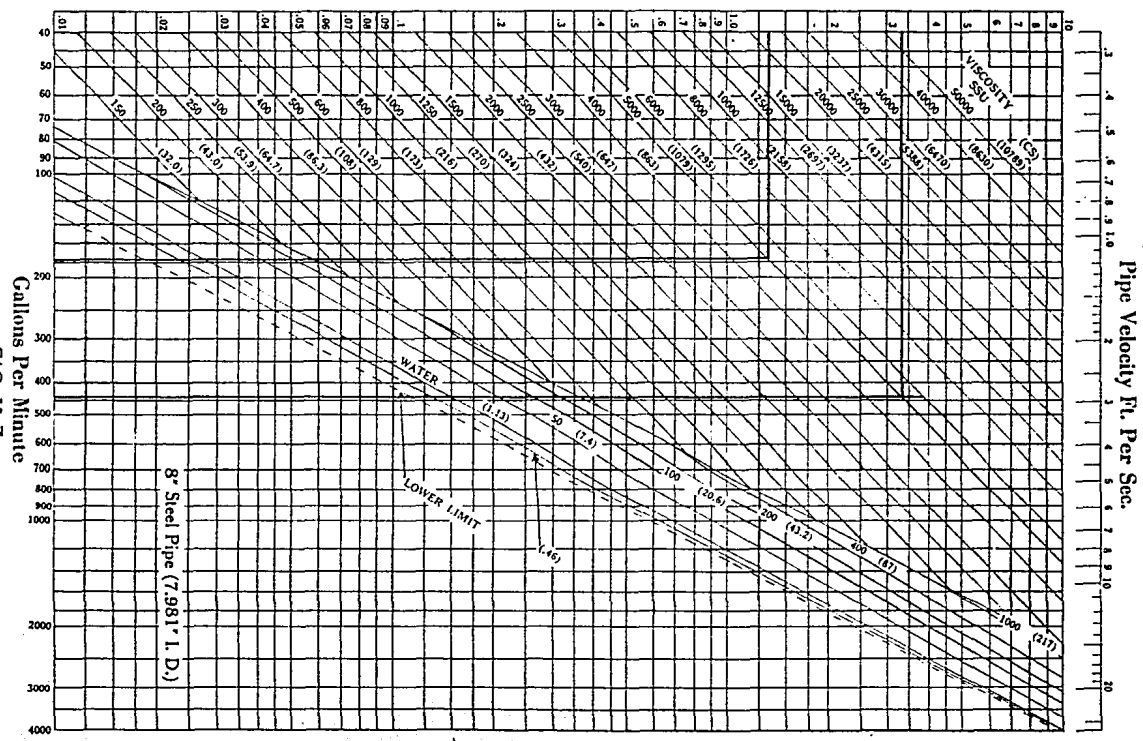


FIG. 11.7

EL DIAMETRO DE LA TUBERIA A 12", CONSULTANDO LA FIGURA N° II.8  
(MODULO DE PERDIDAS = 0.65 [LB/PULG<sup>2</sup> ]<sup>(1)</sup>)

CALCULO DE PERDIDAS, APLICANDO LA ECUACION II.3 :

$$H_f = (2.2 \times 0.65 \times 2.31 \times 2308) / 100 = 76.24 \text{ [Ft]}$$

AGREGANDO LA ALTURA DEL TANQUE = 40' [Ft], LA CARGA TOTAL ES :

$$H_t = 76.24 + 40 = 116.24 \text{ [Ft].}$$

RECALCULANDO LA POTENCIA DE LA BOMBA SE TIENE :

$$bhp = (116.24 \times 427.5 \times 0.96) / (3960 \times 0.80) = 15.41 \text{ [HP]}$$

AHORA SE CALCULA LA POTENCIA DEL MOTOR CONSIDERANDO UNA EFI-  
CIENCIA DEL 80% :

$$HP_m = 15.41 / 0.8 = 19.26 \text{ [HP]}$$

APLICANDO EL FACTOR DE SERVICIO DE 1.1, SE TIENE :

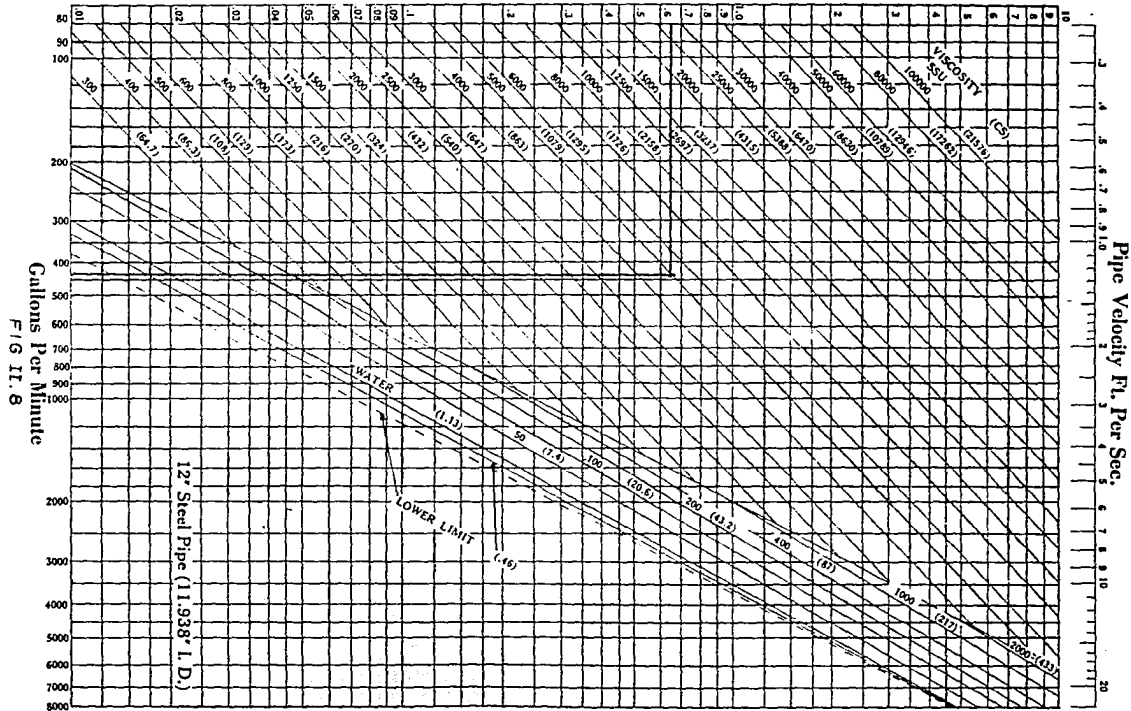
$$HP_n = 19.26 \times 1.10 = 21.19 \text{ [HP]}$$

SE SELECCIONA UN MOTOR COMERCIAL DE 25 [HP], QUE ES EL INME-  
DIATO SUPERIOR.

# FRICTION LOSS MODULUS FOR 100 FEET OF PIPE

Loss—Lbs. Per Sq. In. = Modulus  $\times$  Specific Gravity

Loss—Feet of Liquid = Modulus  $\times$  2.31



POR LO TANTO, SELECCIONAREMOS PARA TRANSPORTAR COMBUSTOLEO A 50 [°C] DEL TANQUE TV-5 A LA REFINERIA, TUBERIA DE ACERO AL CARBON DE 12" DE DIAMETRO, Y EL MOTOR PARA BOMBEO SERA DE 25 [HP]. LA TEMPERATURA MINIMA DE BOMBEO PARA EL COMBUSTOLEO DEBE SER DE 122 [°F] (50°C)<sup>(1)</sup> CON UNA VISCOSIDAD = 5.000 [SSU]<sup>(1)</sup>

#### II.2.34 CALCULO DE BOMBA Y TUBERIA PARA RECIRCULAR ACHIQUE EN TV-4

LA CAPACIDAD DEL TANQUE TV-4 ES DE 10.000 [BLS], DE ACUERDO CON EL PROGRAMA DE REPOSO SE DISPONEN DE 8 HORAS MAXIMO PARA RECIRCULAR LA MEZCLA POR LO QUE EL GASTO SERA : (VER DIAGRAMA DE FLUJO, BOMBA CON CLAVE BA-1)

$$Q \text{ [GPM]} = 10.000 \text{ [BLS]} \times 42 / (8 \text{ HR} \times 60 \text{ min}) = 875 \text{ [GPM]}$$

CON ESTE GASTO ENTRAMOS A LA TABLA N° II.8, DEL "HIDRAULIC INSTITUTE" EN LA CUAL, PARA 900 [GPM]<sup>(1)</sup> Y UNA VELOCIDAD DE 3.66 [PIES/SEG.],<sup>(1)</sup> SE RECOMIENDA UNA TUBERIA DE 10" DE DIAMETRO. CONSIDERAMOS QUE ESTE DIAMETRO ES ADECUADO YA QUE LA MEZCLA DE ACEITE Y AGUA TIENE UNA VISCOSIDAD PROMEDIO DE 50 [SSU]. POR LO QUE SE RECOMIENDA QUE LA VELOCIDAD EN LA TUBERIA SEA MAS BAJA QUE SI FUERA SOLO AGUA (8 PIES/SEG.).



HYDRAULIC INSTITUTE

FRICION LOSS FOR WATER IN FEET PER 100 FEET OF PIPE

TABLE II. 8

10 INCH NOMINAL		WROUGHT IRON OR STEEL SCHEDULE 40 ID=10.020 INCHES e/D=0.003180			ASPHALT-DIPPED CAST IRON ID=10.00 INCHES e/D=0.00480		
DISCHARGE		V	V <sup>2</sup> /2g	h <sub>f</sub>	V	V <sup>2</sup> /2g	h <sub>f</sub>
CFS	GPM	ft./sec	feet	feet per 100 feet of pipe	ft./sec	feet	feet per 100 feet of pipe
0.0223	10	0.0407	0.000257	0.000138	0.0409	0.000259	0.000140
0.0446	20	0.0814	0.000103	0.000451	0.0817	0.000104	0.000460
0.0691	40	0.163	0.000112	0.00140	0.163	0.000415	0.00154
0.134	60	0.244	0.00026	0.00304	0.245	0.000934	0.00315
0.178	80	0.325	0.00165	0.00505	0.327	0.00166	0.00525
0.223	100	0.407	0.00257	0.00747	0.409	0.00259	0.00783
0.267	120	0.488	0.00370	0.0103	0.490	0.00373	0.01085
0.312	140	0.570	0.00501	0.0136	0.572	0.00508	0.0144
0.356	160	0.651	0.00659	0.0174	0.654	0.00664	0.0183
0.401	180	0.732	0.00844	0.0215	0.735	0.00840	0.0227
0.446	200	0.814	0.0103	0.0260	0.817	0.0104	0.0276
0.490	220	0.895	0.0125	0.0309	0.899	0.0126	0.0329
0.535	240	0.976	0.0148	0.0362	0.980	0.0149	0.0387
0.579	250	1.00	0.0154	0.0371	1.00	0.0155	0.0409
0.624	280	1.14	0.0202	0.0478	1.14	0.0203	0.0514
0.668	300	1.22	0.0232	0.0542	1.23	0.0233	0.0583
0.780	350	1.42	0.0315	0.0719	1.43	0.0318	0.0778
0.891	400	1.63	0.0412	0.0917	1.63	0.0415	0.0990
1.003	450	1.83	0.0521	0.114	1.84	0.0525	0.1235
1.11	500	2.03	0.0643	0.138	2.04	0.0648	0.151
1.23	550	2.24	0.0778	0.164	2.25	0.0785	0.181
1.34	600	2.44	0.0926	0.192	2.45	0.0934	0.214
1.45	650	2.64	0.109	0.224	2.66	0.110	0.250
1.56	700	2.85	0.126	0.256	2.86	0.127	0.288
1.67	750	3.05	0.145	0.291	3.06	0.146	0.328
1.78	800	3.25	0.165	0.327	3.27	0.166	0.370
1.89	850	3.46	0.186	0.368	3.47	0.187	0.415
2.01	900	3.66	0.208	0.410	3.68	0.210	0.462
2.12	950	3.87	0.232	0.455	3.88	0.234	0.512
2.23	1000	4.07	0.257	0.500	4.09	0.259	0.565
2.45	1100	4.48	0.311	0.600	4.49	0.314	0.680
2.67	1200	4.88	0.370	0.703	4.90	0.373	0.805
2.90	1300	5.29	0.435	0.818	5.31	0.438	0.945
3.12	1400	5.70	0.504	0.940	5.72	0.508	1.09
3.34	1500	6.10	0.579	1.07	6.13	0.584	1.25
3.56	1600	6.51	0.659	1.21	6.54	0.664	1.42
3.79	1700	6.92	0.743	1.36	6.94	0.749	1.60
4.01	1800	7.32	0.834	1.52	7.35	0.840	1.78
4.23	1900	7.73	0.929	1.68	7.76	0.936	1.97
4.46	2000	8.14	1.03	1.84	8.17	1.04	2.17
4.69	2200	8.65	1.25	2.23	8.66	1.26	2.64
5.35	2400	9.76	1.48	2.64	9.80	1.49	3.12
5.79	2600	10.6	1.74	3.08	10.6	1.75	3.63
6.24	2800	11.4	2.02	3.56	11.4	2.03	4.18
6.68	3000	12.2	2.32	4.06	12.3	2.33	4.70
7.13	3200	13.0	2.63	4.59	13.1	2.66	5.27
7.58	3400	13.8	2.97	5.16	13.9	3.00	5.88
8.02	3600	14.6	3.33	5.76	14.7	3.36	6.51
8.47	3800	15.5	3.71	6.40	15.5	3.74	7.08
8.91	4000	16.3	4.12	7.07	16.3	4.15	7.69
10.03	4500	18.3	5.21	8.88	18.4	5.25	10.7
11.1	5000	20.3	6.43	10.9	20.4	6.48	13.2
12.3	5500	22.4	7.78	13.2	22.5	7.58	15.9
13.4	6000	24.4	9.26	15.0	24.5	9.34	18.9
14.5	6500	26.4	10.9	18.3	26.6	11.0	22.2
15.6	7000	28.5	12.6	21.1	28.6	12.7	25.8
16.7	7500	30.5	14.5	24.3	30.0	14.6	29.0
17.8	8000	32.5	16.5	27.5	31.7	16.6	33.0
18.9	8500	34.6	18.6	30.9	34.7	18.7	37.5
20.1	9000	36.6	20.8	34.0	36.8	21.0	42.3
21.2	9500	38.7	23.2	38.5	38.8	23.4	46.5
22.3	10000	40.7	25.7	42.0	40.9	25.9	51.6

NOTE: No allowance has been made for age, differences in diameter, or any abnormal condition of interior surface. Any factor of safety must be estimated from the local conditions and the requirements of each particular installation.

CONSIDERANDO EL RECORRIDO DE LA TUBERIA DE 500 [Ft] SE PROCEDA A CALCULAR LAS PERDIDAS EN TUBERIA Y ACCESORIOS.

PERDIDAS EN ACCESORIOS (LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA RECTA)

(VER TABLA SIGUIENTE)

4 CODOS 90° DE 10 PULG. DIAM.	- 4 × 18 = 72 [Ft]
2 VALVULAS DE MARIPOSA DE 10" DIAM.	- 2 × 8 = 16 [Ft]
2 CODOS 45° DE 10 DIAM.	- 2 × 12 = 24 [Ft]
1 TE DE 10"	- 1 × 48 = 48 [Ft]
1 VALVULA CHECK DE 10"	- 1 × 60 = 60 [Ft]
TOTAL DE LONGITUD EQUIVALENTE	- = 220 [Ft]
LONGITUD DE TUBERIA RECTA	- = 500 [Ft]
LONGITUD TOTAL	- = 720 [Ft]

CALCULO DE PERDIDAS TOTALES :

ENTRANDO A LA FIGURA N° II.9. CON 10" DE DIAMETRO. UNA VISCOSIDAD DE 50 [SSU] Y UN GASTO DE 875 [GPM]. EL MODULO DE PERDIDAS ( $M_p$ )<sup>(1)</sup> ES 0.23 POR LO QUE:

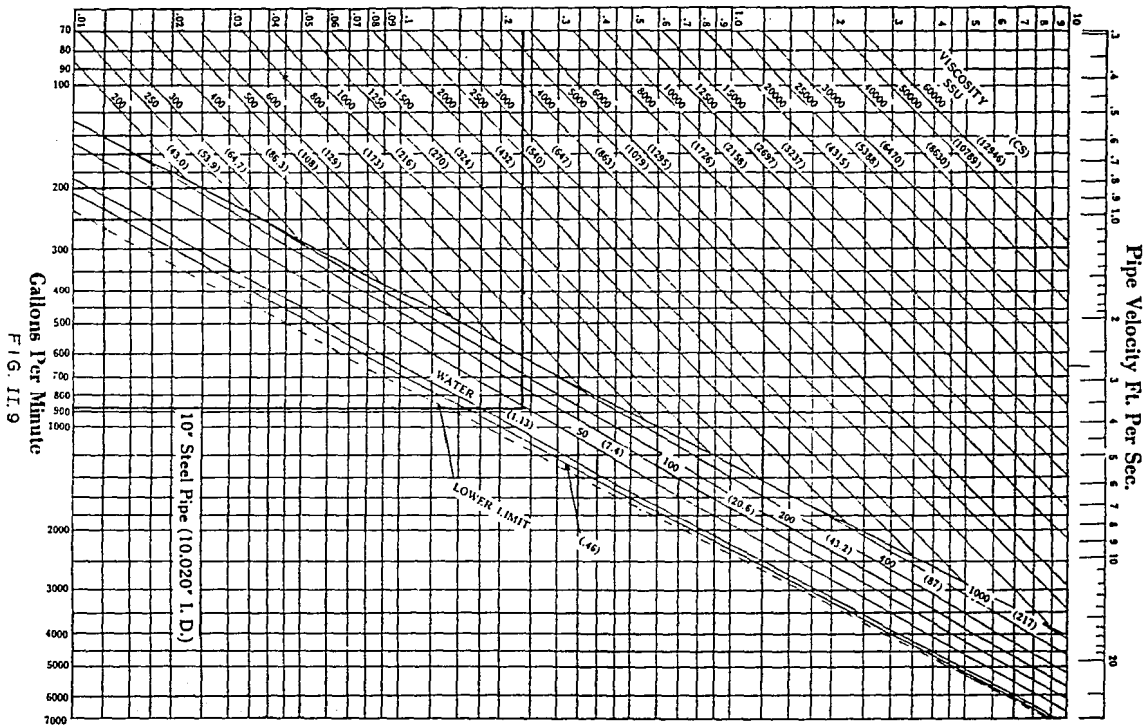
$$h_f = (2.2 \times 0.23 \times 2.31 \times 720) / 100 = 8.42 \text{ [Ft]}$$

A ESTO HAY QUE AGREGAR LA CAIDA DE PRESION EN LOS CALENTADORES, (RECOMENDADO POR EL FABRICANTE) CA-1 Y CA-3. QUE ES DE 40 [Ft] MAS LA ALTURA DEL TANQUE = 40 [Ft].

# FRICTION LOSS MODULUS FOR 100 FEET OF PIPE

Loss—Lbs. Per Sq. In. = Modulus  $\times$  Specific Gravity

Loss—Feet of Liquid = Modulus  $\times$  2.31



TOTAL DE CARGA PARA LA BOMBA -  $40 + 8.42 + 40 = 88.42$  [Ft]

CALCULO DE POTENCIA AL FRENO DE LA BOMBA

APLICANDO LA ECUACION II.4, SE TIENE:

$$\text{bhp} = 88.42' \times 875 / (3960 \times 0.7) = 27.90 \text{ [HP]}$$

CALCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR

$$\text{HP}_a = (27.90 / 0.8) \times 1.10 = 36.10 \text{ [HP]}^{(1)}$$

SELECCIONAMOS UN MOTOR COMERCIAL DE 40 HP

## II.3 SELECCION DE EQUIPO

### II.3.1 SELECCION DE EQUIPO MECANICO

TANTO PARA LA SELECCION DE EQUIPO ELECTRICO COMO MECANICO SE CONSIDERAN LAS SIGUIENTES CONDICIONES DEL LUGAR.

LUGAR DE INSTALACION : TERMINAL MARITIMA DE SALINA CRUZ, OAXACA
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR : 4 M.
TEMPERATURA MAXIMA EXTERNA : 40 °C
TEMPERATURA MEDIA ANUAL : 26 °C
TEMPERATURA MINIMA APROX. ANUAL : 26 °C
MEDIO AMBIENTE : ALTAMENTE CORROSIVO
TEMPERATURA BULBO HUMEDO DE DISEÑO : 28 °C
VELOCIDAD MAXIMA DEL VIENTO : 240 (KM/H) NNE-SSW
PRECIPITACION MAXIMA EN 24 (HRS) : 348.4 (MM)

### II.3.2 SELECCION DE LA CALDERA

CON BASE EN LOS CALCULOS ANTERIORES Y TENIENDO EN CUENTA QUE LA CAPACIDAD DE 800 [HPc] ., ES UN RANGO QUE PUEDE SER SUMINISTRADO POR UNA CALDERA TIPO PAQUETE, SIMILAR A LA DE LA FIG.II.3. MARCA CLEAVER BROOKS, O SIMILAR. EN GENERAL LA CALDERA TENDRA LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES :

UNA UNIDAD : CALDERA TIPO PAQUETE PARA GENERAR VAPOR DE CALENTAMIENTO PARA COMBUSTIBLE Y ACHIQUE CON AGUA DE MAR.

CLAVE DE LA CALDERA CV-1.

CAPACIDAD EVAPORATIVA MAXIMA CONTINUA, TIPO HORIZONTAL DE TUBOS DE HUMO, VARIOS PASOS. TOTALMENTE AUTOMATICA, PARA INSTALARSE A NIVEL DEL MAR. TIPO INTEMPERIE. COMBUSTIBLE : DIESEL. PRESION DE DISEÑO: 150 [Lb/pulg.<sup>2</sup>] (10.5 [Kg/cm<sup>2</sup>]) PRESION DE EVAPORACION 50 [Lb/pulg.<sup>2</sup>] (3.5 [Kg/cm<sup>2</sup>]) <sup>(1)</sup>.

LA UNIDAD DEBERA CONTAR CON LOS SIGUIENTES ELEMENTOS:

VENTILADOR DE TIRO FORZADO CON ACCIONAMIENTO DE MOTOR ELECTRICO, QUEMADOR PARA ACEITE DIESEL CON ATOMIZADOR POR AIRE, COMPRESOR ACCIONADO CON MOTOR ELECTRICO, TABLERO DE CONTROL AUTOMATICO CON INDICADORES DE FALLADO DE FLAMA, BAJO NIVEL DE AGUA, INTERRUPTORES Y ARRANCADORES DE MOTORES A 440V., 60Hz.

(1) VER GLOSARIO DE TERMINOS



3 FASES, DEMANDA DE CARGA, PROGRAMADOR DE COMBUSTION, CONTROL DE FLUJO, SISTEMA DE IGNICION, DETECTOR DE FLAMA, VALVULA PRINCIPAL DE VAPOR, VALVULA DE PURGA, DE SEGURIDAD, ALIMENTACION DE AGUA, ALAMBRADO ELECTRICO COMPLETO, MONTAJE EN PATINES DE ACERO ESTRUCTURAL. ACCESORIOS ADICIONALES PARA LA CALDERA:

BOMBA AGUA DE ALIMENTACION, FILTRO EN LA SUCCION, MANOMETRO, TANQUE PARA RECIBIR EL CONDENSADO, TERMOMETRO, CHIMENEA, TRATADO TROPICALIZADO, Y EQUIPO DE SUAVIZACION DE AGUA.

EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y PRUEBA; DEBERAN ESTAR DE ACUERDO CON LAS REVISIONES MAS RECIENTES DE LAS NORMAS: ASME, PEMEX, AMI-ME, ETC..

### II.3.3 SELECCION DE BOMBAS PARA MANEJO DE COMBUSTOLEO, ACHI- QUE Y AGUA DE LASTRE.

PARA TODOS LOS CASOS DE BOMBEO SE SELECCIONARON BOMBAS TIPO CENTRIFUGAS, YA SEA HORIZONTALES O VERTICALES, SEGUN EL CASO. EXCEPTO LA BOMBA QUE MANEJA COMBUSTOLEO, LA CUAL SERA ROTATORIA TIPO TORNILLO, YA QUE DE ACUERDO CON LA VISCOSIDAD DEL COMBUSTOLEO NO ES APROPIADO MANEJARLO CON BOMBA CENTRIFUGA.

BASICAMENTE LOS FLUIDOS, AGUA DE MAR Y ACHIQUE, QUE SE MANEJAN EN ESTE DISEÑO ASI COMO SUS GASTOS Y PRESIONES (875 [gpm] Y



116 [Ft] MAX.) SON FACIL Y ECONOMICAMENTE MANEJABLES CON BOMBAS CENTRIFUGAS HORIZONTALES O VERTICALES TIPO RADIAL O TIPO TURBINA.

POR OTRA PARTE SON BOMBAS DE CONSTRUCCION SIMPLE Y COSTO INICIAL BAJO. TAMBIEN MANTIENEN FLUJOS UNIFORMES, REQUIEREN DE POCO ESPACIO PARA INSTALACION. EL COSTO DE MANTENIMIENTO ES BAJO, SON DE OPERACION SILENCIOSA Y SON FACILMENTE ADAPTABLES A MOTORES ELECTRICOS O TURBINA.

TIENEN BUENOS RENDIMIENTOS EN TRANSPORTES DE FLUIDOS, NO TIENEN LIMITACIONES EN CUANTO A CAPACIDAD.

ESTAS SON BASICAMENTE LAS CARACTERISTICAS POR LAS CUALES LAS BOMBAS CENTRIFUGAS YA SEAN RADIALES, AXIALES O DE FLUJO MIXTO SON LAS MAS ADAPTABLES A NUESTRO PROYECTO.

POR OTRA PARTE LAS VELOCIDADES ESPECIFICAS DE NUESTRAS BOMBAS: ESTAN POR DEBAJO DE LAS 4200 [RPM]<sup>(1)</sup>, QUE ES EL RANGO DONDE SE RECOMIENDAN, LAS BOMBAS CENTRIFUGAS TIPO RADIAL.

COMO UN EJEMPLO CALCULAREMOS LA VELOCIDAD ESPECIFICA DE LA BOMBA DE RECIRCULACION DE ACHIQUE, QUE TIENE UNA CARGA DE 70 [Ft] Y UN GASTO DE 875 [GPM]<sup>(1)</sup>.

CON LA ECUACION:

$$N_s = ( N Q ) / H^{75} \text{ -----(II.5)}$$

DONDE :

N = VELOCIDAD NOM. [RPM]

Q = GASTO EN [GPM]

H = CARGA DE LA BOMBA [Ft]

LAS RPM'S NOMINALES PARA ESTA BOMBA DE ACUERDO A FABRICANTES SON DE 1800; POR LO QUE SUSTITUYENDO LOS VALORES YA MENCIONADOS EN LA ECUACION II.5. TENEMOS:

$$N_s = (1800 \ 875) / 70^{75} = 2200 \quad \text{QUE ES MENOR DE 4200 RPM.}$$

DE ACUERDO CON EL "HYDRAULIC INSTITUTE STANDARDS", SE RECOMIENDAN BOMBAS CENTRIFUGAS CON IMPULSOR RADIAL O TIPO FRANCIS. LAS OTRAS BOMBAS TIENEN VELOCIDADES ESPECIFICAS MAS BAJAS POR LO QUE SERAN CENTRIFUGAS RADIALES. LAS QUE SE UTILIZARAN EN EL DISEÑO DE LA INSTALACION PROPUESTA.

II.3.4 COMO EJEMPLO SE ESPECIFICARA LA BOMBA DE MANEJO Y RECIRCULACION DE ACHIQUE EN TANQUE TV-4. (TENIENDO EN CUENTA QUE EL CALCULO PARA LAS DEMAS BOMBAS SERA SIMILAR).

CANTIDAD 1 (UNA): BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL (CON BASE Y MO-

TOR ELECTRICO): DIVISION RADIAL, IMPULSOR ABIERTO, CONEXION DE SUCCION EN EL FRENTE, COINCIDIENDO CON EL EJE DE ROTACION, CONEXION DE DESCARGA TANGENCIAL, CUERPO E INTERIORES DE BRONCE MARINO (ASTM-B-584), PARA MANEJAR AGUA DE MAR CON MEZCLA DE 20% DE COMBUSTOLEO, (ACHIQUE), FLECHA DE ACERO INOXIDABLE, BASE DE ACERO ESTRUCTURAL, TEMPERATURA DE OPERACION : 65[°C], DENSIDAD RELATIVA PROMEDIO : 1.00 CAPACIDAD : 875 [GPM] (55.2 [L/s]), CARGA DINAMICA TOTAL : 70 [Ft] (2.13 [Kg/cm<sup>2</sup>)]<sup>(11)</sup>

EL ACCIONAMIENTO SERA CON MOTOR ELECTRICO TIPO INDUCCION JAULA DE ARDILLA, TENSION : 440V, 3 FASES, 60 Hz, AISLAMIENTO CLASE B, FACTOR DE SERVICIO: 1.10, ACOPLAMIENTO FLEXIBLE, TIPO TCCV, 1800 rpm, ACABADO TROPICALIZADO, REFACCIONES PARA DOS AÑOS DE OPERACION.

#### II.3.5 ESPECIFICACIONES PARA BOMBA DE ENVIO DE COMBUSTOLEO DEL CARCAMO AL TANQUE TV-5.

UNA (1) BOMBA ROTATORIA TIPO TORNILLO, PARA INSTALARSE EN UN CARCAMO DE 3.5 [METROS] DE PROFUNDIDAD Y TRABAJAR CON EL IMPULSOR AHOGADO, MANEJO DE COMBUSTOLEO A 65 [°C] (149°F), CAPACIDAD 176 [GPM] (11.10 L/s), VISCOSIDAD DE ACEITE 5000 [SSU] A 50[°C] (12.2°F), CARGA DINAMICA TOTAL : 101 [Ft] (3.35 Kg/cm<sup>2</sup>), CARCAZA DE ACERO AL CARBON ASTM-A-27 GR. 65-35, ROTORES

Y FLECHA DE ACERO INOXIDABLE ASTM-A-276 TIPO 316, ACCIONAMIENTO CON MOTOR ELECTRICO, TIPO INDUCCION JAULA DE ARDILLA, 440V, 60Hz. 3 FASES , ETC.

#### II.4 COSTO DE LA INSTALACION ELECTROMECHANICA

##### II.4.1 INTRODUCCION:

EN ESTA PARTE DEL TRABAJO TRATAREMOS DE DAR UNA VISION ECONOMICA DEL PROYECTO, TOMANDO EN CUENTA EXCLUSIVAMENTE EL SUMINISTRO E INSTALACION DEL EQUIPO Y MATERIALES ELECTROMECHANICOS.

LOS DATOS ECONOMICOS INDICADOS EN ESTE INCISO FUERON TOMADOS DIRECTAMENTE DE LA INFORMACION DE FABRICANTES ASI COMO DE LOS COSTOS DE INSTALACION QUE TIENE PETROLEOS MEXICANOS PARA SUS PLANTAS INDUSTRIALES, LOS CUALES YA SE TIENEN TABULADOS EN SU CATALOGO DE PRECIOS UNITARIOS. (GEN)

##### II.4.2 INSTALACION MECANICA

LOS DATOS INCLUYEN EL EQUIPO ASI COMO SU INSTALACION (VER TABLA SIGUIENTE)

CANTIDAD	DESCRIPCION DE EQUIPO	Nº COSTO
1 PZA	BOMBA Y MOTOR ELECTRICO PARA RECIRCULACION DE ACHIQUE	11.500
1 PZA	BOMBA Y MOTOR ELECTRICO PARA BOMBEO DE COMBUSTOLEO A REFINERIA	32.000
1 PZA	BOMBA Y MOTOR ELECTRICO DE BOMBEO COMBUSTOLEO DE CARCAMO A TV-5	5.000
1 PZA	BOMBA Y MOTOR ELECTRICO DE BOMBEO DRENAJE ACEITOSO A TANQUE TV-4	35.000
1 PZA	BOMBA Y MOTOR ELECTRICO DE BOMBEO INYECCION DE DIESEL A RECIRCULACION	1.500
1 PZA	BOMBA Y MOTOR ELECTRICO DE INYECCION DE DESMULSIFICANTE A RECIRCULACION	1.500
1 PZA	PLANTA DE FLOTACION PARA ELIMINACION DE ACEITE	500.000
3 PZA	TANQUE DE LASTRE	900.000
1 PZA	TANQUE DE DIESEL	10.000
1 PZA	TANQUE DE ACHIQUE	100.000
1 PZA	TANQUE DE COMBUSTOLEO	75.000
3 PZA	CALENTADORES CA-1, CA-2 Y CA-3	500.000
1 PZA	CALDERA DE 800 HPC	623.180
10 PZA	VALVULAS DE MARIPOSA GRANDES	352.358
1 PZA	COMPRESORES PARA INYECCION DE AIRE	150.000
—	INSTRUMENTOS DE MEDICION: TERMOMETROS, MANOMETROS, MEDIDORES DE FLUJO, ETC.	10.000
—	ACCESORIOS PARA TUBERIA : CODOS, REDUCCIONES, TES, BRIDAS, SOPORTES, ETC.	69.000
—	TUBERIA DE ACERO AL CARBON PARA LASTRE: LLENADO DE TANQUES. VACIADO DE TANQUES TRANSFERENCIA DE COMBUSTOLEO Y DRENAJE ACEITOSO.	479.000
TOTAL DEL AREA MECANICA		3822.538

### II.4.3 INSTALACION ELECTRICA

LOS DATOS INDICADOS INCLUYEN EL EQUIPO ASI COMO SU INSTALACION, VER TABLA SIGUIENTE:

CANTIDAD	DESCRIPCION DEL EQUIPO	N\$ COSTO
1 PZA	TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION 300 KVA, 13.800- /480V	19.300
1 PZA	TABLERO CCM-480V CON ARRANADORES PARA MOTOR	90.000
1 PZA	CUCHILLAS DESCONECTADORAS CON FUSIBLES	37.120
—	CABLE DE ENERGIA 15.000V, 3/0 AWG Y 500 MCM, 600V.	30.000
—	SUMINISTRO E INSTALACION TUBO CONDUIT	13.761
—	SUMINISTRO E INSTALACION CABLE MONOPOLAR	8.382
—	SUMINISTRO E INSTALACION CAJAS CONDULETS Y ACCESORIOS	5.830
—	SUMINISTRO E INSTALACION RED DE TIERRAS	50.960
—	LUMINARIAS VAPOR DE SODIO	92.300
—	POSTES PARA LUMINARIAS	31.680
—	INSTALACION Y SUMINISTRO TRANSFORMADOR TIPO SECO EN CCM	6.571
1 PZA	TABLERO DE ALUMBRADO Y DISTRIBUCION EN BAJA TENSION, 220-120 VCA, CON INTERRUPTORES TERMO- MAGNETICOS	7.742
TOTAL DEL AREA ELECTRICA		393.646

COSTO ELECTROMECHANICO	N\$ TOTAL
COSTO DE INSTALACION MECANICA	3822.538
COSTO DE INSTALACION ELECTRICA	393.646
COSTO TOTAL DE INSTALACION	4216.184

**CAPITULO III : SUMINISTRO DE ENERGIA**

**III.1 : CUANTIFICACION DE CARGA Y DIAGRAMA UNIFILAR**

DE ACUERDO CON LOS CALCULOS DEL CAPITULO II EL EQUIPO QUE REQUIERE ENERGIA ELECTRICA ES EL SIGUIENTE:

CANTIDAD	DESCRIPCION DEL EQUIPO	CARGA
1 PZA	BOMBA DE RECIRCULACION DE ACHIQUE EN TV-4	40 HP
1 PZA	BOMBA DE RECIRCULACION EN EQUIPO DE FLOTACION	40 HP
1 PZA	COMPRESOR PARA INYECCION DE AIRE EN TANQUES	40 HP
-----	SERVICIOS AUXILIARES DE CALDERA (AGUA DE ALIMENTACION, COMPRESORES, ETC)	23 HP
11 PZA	MOTORES PARA VALCULAS DE MARIPOSA EN TANQUES (0.5 [HP] c/u)	5.5 HP
1 PZA	BOMBA DE DRENAJE ACEITE A TANQUE TV-4	3 HP
1 PZA	COMPRESOR PARA EQUIPO DE FLOTACION	5 HP
1 PZA	BOMBA PARA ENVIAR COMBUSTOLEO A TV-5 DEL CARCAMO CT-2	15 HP
1 PZA	BOMBA PARA TRANSFERIR COMBUSTOLEO A REFINERIA	25 HP
1 PZA	BOMBA DE INYECCION DE DIESEL A TANQUE TV-4	1 HP
1 PZA	DESNATADOR DE EQUIPO DE FLOTACION	0.5 HP
1 PZA	BOMBA DE INYECCION DE DESEMULSIFICANTE A TV-4	1 HP
1 PZA	BOMBA DE ACEITE DE EQUIPO DE FLOTACION	3 HP
CARGA TOTAL EN HP's		202 HP

LAS INSTALACIONES ELECTRICAS EN ESTA AREA TRABAJAN CON UN FACTOR DE POTENCIA ATRASADO DE 0.8 POR LO QUE ESTA CARGA EN [Kva] SERA :

$$KVA = HP \times 0.7457 / Fp^{(1)} \text{ -----(III.1)}$$

SUSTITUYENDO VALORES, TENEMOS:

$$Kva = (HP \times 0.7457) / 0.8 = (202 \times 0.7457) / 0.8 = 188 [Kva]^{(1)}$$

DE ACUERDO CON LA NORMA DE PEMEX 2.241.01. LOS MOTORES DE 0.5 [HP] HASTA 200[HP] DE POTENCIA DEBERAN ALIMENTARSE A 440[V], 3F, 60 [Hz] POR LO QUE ESTA CARGA QUE ES LA PRINCIPAL SERA ALIMENTADA CON ESE VOLTAJE QUE CONSIDERAMOS QUE ES EL MAS ADECUADO. ADICIONALMENTE SE TENDRA UNA CARGA QUE SERA ALIMENTADA A 220V, 60 Hz, 3F, 4H, QUE ES LA SIGUIENTE :

ALUMBRADO EXTERIOR DE TODA AREA	15 KVA
ALUMBRADO INTERIOR CASA DE BOMBAS, SUBESTACION ELECTRICA, CUARTO DE CONTROL, CONTACTOS DE FUERZA, RESISTENCIAS CALEFACTORAS, ETC	50 KVA
TRANSFORMADOR DE SERVICIOS PARA CALDERA	1 KVA
CARGA TOTAL EN KVA's	66 KVA

POR LO TANTO EL TOTAL DE CARGA INSTALADA ES DE :

$$188 + 66 = 254 Kva. ^{(1)}$$



### III.1.1 SELECCION DEL TRANSFORMADOR

PARA SELECCIONAR EL TRANSFORMADOR SE CONSIDERARAN LOS SIGUIENTES DATOS:

FACTOR DE DEMANDA (Fd) EN INSTALACIONES DE ESTE TIPO = 0.90  
 COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD (Fs) 0.90  
 LA POTENCIA DEL TRANSFORMADOR VIENE DADA POR LA ECUACION :

$$Pt = Pi \times Fd \times Fs \text{ -----[III.1.1]}$$

DONDE :

Pi = POT. INSTALADA

Pt = POT. DEL TRANSFORMADOR.

SUSTITUYENDO VALORES EN LA ECUACION III.1.1

$$Pt = 254 \times 0.9 \times 0.9 = 206 \text{ [Kva]}^{(1)}$$

PEMEX REQUIERE SIEMPRE EN SUS INSTALACIONES UN 25% DE CAPACIDAD EXTRA PARA FUTURAS AMPLIACIONES POR LO QUE LA CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR TOTAL SERA :

$$Pt = 206 \times 1.25 = 257 \text{ [Kva]}^{(1)}$$

EL TRANSFORMADOR COMERCIAL MAS CERCANO ES EL DE 300 [Kva] QUE ES EL QUE SELECCIONAREMOS.

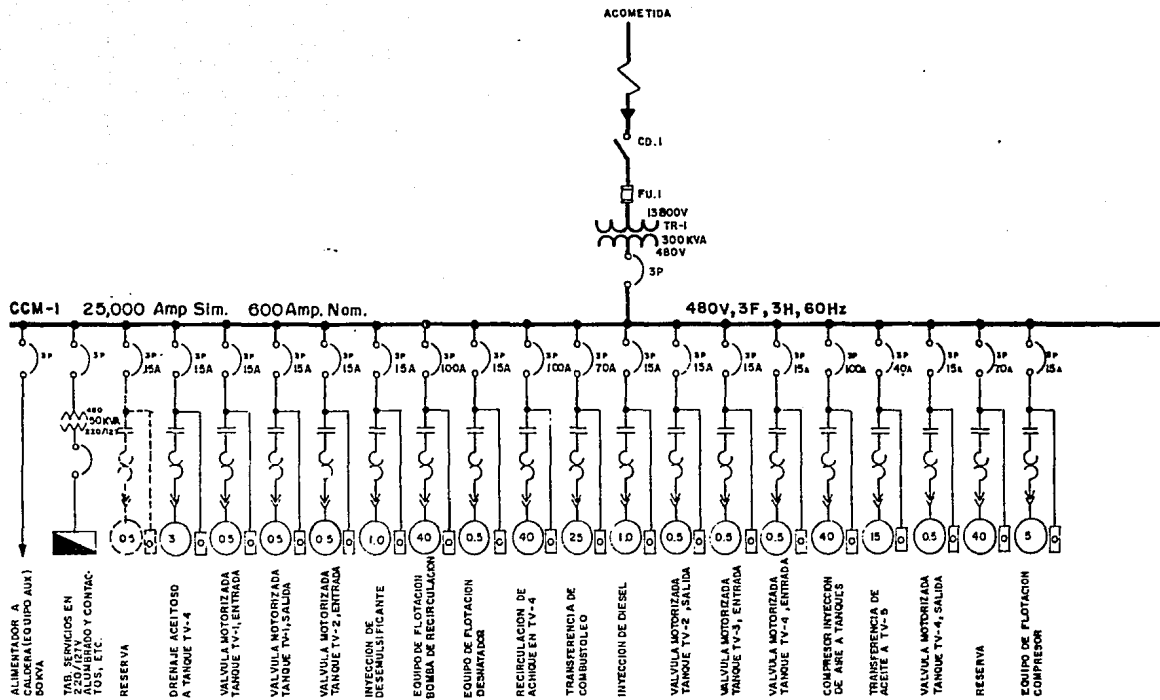


DIAGRAMA UNIFILAR SUBSTACION ELECTRICA  
13.800/480V/220-127VÇA

FIGURA Nº III. I

### III.1.2 VOLTAJE DE ACOMETIDA

COMO PLMEX CUENTA CON GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA EN SU REFINERIA A 13800 [V], POR TAL MOTIVO NOS SERA SUMINISTRADA UNA LINEA SUBTERRANEA EN ESE VOLTAJE DE UNA DE SUS SUBESTACIONES MAS CERCANAS, POR LO QUE NUESTRO TRANSFORMADOR TENDRA DEL LADO PRIMARIO UNA TENSION DE 13800 [V], Y EN EL SECUNDARIO 480 [V] (DISTRIBUCION).

CON LOS DATOS DE CARGA INSTALADA, CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR Y VOLTAJES DE ACOMETIDA Y DISTRIBUCION, SE DISEÑA EL DIAGRAMA UNIFILAR, EL CUAL SE MUESTRA DE LA FIGURA N° III.1. QUE NOS MUESTRA LOS DIFERENTES ALIMENTADORES ASI COMO LOS ELEMENTOS ELECTRICOS PRIMARIOS DEL SISTEMA.

#### SELECCION Y CALCULO DE ELEMENTOS DEL DIAGRAMA.

LA SUBESTACION SERA TIPO EXTERIOR Y LA ACOMETIDA SUBTERRANEA LLEGARA A LAS CUCHILLAS DESCONECTADORAS MOSTRADAS EN EL DIAGRAMA CON LA CLAVE CD-1 QUE CONTARAN CON UN JUEGO DE FUSIBLES EN ALTA TENSION, CLAVE FU-1.

ESTE EQUIPO SE SELECCIONO DE LA SIGUIENTE MANERA :

CALCULO DE CORRIENTE APLICANDO LA FORMULA :



III.1.3 CALCULO DEL CONDUCTOR DE ACOMETIDA A 13.800V AL TRANSFORMADOR Y AL CENTRO DE CONTROL DE MOTORES EN 480V.

EL CONDUCTOR DE ALIMENTACION AL SISTEMA (ACOMETIDA SUBTERRA-NEA) SE SELECCIONA POR CAPACIDAD DE CORTO CIRCUITO YA QUE LA CORRIENTE NOMINAL CALCULADA NO ES REPRESENTATIVA.

LA POTENCIA DE FALLA QUE NORMALMENTE MANEJA PEMEX PARA DISEÑO EN ETAPA DE REALIZACION DEL PROYECTO PARA 13 800 [V] ES DE 750 [MVA] POR LO QUE LA CORRIENTE DE CORTO-CIRCUITO SERA :

$$I_{cc} = Kva_{cc} / (Kv \times 3) \text{----- [III.3]}$$

DONDE :

$Kva_{cc}$  = POTENCIA DE CORTO-CIRCUITO EN KILOVOLTAMPERES.

KV = TENSION DE LA LINEA EN KILOVOLTS

$I_{cc}$  = CORRIENTE DE CORTO-CIRCUITO EN [AMP].

SUSTITUYENDO VALORES EN LA ECUACION III.3

$$I_{cc} = 750\ 000 / (13.8 \times 3) = 31.378 \text{ [Amp].}$$

CON ESTE DATO ENTRAMOS A LA SIGUIENTE ECUACION PARA CALCULAR EL AREA DE LA SECCION DEL CONDUCTOR :

$$[I_{cc} / A]^2 t = 0.0297 \text{ Log } [(T_2 + 234) / (T_1 + 234)] \text{----- [III.4]}$$

DONDE:

$I_{cc}$  = CORRIENTE DE CORTO-CIRCUITO EN [AMP].

A = AREA DE LA SECCION DEL CONDUCTOR

t = TIEMPO DE DURACION DEL CORTO-CIRCUITO EN SEG. (8 CICLOS =  
0.1333 SEG)

$T_1$  = TEMPERATURA MAX. DE OPERACION DEL CONDUCTOR (90°C).

$T_2$  = TEMPERATURA MAX. DE CORTO-CIRCUITO (250°C)

NOTA : 8 CICLOS, TIEMPO NOMINAL DE APERTURA DEL INTERRUPTOR  
DATO DEL FABRICANTE.

DE LA ECUACION ANTERIOR DESPEJAMOS EL AREA, SUSTITUIMOS  
VALORES Y OBTENEMOS :

$$A = 159.246 \text{ CIRC MILS [CM]}^{(1)}$$

ENTRANDO A LA TABLA III.4 DE DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS DE  
CABLE DESNUDO.

EL CALIBRE MAS CERCANO INMEDIATAMENTE SUPERIOR ES 3/0 AWG CON  
167.800 CIRCULAR MILS [CM]<sup>(1)</sup>.

POR LO TANTO LA ACOMETIDA AL TRANSFORMADOR POR EL LADO DE  
ALTA TENSION SERA CON CABLES DE COBRE CALIBRE 3/0 AWG. TRES  
CABLES, UNO POR FASE.

ESTE SERA CABLE DE ENERGIA CON AISLAMIENTO PARA 15 Kv SELEC-

(1) VER GLOSARIO DE TERMINOS

**DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS  
DEL ALAMBRE DESNUDO**

CALIBRE AWG O MCM	DIAMETRO DEL CONDUCTOR		AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL		RESISTENCIA EN OHMS/KM. A 20°C (SIN ESTAÑAR)	RESISTENCIA EN OHMS/KM. A 20°C (ESTAÑADO)
	MM.	PULG.	MM <sup>2</sup>	MILESIMOS CIRCULARES		
20	0.813	0.0320	0.519	1020	33.200	34.640
18	1.024	0.0403	0.823	1620	21.000	21.788
16	1.290	0.0508	1.310	2580	13.200	13.712
14	1.628	0.0641	2.080	4110	8.280	8.612
12	2.052	0.0808	3.310	6530	5.210	5.420
10	2.588	0.1019	5.261	10380	3.277	3.408
8	3.264	0.1285	8.367	16510	2.061	2.121
6	4.115	0.1620	13.300	26240	1.297	1.334
4	5.189	0.2043	21.150	41740	0.8152	0.840

**DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS  
DEL CABLE DESNUDO**

CALIBRE AWG O MCM	NUM. DE HILOS	DIAMETRO DE CADA HILO		DIAMETRO DEL CONDUCTOR		AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL		RESISTENCIA EN OHMS/KM. A 20°C (SIN ESTAÑAR)	RESISTENCIA EN OHMS/KM. A 20°C (ESTAÑADO)
		MM.	PULG.	MM.	PULG.	MM <sup>2</sup>	MILESIMOS CIRCULARES		
20	7	0.307	0.0121	0.914	0.036	0.519	1020	34.000	35.960
18	7	0.386	0.0152	1.168	0.046	0.823	1620	21.400	22.786
16	7	0.488	0.0192	1.473	0.058	1.310	2580	13.400	14.284
14	7	0.615	0.0242	1.854	0.073	2.080	4110	8.400	8.806
12	7	0.775	0.0305	2.337	0.092	3.310	6530	5.320	5.542
10	7	0.978	0.0385	2.946	0.116	5.262	10380	3.340	3.478
8	7	1.234	0.0486	3.708	0.146	8.367	16510	2.100	2.183
6	7	1.554	0.0612	4.674	0.184	13.30	26240	1.320	1.377
4	7	1.961	0.0772	5.893	0.232	21.15	41740	0.831	0.865
2	7	2.474	0.0974	7.417	0.292	33.63	66360	0.523	0.543
1/0	19	1.892	0.0745	9.474	0.373	53.49	105600	0.329	0.342
2/0	19	2.126	0.0837	10.643	0.419	67.43	133100	0.261	0.271
3/0	19	2.388	0.0940	11.938	0.470	85.03	167800	0.207	0.215
4/0	19	2.680	0.1055	13.411	0.528	107.20	211600	0.164	0.169
250	37	2.088	0.0822	14.605	0.575	126.80	250000	0.139	0.144
300	37	2.286	0.0900	16.002	0.630	152.20	300000	0.116	0.120
350	37	2.471	0.0973	17.297	0.681	177.60	350000	0.0991	0.1030
400	37	2.642	0.1040	18.491	0.728	202.60	400000	0.0868	0.0892
500	37	2.951	0.1162	20.650	0.813	253.10	500000	0.0694	0.0715
600	61	2.520	0.0992	22.682	0.893	303.70	600000	0.0578	0.0598
750	61	2.817	0.1109	25.349	0.998	379.30	750000	0.0463	0.0480
1000	61	3.251	0.1280	29.261	1.152	506.70	1000000	0.0347	0.0353
1250	91	2.977	0.1172	32.741	1.289	633.40	1250000	0.0278	0.0282
1500	91	3.261	0.1284	35.865	1.412	760.00	1500000	0.0231	0.0234

TABLA III. 4

CIONADO DE LA TABLA III.2 DE CONDUCTORES MONTERREY CON UNA CORRIENTE DE 260 AMP. A 100% DE CARGA.

DEL LADO DE BAJA TENSION DEL TRANSFORMADOR SE TENDRA LA SIGUIENTE CORRIENTE :

APLICANDO LA ECUACION III.2

$$I = 300\ 000 / (480V \times 3) = 361[A].$$

APLICANDO FACTOR DE CORRECCION POR TEMPERATURA

$$I_c = 361 / 0.90 = 401[A].$$

CON ESTA CORRIENTE ENTRAMOS A LA TABLA DE CONDUCTORES MONTERREY PARA UN DUCTO CON 3 CONDUCTORES POR TUBO CON CARGA DEL 100% (VER TABLA N° III.3)

EL CONDUCTOR SELECCIONADO ES CALIBRE 500 MCM QUE CONDUCE HASTA 427[A].

EL ALIMENTADOR DEL TRANSFORMADOR AL INTERRUPTOR PRINCIPAL EN EL CENTRO DEL CONTROL DE MOTORES ES DE 500 [MCM]. 3 CONDUCTORES UNO POR FASE, TIPO THW HASTA 600V MAX. CON ELEVACION MAX. DE TEMPERATURA DE 90[°C].



## CAPACIDAD DE CORRIENTE

CABLES DE ENERGIA

POLYCON XLPE  
POLYCON EPR  
CONDUZONE EPR-N

15,000 VOLTS

TABLA III. 2

COBRE

CAL. AWG O MCM	EN DUCTOS ENTERRADOS UN CONDUCTOR POR DUCTO						EN DUCTOS ENTERRADOS TRES CONDUCTORES POR DUCTO						EN EL AIRE FACTOR DE CARGA 30 % a 100 %		EN CON- DUIT TRES CA- BLES	ENTERRADO DIRECTAMENTE					
	3 DUCTOS		6 DUCTOS		9 DUCTOS		1 DUCTO		2 DUCTOS		3 DUCTOS		MONO- FASICO	TRI- FASICO		MONOFASICO		TRIPLEX			
																1 CIRCUITO		2 CIRCUITOS			
	FACTOR DE CARGA EN %						FACTOR DE CARGA EN %						FACTOR DE CARGA EN %								
75	100	75	100	75	100	75	100	75	100	75	100	75	100	75	100	75	100	75	100	75	100
4	162	140	155	138	147	130	135	120	130	115	117	100	160	124	116	205	184	182	155	175	135
2	200	177	190	175	180	158	167	150	165	145	145	125	195	164	150	270	230	240	195	212	165
1/0	265	240	242	215	227	195	220	200	210	190	189	164	259	215	195	348	290	285	250	271	220
2/0	305	275	270	242	254	225	255	230	240	220	219	189	298	246	227	393	336	330	292	306	250
3/0	340	310	300	268	282	249	290	260	270	250	246	211	343	283	259	437	378	372	330	344	285
4/0	389	356	341	301	321	280	332	309	313	285	282	250	397	325	295	492	429	428	382	390	339
250	418	392	370	325	348	302	362	331	346	310	307	265	440	359	329	532	464	472	420	427	365
300	460	420	405	355	381	327	400	368	385	342	336	294	503	405	365	579	506	519	466	467	400
350	503	457	439	384	413	353	442	409	415	374	367	327	543	438	394	629	545	565	500	511	442
400	532	490	470	411	437	378	469	431	448	400	389	340	607	480	430	664	580	609	536	542	472
500	585	533	513	446	477	410	536	494	501	450	445	390	678	536	481	737	633	684	601	615	529
600	630	575	550	475	512	437	582	542	551	490	477	423	780	599	526	782	670	743	658	670	571
750	667	602	593	512	551	471	655	600	610	545	537	468	872	669	588	850	721	836	730	747	638
1000	811	730	711	611	661	556	762	695	706	628	617	535	1040	770	677	1011	856	966	839	860	730
1250	860	769	761	651	708	592	854	764	787	696			1185			1073	903	1059	916	938	793
1500	827	793	793	676	730	615	913	823	839	739			1313			1112	932	1131	974	999	842

### FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA AMBIENTE

15°C.	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.22	1.22	1.04	1.04	1.04
20°C.	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.18	1.18	1.00	1.00	1.00
25°C.	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	1.14	1.14	0.96	0.96	0.96
30°C.	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	1.10	1.10	0.93	0.93	0.93
35°C.	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	1.05	1.05	0.89	0.89	0.89
40°C.	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	1.00	1.00	0.85	0.85	0.85
50°C.								0.89				

TABLA III. 2

III.1.4 CALCULO DE CONDUCTORES PARA MOTORES ELECTRICOS

EN TODOS LOS CASOS EL VOLTAJE (V) DE ALIMENTACION ES-- 440V  
 EL FACTOR DE POTENCIA (Fp) ES ----- 0.8  
 EL SISTEMA DE ALIMENTACION SERA TRIFASICO POR LO QUE SE  
 APLICARA EN LAS ECUACIONES EL FACTOR----- 3

CALCULO DE CORRIENTE PARA MOTOR DE 40 [HP] APLICANDO LA  
 ECUACION :

$$I = HP \times 745.7 / (V_L \times 3 \times F_p \times N_m) \text{-----} \text{[III.4]}$$

DONDE :

- HP - POTENCIA EN [HP] DEL MOTOR
- 745.7 - FACTOR DE CONVERSION DE [HP's] A WATTS
- V<sub>L</sub> - TENSION ENTRE LINEAS EN VOLTS
- N<sub>m</sub> - EFICIENCIA DEL MOTOR
- I - CORRIENTE EN AMP.

SUSTITUYENDO VALORES EN LA ECUACION III.4. TENEMOS:

$$I = (40 \times 745.7) / (440 \times 3 \times 0.8 \times 0.89) = 55[A]$$

ESTA CORRIENTE SE CORREGIRA POR EFECTO DE TEMPERATURA PARA  
 TOMAR EN CUENTA LAS CONDICIONES DEL LUGAR.

LOS FACTORES DE CORRECCION SERAN TOMADAS DEL CATALOGO DE FABRICANTE, EN ESTE CASO SE CONSULTO A CONDUCTORES MONTERREY E INDUSTRIAS UNIDAS S.A. (IUSA). VER TABLAS ANEXAS.

EL FACTOR DE CORRECCION PARA TEMPERATURA AMBIENTE DE 30°C QUE ES LA PROMEDIO EN SALINA CRUZ, OAX. ES DE : 0.93 POR LO QUE LA CORRIENTE CORREGIDA I<sub>c</sub> SERA:

$$I_c = 55 / 0.93 = 61 [A]$$

ENTRANDO A LA TABLA N° III.3. DE CONDUCTORES MONTERREY PARA CABLES THW 90/75 [°C], CONSIDERANDO QUE TODOS LOS ALIMENTADORES DE MOTORES IRAN EN DUCTOS SUBTERRANEOS DE 9 TUBOS O MAS CADA DUCTO, Y APLICANDO UN FACTOR DE CARGA AL TOTAL DE ALIMENTADORES DE UN 75%, EL CABLE QUE PUEDE SOPORTAR LA CORRIENTE DE 61 AMP., ES EL CALIBRE 4 AWG QUE ES EL QUE SELECCIONAMOS PARA EL MOTOR DE 40 [HP].

AUNQUE LAS DISTANCIAS NO SON MUY GRANDES DE LA SUBESTACION A LA CASA DE BOMBAS COMO LO MUESTRA EL ARREGLO DE EQUIPO DE LA FIG. N°II.2. VAMOS A COMPROBAR EL CALIBRE DE CONDUCTOR SELECCIONADO POR CAIDA DE TENSION.

EN SAJA TENSION PODEMOS APLICAR LA ECUACION:

$$S = ( 2 \quad 3 \times L \times I ) / ( V_L \times e ) \text{-----[III.5]}$$

**CAPACIDAD DE CORRIENTE  
VINICON TIPO TWH 90/75°C**

CAL. AWG O MCM	EN BANCO DE DUCTOS UN CONDUCTOR POR DUCTO						EN BANCO DE DUCTOS TRES CONDUCTORES POR DUCTO						EN EL AIRE FACTOR DE CARGA		EN CON- DUIT TRES CA- BLES	ENTERRADO DIRECTAMENTE						
	3 DUCTOS		6 DUCTOS		9 DUCTOS		1 DUCTO		3 DUCTOS		6 DUCTOS		9 DUCTOS			30%/o A 100%/o	MONO- FA- SICO	TRI- FA- SICO	MONO- FASICO		TRIPLEX	
	FACTOR DE CARGA EN %/o						FACTOR DE CARGA EN %/o						MONO- FA- SICO	TRI- FA- SICO		FACTOR DE CARGA EN %/o						
	75	100	75	100	75	100	75	100	75	100	75	100				75			100	75	100	75
14															18	16	14					
12															23	20	18					
10															36	28	27					
8	76	72	70	65	67	61	61	58	55	51	49	44	46	41	71	50	47	109	98	90	84	
6	100	94	92	84	88	79	80	77	72	67	64	56	60	52	94	68	64	139	126	117	107	
4	130	123	119	109	113	102	105	100	94	86	82	73	77	67	124	89	83	182	163	152	139	
2	170	160	155	140	147	132	139	132	123	112	107	93	99	86	165	118	112	234	209	195	179	
1/0	224	210	202	182	192	170	185	175	162	146	139	121	129	110	221	160	153	303	270	256	231	
2/0	257	239	231	207	218	193	212	200	184	166	157	136	146	125	255	184	175	346	306	290	262	
3/0	294	273	263	236	248	219	243	228	210	189	179	154	165	141	295	213	207	394	348	331	298	
4/0	338	313	301	269	283	249	280	263	241	215	204	175	188	160	343	245	238	447	394	376	339	
250	372	344	331	295	311	273	310	290	265	236	223	192	205	174	381	274	271	487	429	414	370	
300	420	387	370	329	348	304	349	325	296	262	247	211	227	192	438	297	304	546	478	461	412	
350	454	418	400	355	376	328	377	351	320	283	267	228	245	207	473	337	328	590	516	498	445	
400	500	457	437	386	409	355	412	382	346	305	287	244	263	220	532	354	364	643	560	538	479	
500	559	511	489	431	457	397	461	427	387	341	321	273	294	247	595	416	407	719	626	602	536	
600	629	572	546	478	508	438	514	473	426	373	350	295	319	267	607	446	455	792	686	664	585	
750	703	640	610	534	568	490	575	529	476	417	391	330	357	298	768	523	509	885	767	742	654	
1000	823	745	709	617	658	566	659	605	541	472	442	372	402	335	920	601	585	1028	887	846	744	
1250	922	832	790	686	732	628									1048			1137	979			
1500	1009	907	860	744	796	680									1166			1238	1063			

**FACTOR DE CORRECCION POR TEMPERATURA AMBIENTE**

10°C.	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.36	1.36	1.09	1.09
15°C.	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.31	1.31	1.04	1.04
20°C.	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25	1.25	1.00	1.00
25°C.	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.20	1.20	0.95	0.95
30°C.	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	1.13	1.13	0.90	0.90
35°C.	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	1.07	1.07	0.85	0.85
40°C.	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	1.00	1.00	0.80	0.80
50°C.	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.85	0.85	0.67	0.67

**TABLA III. 3**

DONDE :

L = LONGITUD EN METROS DEL CIRCUITO [M]

I = CORRIENTE DE CARGA SIN CORREGIR POR LINEA [A]

V = TENSION ENTRE LINEAS [V]

e = CAIDA DE TENSION PERMITIDA PARA CIRCUITOS DE FUERZA  
 = 5%, PARA ALUMBRADO = 3%

S = SECCION DEL CONDUCTOR EN [mm<sup>2</sup>]

SUSTITUYENDO VALORES EN LA ECUACION III.5

$$S = (2 \quad 3 \times 100 \times 61) / (440 \times 5) = 9.6 \text{ [mm}^2\text{]}$$

ESTA SECCION CORRESPONDE A UN CALIBRE N° 6 QUE TIENE UNA SECCION DE 13.30 [mm<sup>2</sup>].

COMO EL CALIBRE CALCULADO POR AMPACIDAD ES MAYOR, SE SELECCIONA ESE QUE ES CALIBRE 4 AWG.

LOS CALIBRES DE CONDUCTORES PARA LOS DEMAS MOTORES MOSTRADOS EN EL DIAGRAMA UNIFILAR DE LA FIG. N°III.1, SE CALCULARON SIGUIENDO EL PROCEDIMIENTO ANTERIOR. POR LO QUE SE OMITE EL DESARROLLO YA QUE ES REPETITIVO.

### III.1.5 SELECCION DE ARRANCADORES DE MOTORES

PARA LA SELECCION DE ARRANCADORES DE MOTORES DE INDUCCION JAU-LA DE ARDILLA VAMOS A RECURRIR A LA NORMA DE PETROLEOS MEXICANOS N° 2.346.08 "CONTROL Y PROTECCION DE MOTORES DE INDUCCION HASTA 600V"., DONDE EN SU TABLA K-XI NOS MUESTRA DE ACUERDO CON LA POTENCIA DEL MOTOR Y SU VOLTAJE EL TAMAÑO DEL INTERRUPTOR, EL TAMAÑO NEMA DEL ARRANCADOR Y EL TIPO DE ENVOLVENTE.

ASI PARA EL MOTOR DE 40 [HP], SE MUESTRA EN LA TABLA K-XI QUE EL INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO SERA DE 100 [A], EL ARRANCADOR SERA TAMAÑO NEMA 3 Y EL TIPO DE ENVOLVENTE SERA NEMA 1 (TIPO INTERIOR EN TABLERO CCM).

LOS ARRANCADORES E INTERRUPTORES PARA LOS CIRCUITOS MOSTRADOS EN EL DIAGRAMA UNIFILAR FUERON OBTENIDOS DE LA MISMA MANERA.

ASI PARA EL DE 15 [HP] ES :

INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO DE 40 [A]. NOMINALES Y ARRANCADOR TAMAÑO NEMA 2. ENVOLVENTE TIPO 1.

PARA EL DE 25 [HP] SERA :

INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO DE 70 [A]. NOMINALES, ARRANCADOR NEMA 2 Y ENVOLVENTE NEMA 1. ASI SUCESIVAMENTE PARA LOS DEMAS.

Control y Protección de Motores de Inducción Hasta 600 Volts.

TABLA K - XI  
COMBINACIONES CON INTERRUPTOR  
TERMOMAGNETICO

Potencia en H P	Tensión en volts.	Capacidad de Interruptor termomagnético Amperes	Arrancador tamaño NEMA	Tipo NEMA de envoltente			
				NEMA 1	NEMA 4	NEMA 12	NEMA 7 y 9
2	220	15	0	↓	↓	↓	↓
	440	15	0				
3	220	20	0	↓	↓	↓	↓
	440	15	0				
5	220	30	1	↓	↓	↓	↓
	440	15	0				
7 1/2	220	50	1	↓	↓	↓	↓
	440	20	1				
10	220	50	2	↓	↓	↓	↓
	440	30	1				
15	220	70	2	↓	↓	↓	↓
	440	40	2				
20	220	100	3	↓	↓	↓	↓
	440	50	2				
25	220	125	3	↓	↓	↓	↓
	440	70	2				
30	220	125	3	↓	↓	↓	↓
	440	70	3				
40	220	175	4	↓	↓	↓	↓
	440	100	3				
50	220	200	4	↓	↓	↓	↓
	440	125	3				
60	220	225	5	↓	↓	↓	↓
	440	125	4				
75	220	300	5	↓	↓	↓	↓
	440	150	4				
100	220	400	5	↓	↓	↓	↓
	440	200	4				
125	220	500	6	↓	↓	↓	↓
	440	250	5				
150	220	600	6	↓	↓	↓	↓
	440	300	5				

\* ADECUADOS PARA APLICACIONES NEMA 3 y 3R.

III.1.6 SELECCION DE TABLERO DE DISTRIBUCION O CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM) EN 480 VOLTS.

LOS ARRANCADORES E INTERRUPTORES PARA LOS MOTORES Y CIRCUITOS DERIVADOS MOSTRADOS EN EL INCISO ANTERIOR SERAN CENTRALIZADOS PARA SU CONTROL EN UN TABLERO TIPO [CCM]<sup>(1)</sup>, EL CUAL SERA UBICADO EN EL AREA DE LA SUBESTACION ELECTRICA DESDE DONDE PODRAN SER OPERADOS LOS ARRANCADORES DE LAS BOMBAS, VALVULAS, COMPRESORES, ETC.

SELECCION DE LAS BARRAS DEL TABLERO :

CALCULO DE CORRIENTE EN LAS BARRAS PRINCIPALES TOMANDO EN CUENTA LA CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR DE 300 [Kva].

APLICANDO LA ECUACION III.2 :

$$I = Va / ( V_L \quad 3 )$$

SUSTITUYENDO VALORES :

$$I = 300\ 000 / ( 480 \times 3 ) = 360 [A].$$

DE ACUERDO CON EL ARTICULO 220.10b DEL "NATIONAL ELECTRICAL CODE", LA CAPACIDAD, TIENE QUE SER AFECTADA POR UN 25% POR LO QUE:

$$\text{CAPACIDAD NOMINAL} = 1,25 \times 360 = 450 [A].$$

LA CAPACIDAD NOMINAL COMERCIAL DE BARRAS DE COBRE MAS PROXIMA ES 500[A], QUE SERA NUESTRA CAPACIDAD NOMINAL.



### III 2 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO ELECTRICO

PARA LA SELECCION DE EQUIPO ELECTRICO, SE TENDRAN EN CUENTA LAS CONSIDERACIONES TOMADAS EN EL CAPITULO DE SELECCION DE EQUIPO MECANICO ADEMAS DE LAS INDICADAS A CONTINUACION.

EL EQUIPO NECESARIO PARA EL LADO DE ALTA TENSION SERA PARA UN VOLTAJE NOMINAL DE 13.8 [KV].

EL NIVEL DE AISLAMIENTO ESPECIFICADO POR LAS NORMAS DE PEMEX PARA ESTA TENSION ES DE 15 [KV].

DEBIDO A QUE NO SE CUENTA CON LA CAPACIDAD O APORTACION DE FALLA POR CORTO CIRCUITO DEL SISTEMA, SE CONSIDERA LA CAPACIDAD NOMINAL POR NORMA QUE PEMEX ESTABLECE PARA LA TENSION DE 13.8 [KV]. QUE ES DE 750 [MVA<sub>cc</sub>] (31400 AMP). EN BAJA TENSION TAMBIEN SE CONSIDERARA LA CAPACIDAD QUE PEMEX TIENE EN SUS NORMAS Y QUE ES DE 25000 [AMP] SIM<sup>(1)</sup>.

DE ACUERDO CON LA CLASIFICACION DE TRANSFORMADORES, LAS POTENCIAS DE 0 A 500 [KVA] SE CONSIDERAN TIPO DISTRIBUCION, POR LO QUE TODOS LOS ACCESORIOS QUE SE SUMINISTREN POR LOS FABRICANTES PARA EL TRANSFORMADOR SERAN TOMANDO EN CUENTA ESA CARACTERISTICA. EL AISLAMIENTO DE LOS DEVANADOS SELECCIONADOS SERA PARA SOPORTAR UNA TEMPERATURA DE 65 [°C] SOBRE LA MAXIMA DE 40 [°C]. DEBIDO A QUE LA ZONA ES DE CLIMA CALIDO.

(1) VER GLOSARIO DE TERMINOS

TODOS LOS TABLEROS SERAN CON ACABADO TROPICALIZADO (CLIMA DE COSTA) Y EL ALAMBRADO SE HARA CON CABLE ANTILLAMA DEBIDO A QUE EN EL LUGAR SE MANEJAN COMBUSTIBLES DERIVADOS DEL PETROLEO (ESTOS CABLES NO PROPAGAN LA FLAMA).

PARA LA DISTRIBUCION ELECTRICA GENERAL TODOS LOS MATERIALES COMO : CAJAS CONDULETS, CHAROLAS, CONTACTOS, APAGADORES, SWITCHES, CONTROLES, LUCES INDICADORAS, ALAMBRADO, ESTACION DE BOTONES, ETC., SERAN SELECCIONADOS DE ACUERDO CON LA CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS CLASE I, DIVISION 2. LA CUAL TOMA EN CUENTA LA EXISTENCIA DE SUSTANCIAS COMO : GASES INFLAMABLES, LIQUIDOS VOLATILES, QUE ESTAN NORMALMENTE CONFINADOS EN RECIPIENTES O SISTEMAS CERRADOS, PERO LOS CUALES PUEDEN ESCAPAR EN CASO DE RUPTURA O AVERIA ACCIDENTAL DE LOS RECIPIENTES O SISTEMAS. EN CASO DE FUNCIONAMIENTO ANORMAL DE LOS EQUIPOS, POR MEDIO DE LOS CUALES SE MANEJAN DICHS LIQUIDOS, GASES O VAPORES; UNA VENTILACION ADECUADA IMPIDE NORMALMENTE UNA CONCENTRACION DE GASES O VAPORES PELIGROSOS PERO POR LA FALLA DEL EQUIPO DE VENTILACION PUEDE CONVERTIRSE EN LUGAR PELIGROSO.

EN GENERAL, SE TOMARAN EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS GENERALES INDICADOS EN LAS NORMAS DE PETROLEOS MEXICANOS: 2.346.01 "PROYECTO Y DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS EN PLANTAS INDUSTRIALES", 3.346.11 "GABINETES Y CAJAS DE INTERRUPCION", 3.132

.01 "APLICACION DE RECUBRIENTOS PARA PROTECCION ANTICORROSI-  
VA", 2.346.02 "MOTORES ELECTRICOS", 2.346.13 "CLASIFICACION DE  
AREAS PELIGROSAS Y SELECCION DE EQUIPO ELECTRICO", 2.346.06  
"ALUMBRADO PARA INSTALACIONES INDUSTRIALES", 2.346.08 "CONTROL  
Y PROTECCION DE MOTORES DE INDUCCION HASTA 600 VOLTS".

A CONTINUACION SE DETALLAN LAS ESPECIFICACIONES QUE DEBEN TE-  
NER LOS EQUIPOS PRINCIPALES DEL SISTEMA ELECTRICO.

### III.2.1 TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION

EL TRANSFORMADOR TRIFASICO SERA TIPO DISTRIBUCION DE UNA CAPA-  
CIDAD NOMINAL DE 300 [KVA] CON TENSION PRIMARIA DE 13800 [V].  
Y TENSION SECUNDARIA DE 480[V]-240[V].

DEBERA RECIBIR TRATAMIENTO TROPICALIZADO PARA INSTALARSE A LA  
INTEMPERIE EN LA COSTA. LOS DEVANADOS SERAN DE COBRE PURO  
ELECTROLITICO. EL AISLAMIENTO DEL LADO DE ALTA SERA DE 15000  
VOLTS Y EN EL LADO DE BAJA DE 1000[V]. SERA TIPO AUTOENFRIADO  
EN ACEITE CON RADIADORES TUBULARES DE CALIBRE ADECUADO PARA  
SOPORTAR LA HUMEDAD Y LA CORROSION. CON CUATRO DERIVACIONES 2  
ARRIBA Y 2 ABAJO DE 2.5% DEL VOLTAJE NOMINAL.

DEBERA DAR LA CAPACIDAD A UNA ELEVACION DE 65[°C] SOBRE LA  
MAXIMA DEL LUGAR QUE ES DE 40[°C]. DEBERA CONTAR CON LOS



ACCESORIOS QUE MARCAN LAS NORMAS : ANSI, CCONNIE Y PEMEX MAS RECIENTES DE ACUERDO CON SU CAPACIDAD. SE DEBERA SUMINISTRAR UNA UNIDAD, SIMILAR AL MOSTRADO EN LA FIG. III.5. MARCA TRAGESA.

### III.2.2. CENTRO DE CONTROL DE MOTORES

SUS CARACTERISTICAS GENERALES SERAN:

TENSION DE SERVICIO	480V, 3F, 60Hz
CAPACIDAD DE BARRAS DE COBRE	600 A
CORRIENTE DE FALLA	25 000 A
INTERRUPTOR PRINCIPAL ELECTROMAGNETICO	600 A

SECCIONES ENSAMBLADAS TIPO REMOVIBLE, AUTOSOPORTADO. FRENTE MUERTO. TRATAMIENTO TROPICALIZADO, CONSTRUIDO CON LAMINA DE CALIBRE ADECUADO PARA SOPORTAR LOS ESFUERZOS PRODUCIDOS POR UNA POTENCIA DE FALLA. LA SUCCION DE LAS BARRAS DE COBRE PURO ELECTROLITICO SERAN DE ACUERDO CON LA CORRIENTE DE FALLA.

EL TABLERO INCLUIRA TODOS LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS, ARRANCADORES, ELEMENTOS TERMICOS, TRANSFORMADOR TIPO SECO, DE 50 (KVA), TABLERO DE ALUMBRADO, BARRAS DERIVADAS, RESISTENCIAS CALEFACTORAS, ETC. ASI COMO TODO LO MARCADO EN EL DIAGRAMA UNIFILAR DE LA FIG. III.1. SE INCLUIRAN TODOS LOS CONECTORES Y TABLILLAS PARA LOS CABLES DE FUERZA Y CONTROL.

SU CONSTRUCCION, DISEÑO Y LAS PRUEBAS DEBERAN EFECTUARSE DE ACUERDO CON LAS ULTIMAS REVISIONES DE LAS NORMAS : ANSI, CCONNIE, PEMEX, NOM. IEEE, ETC.; SIMILAR AL CLASE 8998, MARCA SQUARE D' COMO EL MOSTRADO EN LA FIGURA III.6.

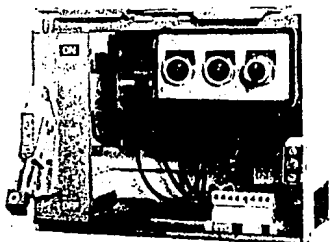
# Centros de Control de Motores para Baja Tensión

Modelo 6

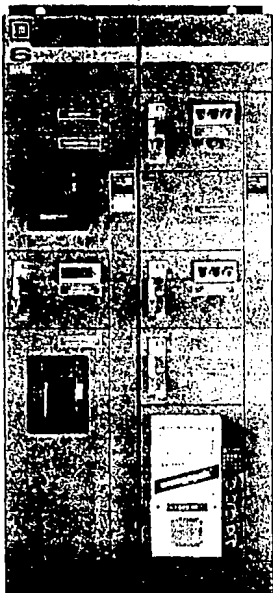
Información General

Clase 8998

## MODELO 6



TPCO - Unidad tipo NEMA tamaño 1 tensión plena no reversible en caja moldeada



Para información adicional sobre detalles de la oferta del producto en cuanto a las unidades, estructuras y accesorios, refiérase al catálogo de la Clase 8998.

### Modelo 6 una Nueva Generación en Centros de Control de Motores

Los Centros de Control de Motores de Square D combinan los más avanzados conceptos en el mercado de CCM's.

Todas las unidades enchufables tienen un revolucionario mecanismo de INSERCIÓN/EXTRACCIÓN. Este mecanismo proporciona características de seguridad y operabilidad nunca antes encontradas en otros diseños. Se puede bloquear el mecanismo en la posición de retráilo, libre de todo contacto con el bus vertical, y el desconector de la unidad en la posición de desconectado, evitando así una inserción accidental con el equipo en posición conectado o su eventual extracción con el equipo en la posición de conectado.

### Características de las Unidades del MODELO 6

Mecanismo de INSERCIÓN/EXTRACCIÓN en todas las unidades enchufables.

La indicación de disparado es estándar en todas las unidades con interruptor en caja moldeada.

Todas las unidades de enchufar están sólidamente unidas entre el bus vertical y el desconector de la unidad. No hay ensamblajes de unidades de enchufar con cableado.

En todos los alambrados NEMA Tipo B se suministran tabillitas de terminales enchufables.

Normas Aplicables ..... NMX -J-118 y NMX J-353

Tensión ..... Potencia-600 volts máx. 50-60 Hz.  
Control-120 volts 60 Hz.

Sistemas ..... 3 fases, 3 hilos ó 3 fases, 4 hilos.

Arrancadores ..... 8536 tipo S de Square D, relevadores de sobrecarga de atación fusible o bimetalicos de temperatura compensada (elementos térmicos no incluidos).

Alambrado ..... NEMA Clase I, tipo A ó B.

Circuito de Control ..... Transformador para el circuito de control o control separado a 120 volts con desconector en el circuito de control.

Arrancador ..... Interruptor MAG-GARD® de disparo instantáneo.

Desconectores ..... Interruptores en caja moldeada o desconectores con fusibles (no se incluyen los fusibles, ordenar por separado).

INGRESO DE ORDENES - Todas las órdenes deben incluir (según sea aplicable) el número de catálogo, tipo de alambrado, fuente de control, opciones y el tipo de gabinete.

EJEMPLO: M6BA10, ALAMBRADO 1A, FT, AP1P2, NEMA 1  
EJEMPLO: M6FA25, ALAMBRADO 1B, SY74, CX11, NEMA 12

Para más información, contacte su oficina de Square D más cercana.

Todas las unidades del MODELO 6 cuentan con el Registro 



## CAPITULO IV SISTEMA DE MANTENIMIENTO

### IV.1 PROLOGO

ES DE ENORME IMPORTANCIA PARA LA PRODUCCION Y LOS COSTOS, EL CUIDAR ADECUADAMENTE DE LOS EQUIPOS E INSTALACIONES DE LA EMPRESA. PODEMOS VER QUE DE LAS COSAS HECHAS POR EL HOMBRE, VIRTUALMENTE NINGUNA ES INDESTRUCTIBLE. PERO PODEMOS PROLONGAR O ALARGAR LA VIDA UTIL DE LAS COSAS, EFECTUANDO REPARACIONES O REALIZANDO INSPECCIONES PERIODICAS, DESARROLLANDO LA OPERACION DE MANTENIMIENTO.

COMO ES EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO EL ENCARGADO DE REALIZAR DICHA TAREA, PODEMOS DARNOS CUENTA DE LA ENORME IMPORTANCIA QUE TIENE PARA CUALQUIER PLANTA INDUSTRIAL, TALLER O INSTALACION EL DAR, AL MANTENIMIENTO LA ATENCION ADECUADA.

LA ORGANIZACION DE MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA SE DESARROLLA EN FORMA GRADUAL, A LO LARGO DE CIERTO PERIODO. ES UNA ORGANIZACION Y ES UNA ESTRUCTURA DE RELACIONES DE TRABAJO SE DESENVUELVE EN FORMA GRADUAL PARA AYUDAR A LA REALIZACION DE LOS OBJETIVOS DE LA EMPRESA.

EL MANTENIMIENTO REPRESENTA UN TRABAJO MUY INTERESANTE EL CUAL



PONE A PRUEBA EL INGENIO; PUES NO UNICAMENTE SE REQUIERE DE AMPLIOS CONOCIMIENTOS (QUE LA GRAN VARIEDAD DEL EQUIPO INDUSTRIAL EXIGE) SINO TAMBIEN DE DECISIONES RAPIDAS Y CLARAS.

EN LA PRACTICA VEMOS QUE. LAS ACTIVIDADES Y EL ALCANCE DEL MANTENIMIENTO VARIAN EN CADA PLANTA. ASI EL MANTENIMIENTO EN LA PLANTA ESTA EN FUNCION DE :

- A) TIPO DE FABRICA
- B) CLASE DE SERVICIOS
- C) CLASE DE EQUIPO
- D) CLASE DE CONOCIMIENTOS REQUERIDOS.

EN ESTE TRABAJO, QUE SE PRESENTA, TRATAREMOS DEL MANTENIMIENTO APLICADO A UNA PLANTA SIMPLE, EN LA CUAL, NO HAY PRODUCCION PROPIAMENTE DICHA, UNICAMENTE SE PROCESARA EL AGUA DE LASTRE; USADA POR LOS BUQUES, ANTES DE RETORNARLA AL MAR.

VEREMOS PUES EL MANTENIMIENTO DE EQUIPO MUY SIMPLE EN EL ASPECTO DE SU MANTENIMIENTO. COMO SON :

- A) TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y TUBERIAS
- B) BOMBAS
- C) CALDERA
- D) TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION
- E) TABLEROS DE DISTRIBUCION
- F) INSTALACIONES ELECTRICAS.

## IV-2 INTRODUCCION

LA INGENIERIA COMPRENDIENDO SUS ESPECIALIZACIONES, SE PUEDE DIVIDIR EN CUATRO GRANDES CLASES.

1.- INGENIERIA DE INVESTIGACION: LA CUAL CUBRE LA FASE EXPLORATORIA Y DE INVESTIGACION DE LOS MATERIALES, PROCESOS Y TECNICAS Y CREA TAMBIEN LA TECNOLOGIA Y LA TEORIA DE DICHOS MATERIALES, PROCESOS Y TECNICAS.

2.- INGENIERIA DE DESARROLLO: ES LA ENCARGADA DE APLICAR, LOS MATERIALES, PROCESOS Y TECNICAS; CON SUS RESPECTIVAS TECNOLOGIAS Y TEORIAS PARA CREAR NUEVOS PRODUCTOS, EQUIPOS, EDIFICIOS, ETC.

3.- INGENIERIA DE CONSTRUCCION O MANUFACTURA: ES LA QUE SE ENCARGA DE LA ELABORACION, MANUFACTURA E INSTALACION DE LOS PRODUCTOS, EQUIPOS, ETC.. CREADOS POR LA INGENIERIA DE DISENO.

4.- INGENIERIA DE OPERACION Y MANTENIMIENTO: ES LA INGENIERIA QUE SE ENCARGA DE HACER FUNCIONAR CORRECTAMENTE Y DE CONSERVAR EN BUENAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO: LOS EQUIPOS, INSTALACIONES Y PROPIEDADES DE LA EMPRESA.

LA RESPONSABILIDAD DEL MANTENIMIENTO ES PROPUGNAR POR LA OBTENCION DE LOS OBJETIVOS DE LA EMPRESA DE LA CUAL FORMA PARTE. PODEMOS DEFINIR AL MANTENIMIENTO COMO UNA COMBINACION DE ACCIONES DISTINTAS, REALIZADAS PARA MANTENER UNA PARTE ACTIVA O PARA REPARARLA, DEJANDOLA EN CONDICIONES ACEPTABLES DE TRABAJO; O COMO TODA ACTIVIDAD DESARROLLADA CON EL FIN DE CONSERVAR LAS PROPIEDADES FISICAS DE UNA EMPRESA EN CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO SEGURO, EFICIENTE Y ECONOMICO.

ASI LA FUNCION DE MANTENIMIENTO TIENE COMO OBJETIVO MAXIMIZAR LA DISPONIBILIDAD DE MAQUINARIA Y EQUIPO PARA LA PRODUCCION, PRESERVAR EL VALOR DE LAS INSTALACIONES MINIMIZANDO EL USO Y DETERIORO Y TRATAR DE CONSEGUIR ESTOS OBJETIVOS EN LA FORMA MAS ECONOMICA POSIBLE.

COMO MENCIONAMOS, EN LA PRACTICA, LAS ACTIVIDADES Y ALCANCE DEL MANTENIMIENTO, VARIAN EN CADA PLANTA Y LAS NECESIDADES PROPIAS DE UNA PLANTA DETERMINAN EN GRAN PARTE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO RUTINARIO QUE DEBEN EJECUTARSE.

LAS RECOMENDACIONES DE CADA FABRICANTE DEL EQUIPO, LA EXPERIENCIA DE OTROS OPERADORES Y LA EXPERIENCIA PROPIA SON FACTORES MUY IMPORTANTES TAMBIEN PARA DETERMINAR DICHS TRABAJOS. EL MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA, SE DEBE INICIAR DESDE QUE SE ELABORA EL DISENO DE LA MISMA.

EN LA FASE DE DISEÑO, LOS PROCEDIMIENTOS ADECUADOS DE MANTENIMIENTO DEBEN DE CONSIDERARSE SERIAMENTE. DURANTE LA CONSTRUCCION CADA VALVULA, TUBERIA, TOMA ELECTRICA ETC., DEBEN ESTAR BAJO CONSTANTE OBSERVACION PARA ASEGURARSE QUE QUEDAN LOCALIZADAS ADECUADAMENTE Y QUE CUMPLEN LA CALIDAD DE LAS ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION.

EN EL PRESENTE TRABAJO LAS LINEAS DE TUBERIA Y LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO REPRESENTAN LO GRUESO DE LA INSTALACION Y SU MANTENIMIENTO QUE CONSISTE EN PROTEGERLOS CONTRA LA CORROSION, SE PREVEE DESDE SU INSTALACION.

POR TANTO, DEBEMOS HABLAR ALGO SOBRE LA CORROSION, PARA ENTENDER MEJOR LA FORMA DE PROTECCION Y SU MANTENIMIENTO.

#### IV-3 MANTENIMIENTO DE LINEAS DE TUBERIA Y TANQUES.

LAS ALTAS PERDIDAS OCASIONADAS POR LA CORROSION EN LAS INSTALACIONES INDUSTRIALES, EN TODOS LOS PAISES REPRESENTA UN ALTO COSTO DE MANTENIMIENTO. DEBEMOS PUES PROTEGER EL EQUIPO Y SU MANTENIMIENTO, SOBRE TODO EN LUGARES DONDE LA ATMOSFERA ES MUY CORROSIVA, SE CONSIDERA DESDE EL DISEÑO DE LA INSTALACION.

AUN CUANDO NO SE PIENSA MUCHO, EN ELLO, VIVIMOS EN UNA

CIVILIZACION QUE DEPENDE MUCHO DE LOS METALES. SABEMOS POR EXPERIENCIA QUE LOS MATERIALES METALICOS USADOS EN LA INDUSTRIA, NO TIENEN LA ESTABILIDAD EN NUESTRA ATMOSFERA, QUE SE REQUIERE PARA QUE SU VIDA UTIL SEA PROLONGADA, DICHO DE OTRA MANERA, TERMODINAMICAMENTE LOS METALES TIENDEN AL ESTADO DE MAS BAJA ENERGIA Y REACCIONAN CON EL MEDIO AMBIENTE FORMANDO: OXIDOS, SULFUROS, CLORUROS, CARBONATOS, ETC.

ESTOS COMPUESTOS PERMANECEN EN LA SUPERFICIE DEL METAL, SON GENERALMENTE FRAGILES, DE MAL ASPECTO Y FACILMENTE DESPRENDIBLES. EN ALGUNOS CASO.

ESTE PROBLEMA CAUSA IMPORTANTES PERDIDAS, DERIVADAS DE LA REPOSICION TOTAL DE ESTRUCTURAS O RETRASOS EN PRODUCCION POR REPARACIONES. LA CORROSION ES UN FENOMENO COMPLEJO, GENERALMENTE OCURRE EN LA SUPERFICIE DEL METAL.

CORROSION GALVANICA : ES LA CORROSION QUE SE ASOCIA CON EL FLUJO DE CORRIENTE A UN METAL MENOS ACTIVO EN CONTACTO CON UN METAL MAS ACTIVO ENCONTRADOS EN EL MISMO AMBIENTE.

LOS PROCESOS DE CORROSION SON EN ESENCIA ELECTROQUIMICOS. ESTO ES, TRANSFORMACIONES QUIMICAS, QUE SE LLEVAN A CABO EN PRESENCIA DE DIFERENCIA DE POTENCIAL ELECTRICO. ASI PODEMOS ALTERAR LA VELOCIDAD DE CORROSION DE UN METAL AL MODIFICAR LAS DIFE-

RENCIAS DE POTENCIAL ELECTRICO EXISTENTE, ESTAS TECNICAS SE CONOCEN COMO PROTECCION CATODICA Y ANODICA.

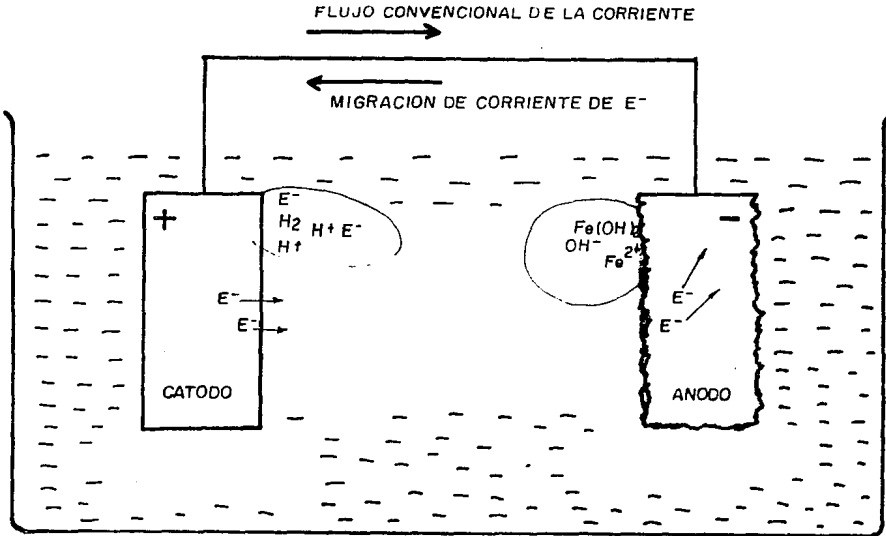
OTRA TECNICA USADA PARA PROTEGER CONTRA LA CORROSION ES FORMANDO UNA BARRERA ENTRE EL AMBIENTE Y LA ESTRUCTURA A PROTEGER. LOS RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS HAN TENIDO GRAN DESARROLLO, YA QUE PERMITEN, POR LO SENCILLO DE SU FORMULACION, LOGRAR FACILMENTE EL RECUBRIMIENTO IDONEO PARA CADA USO O AGENTE AGRESIVO, SIN EMBARGO. NINGUN RECUBRIMIENTO ES CAPAZ DE GARANTIZAR UNA PELICULA TOTALMENTE LIBRE DE POROS, O DAÑOS MECANICOS OCASIONADOS DURANTE EL MANEJO DE LA ESTRUCTURA.

EN PRESENCIA DE UN MEDIO ACUOSO, LA CORROSION ES DE NATURALEZA ELECTROQUIMICA. TAL CORROSION ES UN PROCESO ESPONTANEO QUE DENOTA LA EXISTENCIA DE UNA ZONA ANODICA, UNA ZONA CATODICA, UN ELECTROLITO Y EL CONTACTO ELECTRICO ENTRE DICHAS ZONAS.

EL ANODO ES LA PARTE DE LA SUPERFICIE METALICA EN LA QUE TIENE LUGAR LA CORROSION Y EN LA CUAL SE LIBERAN ELECTRONES COMO CONSECUENCIA DEL PASO DEL METAL EN FORMA DE IONES AL ELECTROLITO.

EL CATODO ES LA PORCION DE LA SUPERFICIE METALICA EN LA CUAL LOS ELECTRONES PRODUCIDOS EN EL ANODO, SE COMBINAN CON DETERMINADOS IONES PRESENTES EN EL ELECTROLITO. VER FIG. IV.1.

FIG IV. 1



LA CORROSION SE EFECTUA AL FORMARSE MULTITUD DE ZONAS ANODICAS Y CATODICAS SOBRE LA SUPERFICIE METALICA, SIENDO EL ELECTROLITO, CUANDO EL METAL NO ESTA SUMERGIDO O ENTERRADO, EL AGUA DE CONDENSACION DE LA ATMOSFERA.

PROTECCION CATODICA: ESTE METODO ELECTROQUIMICO, DE CONTROL DE CORROSION HA ENCONTRADO AMPLIA APLICACION EN LA PROTECCION DE ESTRUCTURAS DE ACERO AL CARBON, COMO LINEAS DE TUBERIAS, TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y TAMBIEN SE USA AMPLIAMENTE PARA PROTEGER BARCOS. ESTA PROTECCION CATODICA TAMBIEN CONOCIDA COMO PROTECCION CON ANODOS DE SACRIFICIOS, SE BASA EN HACER AL METAL QUE SE PROTEGE QUE FUNCIONE COMO CATODO EN EL ELECTROLITO INVOLUCRADO.

ESTE TIPO DE PROTECCION CATODICA SE BASA EN LAS CARACTERISTICAS ELECTROQUIMICAS DE LOS MATERIALES METALICOS QUE PROVOCAN UN PAR GALVANICO. AL PONERSE EN CONTACTO DOS METALES CON DIFERENTE ELECTRONEGATIVIDAD. CORROYENDOSE EL MAS ELECTRONEGATIVO O ANODICO.

CON BASE EN SU ACTIVIDAD ELECTROQUIMICA, LOS METALES SE ORDENAN EN UNA CLASIFICACION QUE RECIBE EL NOMBRE DE: SERIE GALVANICA. VER TABLA IV-I



SERIE GALVANICA	
MATERIAL	POTENCIAL (VOLTS)
MAGNESIO (COMERCIAL)	-1.75
ZINC	-1.10
ALUMINIO ALEADO (5% ZN)	-1.05
ACERO AL CARBON	-0.5 A -0.8
HIERRO FUNDIDO	-0.5
COBRE LATON	-0.2
CARBON, GRAFITO	- 0.3

TABLA IV-I

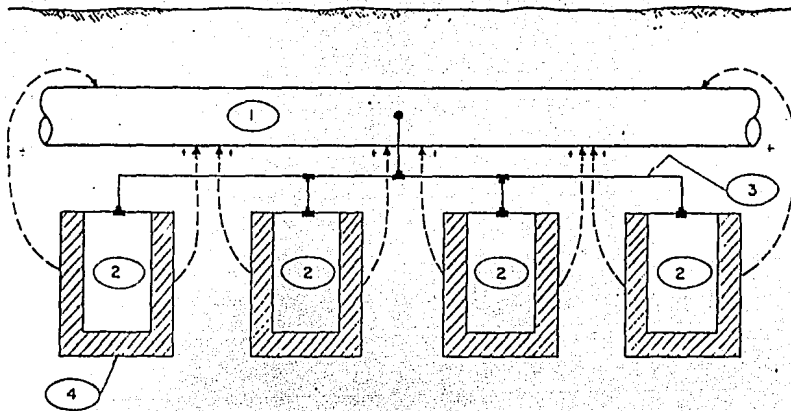
#### PROTECCION DE LAS LINEAS DE TUBERIAS:

EJEMPLO DE LOS ANODOS DE SACRIFICIO. SE INCLUYEN, EL ZINC, MAGNESIO Y ALUMINIO EN EL CONTACTO ELECTRICO CON EL METAL A SER PROTEGIDO.

ESTOS DEBEN SER ANODOS ENTERRADOS EN EL TERRENO PARA PROTEGER LAS LINEAS ENTERRADAS. LA CORRIENTE REQUERIDA ES GENERADA EN ESTE CASO POR LA CORROSION DEL METAL DEL ANODO DE SACRIFICIO.

EL ARREGLO GENERAL DE UN DISPOSITIVO DE PROTECCION CATODICA COMPRENDE COMO SE MUESTRA EN LA FIG. IV.2.

- 1) ESTRUCTURA A PROTEGER. EN ESTE CASO UN DUCTO.
- 2) LECHO ANODICO. EN NUESTRO CASO, EL AGRUPAMIENTO DE ANODOS



- 1.- ESTRUCTURA A PROTEGER
- 2.- LECHO ANODICO
- 3.- CABLEADO
- 4.- RELLENO QUIMICO (BACKFILL)

**FIG. IV.2** ARREGLO GENERAL DE UN DISPOSITIVO DE PROTECCION CATORICA POR ANODOS DE SACRIFICIO

AL ESTAR CONECTADOS DIRECTAMENTE A LA ESTRUCTURA A PROTEGER, APROVECHA LAS CARACTERISTICAS ELECTROQUIMICOS DE LOS MATERIALES METALICOS.

COMERCIALMENTE SE EMPLEAN DISTINTAS ALEACIONES DE ZINC, MAGNESIO O ALUMINIO COMO MATERIAL ANODICO PARA ESTRUCTURAS DE ACERO.

3) CABLEADO: EL CABLEADO ES NECESARIO PARA LLEVAR A CABO LA PROTECCION CATODICA POR CREACION DE UN PAR GALVANICO.

LA PRINCIPAL VENTAJA DE ESTE SISTEMA ES QUE ADECUADAMENTE INSTALADO, NO REQUIERE MANTENIMIENTO NI AJUSTES DE OPERACION Y CONSIDERANDO QUE ADEMAS NO NECESITA INSTALACIONES ESPECIALES DE SUMINISTRO DE ENERGIA, SU APLICACION ES IDEAL EN LUGARES REMOTOS O DE DIFICIL ACCESO.

EL TERRENO ES UN ELECTROLITO QUE PERMITE Y EN OCASIONES FAVORECE EL PROCESO DE CORROSION POR LO QUE LAS LINEAS ENTERRADAS TIENEN SIEMPRE UN RECUBRIMIENTO PROTECTOR.

ES NECESARIO PARA ASEGURAR UN DRENADO DE CORRIENTE EFECTIVO, DISEÑAR UN LECHO PROFUNDO, QUE CONSISTE EN INSTALAR LOS ANODOS VERTICALMENTE EN POZOS O PERFORACIONES PROFUNDAS DEPENDIENDO DE LA LOCALIZACION DE ESTRATOS CON RESISTIVIDAD ADECUADA PARA EL DRENADO; SIENDO RECOMENDADOS LOS ESTRATOS DE MAS BAJA RESISTIVIDAD.

## PROTECCION DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

DENTRO DE LAS INSTALACION REQUERIDAS POR PEMEX, LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DESTACAN POR SU IMPORTANCIA YA QUE SE USARAN PARA QUE EL ACEITE PUEDA DECANTARSE.

SON ESTRUCTURAS CONSTRUIDAS CON ACERO AL CARBON, POR SU CONSTRUCCION Y CARACTERISTICAS DE OPERACION ESTAN EXPUESTAS A DISTINTOS MEDIOS AGRESIVOS QUE SON :

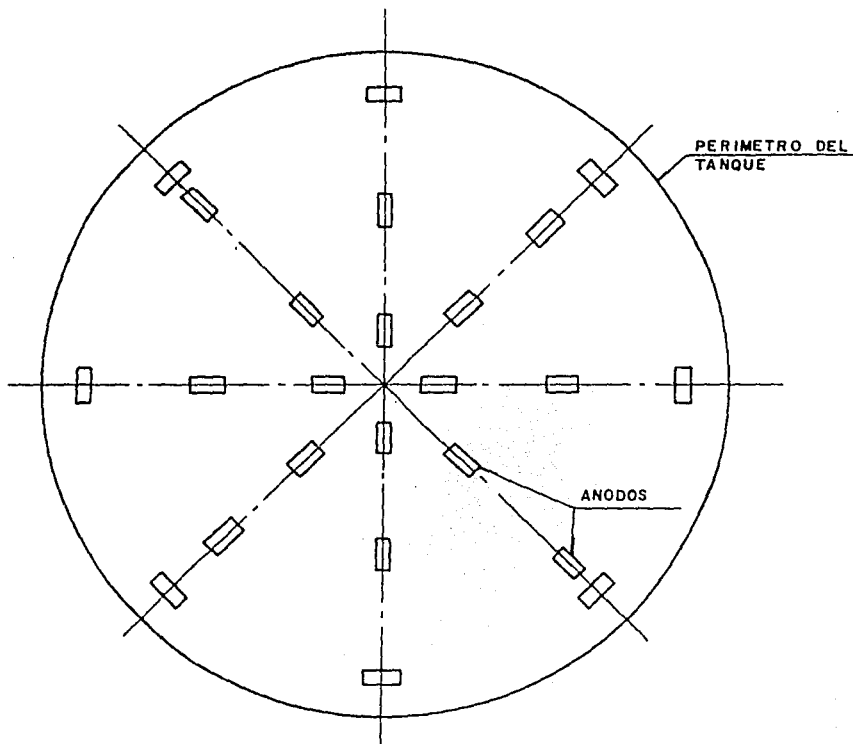
ATMOSFERICOS = LA PARTE EXTERNA DE LA ENVOLVENTE Y LA CUPULA.  
EL PRODUCTO QUE SE ALMACENA = PARTE INTERNA DEL FONDO Y LA ENVOLVENTE.

SUELO COMO ELECTROLITO AGRESIVO = PARTE EXTERNA DEL FONDO  
PARA PROTEGER LAS AREAS EXPUESTAS AL ATAQUE ATMOSFERICO, SE EMPLEAN RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS.

COMO SE ALMACENARA AGUA DE MAR, QUE ES POTENCIALMENTE CORROSIVA, ES NECESARIO COMPLEMENTAR LA ACCION DEL RECUBRIMIENTO MEDIANTE LA PROTECCION CATODICA.

POR OTRO LADO, EL EXTERIOR DEL FONDO SE CORROE POR LA HUMEDAD. PUES AUNQUE SU CIMENTACION INCLUYE UNA CARPETA ASFALTICA, ESTA NO ES IMPERMEABLE. ADEMAS LA IMPOSIBILIDAD DE ACCESO A LA PARTE EXTERIOR DEL FONDO DEJA COMO UNICA OPCION EL EMPLEO DE LA PROTECCION CATODICA. VER FIGURA IV.3.

## ORIENTACION DE ANODOS EN EL FONDO DE TANQUES



- NOTAS: 1. LOS ANODOS DE BORDE SE ORIENTAN PERIMETRALMENTE  
2. LOS ANODOS INTERIORES SE ORIENTAN RADIALMENTE

PROTECCION CON ANODOS DE SACRIFICIO

FIGURA IV.3

ASI PARA ESTA PARTE DEL FONDO SE PROPONE PREFERENTEMENTE ANODOS DE MAGNESIO DEBIDO A SU ALTA ACTIVIDAD. ESTOS SISTEMAS PRACTICAMENTE NO SE AFECTAN POR INTERCONEXIONES EXISTENTES, LO QUE LOS HACE IDEALES PARA ESTAS ESTRUCTURAS.

CUANDO EL DIAMETRO ES MAYOR A LOS 40 (M), ES NECESARIO INSTALAR LOS ANODOS SIMULTANEAMENTE CON LAS PLACAS DEL FONDO, A FIN DE CONSEGUIR UNA ADECUADA DISTRIBUCION DE CORRIENTE.

DESDE SU DISEÑO, ESTA PROTECCION SE PLANEA PARA QUE TENGA UNA VIDA UTIL DE POR LO MENOS DIEZ AÑOS.

POR TODO LO ANTERIOR, EL MANTENIMIENTO PROPUESTO PARA LAS LINEAS DE TUBERIA ASI COMO PARA LOS TANQUES, CONSISTIRA BASICAMENTE EN UNA INSPECCION PERIODICA (APROXIMADAMENTE DE AÑO Y MEDIO A CADA DOS AÑOS), PARA REVISAR EL ESTADO DEL RECUBRIMIENTO.

#### IV.4 MANTENIMIENTO DE EQUIPO MECANICO

HEMOS VISTO QUE LA INGENIERIA DE MANTENIMIENTO, A DIFERENCIA DE LAS DE DESARROLLO, DISEÑO, Y CONSTRUCTIVA, ESTA SE REFIERE A LOS PROBLEMAS COTIDIANOS DE CONSERVAR LA PLANTA EN BUENAS CONDICIONES DE OPERACION. PARA LOGRAR LO ANTERIOR, DEBEMOS APOYARNOS EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

ESTE CONSISTE DE LA INSPECCION PERIODICA DE LOS ACTIVOS Y DEL EQUIPO DE LA PLANTA. PARA DESCUBRIR LAS CONDICIONES QUE CONDUCEN A PAROS IMPREVISTOS DE PRODUCCION O DEPRECIACION PERJUDICIAL. EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO VARIA EN ALCANCE E INTENSIDAD. NO HAY NINGUN PROGRAMA HECHO O FACIL DE HACER PARA NINGUNA PLANTA. DEBE SER DISENADO A LA MEDIDA PARA SATISFACER REQUISITOS INDIVIDUALES.

A CONTINUACION, ANALIZAREMOS LOS EQUIPOS MAS REPRESENTATIVOS DE LA INSTALACION DE LA PLANTA TRATADORA DE AGUA DE LASTRE, DE BUQUES TRANSPORTADORES DE COMBUSTOLEO, DESDE EL PUNTO DE VISTA DE MANTENIMIENTO.

#### IV.4.1 CALDERA

ESTA ES UN RECIPIENTE CERRADO EN EL CUAL POR MEDIO DEL CALOR QUE PRODUCE UN COMBUSTIBLE, SE TRANSFORMA EL AGUA EN VAPOR A UNA PRESION MAYOR QUE LA ATMOSFERICA. EN NUESTRO CASO, LA CALDERA SELECCIONADA TIENE UNA CAPACIDAD DE 800 [HP] CALDERA.

EL TRABAJO DE LA CALDERA SE HACE APROXIMADAMENTE A UNA PRESION DE 4 [Kg/CM<sup>2</sup>]. LA CUAL NO DEBERA SOBREPASAR LOS 10 [Kg/CM<sup>2</sup>].

LA CALDERA PAQUETE ELEGIDA TIENE COMO COMPONENTES MAS IMPORTANTES LO SIGUIENTE :

- 1.- RECIPIENTE DE PRESION
- 2.- EQUIPO DE SUAVIZACION DEL AGUA CRUDA
- 3.- QUEMADOR
- 4.- VENTILADOR
- 5.- BOMBA DE AGUA DE ALIMENTACION
- 6.- TANQUE DE CONDENSADOS
- 7.- BOMBA DE COMBUSTOLEO

AUN CUANDO LA CALDERA SE CONTRUYE DE ACUERDO A NORMAS, SIN EMBARGO, LA SEGURIDAD, CONFIABILIDAD Y EFICIENCIA DE OPERACION SOLO SE CONSERVAN CON UN PROGRAMA BASICO DE MANTENIMIENTO ENTRE OTRAS FUENTES.

UNA DE LAS MEJORES FUENTES ES EL MANUAL DE SERVICIO QUE PROPORCIONA EL FABRICANTE DE EQUIPO.

EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO CONSISTE DE EFECTUAR EL CHEQUEO Y REVISION DE LAS PARTES O COMPONENTES CADA DETERMINADO PERIODO. PARA LO CUAL SE PUEDE COLOCAR EN UNA TABLA LAS PARTES A CHECAR Y EL PERIODO DE REVISIONES. POR EJEMPLO:



EJEM	CADA 8 DIAS
1.-	COMPROBAR QUE NO HAY FUGA DE GASES, NI DE AIRE EN JUNTAS
2.-	COMPROBAR LA TENSION DE LA BANDA DEL COMPRESOR
3.-	LIMPIAR EL FILTRO DE LUBRICANTE CERCANO AL COMPRESOR
4.-	LAVAR LOS FILTROS, TANTO DE ENTRADA A LA BOMBA COMO A TANQUE DE CONDENSADOS
5.-	LIMPIAR EL ELECTRODO DEL PILOTO DE GAS
6.-	CHECAR QUE LOS INTERRUPTORES TERMOSTATICOS DEL CALENTADOR DE COMBUSTIBLE OPEREN A LA TEMPERATURA CALIBRADA
7.-	INSPECCIONAR LOS PRENSA ESTOPA DE LA BOMBA DE ALIMENTACION DE AGUA.

EN BASE A ESTE CHEQUEO PERIODICO SI DETECTAMOS ALGUNA ANOMALIA, ESTO DARA PIE A UNA ORDEN DE TRABAJO, VER TABLA IV.2

LAS ACCIONES MOSTRADAS EN LA TABLA ANTERIOR, SON EJEMPLO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO, APARTE SE TIENEN OTROS CHEQUEOS A REALIZAR EN OTROS PERIODOS, COMO LA SUPERVISION DEL EQUIPO AUXILIAR DE LA CALDERA, PODEMOS MENCIONAR :

TANQUE DE CONDENSADOS - SEMESTRALMENTE

CHECAR SI HAY FUGAS

CHECAR SI HAY CORROSION

BOMBA DE AGUA DE ALIMENTACION - MENSUALMENTE

CHECAR LA LUBRICACION



INSPECCIONAR POSIBLES FUGAS  
VENTILADOR - ESTE SE REVISARA CADA AÑO

SE PROPONE PUES UTILIZAR EL FORMATO DE TABLA PARA EFECTUAR LOS CHEQUEOS YA PROPUESTOS (EN EL EJEMPLO) INDICANDO LOS PERIODOS TRANSCURRIDOS. TAMBIEN SE PUEDE HACER USO DE LA TABLA IV.3

#### IV.4.2 BOMBAS

UNA BOMBA ES UN DISPOSITIVO QUE SE USA PARA MOVER FLUIDOS A TRAVES DE UN SISTEMA DE TUBERIA.

EL TIPO MAS POPULAR. ES LA BOMBA CENTRIFUGA. USADA PARA BOMBEAR LIQUIDOS LIGEROS. UNA BOMBA NOS DA LA FUERZA NECESARIA PARA VENCER LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TUBERIAS Y HACE QUE EL FLUIDO SE MUEVA.

HAY DOS CLASES DE BOMBAS. SE CLASIFICAN DE ACUERDO A LA FORMA EN QUE LA FUERZA ES DESARROLLADA. YA SEA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO O CENTRIFUGA.

EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EMPIEZA CON LA INSTALACION DE LA BOMBA; PARA LO CUAL SE DEBE CONSIDERAR :

1.- EL MATERIAL DE LA BOMBA DEBE SER CAPAZ DE SOBRELLEVAR EL FLUIDO QUE SE BOMBEA.

FECHA \_\_\_\_\_

## CONTROL DE CALDERA

H O R A	6	7	8	9	10	11	12	13	14	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
T U R N O	I									I I									
TEMP. GASES CHIMENEA																			
PRESION VAPOR																			
PRESION COMBUSTIBLE																			
PRESION INYECCION COMBUST.																			
NIVEL ACEITE TANQUE RECIBIDOR																			
PRESION BOMBA AGUA ALIMENT.																			
PRESION GAS PILOTO																			
PRESION RETORNO COMBUSTIBLE																			
NIVEL COLUMNA DE AGUA.																			

### O B S E R V A C I O N E S

T U R N O I	T U R N O II

FIRMAS:

OPERADOR DE TURNO      SUPERVISOR.

I \_\_\_\_\_

II \_\_\_\_\_

2.- LOS BALEROS Y LUBRICACION DEBEN RESISTIR LA TEMPERATURA AMBIENTE, EL POLVO Y CONDICIONES DE OPERACION.

BASICAMENTE, EL MANTENIMIENTO DE LA BOMBA REQUIERE LUBRICACION APROPIADA DE ACUERDO CON LAS RECOMENDACIONES DEL FABRICANTE. LOS ESTOPEROS Y LOS EMPAQUES DEBEN INSPECCIONARSE Y ATENDERSE EN FORMA ADECUADA.

PARA SU MANTENIMIENTO SE RECOMIENDA POR CADA BOMBA, TENER UNA TARJETA DE IDENTIFICACION COMO LA MOSTRADA EN LA TABLA N° IV.5 DONDE SE CONTARA CON TODOS LOS DATOS.

ADEMAS SE PUEDE LLEVAR UN REGISTRO DE FECHAS DE LUBRICACION O REPARACIONES, Y ASI CONTAR CON UN REGISTRO POR CADA BOMBA. (VER TABLA IV.4)

SERVICIO DE MANTENIMIENTO												
BOMBA	SEMANA											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N°1	E		I		E		I					
N°2	E		I		E		I					
N°3		E		I		E		I				
N°4		E		I		E		I				
N°5			E				E					

E - ENGRASAR

I - INSPECCIONAR

TABLA IV.4

NOMBRE DE LA UNIDAD

UNIDAD NUMERO

DATOS DE LOS EQUIPOS		
NOMBRE DE LA UNIDAD		
AREA QUE SIRVE LA UNIDAD		
NUMERO CONTROL PROPIETARIO		
FABRICANTE		
COMPRADO A		
FECHA COMPRA	ORDEN COMPRA	COSTO
AGENCIA LOCAL DE REPARACION		
DATOS		
MODELO		
NUMERO DEL MODELO	SERIE NUMERO	
TIPO	ENFRIAMIENTO	
RPM	CAPACIDAD	
GPM	REFRIGERANTE	
RANGO TEMPERATURA	PRESION	MOVIDO
DATOS ELECTRICOS		
FABRICANTE		FECHA COMPRA
HP	RPM	
VOLTS	FASES	CICLOS
TIPO	ARMAZON	
AMPS ARRANQUE	AMPS CARGA	
CAJINETE NUMERO	CLASIFICACION	
TABLERO	CIRCUITO	
MANEJADOR	CALENTADOR	

EXPEDIENTE	
SERVICIO EFECTUADO	
ENE	JUL
1	
2	
3	
4	
FEB	AGO
1	
2	
3	
4	
MAR	SEP
1	
2	
3	
4	
ABR	OCT
1	
2	
3	
4	
MAY	NOV
1	
2	
3	
4	
JUN	DIC
1	
2	
3	
4	

TABLA IV. 5

ADEMAS SE DEBEN TENER UN REGISTRO DE CADA BOMBA Y SUS REPARACIONES. PARA LO CUAL SE PROPONE UNA FORMA COMO LA QUE SE MUESTRA ENSEGUIDA:

MANTENIMIENTO		
EQUIPO BOMBA N°3	UBICACION	
FECHA	REP. EFECTUADA	OBSERVACION

#### IV.5 MANTENIMIENTO DE EQUIPO ELECTRICO

PARA OPERAR Y DAR MANTENIMIENTO A UN SISTEMA ELECTRICO DE DISTRIBUCION INDUSTRIAL APROPIADAMENTE Y PARA ENTENDER LA PLANEACION COMPLETA DEL SISTEMA, ES NECESARIO COMPRENDER LA FUNCION DE CADA COMPONENTE DE LA INSTALACION Y EL LUGAR QUE OCUPA EN EL SISTEMA GLOBAL.

##### IV. 5.1 TRANSFORMADOR

EL TRANSFORMADOR ES UN APARATO ELECTRICO SIN PARTES EN MOVIMIENTO QUE SIRVE PARA TRANSMITIR ENERGIA ELECTRICA DE UN CIRCUITO A OTRO. ELEVANDO O BAJANDO EL VOLTAJE.

COMO SE VIO EN EL CALCULO DE EQUIPO ELECTRICO, EL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION SELECCIONADO TIENE UNA CAPACIDAD DE 300 [KVA].

EN TRANSFORMADORES PEQUEÑOS, INCLUYENDO LOS DE DISTRIBUCION EL MANTENIMIENTO USUAL CONSISTE EN LIMPIAR, REVISION Y EVALUACION DE LA FIJACION Y APRIETE DE SUS HERRAJES Y TORNILLERIA E INSPECCION DE LAS PROPIEDADES DEL ACEITE.

CUANDO LA INSPECCION VISUAL REVELA PRESENCIA DE CARBONO EN LAS TERMINALES, SE DEBE REVISAR LA RIGIDEZ MECANICA DE LAS TERMINALES INTERNAS Y EXTERNAS. DESPUES DE UN CORTO SE DEBEN REVISAR EXHAUSTIVAMENTE EL TRANSFORMADOR Y SUS PROTECCIONES.

EN FORMA GENERAL, SE PUEDEN INCLUIR ENTRE LAS PRUEBAS DE MANTENIMIENTO QUE SE HACEN A UN TRANSFORMADOR:

- 1.- RELACION DE TRANSFORMADOR
- 2.- RESISTENCIA Y FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO
- 3.- VERIFICACION DEL ESTADO DEL TANQUE, SELLOS, JUNTAS, ETC
- 4.- LIMPIEZA DE BUJES Y CONEXIONES, ASI COMO SU APRIETE
- 5.- NIVEL DE ACEITE
- 6.- PRUEBAS AL ACEITE
- 7.- VERIFICAR DEPOSITOS DE CARBONO



DE LO ANTERIOR SE APRECIA QUE LAS NECESIDADES DE MANTENIMIENTO REQUERIDO SON MINIMAS. ASI SE PROPONE EL SIGUIENTE PLAN DE MANTENIMIENTO.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION	PERIODO - REVISION
TEMPERATURA OPERACION	2 MESES
APRIETE DE HERRAJES	12 MESES
NIVEL DE ACEITE	2 MESES
FUGA DE ACEITE	MENSUAL
EMPAQUES	MENSUAL
PRUEBAS DE ACEITE (RIGIDEZ-DIELECTRICA)	4 MESES

TAMBIEN AQUI, SI SE DETECTA ALGUNA ANOMALIA SE ORIGINARA UNA ORDEN DE TRABAJO.

#### IV.5.2 ARRANCADOR

TODOS LOS DISPOSITIVOS OPERADOS CON MOTOR REQUIEREN ALGUN CONTROL DEL MOTOR QUE PROPORCIONE EL ARRANQUE-PARO INVERSION U OTRAS FUNCIONES. ASI TENEMOS EL CONTROLADOR O ARRANCADOR DEL MOTOR.

LOS ARRANCADORES. SON DISPOSITIVOS QUE SE ACOSTUMBRAN OPERAR MAGNETICAMENTE CON PROTECCION TERMICA CONTRA SOBRE CARGA MEDIANTE LA APLICACION DE ESLABONES DE ALEACION FUNDIBLE. ESTOS ARRANCADORES COMUNMENTE SE AGRUPAN EN UNA UNIDAD INTEGRADA QUE SE DENOMINA. CENTRO DE CONTROL DE MOTORES.

LA NEMA HA DEFINIDO NORMAS PARA EL TIPO Y CLASE DE ALAMBRADO Y EL GRADO DE INTERCONEXION Y ALAMBRADO PRESENTE EN UN CENTRO DADO.

ESTA INFORMACION PUEDE OBTENERSE DEL FABRICANTE. Y DEBE GUARDARSE CON LOS MANUALES DE MANTENIMIENTO DE LA PLANTA.

#### IV.5.3 CENTRO DE CONTROL DE MOTORES

ESTOS TABLEROS SON MONTAJES DE DISPOSITIVOS DE INTERRUPCION Y PROTECCION CONTRA SOBRE CORRIENTE ENCERRADOS EN UN GABINETE. USUALMENTE MONTADO EN LA PARED Y PROTEGIDO POR UNA CUBIERTA O GUARNICION QUE PUEDE TENER UNA PUERTA EMBISAGRADA.

LOS TABLEROS DE CONTROL PROPORCIONAN PROTECCION Y CONTROL LOCAL DE APARATOS Y ALUMBRADO. USUALMENTE ESTAN COMPUESTOS DE GRUPOS INTEGRADOS DE INTERRUPTORES DE CIRCUITO E INTERRUPTORES CON FUSIBLES QUE DAN PROTECCION PARA LOS CIRCUITOS QUE TERMINAN EN SUS AREAS INMEDIATAS.

EL MANTENIMIENTO PROPUESTO PARA ESTE EQUIPO ELECTRICO (ARRANCADORES, CENTRO DE CONTROL DE MOTORES, TABLEROS DE CONTROL) ES HACER UNA TARJETA POR CADA EQUIPO, EN LA QUE QUEDE ASENTADO TODOS LOS DATOS DEL EQUIPO Y DEL PROVEEDOR.

EN EL CASO DE LOS ARRANCADORES SE DEBEN CHECAR MENSUALMENTE LOS PLATINOS.

PARA EL CASO DE TABLEROS DE CONTROL TAMBIEN DEBEN CHECARSE LOS DISPOSITIVOS QUE LO INTEGRAN. REGISTRARSE CADA REPARACION PARA CONTAR CON UN REGISTRO.

## CAPITULO V RESULTADO FINAL

### V.1 IMPACTO ECOLOGICO

CREEMOS QUE ESTE PROYECTO APLICADO EN LAS INSTALACIONES PETROLERAS DE PEMEX, COMO TERMINALES MARITIMAS E INCLUSIVE EN LAS REFINERIAS DONDE SE PROCESAN AGUAS RESIDUALES QUE CONTIENEN CANTIDADES APRECIABLES DE ACEITE Y LODOS, IMPACTARA EN FORMA DIRECTA EN LA DISMINUCION DE NIVELES DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS DE RIOS Y MARES.

AUNQUE NO CONTAMOS CON DATOS PRECISOS, SABEMOS QUE PEMEX ACTUALMENTE EROGA FUERTES CANTIDADES DE DINERO EN FORMA CONTINUA POR CONCEPTO DE MULTAS IMPUESTAS POR CONTAMINACION AMBIENTAL EN TODAS SUS INSTALACIONES. SIN EMBARGO SOLO POCAS PERSONAS SABEN EL MONTO DE LAS MISMAS, YA QUE NO SE PERMITE QUE ESTOS DATOS SEAN DEL DOMINIO PUBLICO.

SIN EMBARGO ESTAMOS CIERTOS QUE EL COSTO DE LA INSTALACION QUE PROPONEMOS EN ESTE TRABAJO PUEDE FACILMENTE SER RECUPERADO TOMANDO SOLO EN CUENTA LA OBTENCION DE COMBUSTIBLE QUE SE TIENE DURANTE EL PROCESO COMO LO VEREMOS MAS ADELANTE, ESTO SIN TOMAR EN CUENTA EL ASPECTO DE LAS MULTAS.

POR OTRA PARTE SABEMOS QUE NO SOLO LAS MULTAS QUE PAGA PEMEX A LAS DEPENDENCIAS OFICIALES SON UNICAMENTE LOS IMPACTOS NEGATIVOS A ESA INDUSTRIA. TAMBIEN EL PERSONAL QUE LABORA RECIBE EL EFECTO DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL QUE SE GENERA DENTRO DE ESAS INSTALACIONES.

POR ULTIMO, Y LO MAS GRAVE, ES QUE EN GENERAL EL PUEBLO MEXICANO ESTA SIENDO PERJUDICADO POR EL EFECTO NEGATIVO QUE LA CONTAMINACION PROVOCA EN RIOS Y MARES. UN EJEMPLO CLARO SON LOS RIOS COATZACOALCOS Y PANUCO EN EL ESTADO DE VERACRUZ, DONDE ES CLARO EL RESULTADO ADVERSO QUE TIENE SOBRE LA POBLACION DE ESOS LUGARES. POR UN LADO LA PESCA CASI HA DESAPARECIDO, ELIMINANDO UNA FUENTE DE INGRESOS A LA POBLACION, LO QUE ANTERICAMENTE ERA UNA ACTIVIDAD PREPONDERANTE. CABE MENCIONAR QUE LAS ESPECIES ANIMALES DEL RIO HAN IDO DESAPARECIENDO POCO A POCO Y EL MISMO PRESENTA UN ASPECTO CLARO DE MEZCLA DE HIDROCARBUROS EN LA ZONA DE TRAFICO DE LOS BUQUES PETROLEROS QUE SALEN Y ENTRAN A LA TERMINAL MARITIMA DE PAJARITOS EN EL ESTADO DE VERACRUZ, LLEVANDO ESTA CONTAMINACION HASTA LA DESEMBOCADERA DEL GOLFO DE MEXICO DONDE PERSISTE ESTE PROBLEMA.

SABEMOS QUE NO SOLO LOS BUQUES TRANSPORTADORES DE COMBUSTIBLE SON LA CAUSA DE ESTOS MALES, SIN EMBARGO TENEMOS CONOCIMIENTO QUE ES UNA DE LAS FUENTES QUE MAS CONTAMINA POR LOS VOLUMENES TAN GRANDES QUE SE MANEJAN Y LA CONTINUIDAD CON QUE SE DESCARGAN AL MAR.

POR OTRA PARTE ESTAMOS CIERTOS QUE ESTA NO ES LA UNICA SOLUCION QUE DEBERA IMPLEMENTARSE, PERO SI CONSIDERAMOS QUE IMPACTARA EN FORMA APREMIANTE EN LOS LUGARES DONDE SE APLIQUE. EN ESTAS TERMINALES MARITIMA DE EXPORTACION DE CRUDO SE TIENEN UN PROMEDIO DE LLEGADAS DE BUQUES TRANSPORTADORES DE COMBUSTOLEO SIMILARES A SALINA CRUZ OAX.. PODRIAMOS HACER EL SIGUIENTE ANALISIS :

CONSIDERANDO LAS PRINCIPALES TERMINALES EXPORTADORAS DE CRUDO COMO SON :

- 1.- SALINA CRUZ, OAXACA
- 2.- PAJARITOS, VERACRUZ
- 3.- CIUDAD MADERO, TAMAULIPAS
- 4.- DOS BOCAS, VERACRUZ

TOMANDO EN CUENTA QUE EN CADA TERMINAL DESCARGARA UN BUQUE-TANQUE DE 30.000 [TPM], NO CADA 48 HORAS, SINO CADA SEMANA, SE RECUPERARIA LA SIGUIENTE CANTIDAD DE COMBUSTOLEO. :

CANTIDAD DE COMBUSTOLEO EN EL LASTRE CONSIDERANDO QUE TRAE UN PROMEDIO DE 100 [ppm].

$$\text{CUATRO BUQUES} \times 30.000 \text{ [TPM]} = 120.000 \text{ [TPM]}^{''''}$$

CANTIDAD DE LASTRE TOTAL : CONSIDERANDO 40% DE CADA BUQUE

$$120.000 \times 0.4 = 48.000 \text{ [TPM]}^{(1)}$$

ESTO EQUIVALE EN LITROS A

$$48.000 \times 1.000 = 48.000.000 \text{ [L].}^{(1)}$$

COMO SE SABE EL 5% DE ESTA CANTIDAD, ES ACHIQUE Y EL 20% DE ESE ACHIQUE ES COMBUSTOLEO, POR LO QUE :

$$48 \times 10^6 \times 0.05 = 2.400.000 \text{ [L].}^{(1)}$$

$$2 \times 10^6 \times 0.2 = 480.000 \text{ [L].}^{(1)}$$

COMO UN BARRIL ES IGUAL A 159 [L], EL VOLUMEN RECUPERADO EN BARRILES DE COMBUSTOLEO, DEL ACHIQUE SERA :

$$V = 480.000 / 159 = 3018.87 \text{ [bbls]}^{(1)}$$

EL PRECIO EN EL MERCADO INTERNACIONAL DEL BARRIL DE CRUDO PESADO ES DE 9.96 DOLARES, POR LO QUE SE RECUPERARIAN :

$$3018.87 \times 9.96 = 30.067.95 \text{ Dlls.}$$

SUPONIENDO COMO YA DIJIMOS, QUE ESTE VOLUMEN SE RECUPERARA CADA SEMANA, AL AÑO TENDRIAMOS :

$$30.067.95 \times 52 = 1563.533 \text{ Dlls.}$$

EN NUEVOS PESOS MEXICANOS

$$1563.533 \times 3.4 = \text{N\$ } 5'316 \text{ 012.71}$$

DIVIDIENDO ENTRE CUATRO TENDRIAMOS (PARA OBTENER POR CADA TERMINAL)

$$5'316\ 012,71 / 4 = 1'329\ 003.18 \text{ NUEVOS PESOS}$$

CON ESTA CANTIDAD DE DINERO QUE SE RECUPERARA, EN UN LAPSO DE 3 O 4 AÑOS, SE AMORTIZARIA EL COSTO DE TODO EL EQUIPO ELECTRO-MECANICO NECESARIO PARA LA INSTALACION CUYO COSTO INICIAL ES DE : N\$ 4216.184.00

COMO YA LO CALCULAMOS EN EL CAPITULO II DE ESTE TRABAJO. PARA EL CASO DE SALINA CRUZ, OAX.: LA INVERSION SE RECUPERARIA EN SOLO DOS AÑOS APROXIMADAMENTE.

ESTE RESULTADO ES CONSIDERANDO SOLO LA OBTENCION DE COMBUSTO-LEO EXTRAIDO DEL ACHIQUE. EL LASTRE PUEDE SUMINISTRAR LA SIGUIENTE CANTIDAD EN VOLUMEN :

$$V = 48\ 000\ 000 \times 0.95 = 45.6 \times 10^6 \text{ [L]}$$

EL PROMEDIO DE [ppm] QUE TRAE ES 100 [ppm] POR LO QUE EL VOLUMEN DE ACEITE SERA :

$$V = 45.6 \times 100 = 4560 \text{ [L]}$$

TRANSFORMANDO A BARRILES :

$$V = 4560 / 159 = 28.68 \text{ [bls]}$$



OBVIAMENTE ESTA ES UNA CANTIDAD MAS PEQUENA DE LA CUAL SOLO SE RECUPERA EL 85% Y REALMENTE REPRESENTA POCO VALOR ECONOMICO :

$$28.68 \times 9.96 \times 0.85 = 242.80 \text{ d11s}$$

EN NUEVOS PESOS :

$$242.80 \times 3.4 = \text{N\$ } 825.51$$

POR CADA TERMINAL EXPORTADORA REPRESENTARIA UNA CANTIDAD MINIMA NO REPRESENTATIVA. SIN EMBARGO PARA EL CASO DEL ACHIQUE ES UN VALOR MUY IMPORTANTE.

## V.2 CONCLUSION

COMO SE PUEDE VER DEL ANALISIS HECHO EN EL INCISO ANTERIOR, EL COSTO DE LA INSTALACION ELECTROMECHANICA DISENADA NO REPRESENTA REALMENTE UN OBTACULO, YA QUE EL MISMO: EN EL CASO DE SALINA CRUZ PUEDE SER RAPIDAMENTE RECUPERADO CON SOLO CONSIDERAR LA RECUPERACION DE COMBUSTOLEO QUE SE OBTIENE DURANTE EL PROCESO.

POR OTRA PARTE. LA IMPLANTACION DEL SISTEMA PROVOCARIA LA DISMINUCION DE MULTAS QUE PEMEX EROGA CONSTANTEMENTE, POR INCURRIR EN LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS MARINAS.

LO MAS IMPORTANTE DE ESTO. ES QUE EL IMPACTO AMBIENTAL POSITIVO QUE SE TENDRA EN UN FUTURO INMEDIATO. SERA MUY APRECIABLE PARA EL DESARROLLO AMBIENTAL EN TODA LA REPUBLICA MEXICANA. LO CUAL PRESERVARA EN GENERAL LA ECOLOGIA DEL PLANETA.

## GLOSARIO

## GLOSARIO DE TERMINOS:

BLS = BARRILES (ACEITE)

PPM = PARTES POR MILLON

Ft/MIN = PIES POR MINUTO

ACHIQUE = RESIDUO FINAL EN LOS BUQUES

AL = AGUA DE LASTRE

DAA = DESEMULSIFICANTE

ARC = ACEITE RECUPERADO A CARCAMO

LLM = LASTRE LIMPIO AL MAR

L = LITROS

 $M^3$  = METROS CUBICOS $Kg/cm^2$  = KILOGRAMOS POR CM CUADRADOPULG<sub>a</sub> = PRESION.PULG. DE AGUA

KG = KILOGRAMO

C = GRADOS CENTIGRADOS

TPM = TONELADAS METRICAS DE PESO MUERTO

 $Ft^3$ /MIN = PIES CUBICOS POR MINUTOS

GPM = GALONES POR MINUTOS

AACH = AGUA DE ACHIQUE

DED = DIESEL PARA BAJAR DENSIDAD

APF = AGUA A PLANTA DE FLOTACION

DAC = TRENAGE ACEITOSO A CARCAMO

ART = ACEITE RECUPERADO A TANQUE

LST = LASTRE SUCIO A TANQUE

ACA = AGUA CON ACEITE

M = METROS

# = PRESION, LIBRAS POR PULGADAS CUADRADAS

Pa = PRESION, PIES-AGUA

M<sub>a</sub> = PRESION, METROS DE AGUA

\*F = GRADOS FARENHAIT

f = COEFICIENTE DE FRICCION

Kw = KILOWATT

Kva = KILOVOLTAMPERE

I = CORRIENTE AMPERE

Fp = FACTOR DE POTENCIA

Fd = FACTOR DE DEMANDA

Cs = COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD

Pi = POTENCIA INSTALADA

Pt = POTENCIA DEL TRANSFORMADOR

V = VOLUMEN

v = VELOCIDAD

Kwh. = KILOWATT-HORA

Mw = MEGAWATT

Ft = PIES

SSU = SEGUNDOS SAYBOL UNIVERSAL

RPM = REVOLUCIONES POR MINUTOS

SIM. = SIMETRICOS

C.M. = CIRCULAR MILS

## CONVERSIONES

## CONVERSIONES

BARRIL = 42 GALONES (ACEITE)

BARRIL = 159 LITROS (ACEITE)

BARRIL = 0.16 M<sup>3</sup>

Lb/pulg<sup>2</sup> = 2.036 pulg. mercurio

Lb/pulg<sup>2</sup> = 703.1 Kg/m<sup>2</sup>

Lb/pulg<sup>2</sup> = 144 Lb/pie<sup>2</sup>

Lb/pulg<sup>2</sup> = 2.307 pies de Agua

Lb/pulg<sup>2</sup> = 0.06804 atmosferas

HP = 42.44 Btu/min

HP = 33 000 Pie-Lb/min

HP = 0.7457 KW

HP = 10.68 Kg-cal/min

HP (BOILER) = 33.48 Btu/hr

HP-hr = 2547 Btu

HP-hr = 2.737 x 10<sup>3</sup> Kg-m

Kg/cm<sup>2</sup> = 0.9678 atmosferas

Kg/cm<sup>2</sup> = 32.81 pies de agua

Kg/cm<sup>2</sup> = 14.22 Lb/pulg<sup>2</sup>

GALON = 3.785 litros

GALON = 0.1337 PIE<sup>3</sup>

GALON = 3.785 X 10<sup>-3</sup> M<sup>3</sup>

PIES DE AGUA = 0.8826 pulg Hg

PIES DE AGUA = 0.03048 Kg/cm<sup>2</sup>

PIES DE AGUA = 62.43 Lb/pies<sup>2</sup>

PIES DE AGUA = 0.4335 Lb/pulg<sup>2</sup>

TON (MET) = 1 m<sup>3</sup>

TON (MET) = 1000 L

T °F-32 = 0.5555 °C

T °C + 17.78 = 1.8 °F

LIBRA = 453.6 gr

LIBRA = 0.4536 Kg

Kg = 2.205 Lb

PIE<sup>3</sup> / min = 0.4720 L/seg

PIE<sup>3</sup> / min = 0.1247 gal/seg

PULG = 25.4 mm

PULG = 2.54 cm

PIE = 30.48 cm

PIE = 0.3048 m

METRO = 39.37 pulg

METRO = 3.281 pies

KILOWATT = 1.341 Hp

KILOWATT = 1000 W

KILOWATT = 56.92 Btu/min.

Kw/hr = 3413 Btu.

Kilovolt = 1000 v.

KV = 1/1000 Mv

KA = 1000 Amp.

Watts = 3.4192 Btu/hr

Watts = 44.27 pie-Lb/min



## BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA:

- 1.- HYDRAULIC INSTITUTE : "PIPE FRICTION MANUAL"  
Edición 1985
- 2.- TECHNICAL PAPER N° 410 CRANE :  
"FLOW OF FLUIDS THROUGH VALVES FITTINGS AND PIPES"  
Edición 1980
- 3.- ENRIQUEZ HARPER : "EL ABC DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS  
INDUSTRIALES"  
Editorial LIMUSA S.A. 1985
- 4.- CONDUCTORES MONTERREY : ALAMBRES Y CABLES DE ENERGIA PARA  
BAJA TENSION"  
Catalogo de Especificaciones
- 5.- CONDUCTORES MONTERREY : "CABLES DE ENERGIA DE 5 A 115 KV"  
Catalogo de Especificaciones
- 6.- CHEMICAL ENGINEERING : "PUMPS FOR THE CHEMICAL PROCESS  
INDUSTRIES"  
Editorial MC GRAW-HILL Publication 1974
- 7.- POWERS : " DATA SHEETS VOLUME 1"  
Editorial MC GRAW-HILL Publishing Co. 1980
- 8.- PETROLEOS MEXICANOS : "CONTROL Y PROTECCION DE MOTORES DE  
INDUCCION HASTA 600 VOLTS"  
Edición 1980
- 9.- PETROLEOS MEXICANOS : "CATALOGO GEN DE PRECIOS UNITARIOS  
PARA LA CONSTRUCCION DE PLANTAS"  
Edición 1989
- 10.-PETROLEOS MEXICANOS : "GABINETES Y CAJAS DE INTERRUPCION"  
Edición 1982
- 11.-PETROLEOS MEXICANOS : "APLICACION DE RECUBRIMIENTOS PARA  
PROTECCION ANTICORROSIVA"  
Edición 1989
- 12.-PETROLEOS MEXICANOS : "MOTORES ELECTRICOS"  
Edición 1980
- 13.-PETROLEOS MEXICANOS : "CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS  
Y SELECCION DE EQUIPO ELECTRICO"  
Edición 1980

- 14.- PETROLEOS MEXICANOS : "PROYECTO Y DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS EN PLANTAS INDUSTRIALES"  
Edición 1986
- 15.- PETROLEOS MEXICANOS : "INSTALACION DE SUBESTACIONES HASTA 10.000 KVA"  
Edición 1980
- 16.- PETROLEOS MEXICANOS : "ALUMBRADO PARA INSTALACIONES INDUSTRIALES"  
Edición 1982
- 17.- TRAGESA : "CATALOGO DE TRANSFORMADORES"  
Edición 1990
- 18.- GARTMAN : "DE LAVAL ENGINEERING HANDBOOK"  
Editorial MC GRAW-HILL, Book Co. 1970
- 19.- PETROLEOS MEXICANOS : "BOMBAS CENTRIFUGAS"  
Edición 1989
- 20.- PETROLEOS MEXICANOS : "FABRICACION DE TANQUES ATMOSFERICOS"  
Edición 1986
- 21.- PETROLEOS MEXICANOS : "INSTALACION DE SISTEMAS PARA PROTECCION CATODICA"  
Edición 1986
- 22.- SQUARE D DE MEXICO : "CENTROS DE CONTROL DE MOTORES"  
Catalogo de Tableros
- 23.- SIEMENS : "MOTORES ELECTRICOS"  
Catalogo General
- 24.- MCKEROW : "MAINTENANCE ENGINEERING HANDBOOK"  
Editorial MC GRAW-HILL 1970
- 25.- NEWBROUG E. T. : "ADMINISTRACION DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL"  
Editorial DIANA 1979
- 26.- A.S. CORDER : "MAINTENANCE MANAGEMENT TECHNIQUES"  
Editorial MC GRAW-HILL BOOK 1976
- 27.- L.T. MORROW : "MANUAL DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL"  
Editorial C.E.C.S.A. 1973
- 28.- BILLY C. LANGLEY : "PLANT MAINTENANCE"  
Editorial PRENTICE-HALL, ENGLEWOOD CLIFFS, 1986

- 29.- JAVIER AVILA Y JOAN GENESECA : MAS ALLA DE LA HERRUMBRE"  
Editorial SEP, FONDO DE CULTURA ECONOMICA, 1986