



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL DE UN SISTEMA EXPERIMENTAL
DE DESALADO DE HIDROCARBURO PARA EVALUAR AGENTES QUÍMICOS**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

PRESENTA

ALEJANDRA CASTELLANOS CAMACHO



MÉXICO, D.F.

2013



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 esta 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.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: **Profesor: José Antonio Ortiz Ramírez**

VOCAL: **Profesor: José Fernando Barragán Aroche**

SECRETARIO: **Profesor: Néstor Noé López Castillo**

1er. SUPLENTE: **Profesor: Milton Thadeu Gracia Medeiros de Oliveira**

2° SUPLENTE: **Profesor: Leticia Valle Arizmendi**

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

**LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA, FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM Y
CONJUNTO E, EDIFICIO DE INGENIERÍA QUÍMICA, FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM.**

ASESOR DEL TEMA: JOSÉ FERNANDO BARRAGÁN AROCHE

SUSTENTANTE: ALEJANDRA CASTELLANOS CAMACHO

Agradecimientos

Al Dr. Barragán quién siempre ha estado dispuesto a brindarme su ayuda, muchas gracias por su apoyo, consejos y paciencia. Mi más sincero cariño y admiración.

Al Mtro. Ortiz y al Dr. Néstor por ofrecerme su opinión y comentarios respecto a este trabajo.

A José Manuel y Memo por tanto tiempo, paciencia y ayuda, sin ustedes jamás hubiera terminado.

A mi madre, que en todo momento creyó en mí, por sus consejos y motivación pero más que nada su amor.

A mi padre, cuya motivación constante, valores y enseñanzas han formado a la persona que soy.

A mi hermana, por siempre estar ahí.

A mis segundas hermanas y segundos padres. Muchas gracias por apoyarme incondicionalmente.

A Pablo, gracias por enseñarme a sonreírle a la vida.

A mis amigas y Uguis, por aguantar mis locuras.

A José y Ro, amigos incondicionales.

EN PAZ

Muy cerca de mi ocaso,
yo te bendigo, Vida,
porque nunca me diste ni esperanza fallida,
ni trabajos injustos, ni pena inmerecida;
porque veo al final de mi rudo camino
que yo fui el arquitecto de mi propio destino;
que si extraje las mieles o la hiel de las cosas,
fue porque en ellas puse hiel o mieles sabrosas:
cuando planté rosales coseché siempre rosas.
... Cierto, a mis lozanías va a seguir el invierno:
¡mas tú no me dijiste que mayo fuese eterno!
Hallé sin duda largas las noches de mis penas;
mas no me prometiste tan sólo noches buenas;
y en cambio tuve algunas santamente serenas...
Amé, fui amado, el sol acarició mi faz.
¡Vida, nada me debes! ¡Vida, estamos en paz!

Amado Nervo

A mis padres
Por compartir conmigo fracasos y éxitos.

Índice

	Páginas
Objetivos	8
Abreviaturas	9
1. Introducción	11
1.1. Desalado de crudo	14
1.2. Bases para el desarrollo del modelo dinámico	22
1.3. Balances macroscópicos	24
1.4. Ingeniería de calor	28
2. Planta piloto de desalado de crudo	30
2.1. Descripción del proceso	30
2.2. Adecuaciones	33
2.3. Descripción de los equipos	35
2.4. Arranque de la Planta	39
2.4.1. Procedimiento de arranque	40
2.4.2. Limpieza final	44
3. Desarrollo del modelo	45
3.1. Sistema de Calentamiento	45
3.2. Balance del Tanque	46
3.2.1. Balance del crudo	46
3.2.2. Balance del serpentín	47
3.2.3. Ecuaciones adicionales	48
3.3. Balance del Intercambiador de Calor	50
3.3.1. Balance del crudo	50
3.3.2. Balance de la Coraza	51
3.3.3. Ecuaciones adicionales	52
4. Simplificación del modelo	55
4.1. Balance del Tanque	57

4.2. Balance del Intercambiador de Calor	58
5. Resultados	60
5.1. Propiedades del crudo	60
5.2. Propiedades del agua	63
5.3. Resolución del modelo	65
5.3.1. Estado Estacionario	65
5.3.2. Estado Dinámico	67
5.4. Resultados del modelado desarrollado en MathLab	71
5.4.1. Tanque de calentamiento	72
5.4.2. Intercambiador de calor	75
6. Análisis de Resultados	78
Conclusiones	83
Bibliografía	84
Anexo A: Diagrama de Flujo	A.1
Anexo B: Diagrama de tubería e instrumentación	B.1
Anexo C: Hojas de datos de los equipos	C.1
Anexo D: Método de Kern	D.1
Anexo E: Caracterización y propiedades del crudo	E.1
Anexo F: Propiedades del Agua	F.1
Anexo G: Memoria de cálculo	G.1
Anexo H: Manual de operación de caldera eléctrica	H.1

Objetivos

El objetivo general del trabajo es desarrollar la ingeniería conceptual y de detalle para una Planta piloto de desalado de crudo, realizando el diseño preliminar de los equipos y así, obtener el diagrama de flujo de procesos, el diagrama de tubería e instrumentación y las hojas de datos de los equipos principales.

Dentro de los objetivos particulares se desea diseñar y dimensionar los equipos para dicha planta, obtener las propiedades del crudo, plantear el arranque y paro de la planta.

Por seguridad de los operadores y reducción de riesgos también se estudiará el arranque del sistema de calentamiento.

I. ABREVIATURAS

- V_C = Volumen de crudo dentro del tanque [ft³].
- T_T = Temperatura del TK1 [°F].
- T_L = Temperatura del agua en el serpentín [°F].
- T_O = Temperatura del vapor en el serpentín [°F].
- U_N = Coef. Global de Transferencia de Calor [°F].
- A_N = Área del TK1 [ft²].
- V_V = Flujo Volumétrico del vapor [ft³/h].
- V_L = Flujo Volumétrico del líquido [ft³/h].
- ρ_o = Densidad del vapor de entrada [lb/ ft³].
- F_O = Flujo volumétrico de vapor de entrada [ft³/h].
- ρ_v = Densidad del vapor [lb/ ft³].
- F_V = Flujo volumétrico de vapor [ft³/h].
- ρ_C = Densidad del condensado [lb/ ft³].
- C = Flujo volumétrico de condensado [ft³/h].
- ρ_L = Densidad del líquido [lb/ ft³].
- F_L = Flujo volumétrico de condensado [ft³/h].
- U_{SYS} = Energía interna del Sistema [BTU/h].
- U_V = Energía interna del vapor [BTU/h].
- U_L = Energía interna del líquido [BTU/h].
- ρ_o = Densidad del vapor de entrada [lb/ ft³].
- F_O = Flujo volumétrico de vapor de entrada [ft³/h].
- ρ_v = Densidad del vapor [lb/ ft³].
- F_V = Flujo volumétrico de vapor [ft³/h].
- ρ_C = Densidad del condensado [lb/ ft³].
- C = Flujo volumétrico de condensado [ft³/h].

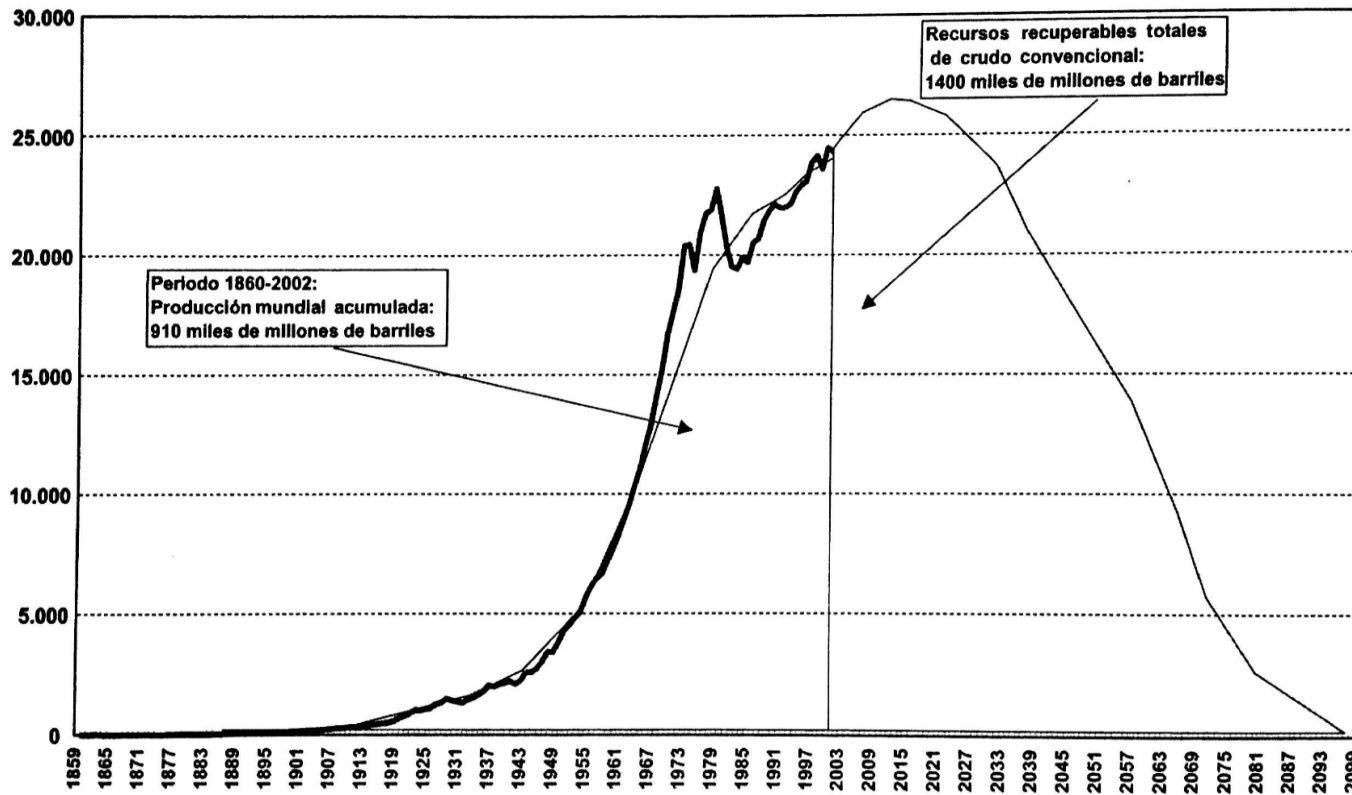
- ρ_L = Densidad del líquido [lb/ ft³].
- F_L = Flujo volumétrico de condensado [ft³/h].
- Q_{Cond} = Calor cedido por la condensación del vapor [BTU/h].
- Q_L = Calor cedido por subenfriamiento del líquido [BTU/h].
- U_1 = Coeficiente de transferencia en la zona de condensación [BTU/h °F ft²].
- A_1 = Área de transferencia [ft²].
- T_o = Temperatura del vapor a la entrada [° F].
- T_T = Temperatura del Tanque [° F].
- ρ_C = Densidad del condensado [lb/ ft³].
- C = Flujo volumétrico de condensado [ft³/h].
- h_o = Entalpía del vapor [BTU/ lb].
- h_C = Entalpía del condensado [BTU/ lb].
- U_2 = Coeficiente de transferencia en la zona de subenfriamiento [BTU/h °F ft²].
- A_2 = Área de transferencia[ft²].
- T_L = Temperatura del líquido [° F].
- C_{pL} = Capacidad Térmica del Líquido [BTU/ lb °F].
- ρ_L = Densidad del líquido [lb/ ft³].
- F_L = Flujo volumétrico de condensado [ft³/h].
- A_T = Área de transferencia [ft²].
- π = Pi = 3.1416
- D_e = Diámetro externo del tanque [ft].
- L = Longitud del tanque [ft].
- C_e = Conductancia eléctrica [mho].

1. INTRODUCCIÓN

El petróleo es una mezcla compleja de hidrocarburos que se encuentra de forma líquida y contiene pequeñas cantidades de oxígeno, nitrógeno, azufre, sales inorgánicas y agua. Como se trata de un material no homogéneo, dependiendo de la región, tiene una composición particular que es específica del yacimiento a tal grado que se reportan actualmente más de 150 tipos. ^[1]

En los años 70 se predijo que la calidad de los crudo obtenidos de los yacimientos conocidos sería de menor gravedad API así como un incremento sustancial en la demanda de productos petrolíferos (ver figura 1.1); lo cual indujo a los refineros a incrementar la complejidad de los procesos buscando obtener mejores rendimientos. Para esto se capacitaron en la refinación de crudos más pesados. Actualmente la tendencia impulsa hacia la mejora y optimización de los procesos de refinación de crudo extrapesados. Lo anterior trae consigo una problemática nueva para la cual las soluciones convencionales no funcionan. ^[2]

PRODUCCIÓN DE CRUDO EN EL MUNDO (1860-2002) Y APLICACIÓN DE LA HUBBERT HASTA EL AÑO 2100(*)
Miles de barriles/año



(*) El US Geological Survey valora, con una probabilidad de 0,95, los recursos convencionales de crudo no descubiertos aún en 400 mil millones de barriles, que junto a unas reservas probadas mundiales de crudo de aproximadamente 1 billón de barriles, estiman unos recursos recuperables totales de crudo convencional de 1.400 miles de millones de barriles.

Figura 1.1. Estimación de la producción mundial de crudo. [2]

En los últimos años la oferta de energías alternativas ha generado una expectativa positiva a nivel mundial, sin embargo, las evidencias técnicas sugieren que estas alternativas tendrán un impacto marginal y no podrán satisfacer significativamente la demanda energética. La mayoría de las proyecciones sugieren que el crudo continuará dominando el mundo de los energéticos. (Ver figura 1.2) ^[3]

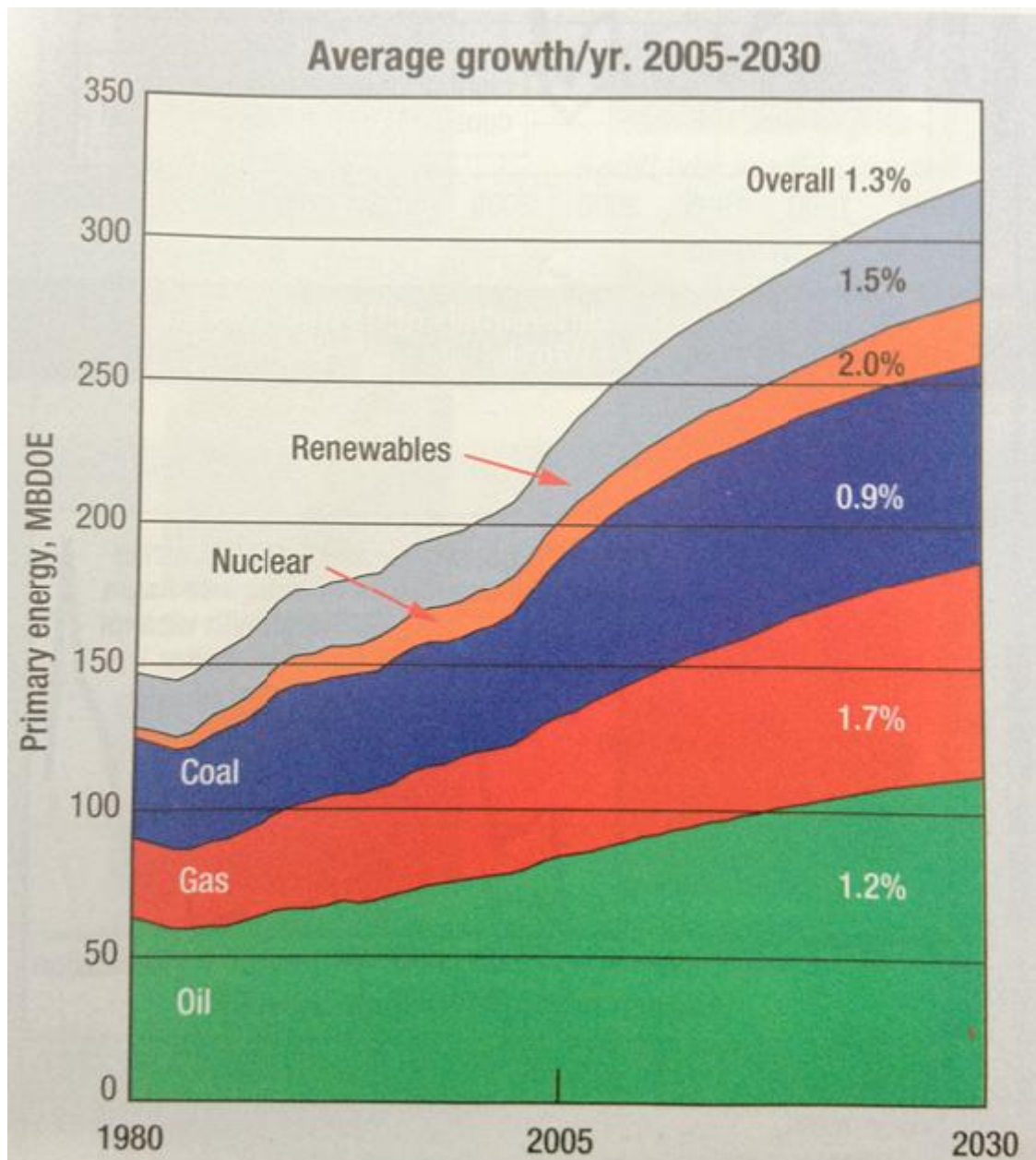


Figura 1.2 Uso de energías en el mundo de 1980 a 2030.^[3]

Además, el incremento de la capacidad de refinación de petróleo a nivel mundial se ha estabilizado desde 1995 con un 85% de capacidad de operación que se incrementa a razón de 1.7% anual. ^[1]

Según "P. Ruwe" ^[3], mientras en los países desarrollados la expansión de las refinerías y la mejora de los procesos asociados a estas, son normalmente muy viables económicamente, en países en vías de desarrollo sigue siendo viable la construcción de nuevos sistemas de refinación orientados al procesamiento de mezclas artificiales de petróleo o crudo proveniente de nuevos yacimientos con características distintas a los crudos convencionales. ^[3]

1.1 Desalado de Crudo

Si se procesa un crudo con un contenido de sal alto (>10 lb/mmbbl, esto es libras de sal por cada mil barriles de crudo expresado como NaCl) se producirá un alto grado de corrosión en los equipos de la refinería. Esto es causado por la deposición de sal en las superficies internas en los equipos de transferencia de calor. Esto facilita la formación de ácidos inorgánicos producidos por la descomposición de las sales. Además, ciertos metales y compuestos inorgánicos disueltos en el agua emulsionada en el petróleo crudo, pueden provocar que los catalizadores se inactiven por envenenamiento. ^[1]

El desalado de crudo es un proceso que aparentemente no tiene alta relevancia si se compara con otros procesos de la refinería, sin embargo, es una operación fundamental de la refinación moderna del crudo. El desalado de crudo brinda una protección a los equipos que de otra forma sería imposible obtener.

La sal en el crudo se encuentra disuelta o en cristales suspendidos en el agua emulsificada dentro del crudo. Por lo tanto, el principio básico para lavar la sal es a través de agua. ^[1]

Para eliminar las sales del petróleo crudo se utiliza agua como medio de extracción, con el propósito de hacer más eficiente esta extracción se recurre a diferentes procesos que a continuación se enlistan ^[4]:

- Asentamiento por gravedad.
- Tratamiento térmico.
- Tratamiento con surfactantes.
- Separación electrostática.
- Adición de diluyentes.

A continuación se hace una descripción detallada de cada una de estas estrategias:

ASENTAMIENTO POR GRAVEDAD.

El tratamiento de asentamiento por gravedad consiste en dejar en reposo durante algún tiempo determinado la emulsión agua/hidrocarburo, con el fin de coalescer y asentar las gotas de agua formadas, al ser la fase acuosa la que contiene la mayor concentración de sales disueltas, en el momento de la precipitación estas sustancia, al menos una gran cantidad de ellas, se extraerían con el agua.

Este método se basa en la ley de Stokes, la cual menciona que la velocidad, en este caso de depositación del agua es directamente proporcional a la fuerza de atracción entre las misma. ^[4]

$$V = k \frac{r(d_w - d_o)}{v} \quad (1)$$

Donde:

V = Velocidad de asentamiento.

k = Constante de velocidad.

d_w =densidad del agua.

d_o =densidad del aceite.

ν = viscosidad del aceite.

TRATAMIENTO TÉRMICO.

Este tratamiento está basado en el efecto de la temperatura sobre la viscosidad del hidrocarburo. Al aumentar la temperatura, la viscosidad de la fase orgánica disminuye, beneficiando la formación y asentamiento del agua. ^[4]

TRATAMIENTO CON SURFACTANTES.

Se basa en la acción de estos compuestos sobre la interfase agua-hidrocarburo. Los compuestos surfactantes son sustancias químicas que poseen en su estructura un grupo soluble en agua o hidrofílico y un grupo soluble en aceite o lipofílico, éste compuesto nos ayuda a desestabilizar la emulsión y lograr así la separación del agua y del petróleo crudo. ^[4]

SEPARACIÓN ELECTROSTÁTICA^[5]

Se basa en la formación de un campo dipolar originado por una diferencia de potencial al aplicar un determinado voltaje en electrodos instalados dentro de un equipo de separación. El proceso consiste de una vasija electrostática donde la corriente es aplicada produciendo un efecto sobre la emulsión (hidrocarburo-agua) originando la orientación iónica y la agrupación de micropartículas generando coalescencia en la fase acuosa, logrando así la precipitación de la misma, cabe mencionar que si se aplica inapropiadamente este proceso puede producir el efecto contrario es decir, la formación de gotas submicrónicas muy difíciles de separar.

La vasija electrostática contiene dos o más electrodos, uno conectado a tierra y otro suspendido por aislantes conectados a una fuente de potencial eléctrico. El sistema eléctrico provee la diferencia de potencial al electrodo suspendido. El voltaje que normalmente se aplica a estas vasijas es de 10,000 a 35,000 AVC y, el consumo normal energético puede ir de 0.05 a 0.1 kVA/ft². La intensidad del campo eléctrico es controlada por el voltaje aplicado y el espaciado de los electrodos.

El uso de un campo eléctrico es más eficiente cuando la viscosidad del fluido es menor a 50 cp, la diferencia de la gravedad específica entre las dos fases (agua-crudo) sea de 0.001 y la conductividad térmica del crudo no sea mayor a 10^{-6} mho/cm, debido a estas especificaciones es necesario un tratamiento térmico del crudo.

El sistema eléctrico que provee la energía a los electrodos consiste en un sistema de un transformador trifásico o monofásico, el cual está conectado por una fase a un bajo voltaje (208, 220 o 440 V) y otra fase que está diseñada para brindar el voltaje deseado. (Ver figura 1.3)

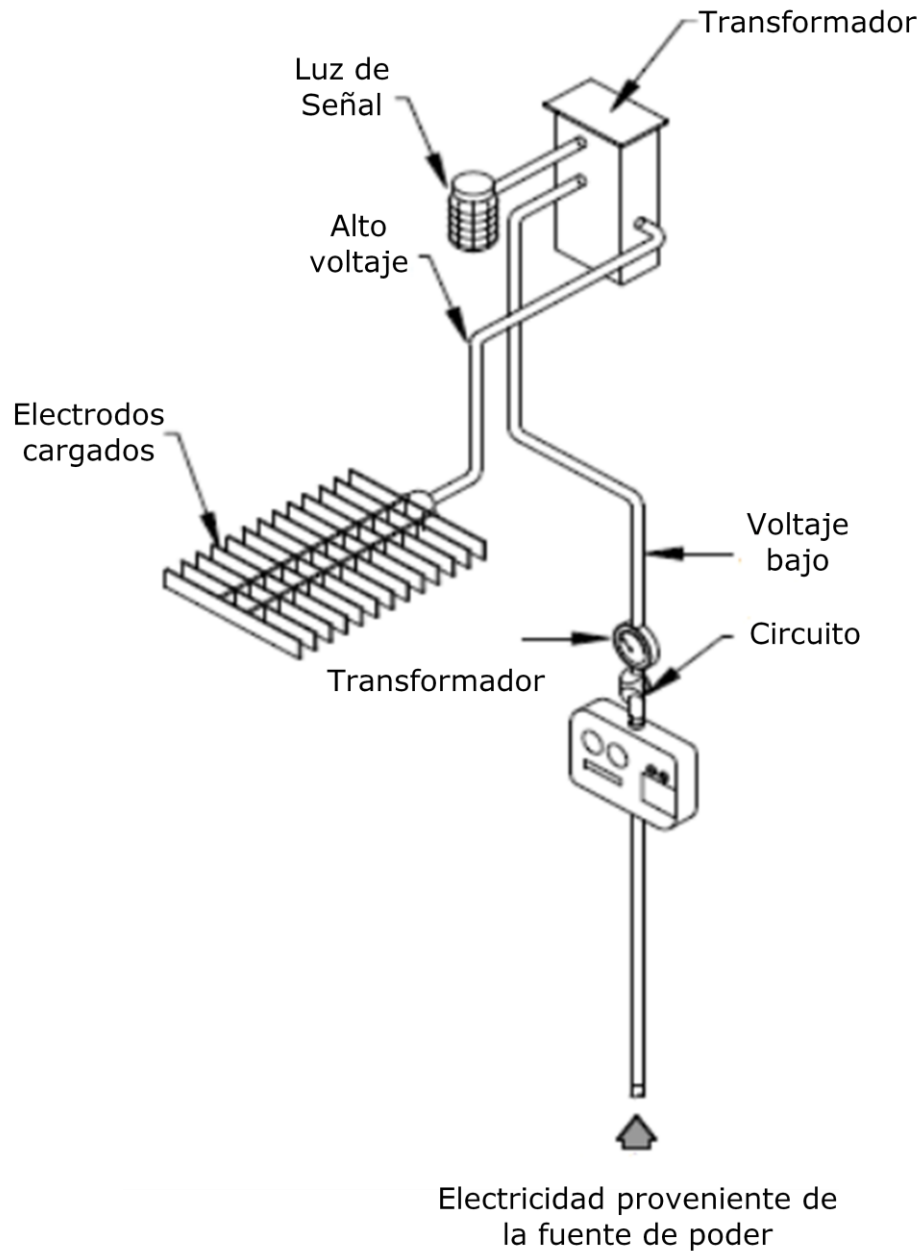


Figura 1.3 Sistema eléctrico dentro de las vasijas. ^[5]

En la figura 1.4 se muestran cómo las gotas de agua viajan hacia los electrodos donde son ionizadas y son forzados a coalescer. La carga en los electrodos cambia constantemente de dirección, lo que somete a las gotas de agua a un movimiento oscilatorio, mientras mayor sea este movimiento la ruptura de la emulsión será más rápida.

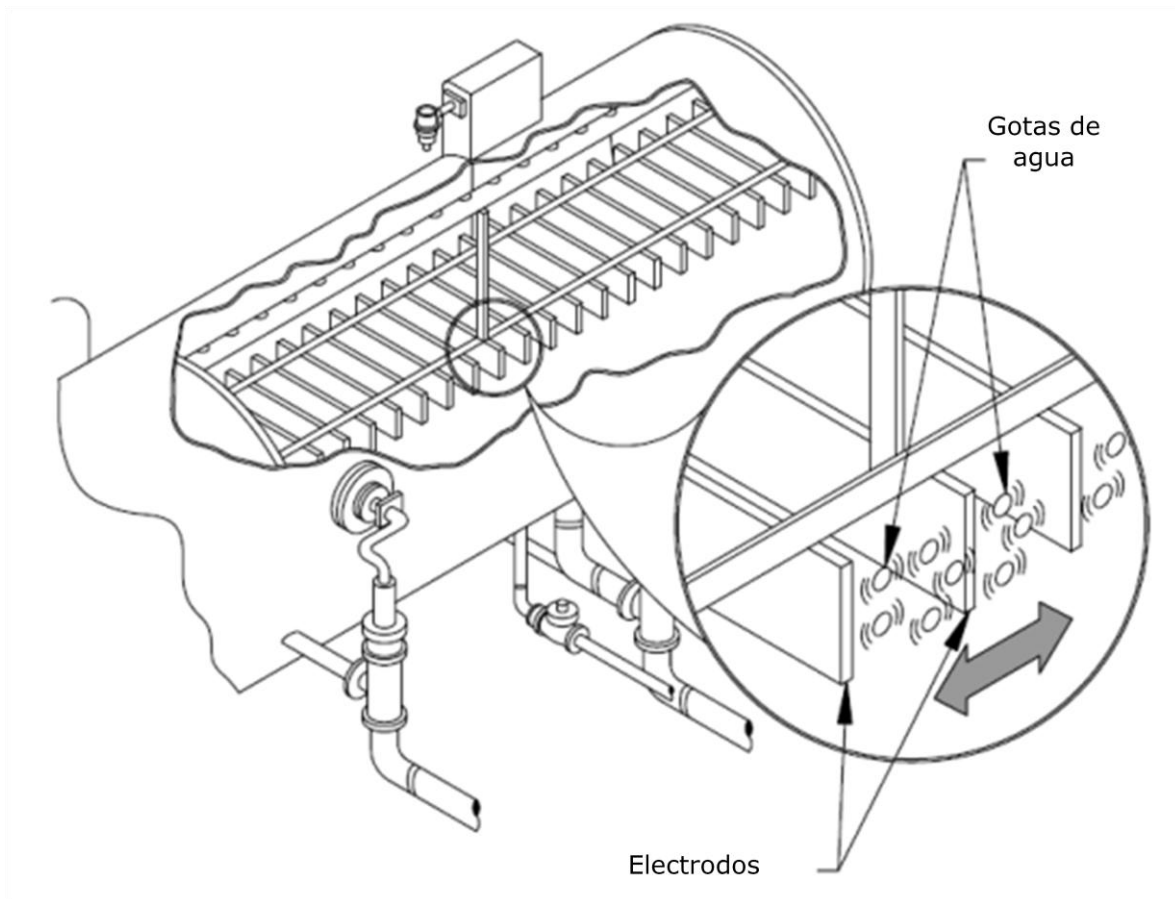


Figura 1.4 Efecto de la carga eléctrica en las gotas de agua dispersas en la emulsión. ^[5]

Se debe evitar que el nivel de agua toque los electrodos ya que el agua contiene una alta concentración de sales, lo que la hace un buen conductor de la corriente eléctrica y si estuviera en contacto con los electrodos ocurriría un arco eléctrico dentro de la vasija.

Otro punto a considerar es el tiempo durante el cual se aplicará la carga eléctrica. El campo existe a lo largo del cuerpo de la emulsión y la mayor parte de la coalescencia ocurre en las regiones cercanas a los electrodos.

Este método depende de las características del campo y de la emulsión, por lo tanto es altamente recomendable hacer pruebas en

laboratorio para definir las características de la emulsión que será tratada, el tipo de electrodos y el área de separación entre estos (Ver figura 1.5, vasija electrostática utilizada en refinación).

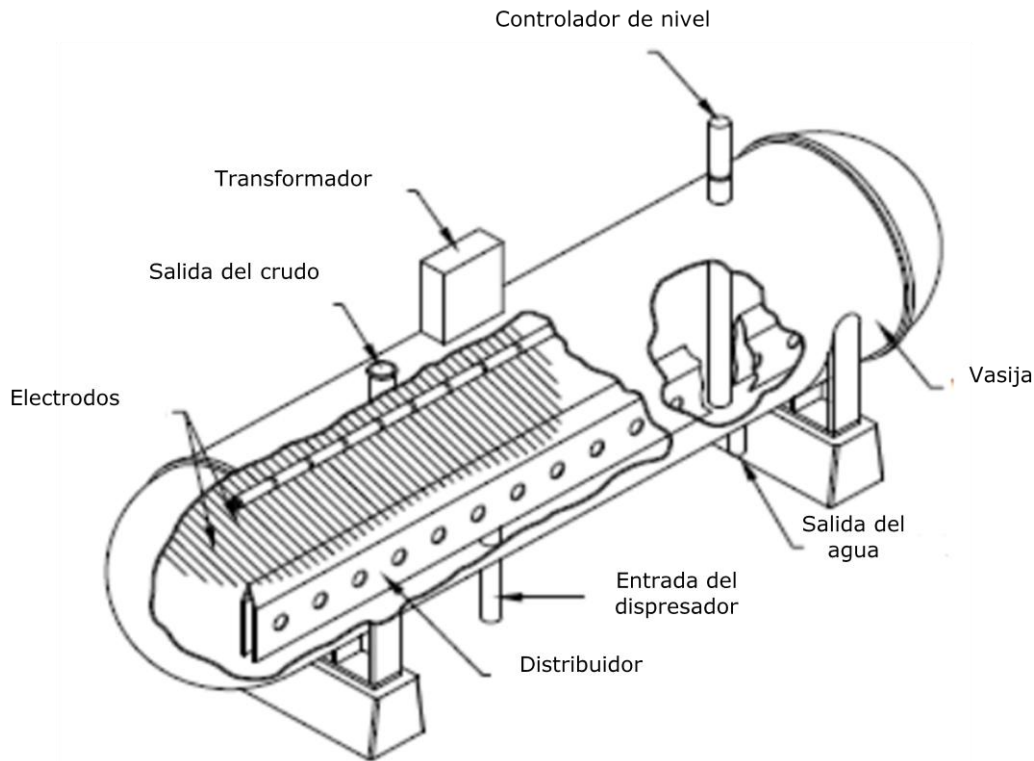


Figura 1.5. Desalador/Deshidratador. [5]

Es importante señalar que las variables del sistema de desalado que resultan relevantes son: el pH, las fuerzas gravitacionales, la viscosidad del crudo y la proporción del agua de lavado, porque afectan la separación de las fases y la eficiencia del proceso. [1]

Por lo tanto, para poder desarrollar un proceso eficiente se debe encontrar la mejor combinación y secuencia de las estrategias de desalado pues si se utiliza una sola de estas el resultado es muy pobre.

Para este trabajo se tiene como objetivo el desarrollo de un sistema experimental que utiliza la siguiente secuencia de estrategias de

desalado: Térmico, agua de lavado, surfactante y potencial eléctrico. (Ver diagrama 1.1. Esquema de desalado, secuencia inspirada en las refinerías mexicanas).

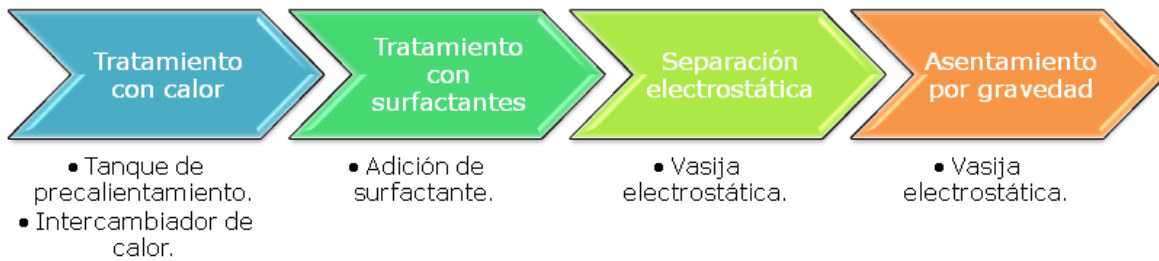


Diagrama 1.1. Diagrama de bloques de la inspirado en la secuencia de desalado utilizado en las Refinerías Mexicanas.

Se usará un surfactante para desestabilizar la emulsión que se está desarrollando en el grupo de Química Orgánica de la Facultad de Química, además, se complementará con un tratamiento electrostático que fomente la formación de gotas y evitar así la producción de gotas submicrónicas.

El objetivo principal de la planta piloto es la validación de diferentes surfactantes que puedan funcionar para el proceso de desalado de crudo en el Sistema Nacional de Refinación.

1.2. Bases para el desarrollo del modelo dinámico ^[6]

El desarrollo de un modelo matemático es importante porque mediante este es posible desarrollar los análisis necesarios para identificar a las variables de proceso que impactan con mayor intensidad al sistema sin invertir recursos como los que se requieren en un modelo experimental.

Los modelos matemáticos son una gran ayuda en el desarrollo de todas las fases de la ingeniería química como se describe a continuación:

1. Desarrollo e investigación: Determinar parámetros de una planta piloto, encontrar diferentes condiciones de operación de la planta. Se puede plantear desde el arranque hasta la optimización del proceso.
2. Diseño de equipo: Explorar desde el tamaño hasta el arreglo del equipo para un mejor desempeño, estudiando las interacciones de varias partes del proceso. Se puede simular el arranque, paro y condiciones de emergencia en los que puede estar involucrado el equipo o un proceso completo.

Para la correcta formulación del modelo se deben seguir los siguientes pasos:

1. Bases.

Leyes de la Física y la Química: Ley de la conservación de materia, la energía y momentum.

2. Supuestos.

El desarrollo del modelo debe incorporar los fenómenos más importantes que ocurren en el proceso, en la mayoría de los casos, gracias a la experiencia, habilidades y práctica de los ingenieros, se pueden simplificar los modelos para una resolución sencilla, reduciendo al modelo en representaciones básicas, sin perder su objetivo principal "describir el fenómeno".

3. Consistencia matemática del modelo.

El número de variables independientes debe ser igual al número de ecuaciones independientes, para así tener un sistema con solución única.

4. Solución del modelo matemático.

El modelo debe ser físicamente consistente.

5. Verificación.

Es importante verificar si nuestro modelo matemático concuerda con el fenómeno descrito.

En este documento se desarrollará el modelo matemático para el proceso de calentamiento en la planta Piloto de Desalado de Crudo, para poder describir el modelo dinámico de este y todos los fenómenos en Ingeniería Química, siempre debemos regresar a nuestras bases: Balances de Materia y Energía.

1.3. Balances Macroscópicos ^[7]

Para describir el sistema de interés en términos de sus propiedades, solamente son necesarias unas cuantas variables para definir el sistema. Esto es, aquellas que generalmente son accesibles a través de una medición. Un sistema puede ser descrito completamente por dos de tres **variables de proceso**: Presión, temperatura y volumen. ^[8]

Los balances macroscópicos se han utilizado ampliamente en muchas ramas de la ingeniería. Proporcionan descripciones globales de grandes sistemas sin la necesidad de describir los fenómenos microscópicos que suceden a su interior y a menudo son útiles para efectuar una apreciación inicial de un problema de ingeniería y para hacer estimaciones de orden de magnitud. Algunas veces se utilizan para deducir relaciones aproximadas, que entonces pueden modificarse con ayuda de datos experimentales para compensar términos que hayan sido omitidos o sobre los cuales se tiene información deficiente. ^[9]

Establecemos los balances macroscópicos de materia y energía a partir de los principios de conservación.

Tomando como modelo la figura 1.6 en donde se describe un sistema general: abierto, con intercambio de calor con una fuente térmica donde no hay reacciones nucleares.

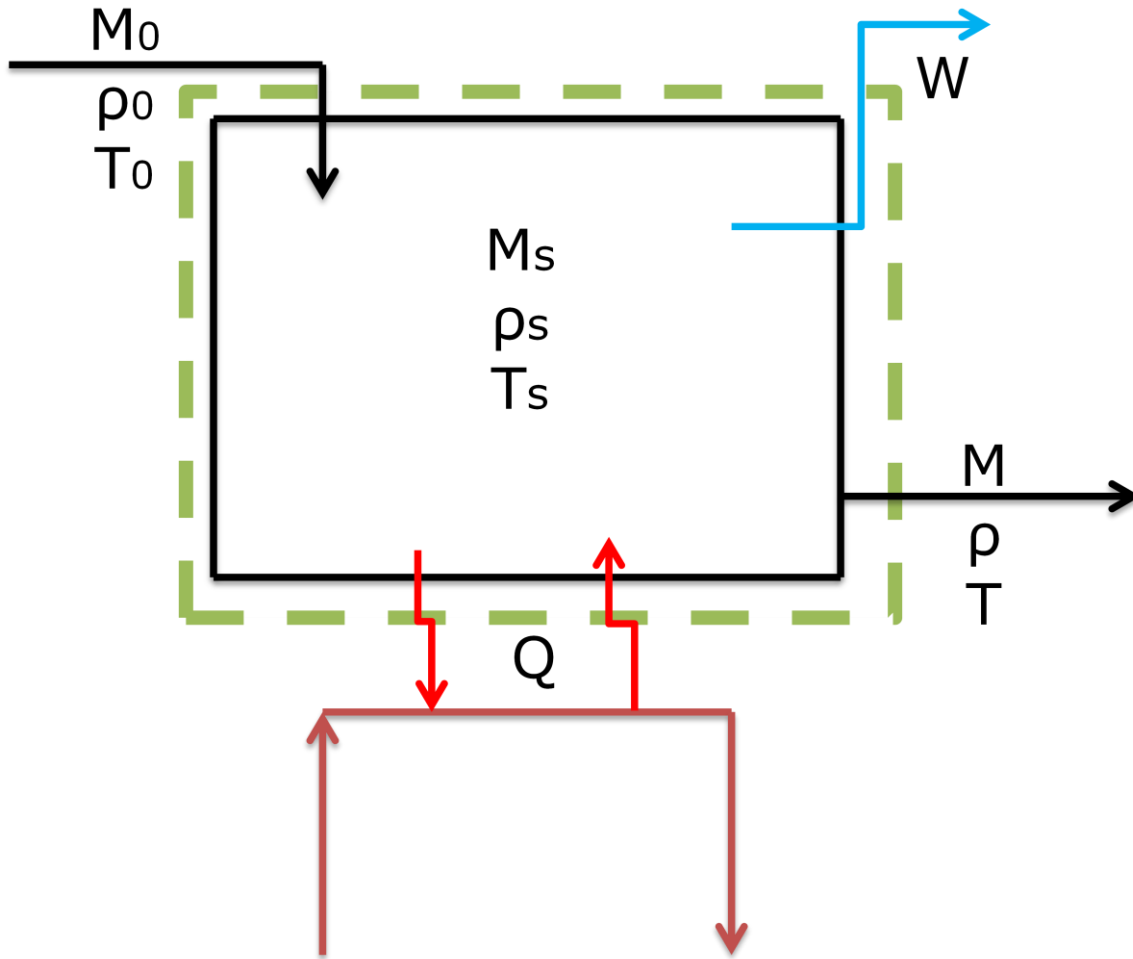


Figura 1.6. Sistema de estudio.

Balance de Materia ^[8]

$$\left[\begin{array}{l} \text{Cambio en el tiempo} \\ \text{de la masa en el sistema} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{Flujo másico que entra} \\ \text{al sistema} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{Flujo másico que sale} \\ \text{del sistema} \end{array} \right]$$

En el sistema que se muestra en la figura 1.6, la materia que entra al sistema, se representa por la corriente M_0 y la materia que sale del sistema, se representa por M . Entonces, el principio de conservación de materia para este sistema es:

$$\frac{d}{dt} m_{total} = m_0 - m \quad (1.1)$$

Tomando una relación:

$$m_{total} = \rho_{total}V_{total} \quad (1.1.1)$$

Donde masa del sistema se puede expresar como función de la densidad y volumen del sistema, resulta: ^[8]

$$\frac{d}{dt}\rho V_{total} = \rho_0 F_0 - \rho F \quad (1.1.2)$$

Balance de Energía^[8]

$$\left[\begin{array}{c} \text{Cambio en el tiempo de la energía} \\ \text{(interna, cinética y potencial)} \\ \text{en el sistema.} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Flujo de energía} \\ \text{(Interna, cinética y potencia)} \\ \text{que entra al sistema} \\ \text{por convección o difusión.} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{c} \text{Flujo de energía} \\ \text{(Interna, cinética y potencia)} \\ \text{que sale del sistema} \\ \text{por convección o difusión.} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Calor añadido en el sistema} \\ \text{por conducción, radiación} \\ \text{y reacción.} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{c} \text{Trabajo realizado} \\ \text{por el sistema.} \end{array} \right]$$

Para establecer el balance macroscópico de energía del sistema, se debe reconocer que la energía asociada a la materia (la que corresponde a la acumulación del sistema, la que corresponde a las corrientes de entrada y la que corresponde a las corrientes de salida) es el resultado de la contribución de tres formas de la energía: Energía Interna (U), energía cinética (K) y energía potencial (ϕ), así como la contribución de la energía en tránsito que corresponderá a la energía mecánica (trabajo, W) y la energía térmica (calor, Q):

$$\frac{d}{dt}[(U + K + \phi)V] = (U_0 + K_0 + \phi_0)\rho_0 F_0 - (U + K + \phi)\rho F + (Q) + (W) \quad (1.2)$$

En el sistema descrito anteriormente (ver figura 1.6), no se tiene reacción química, no se generará ningún trabajo y la energía potencial será despreciada.

Por lo tanto el balance de energía del sistema se describirá de la siguiente manera:

$$\frac{d}{dt}(\rho V U) = \rho_0 F_0 U_0 - \rho F U + Q \quad (1.2.1)$$

Para completar la deducción de la ecuación 1.2.1 es necesario incorporar el trabajo de flujo que corresponde al producto $P\bar{V}$, el trabajo que realiza el flujo de materia para ingresar (o salir) del sistema. Obteniéndose lo siguiente:

$$\frac{d}{dt}(\rho V U) = \rho_0 F_0 (U_0 + P_0 \bar{V}_0) - \rho F (U + P\bar{V}) + Q \quad (1.2.2)$$

Es conveniente sustituir el término de energía interna a través de la definición de la entalpía (H):

$$H \equiv U + P\bar{V} \quad (1.2.3)$$

Para simplificar el término de la energía interna asociada a la acumulación, se utiliza la siguiente aproximación: para los líquidos el término $P\bar{V}$ es despreciable comparado al término de energía interna U, se puede utilizar la siguiente aproximación: $U \equiv H$, resultando lo siguiente:

$$\frac{d}{dt}(\rho V h) = \rho_0 F_0 h_0 - \rho F h + Q \quad (1.2.4)$$

La capacidad calorífica se encuentra en función de la entalpía y la temperatura a presión o a volumen constante.

$$C_P = \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_P \quad (1.2.5)$$

Usando esta aproximación:

$$h - h_0 = C_P \int_{T_{ref}}^T dT \quad (1.2.6)$$

$$h = C_p(T - T_{ref}) \quad (1.2.7)$$

$$T_{ref} = 0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad h_0 = 0 \text{ kJ/kgmol} \quad (1.2.8)$$

Para simplificar el problema asumiremos que la entalpía del líquido puede ser expresada como el producto de la temperatura y la capacidad térmica.

$$h = C_p T \quad (1.2.9)$$

También se asumirá que la densidad del líquido será constante, por lo tanto, sustituyendo ecuación 1.2.5 en 1.2.3, el balance general de energía será.

$$\rho C_p \frac{d(VT)}{dt} = \rho C_p (F_0 T_0 - FT) + Q \quad (1.2.10)$$

Propiedades termofísicas^[6]

$$\text{Densidad de líquido: } \rho_L = f(P, T, x_i)$$

$$\text{Densidad de vapor: } \rho_v = f(P, T, y_i)$$

$$\text{Entalpía de líquido: } h = f(P, T, x_i)$$

$$\text{Entalía de vapor: } H = f(P, T, y_i)$$

1.4. Ingeniería de Calor ^[9]

El estudio que se desarrollará a continuación se concentra principalmente en una de las partes importantes del proceso.

Se utilizó el método de Kern para el sistema de intercambio de calor, el cual se describe en el anexo A.

Intercambiador de tubos concéntricos

Por razones de simplicidad, del modelo se considerará este tanque como un intercambiador de calor de tubo concéntrico para poder tener un análisis simplificado del proceso de calentamiento del crudo.

Intercambiador de coraza y tubos

Al ser el este equipo un intercambiador, su diseño se realizará bajo el método de Kern que se revisará a mayor detalle en el Anexo D.

2. PLANTA PILOTO DE DESALADO DE CRUDO

La planta piloto de desalado de crudo tiene como función la disminución de la concentración de sal, de 20 lb/MBPD a 0.2 lb/MBPD porque la presencia de sal en el crudo provoca eventos corrosivos en los equipos subsecuentes.

Los procesos que provocan la extracción de sal se deben a cuatro grandes tratamientos:

1. Térmico.
2. Adicción de agua.
3. Surfactantes.
4. Campo electrostático.

2.1. Descripción del Proceso

El proceso de desalado de crudo en la planta piloto se realizará por lotes, debido a su tamaño y operación.

Primero se llena el tanque FB-01 con 60 L de crudo, el llenado se realiza con la ayuda de una cubeta y un embudo. Una vez lleno el tanque, se comienza el calentamiento y mezclado del crudo dentro del tanque. Esperar que el crudo alcance una temperatura de 80 °C, cuando el crudo se encuentre esta temperatura, prender la bomba (GA-01) a un flujo de 50 L/h e iniciar la alimentación del crudo al intercambiador de calor (EA-01) para llegar a la temperatura de operación del desalador. Asegurar que la válvula mezcladora (DPIC) se encuentre abierta y proseguir con el llenado de la vasija (DA-01), dependiendo del experimento a realizar, se activan los electrodos durante 30 minutos y se deja enfriar el crudo durante 1:30 – 2 horas. Finalmente se vacía el crudo en recipientes para el análisis del contenido de sal.

Ver Diagrama 2.1: Diagrama de Flujo.

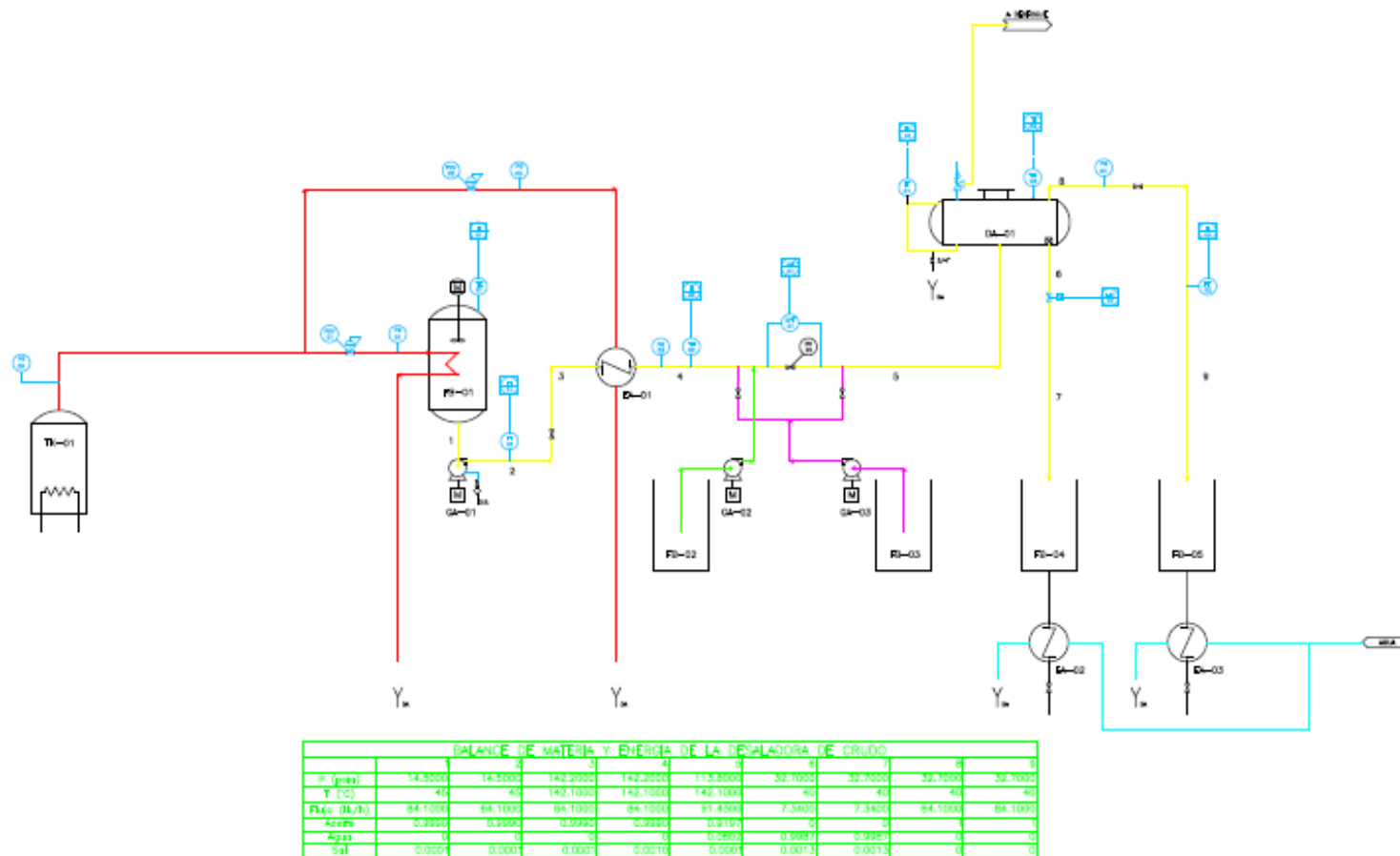


Diagrama 2.1 Diagrama de flujo de la planta de desalado de crudo.

En el Anexo A se muestra el Diagrama de Flujo de procesos, en el anexo B se encuentra el Diagrama de Tubería e Instrumentación. Las hojas de datos de los equipos se muestran en el Anexo C.

Servicios auxiliares

Los servicios auxiliares que requiere la planta para su operación son:

1. Servicio de Calentamiento.

Vapor saturado con una presión de 5 y 7 kg/cm², que son proporcionados, por la caldera que se encuentra en el laboratorio de Ingeniería Química y un generador de vapor eléctrico.

Ver tabla 2.1.

Tabla 2.1 Características técnicas de la caldera.

Características técnicas	
Capacidad	24.9 L
Presión vapor	7 bar
Temperatura	80 °C
Potencia motor bomba	0.75 hp

Ver Anexo H: Manual de operación de la caldera eléctrica.

2. Servicio de Enfriamiento.

Agua de enfriamiento, proporcionado por el Laboratorio de Ingeniería Química.

3. Corriente eléctrica.

Se cuenta con dos transformadores, uno de -KVA para el arco eléctrico y otro de -KVA para el generador de vapor, que convierte la corriente de alterna a directa y brinda 5 diferentes voltajes para la operación del vasija (por ahora sólo se encuentran habilitados tres voltajes para las primeras pruebas).

4. Drenaje.

El servicio de drenaje es el mismo que el del Laboratorio de Ingeniería Química.

5. Ventilación.

El área donde se encuentra la planta cuenta con dos extractores.

Debido a estas necesidades que tiene la planta, es necesario que su ubicación cumpla con estos requerimientos, por lo tanto, la planta se encontrará en el laboratorio de Ingeniería Química.

2.2. Adecuaciones

Para la correcta operación de la Planta Piloto, se realizaron las siguientes modificaciones:

1. Ubicación de la planta:

- La planta se encuentra dentro del Laboratorio de Ingeniería Química, en lo que antes era el taller de electrónica del laboratorio, debe ser un lugar cerrado para evitar cualquier tipo de accidente (Ver figura 2.2).
- El espacio se adecuó para los servicios que requiere la planta, por lo tanto:
 - a) Se construyó una salida que conecta la trampa que se encuentra alrededor de la planta con el drenaje.
 - b) Trampa para derrames.
 - c) Sistema de ventilación.
 - d) Se instaló una toma de corriente directa.
 - e) Se construyó el aislamiento del laboratorio para mayor seguridad.
 - f) Se realizó la integración al sistema de vapor de la caldera del laboratorio, sin embargo, la planta requiere diferentes flujos y presiones de vapor que no provee ese sistema, por lo cual se instaló un generador de vapor por lotes.



Figura 2.2 Lay Out del Laboratorio de Ingeniería Química.

2.3. Descripción de equipos

En la tabla 2.2 se presentan los equipos, servicio que brindan y sistemas asociados de la Planta.

Tabla 2.2. Equipos

TAG	Equipo	Servicio	Sistemas asociados	Corrientes de Proceso	Observaciones
FB-01	Tanque de carga	Tanque de preparación de crudo salado.	Agitador tipo turbina. Serpentín de calentamiento. Indicador de Presión (PI). Indicador de Temperatura (TI). Bomba GA-001. Válvula de seguridad (PSV) VP-001. Válvula de vapor V-013. Indicador de presión de vapor (FI).	1 Corrientes de Servicio V2, V3.	Este tanque se opera por lotes. Las cargas se realizan vertiendo con la bomba sifón de crudo al interior del tanque.
FB-02	Tanque de carga	Tanque de agua de lavado.	Bomba GA-002. Válvula de descarga V-008.	11	Tanque de operación por lotes. Las cargas se realizan vertiendo de los porrones contenedores de agua destilada.
FB-03	Tanque de carga	Tanque de desemulsificante.	Agitador tipo turbina. Válvula de descarga V-009.	12	Tanque que opera en lotes. Las cargas se realizan

			Bomba GA-003.		vertiendo de los porrones contenedores de la solución disolvente – desemulsificante.
FB-04	Tanque de almacenamiento	Tanque de agua salada.	Intercambiador de calor EA-002. Válvula de descarga V-010.	10, 17	El agua de descarga debe para por algún tratamiento antes de poder ser descargada al drenaje.
FB-05	Tanque de almacenamiento	Tanque de Petróleo desalado.	Intercambiador de calor EA-003. Válvula de descarga V-011. Indicador de flujo (FI).	14, 18	El petróleo para lograr su almacenamiento debe bajar su temperatura a través del intercambiador de calor.
DA-01	Vasija electrostática	Separación de las fases acuosa y oleosa.	Potenciostato que provee el potencial eléctrico para la generación del campo eléctrico. Electródos para la generación del campo eléctrico. Indicador de nivel (LI). Indicador de Presión (PI). Indicador de Temperatura (TI). Controlador de volumen (VC). Válvula de seguridad (PSV) VP-002. Lazo de control.	8, 9, 13.	El 75% de la vasija debe estar llena de hidrocarburo y el 25 % de agua.

			Indicador de nivel interfacial. Válvulas de descarga: V-005, V-006. Tierra física.		
EA-01	Intercambiador de calor	Aumentar la temperatura del crudo salado.	Indicador de Presión (PI). Indicador de Temperatura (TI). Válvula de vapor V-014. Indicador de presión de vapor (PI).	3,4 Corrientes de servicios V4, V5	Opera por medio de vapor de la caldera 5 kg/cm2.
EA-02	Intercambiador de calor	Disminuir la temperatura del agua salada para su almacenamiento.	Indicador de flujo (FI). Válvula de agua V-016.	17 Corrientes de servicios A2, A4	Opera por medio de agua de enfriamiento.
EA-03	Intercambiador de calor	Disminuir la temperatura del crudo desalado para su almacenamiento.	Indicador de temperatura (TI). Válvula de agua V-017.	18 Corrientes de servicios A3, A5	Opera por medio de agua de enfriamiento.
GA-01	Bomba	Aumentar la presión del crudo salado.	Válvula V-001. Indicador de flujo (FI).	1,2	Bomba centrífuga. 1/5 HP.
GA-02	Bomba	Aumentar la presión del agua de lavado.	Válvulas: V-003.	11, 11.1	Bomba dosificadora de agua de lavado.
GA-03	Bomba	Aumentar la presión de la solución desemulsificante.	Válvulas: V-004, V-005.	12, 12.1, 12.2	Bomba dosificadora de desmulsificante.

PV-01	Mezclador estático	Mezclar el crudo, agua de lavado y desemulsificante, para que lleguen perfectamente mezclados a la vasija electrostática.		6, 7	Para obtener el mezclado correcto del crudo, agua y desemulsificante, el $\Delta P = 0.7$
--------------	-----------------------	---	--	------	---

2.4 Arranque de la Planta

Para el arranque de la planta de desalado de crudo, se deben tomar en consideración las medidas de seguridad necesarias para evitar algún accidente, así como para tener un mayor control del proceso, que se presentan en la tabla 2.3.

Tabla 2.3 Equipo de seguridad.

Equipo de seguridad
1. Oberol.
2. Mascarilla.
3. Zapato cerrado de piel con goma antiderrapante, NO TENNIS.
4. Guantes.
5. Goggles.

Para la operación adecuada de la planta se requieren mínimo 2 personas y máximo 5 personas que se encuentren en el área de operación, todas ellas deberán contar con todo el equipo de seguridad necesario descrito en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Medidas de seguridad.

Medidas de seguridad
a. Prender el extractor.
b. Apagar todos los aparatos electrónicos.
c. Ubicar extintores, desmontarlos, colocarlos en la mesa de trabajo y retirar seguros de la válvula de disparo.
d. Ubicar jalador y estopa para derrames.
f. Verificar que la fuente de carga esté apagada.

Medidas previas al arranque:

- a) Verificar extintores, polvo anti incendios, recipientes para recibir las muestras, caldera encendida, corriente eléctrica, agua de servicio.
- b) El tanque de nitrógeno deberá tener presión.
- c) Contar con todo el equipo de seguridad necesario.

Nota: Sólo se puede estar dentro de la planta piloto si se cuenta con el equipo de seguridad necesario.

2.4.1. Procedimiento de arranque

1. Inertizar la planta con N₂.
 - 1.1. Conectar tanque de nitrógeno a la (V-003).
 - 1.2. Abrir las válvulas (V-004 y V-002) permitir el desplazamiento del nitrógeno.

Para conocer la cantidad de nitrógeno necesario para inertizar la planta se debe de seguir este procedimiento:

- a) En una probeta llena de agua, se conecta una manguera y se toma el tiempo en el que desplaza el N₂ al agua.
- 1.3. Se realiza un cálculo de $V_{probeta}$ con $t_{desplazamiento}$ y se obtiene el flujo de nitrógeno necesario para desplazar a cierto volumen, en base a este y el volumen de la planta se determina el tiempo mínimo de desplazamiento.

$$F_{N_2} = V_{probeta} / t_{desplazamiento} \quad (2.1)$$

$$t_{min} = F_{N_2} / V_{planta} \quad (2.2)$$

2. Verificar que todas las válvulas y los bloqueos estén cerrados.
3. Purgar la línea de vapor de la caldera eléctrica (la purga se hace a la presión de un kg/cm²) el día anterior a la operación, porque acumula oxígeno y así evitar corrosión (NO PURGAR DESPUES DE QUE SE USA)*.

*Ver Anexo (H): Manual de operación de la caldera eléctrica.

En la operación normal de la planta no se utilizarán las dos calderas de manera simultánea, la caldera eléctrica se utilizará solamente para aumentar la temperatura del crudo, mientras que la caldera del laboratorio se utilizará para mantener la temperatura del crudo en el tanque (FB-01) y en el intercambiador de calor (EA-01).

4. Homogeneizar el crudo dentro del recipiente en el que se encuentra en almacenamiento.
 - 4.1 Acostar el recipiente, sacudirlo (20x), voltearlo de cabeza, acostarlo de nuevo, volver a sacudir (20x) regresarlo a su posición inicial.
5. Abrir recipiente con llave de cuadro.
 - 5.1 Colocar la llave en la chapa del recipiente, acoplar palanca y girar contra el sentido de las manecillas del reloj.
6. Una vez abierto el recipiente, dejar que los extractores trabajen durante 10 min para evitar exposición a gases.
7. Trasvasar el crudo a una cubeta de 15 L con una bomba sifón desde el recipiente al tanque.
8. Llenar el tanque de crudo (FB-01) abriendo la línea de venteo y colocando un embudo (EM-01).
9. Seleccionar el tipo de experimento a realizar:
 - 9.1 Adición de diluyentes. El agua de lavado entrará por pulsos de la bomba GA-002.
 - 9.2 Tratamiento con surfactantes: El surfactante se adicionará al tanque FB-001 a través del embudo.
 - 9.3 Separación electrostática: Se aplicará corriente eléctrica a la vasija DA-001.
10. Prender agitador del Tanque (FB-01) desde el panel de control.
11. Abrir la válvula de alimentación de vapor (V-001).

12. Verificar que este abierta la válvula reguladora del serpentín (V-017).

Nota: En caso de fugas en el tanque FB-001, cerrar la alimentación de vapor y apagar motor del agitador, dejar enfriar la carga del tanque y desenergizar el panel. Despejar el área.

13. Cuando el Tanque de crudo (FB-01) alcance una temperatura entre 70 °C - 80 °C. Apagar la caldera eléctrica y arrancar la bomba a flujo mínimo (5 - 12 L). Continuar con la agitación del tanque.

Nota: Se tiene una atmósfera explosiva.

14. Purgar la bomba centrífuga (GA-01) abriendo la válvula de purga de la bomba (V-G1).

14.1 Tener dispuesto el recipiente (RC-01) para recibir el crudo, se sabrá que la bomba está llena cuando el flujo que sale de la bomba a través de la válvula (V-G1) sea constante.

15. Una vez purgada la bomba, ajustar la válvula de descarga de la bomba (V-001) a 50 L/h.

16. Verificar en el panel de control la temperatura del intercambiador (T_{12}).

17. Dependiendo del experimento (ver paso 9), abrir las válvulas de descarga de la bomba dosificadora (V-011, V-013).

18. Confirmar qué válvula mezcladora (PV-01) esté abierta.

19. En caso de realizar el experimento 9.1, ajustar la bomba dosificadora (GA-02) al flujo mínimo. Comenzar adición de agua.

19.1 Aumentar gradualmente el flujo de la bomba dosificadora (GA-02) al flujo preestablecido.

20. Al alimentar a la vasija (DA-01), verificar que la válvula reguladora (debajo de solenoide) se encuentre abierta.

21. Abrir la válvula de descarga el crudo (V-005).

22. Una vez llena la vasija (DA-01), apagar la bomba centrífuga (GA-01), apagar mezclador del tanque.
- 22.1. Apagar bomba dosificadora (GA-02) en caso de haber sido utilizada.
23. Cerrar la válvula superior de salida del crudo (V-005).
24. Cerrar la línea de vapor.
25. Dependiendo de la prueba que se esté realizando registrar y controlar el nivel del agua.
26. En caso de encontrarse realizando el experimento 9.3 se debe encender el centro de carga (E-01).
27. Encender los electrodos desde el panel de control y realizar las pruebas siguiendo la secuencia que se presenta a continuación:

Voltaje	
V1	1800
V2	2200
V3	2800

- a. Encender electrodos al voltaje V1.
- b. Esperar al menos 20 min.
- c. Observar si el nivel del agua aumenta o no, durante este tiempo, en caso de continuar subiendo el nivel de agua esperar el tiempo necesario a que se estabilice.
- d. Una vez estabilizado el nivel, cambiar a V2.
- e. Repetir pasos b y c.
- f. Una vez estabilizado el nivel, cambiar a V3.
- g. Repetir pasos b y c.

Nota: En caso de presentarse una anomalía en el proceso: presionar el botón rojo, apagar el centro de carga y desenergizar el panel.

28. Apagar los electrodos, tocar el panel de control para apagar, y desenergizar el centro de carga.

29. Esperar 120 minutos antes de descargar la vasija.

Nota: Esta operación la deben de realizar dos personas, uno con un extintor a la mano. Existe peligro de explosión.

30. Tener a la mano recipiente (RC-A1) para el agua de lavado y los recipientes (RC-02 y RC-03) para el crudo, abrir la válvula (V-005) recibir agua en el recipiente correspondiente hasta que salga crudo.

31. Cerrar inmediatamente después.

32. Vaciar el contenido de la vasija en los recipientes (RE-02 y RE-03).

Nota: Si en el momento de vaciado hay desprendimiento de gases, interrumpir el vaciado, y esperar a que el crudo se enfríe.

2.4.2. Limpieza final

Al terminar las corridas se debe de limpiar el equipo, la limpieza será con agua. Se seguirá con el siguiente procedimiento:

1. Llenar el FB-001 con agua y detergente líquido lava trastes.
2. Encender el agitador del FB-01.
3. Regular la entrada de vapor del FB-01.
4. Abrir todos los bloqueos de la vasija (PV-01).
5. Arrancar la bomba (GA-01) según procedimiento.

Repetir el experimento (dos corridas) con agua a un flujo máximo.

3. DESARROLLO DEL MODELO

En este capítulo se desarrollará el modelo matemático para la descripción del calentamiento, tanto del tanque como del intercambiador de calor que forman parte del sistema de calentamiento de la planta desaladora de crudo.

Para el desarrollo del modelo se consideró a los sistemas por separado que se conectan a través del calor transferido por el serpentín o por la coraza.

3.1. Sistema de calentamiento

El sistema de calentamiento de la planta es vapor saturado, para el desarrollo del modelo matemático se consideró el sistema descrito en la figura 3.1.

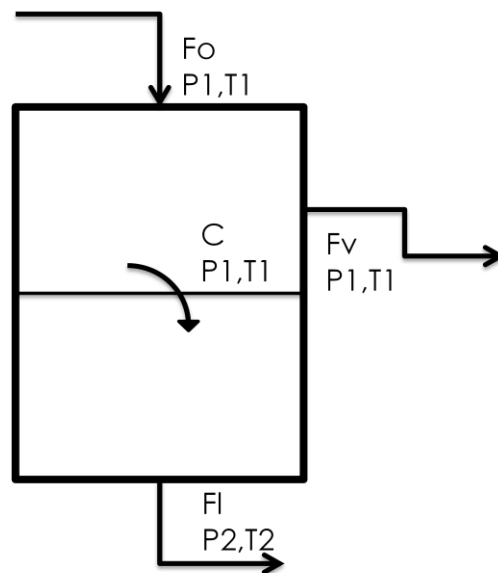


Figura 3.1 Sistema de calentamiento.

Donde:

- F_o = Vapor saturado a la entrada a P_1 y T_1 .
- C = Condensado a P_1 y T_1 .
- F_v = Vapor saturado a la salida a P_1 y T_1 .
- F_l = Líquido subenfriado a P_2 y T_2 .

3.2. Balance de Tanque

3.2.1. Balance del crudo

A continuación se describirá el proceso de calentamiento de crudo dentro del tanque (FB-01). El sistema consta de crudo que se encuentra en el interior del tanque, no se tienen corrientes de salida ni entrada. Ver figura 3.2.

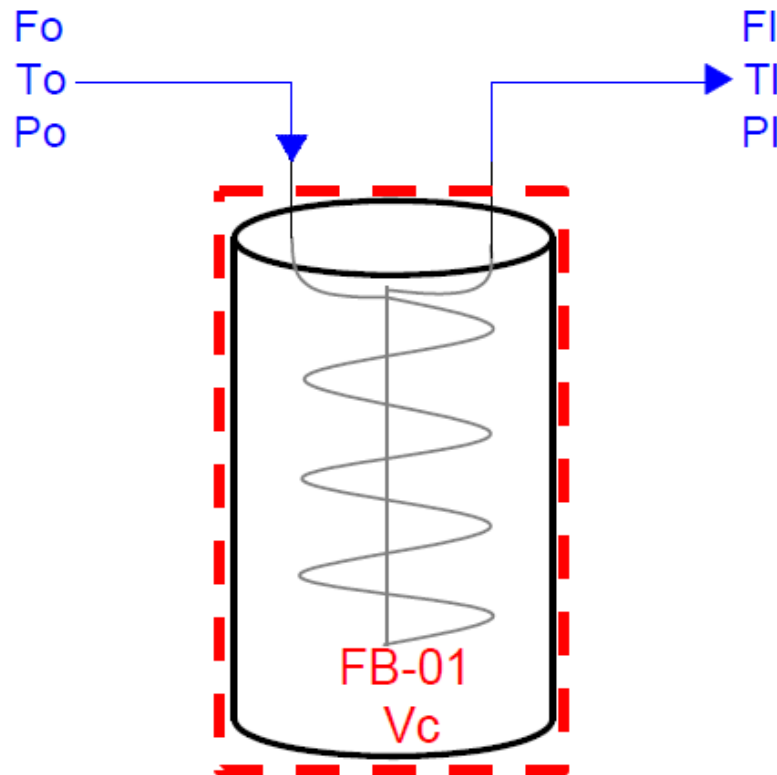


Figura 3.2 Tanque de calentamiento de crudo.

- Balance de Materia. Tomando como punto de partida la ecuación (1.1.2) se presenta:

$$\frac{dV_C}{dt} = 0 \quad (3.1)$$

- Balance de Energía. Tomando como punto de referencia la ecuación (1.2.10) se tiene:

$$\rho C_P V_C \frac{d(T)}{dt} = \rho C_P (F_0 T_0 - FT) + Q \quad (3.2)$$

Y considerando las dos etapas del sistema de calentamiento (condensación y subenfriamiento), se simplifica la ecuación 3.2 a:

$$\frac{dT_T}{dt} = \frac{U_1 A_1}{\rho_T c_{p_T} V_T} (T_O - T_1) + \frac{U_2 A_2}{\rho_T c_{p_T} V_T} (T_L - T_1) \quad (3.3)$$

3.2.2. Balance de Serpentin

A continuación se desarrolla el modelo que describe el vapor que se encuentra dentro del serpentín de calentamiento, en este sistema se considera una entrada con vapor y una salida de líquido (ver figura 3.3).

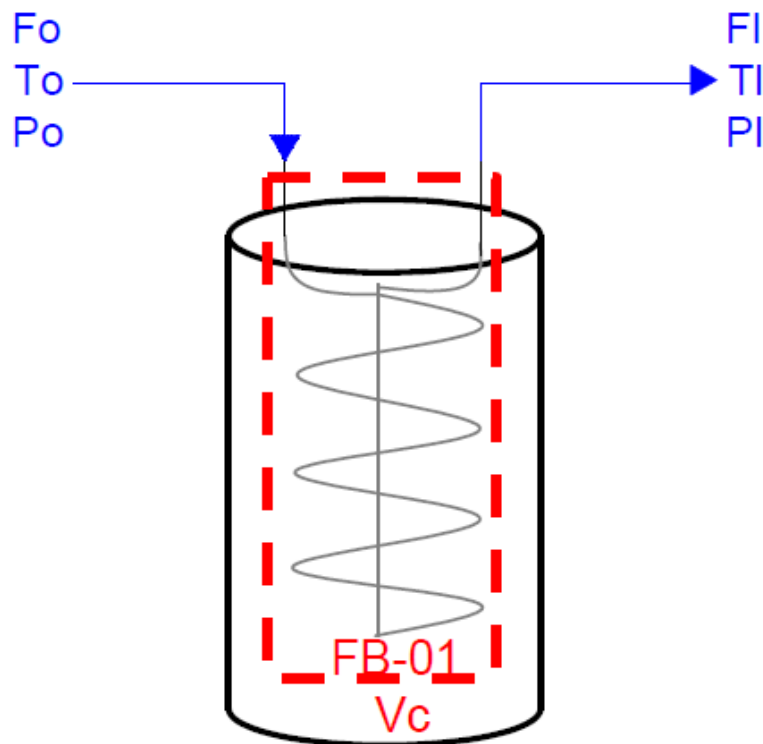


Figura 3.3 Sistema de calentamiento con vapor dentro del tanque de crudo.

- Balance de Materia
 - Vapor

$$\frac{d\rho_V V_V}{dt} = \rho_0 F_0 - \rho_V F_V - \rho_C C \quad (3.4)$$

- Líquido

$$\rho_L \frac{dV_L}{dt} = \rho_C C - \rho_L F_L \quad (3.5)$$

- Balance de Energía

- Sistema

$$\frac{dU_{SIS}}{dt} = \frac{dU_V}{dt} + \frac{dU_L}{dt} \quad (3.6)$$

- Vapor

$$\frac{dU_V}{dt} = \rho_0 F_0 h_0 - \rho_V F_V h_V - \rho_C C h_C - Q_{Cond} \quad (3.7)$$

- Líquido

$$\frac{dU_L}{dt} = \rho_C C h_C - \rho_L F_L h_L - Q_L \quad (3.8)$$

3.2.3. Ecuaciones Adicionales

- Calor del sistema Tanque-Serpentín.

$$Q_{Condensación} = U_1 A_1 (T_0 - T_T) = \rho_C C (h_0 - h_C) \quad (3.9)$$

$$\frac{dQ_{Condensación}}{dt} = U_1 A_1 \frac{dT_{T1}}{dt} = \left[(h_0 - h_C) \frac{dC}{dt} \right] \quad (3.10)$$

$$Q_L = U_2 A_2 (T_L - T_T) = \rho_L C p_L C (T_C - T_L) \quad (3.11)$$

$$\frac{dQ_L}{dt} = U_2 A_2 (T_L - T_T) = \rho_L C p_L \left[T_0 \frac{dC}{dt} - \frac{dCT_L}{dt} \right] \quad (3.12)$$

- Densidad (ρ_v, ρ_l) ^[10]

- Vapor.

$$\rho_v = \exp(-9.3239 + 4.1055 * 10^{-2} T - 7.1159 * 10^{-5} T^2 + 5.7039 * 10^{-8} T^3) \quad (3.13)$$

– Líquido.

$$\rho_L = 62.7538 - 3.5347 * 10^{-3}T - 4.8193 * 10^{-5}T^2 \quad (3.14)$$

- Coeficiente Global de Transferencia de calor.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{io}} + R_{di} \left(\frac{d_0}{d_i} \right) + \frac{1}{h_o}} \quad (3.15)$$

Utilizando el método de Kern (ver Anexo G).

- Tubos

$$h_i = 0.027 \left(\frac{d_i G_t}{\mu_L} \right)^{0.8} \left(\frac{C_{pL} \mu_L}{k_L} \right)^{1/3} \left(\frac{k_L}{d_i} \right) \quad (3.16)$$

$$h_{i0} = \left(\frac{d_i}{d_0} \right) \quad (3.17)$$

- Volumen del serpentín.

$$V_{Total} = V_V + V_L = M_V v_V + M_L v_L \quad (3.18)$$

- Área del tanque.

$$A_T = \pi D_e L \quad (3.19)$$

Consideraciones.

1. Trampa de Vapor.

$$F_V = 0 \quad (3.20)$$

2. Propiedades termodinámicas

$\lambda, u^v, u^l \dots (T,P)$ (Ver Anexo G).

3. Fo= Vapor Saturado.

$$\rho_o = \rho_v \quad (3.21)$$

4. C= Líquido Saturado.

$$\rho_L = \rho_C \quad (3.22)$$

5. Volumen del tanque.

$$V_{Tanque} = \pi r^2 h \quad (3.23)$$

3.3. Balance del Intercambiador de Calor (EA-01)

3.3.1. Sistema de crudo

La segunda etapa de calentamiento de crudo consta en un intercambiador de calor, donde el crudo pasará a través de los tubos (arreglo en U), en este sistema se considera una entrada y una salida (ver figura 3.5).

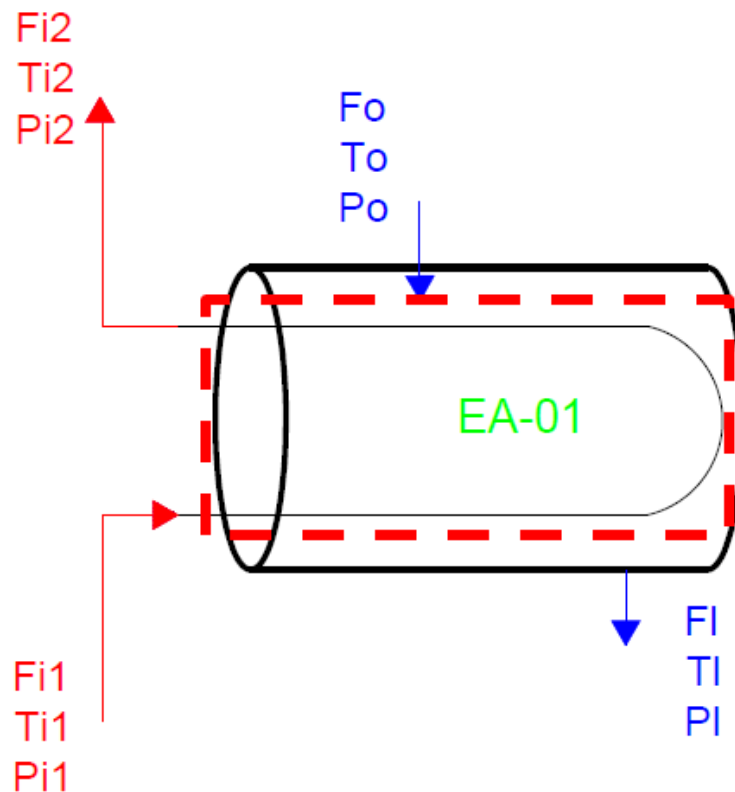


Figura 3.5 Sistema de cambiador de calor, segunda etapa.

- Balance de Materia.

Tomando como punto de partida la ecuación (1.1.2), se presenta:

$$\rho_i \frac{dV_{i2}}{dt} = \rho_i F_{i2} - \rho_i F_{i1} \quad (3.24)$$

- Balance de Energía.

Tomando como punto de partida la ecuación (1.2.10), y considerando las dos etapas de vapor (condensación y subenfriamiento) se tiene:

$$\frac{dT_T}{dt} = \frac{U_1 A_1}{\rho_i C_{p_i} V_i} (LMTD_1) + \frac{U_2 A_2}{\rho_i C_{p_i} V_i} (LMTD_2) \quad (3.25)$$

3.3.2. Balance en la Coraza

El vapor de calentamiento fluye a través de la coraza (ver figura 3.6).

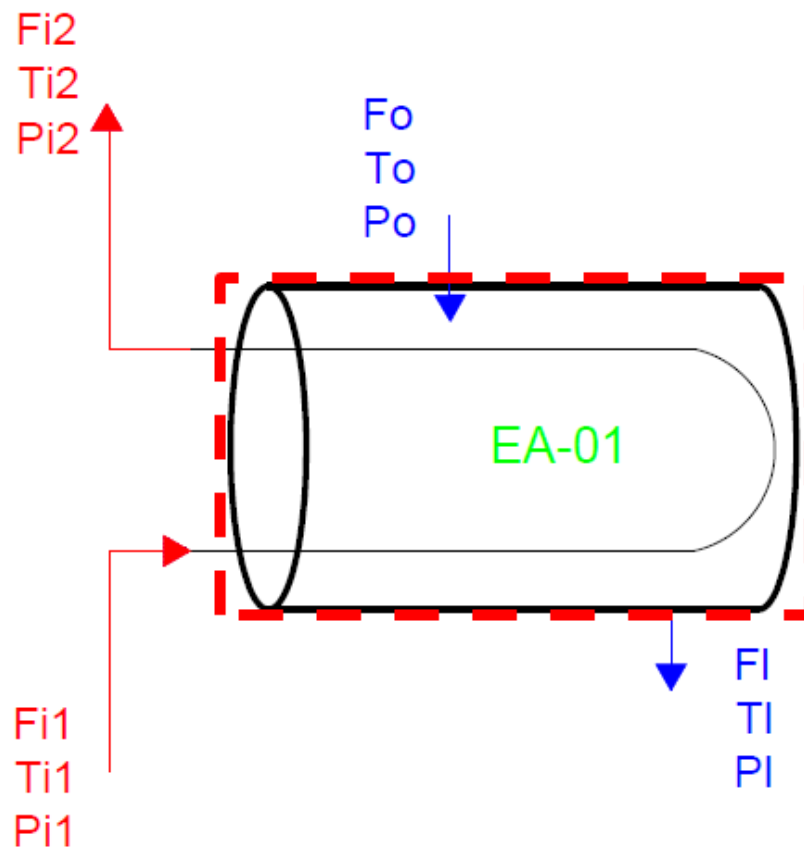


Figura 3.6 Balance de coraza en la segunda etapa de calentamiento.

- Balance de Materia.

Tomando como punto de partida la ecuación (1.1.2) y el sistema de agua en la figura 3.1.

– Vapor

$$\frac{d\rho_V V_V}{dt} = \rho_0 F_0 - \rho_V F_V - \rho_C C \quad (3.26)$$

– Líquido

$$\rho_L \frac{dV_L}{dt} = \rho_C C - \rho_L F_L \quad (3.27)$$

• Balance de Energía

– Sistema

$$\frac{dU_{SIS}}{dt} = \frac{dU_V}{dt} + \frac{dU_L}{dt} \quad (3.28)$$

– Vapor

$$\frac{dU_V}{dt} = \rho_0 F_0 h_0 - \rho_V F_V h_V - \rho_C C h_C - Q_{Cond} \quad (3.29)$$

– Líquido

$$\frac{dU_L}{dt} = \rho_C C h_C - \rho_L F_L h_L - Q_L \quad (3.30)$$

3.3.3. Ecuaciones Adicionales

• Calor del sistema Tubos-Coraza.

$$Q_{Condensación} = U_1 A_1 (LMTD_1) = \rho_C C (h_0 - h_C) \quad (3.31)$$

$$\frac{dQ_{Condensación}}{dt} = U_1 A_1 \frac{dLMTD_1}{dt} = \left[(h_0 - h_C) \frac{dC}{dt} \right] \quad (3.32)$$

$$Q_L = U_2 A_2 (LMTD_2) = \rho_L C p_L C (T_C - T_L) \quad (3.33)$$

$$\frac{dQ_L}{dt} = U_2 A_2 (LMTD_2) = \rho_L C p_L \left[T_0 \frac{dC}{dt} - \frac{dCT_L}{dt} \right] \quad (3.34)$$

- Densidad (ρ_v, ρ_0) ^[10]
 - Vapor.

$$\rho_v = \exp(-9.3239 + 4.1055 * 10^{-2}T - 7.1159 * 10^{-5}T^2 + 5.7039 * 10^{-8}T^3) \quad (3.35)$$

- Líquido.

$$\rho_L = 62.7538 - 3.5347 * 10^{-3}T - 4.8193 * 10^{-5}T^2 \quad (3.36)$$

- Coeficiente Global de Transferencia de calor.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{io}} + R_{di} \left(\frac{d_0}{d_i} \right) + \frac{1}{h_o}} \quad (3.37)$$

Utilizando el método de Kern (Ver Anexo G).

- Tubos

$$h_i = 0.027 \left(\frac{d_i G_t}{\mu_L} \right)^{0.8} \left(\frac{C p_L \mu_L}{k_L} \right)^{1/3} \left(\frac{k_L}{d_i} \right) \quad (3.38)$$

$$h_{i0} = \left(\frac{d_i}{d_0} \right) \quad (3.39)$$

- Coraza

$$h_o = 0.36 \left(\frac{D_e G_t}{\mu_T} \right)^{0.55} \left(\frac{C p_T \mu_T}{k_T} \right)^{1/3} \left(\frac{k_T}{D_e} \right) \quad (3.40)$$

$$G'' = \frac{W^2}{L^2 N_T} \quad (3.41)$$

- Volumen de la coraza.

$$V_{Total} = V_V + V_L = M_V v_V + M_L v_L \quad (3.42)$$

- Área del intercambiador.

$$A_T = \pi D_e L \quad (3.43)$$

Consideraciones.

6. $h_v, h_L, \lambda, u^v, u^L$ (T,P) (Ver Anexo G).

7. Fo= Vapor Saturado.

$$\rho_o = \rho_v \quad (3.44)$$

8. C= Líquido Saturado.

$$\rho_L = \rho_c \quad (3.45)$$

4. SIMPLIFICACIÓN DEL MODELO

Para simplificar el modelo se consideraron las siguientes premisas del Control de Procesos [4]:

1. El sistema más sencillo que pueda controlar el proceso es la mejor opción.
2. Se debe entender el proceso antes de pretender controlarlo.

El modelo dinámico que se presentará a continuación está basado en el diseño del equipo, sus condiciones iniciales y la física del sistema, para lo cual se consideró lo siguiente:

- El Coeficiente Global de Transferencia de Calor (U) será constante, no tendrá dependencia con el tiempo.

Para obtenerlo se consideró una temperatura promedio, tanto para el tanque como para el intercambiador de calor. Esto se comprobó al momento de calcular las propiedades del fluido (c_p , ρ , μ , k) y se encontró que el cambio en las mismas por el efecto de la temperatura no es significativo, la diferencia entre las propiedades a diferentes temperaturas es de 1%.

Ver tabla 4.1. y tabla 4.2.

Tabla 4.1. Propiedades del crudo de asociado al tanque FB-01.

Rango de temperatura (113°F- 95°F-77°F)					
k (BTU/hr ft ² °F /ft)	0.06616	ρ (lb/ft ³)	74.1759	μ (cp)	365.6
k (BTU/hr ft ² °F /ft)	0.06684	ρ (lb/ft ³)	73.4185	μ (cp)	251.75
k (BTU/hr ft ² °F /ft)	0.06752	ρ (lb/ft ³)	72.7342	μ (cp)	137.9

Tabla 4.2. Propiedades del crudo asociado al cambiador EA-001.

Rango de temperatura (302°F-204.7°F- 113°F)					
k (BTU/hr ft ² °F /ft)	0.05899	ρ (lb/ft ³)	87.2255	μ (cp) (158 °F)	51.8
k (BTU/hr ft ² °F /ft)	0.06258	ρ (lb/ft ³)	79.4390		
k (BTU/hr ft ² °F /ft)	0.06616	ρ (lb/ft ³)	74.1759		

- Se consideró que no existiría el área de subenfriamiento ya que al estar en contacto el líquido con el vapor (vapor saturado), el vapor siempre será el que ceda mayor cantidad de energía al sistema.

$$U_2 A_2 = 0 \quad (4.1)$$

- Tanque de almacenamiento FB-01
Se realizó una simplificación del modelo, tomando en cuenta sólo el serpentín de calentamiento, quitando el término de calor.
Se consideró que en el serpentín sólo sale líquido saturado porque existe una trampa de vapor.

$$F_V = 0 \quad (4.2)$$

- Intercambiador de calor EA-01
Se simplificó el sistema tomando en cuenta sólo el vapor en la coraza y el calor transferido a los tubos.

4.1 Balance del Tanque (FB-01)

El sistema de calentamiento del tanque se consideró como un tanque con una entrada y una salida representado por el vapor de calentamiento además se consideró el calor que se desprende al ambiente como 0, en la figura 4.1 de puede observar el sistema que se consideró para el modelo del tanque.

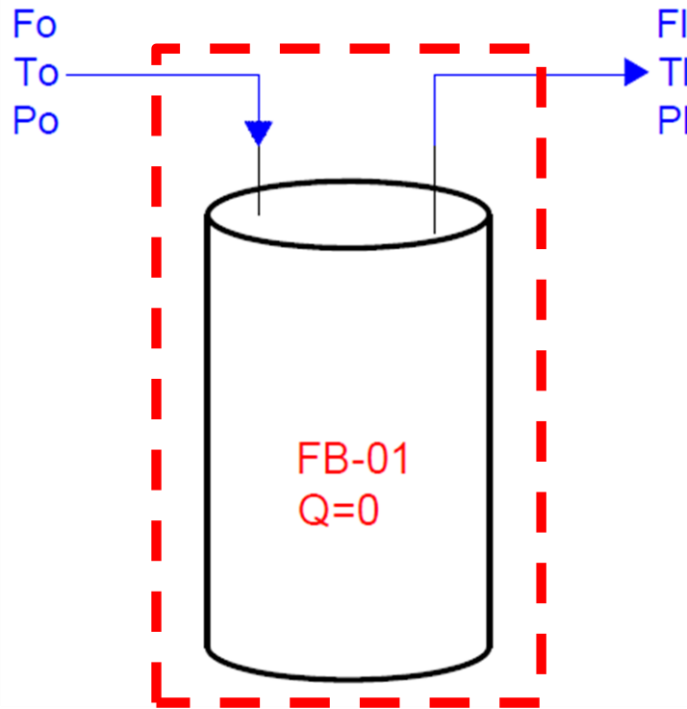


Figura 4.1. Sistema de calentamiento de crudo en el tanque FB-001.

- Balance del sistema.

$$\frac{dT_2}{dt} = \frac{F_0 h_0}{F_c C p_c} \quad (4.3)$$

Condiciones del sistema:

$$\text{tiempo inicial} \quad T = 77 \text{ }^\circ\text{F} \quad (4.4)$$

$$h_0 = C p_v (T^{eb} - T^{ref}) + \lambda_{vap} \quad (4.5)$$

Donde:

- dT_2/dt = Cambio diferencial de la temperatura del crudo en el en el tanque [$^{\circ}\text{F}/\text{h}$].
- F_o = Flujo másico de vapor en la entrada del tanque [lb/h].
- h_o = Entalpía del vapor [BTU/lb].
- C_{p_v} = Capacidad calorífica del vapor [$\text{BTU}/^{\circ}\text{F lb}$].
- λ_{vap} = Entalpía de vaporización del agua a 395°F [BTU/lb].
- C_{p_c} = Capacidad calorífica del crudo [$\text{BTU}/^{\circ}\text{F lb}$].
- F_c = Flujo másico del crudo en el tanque [lb/h].

4.2 Balance en el Intercambiador de Calor.

De igual manera, el intercambiador se considero con una corriente de entrada y una salida, representada por el vapor de calentamiento, en la figura 4.2 se puede observar el sistema que se tomo en cuenta para el intercambiador.

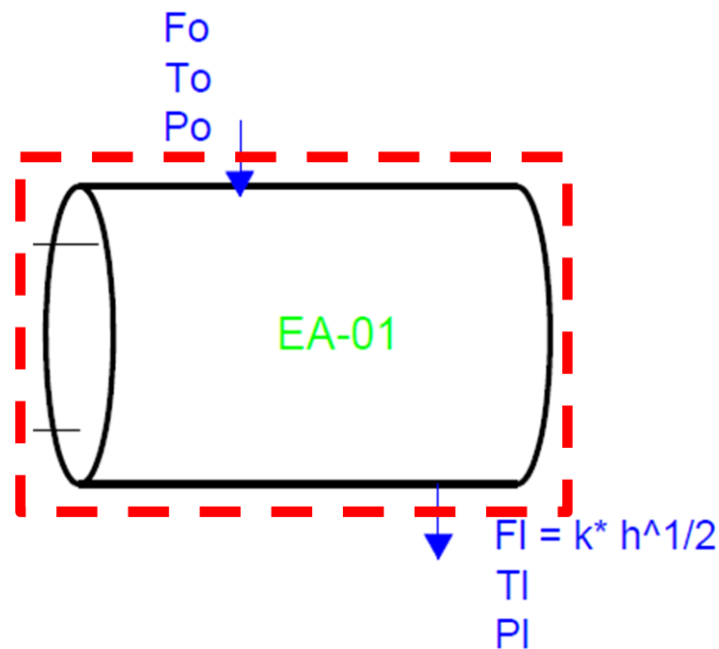


Figura 4.2. Sistema de calentamiento de crudo en el intercambiador EA-01.

- Balance del sistema.

$$\frac{dT_2}{dt} = \frac{F_c(T_1 - T_2)}{V_c} + \frac{Q}{\rho_c C_{p_c} V_c} \quad (4.6)$$

Condiciones del sistema:

$$\frac{dh}{dt} = C - \frac{k\sqrt{h}}{A} \quad (4.7)$$

$$Q = UA_T F_t LMTD \quad (4.8)$$

$$LMTD = \frac{T_2 - T_1}{\ln\left(\frac{T_V - T_1}{T_V - T_2}\right)} \quad (4.9)$$

$$C = Q / \rho_L / H_{vap} \quad (4.10)$$

Donde:

- dT_2/dt = Cambio diferencial de la temperatura del crudo en el intercambiador de calor [$^{\circ}\text{F} / \text{h}$].
- F_c = Flujo de crudo a través de los tubos [ft^3/h].
- T_2 = Temperatura de salida en el intercambiador de calor [$^{\circ}\text{F}$].
- T_1 = Temperatura de entrada en el intercambiador de calor [$^{\circ}\text{F}$].
- Q = Calor transferido [BTU/h].
- ρ_c = Densidad del crudo [lb/ft^3].
- C_{p_c} = Capacidad calorífica del crudo [BTU/ $^{\circ}\text{F}$ lb].
- V_c = Volumen del crudo [ft^3].
- U = Coeficiente de transferencia de calor [BTU/h $^{\circ}\text{F}$ ft^2].
- A_T = Área de transferencia [ft^2].
- $LMTD$ = Media logarítmica de la diferencia de temperaturas [$^{\circ}\text{F}$].
- ρ_L = Densidad del líquido [lb/ft^3].
- λ_{vap} = Entalpía de vaporización del agua a 395 $^{\circ}\text{F}$ [BTU/lb].
- A = Área transversal del tanque [ft^2].

5. RESULTADOS

En el siguiente apartado se desglosan todos los resultados obtenidos a lo largo de las diferentes etapas, desde las propiedades del crudo y del agua, los resultados del modelo dinámico.

5.1. Propiedades del crudo

Para el cálculo de propiedades del crudo se consideraron los siguientes aspectos:

1. Tipo de crudo: Maya.
2. Destilación tipo Hempel, ver Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Destilación tipo Hempel.

%	T(°F)	T(°C)
10	280.4	138
20	383	195
30	496.4	258
40	545	285
54.7	608	320

Con base en estos valores se pueden obtener, a partir de las fracciones destiladas, las temperaturas y considerando el método de destilación ASTM D86 ^[10], el VABP (volumetric average boiling point) y la pendiente m (relación entre volumen destilado y temperaturas de destilación), con base a estos dos valores se calculan los aproximados de las propiedades termodinámicas del crudo como: conductividad térmica, densidad, gravedad específica, peso molecular, presiones críticas, etc.

Ver Anexo E. Propiedades de crudo.

A continuación se describe el método que se utilizó para el cálculo de propiedades.

$$VABP (t_v) = \frac{280.4+383+496.4+545+608}{5} = 462.56 \text{ } ^\circ F \quad (5.1)$$

$$m = \frac{608-280.4}{54.7-10} = 7.33 \text{ } ^\circ F \quad (5.2)$$

Para este caso solamente utilizaremos MABP (punto de ebullición promedio molal) y MeBP (punto de ebullición promedio medio) y se tienen los siguientes valores:

$$t_m = 462.56 + \Delta_2 \quad (5.3)$$

$$\ln \Delta_2 = -0.56379 - 0.007981(t_v + 32)^{.6667} + 3.04729 * SL^{.333} \quad (5.4)$$

$$t_m = 328.77 \text{ } ^\circ F$$

$$t_{Me} = t_v + \Delta_4 \quad (5.5)$$

$$\ln \Delta_4 = -0.94402 - 0.00865(t_v + 32)^{.6667} + 2.99791 * SL^{.333} \quad (5.6)$$

$$t_{Me} = 382.56 \text{ } ^\circ F$$

A partir de los diferentes puntos de ebullición promedio se obtuvieron las propiedades del crudo.

- Conductividad térmica.

En la tabla 5.2 se encuentra la conductividad térmica del crudo evaluado a la temperatura media de operación de cada equipo.

Tabla 5.2. Conductividad térmica del crudo.

k (Btu/hr ft² °F /ft)	
k (95 °F)	0.06684
k (207.5 °F)	0.04989

- Densidad.

En la tabla 5.3 se presentan la densidad del crudo evaluado a la temperatura media de operación de cada equipo.

Tabla 5.3. Densidad del crudo.

ρ(lb/ft³)	
ρ (95 °F)	73.42
ρ (207.5 °F)	79.44

- Viscosidad

En la tabla 5.4 se encuentran la viscosidad del crudo reportado a diferentes temperaturas.

Tabla 5.4. Valores reportados de viscosidad a diferentes temperaturas.

Viscosidad (cp)	
μ (20 °C)	817.3
μ (30 °C)	365.5
μ (40 °C)	187.9
μ (50 °C)	108.3
μ (60 °C)	66.3
μ (70 °C)	47.9

Para hacer una aproximación a la viscosidad y usar el mismo valor de Temperatura reportado, se hicieron promedios de las viscosidades (ver tabla 5.5).

Tabla 5.5. Valores de viscosidad utilizados.

Viscosidad (cp)	
μ (95 °F)	365.5
μ (158 °F)	275.7

- Capacidad calorífica.

Esta propiedad se obtuvo a través del simulador ASPEN HYSYS, utilizando el modelo termodinámico de Peng Robinson, se introdujo la temperatura de la destilación tipo Hempel, así como los ligeros (ver tabla 5.6).

Tabla 5.6. Valores de Cp utilizados.

Capacidad calorífica (Btu/lb °F)	
Cp(95 °F)	0.4439
Cp (207.5 °F)	0.45075

5.2. Propiedades del agua

El servicio de calentamiento y enfriamiento será vapor y agua, por lo tanto también debemos de conocer sus propiedades termodinámicas.

Ver Anexo F. Propiedades del agua.

Para obtener las propiedades del agua, se tomaron las siguientes consideraciones (ver tabla 5.7).

Tabla 5.7. Condiciones del vapor.

Vapor saturado	
P (psia)	796
T(°F)	329

Sólo se utilizarán los valores de densidad, capacidad térmica y entalpía de vaporización, para el balance de energía del agua.

- Densidad.

En la tabla 5.8 se muestran la densidad del agua en fase líquida y vapor, a las condiciones que se muestran en la tabla 5.7.

Tabla 5.8. Densidad del agua.

ρ(lb/ft³)	
ρ_v (329 °F)	0.2258
ρ_l (329 °F)	69.133

- Capacidad calorífica.

En la tabla 5.9 se presentan la capacidad térmica del agua en fase líquida y vapor a las condiciones que se observan en la tabla 5.7.

Tabla 5.9. Valores de Cp utilizados.

Capacidad calorífica (Btu/lb °F)	
C_{p_v} (329 °F)	0.5837
C_{p_l} (329 °F)	1.02

- Entalpía de vaporización.

En la tabla 5.10, se presenta la entalpía de vaporización del agua las condiciones de vapor que se muestran en la tabla 5.7.

Tabla 5.10. Entalpía de vaporización. ^[11].

Hvap (Btu/lb)	
H_{vap} (329 °F)	958.7

5.3. Resolución del Modelo

A continuación se desglosan los resultados obtenidos a partir de la resolución del modelo simplificado descrito en el capítulo 4.

5.3.1. Estado estacionario

Tomando como base las temperaturas de diseño, se resolvieron los equipos involucrados en el sistema de calentamiento de crudo en estado estacionario, para así contar con las dimensiones de los equipos.

Tanque de calentamiento (FB-01)

El calor transferido en el Tanque FB-001 se obtuvo a partir de la ecuación (5.1):

$$Q_{Absorbido} = M_{tanque} C_{p_{crudo}} (T_2 - T_1) \quad (5.7)$$

Los resultados tanto del diseño, propiedades del crudo y el calor transferido en el tanque de calentamiento se muestran en las tabla 5.11, 5.12 y 5.12 que se muestran a continuación.

Tabla 5.11. Características del Tanque de calentamiento.

Datos del Tanque		
L	2.624	Ft
Di	1.312	Ft

Tabla 5.12. Propiedades del crudo en el tanque.

Crudo(95 °F)	
μ (lb/ft h)	276.75
Cp (BTU/lb °F)	0.4439
k (BTU/h ft °F)	0.06684
W (lb)	84.1

Tabla 5.13. Calor transferido.

Q (Btu)	1343.74
----------------	---------

Intercambiador de calor (EA-01)

Para obtener el calor transferido al crudo a través del intercambiador de calor se resolvió el método de Kern (ver Anexo D).

Las características de diseño del intercambiador de calor se muestran en la tabla 5.14.

Tabla 5.14. Características del intercambiador de calor.

Datos del cambiador		
Arreglo	(1 - 2)	
N.tubos	30	
BWG-14	0.75	"
Pitch (triangular)	1	"
L	3.29	Ft
Dcoraza	0.6888	Ft
Do	0.0625	Ft
Di	0.0487	Ft

Para los cálculos del coeficiente global de transferencia de calor (U) se consideran las propiedades descritas anteriormente y presentadas en la tabla 5.15.

Tabla 5.15. Propiedades del lado de los tubos y de la coraza del intercambiador.

Propiedades			
Crudo(207.5 °F)		Agua (329°F)	
μ (lb/ft h) (158°F)	125.3	μ (lb/ft h)	0.38
Cp (BTU/lb °F)	0.451	ρ (lb/ft ³)	69.1
k (BTU/h ft °F)	0.05	k (BTU/h ft °F)	0.396
Gt (lb/ft hr)	3014		
di (ft)	0.0625		

Del método de Kern, descrito en el Anexo D, se obtienen los valores expresados en la tabla 5.16.

Tabla 5.16. Calor transferido.

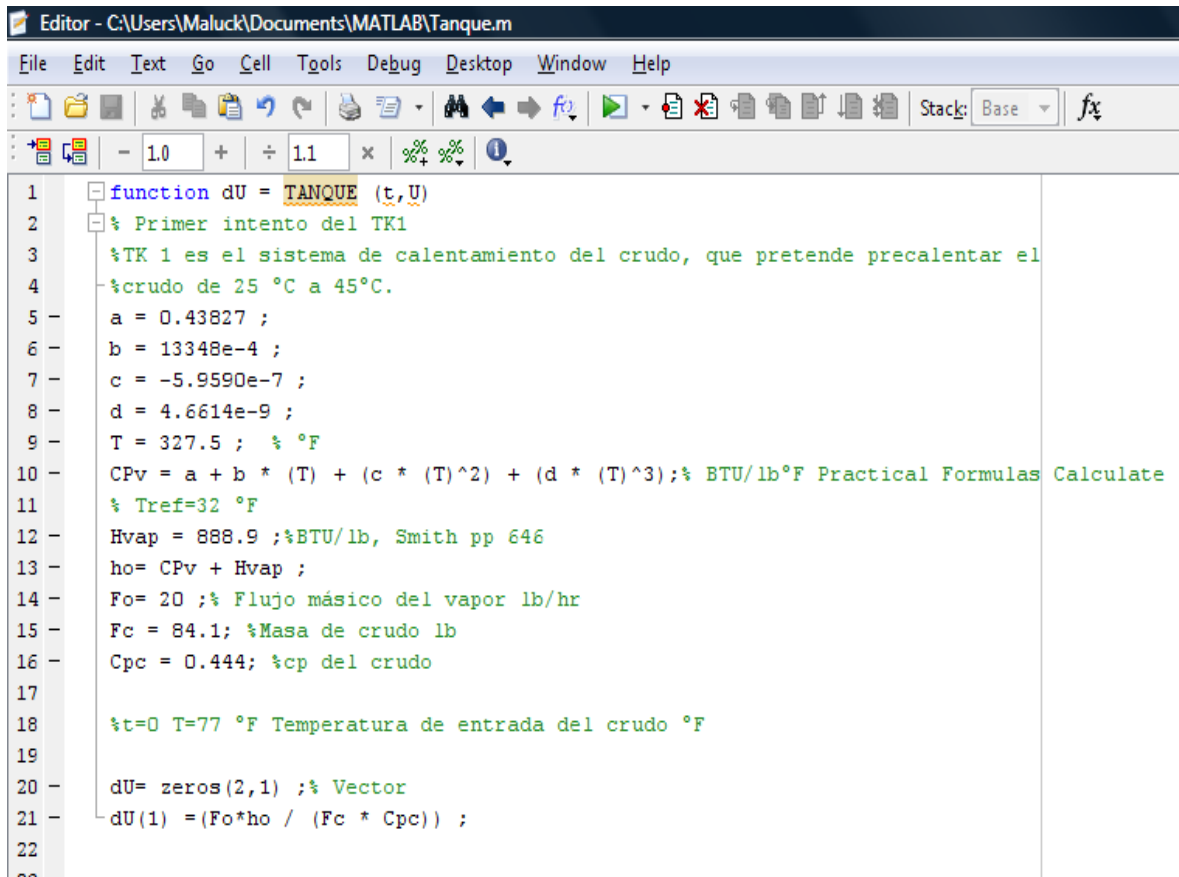
Valores del método de Kern.			
Hio	5.1055	Ho	1500
Rdio (ft)	0.002	Rdo (ft)	0.001
U (BTU/h ft ² °F)	5.012	A (ft ²)	15.10
LMDT (°F)	90.89	Ft	1
Q2 (BTU/hr)		6877.26	

5.3.2. Estado Dinámico

Para la resolución del modelo dinámico, se utilizó el programa Matlab, en donde: se desglosó el modelo obtenido en el Capítulo 4 que, en combinación con las bases de diseño resultado del estado estacionario se obtuvieron los resultados presentados en la figura 5.1, correspondiente al tanque de calentamiento y la figura 5.2, representado al intercambiador de calor.

Tanque de calentamiento (FB-01)

La resolución del modelo dinámico que representa al tanque de calentamiento, se desglosa en tres partes: Propiedades de los fluidos y del tanque, modelo matemático y resolución (ver figura 5.1).



```
1 function dU = TANQUE (t, U)
2 % Primer intento del TK1
3 %TK 1 es el sistema de calentamiento del crudo, que pretende precalentar el
4 %crudo de 25 °C a 45°C.
5 a = 0.43827 ;
6 b = 13348e-4 ;
7 c = -5.9590e-7 ;
8 d = 4.6614e-9 ;
9 T = 327.5 ; % °F
10 CPv = a + b * (T) + (c * (T)^2) + (d * (T)^3);% BTU/lb°F Practical Formulas Calculate
11 % Tref=32 °F
12 Hvap = 888.9 ;%BTU/lb, Smith pp 646
13 ho= CPv + Hvap ;
14 Fo= 20 ;% Flujo másico del vapor lb/hr
15 Fc = 84.1; %Masa de crudo lb
16 Cpc = 0.444; %cp del crudo
17
18 %t=0 T=77 °F Temperatura de entrada del crudo °F
19
20 dU= zeros(2,1) ;% Vector
21 dU(1) =(Fo*ho / (Fc * Cpc)) ;
22
```

Figura 5.1 Datos, modelo dinámico del Tanque en Matlab.

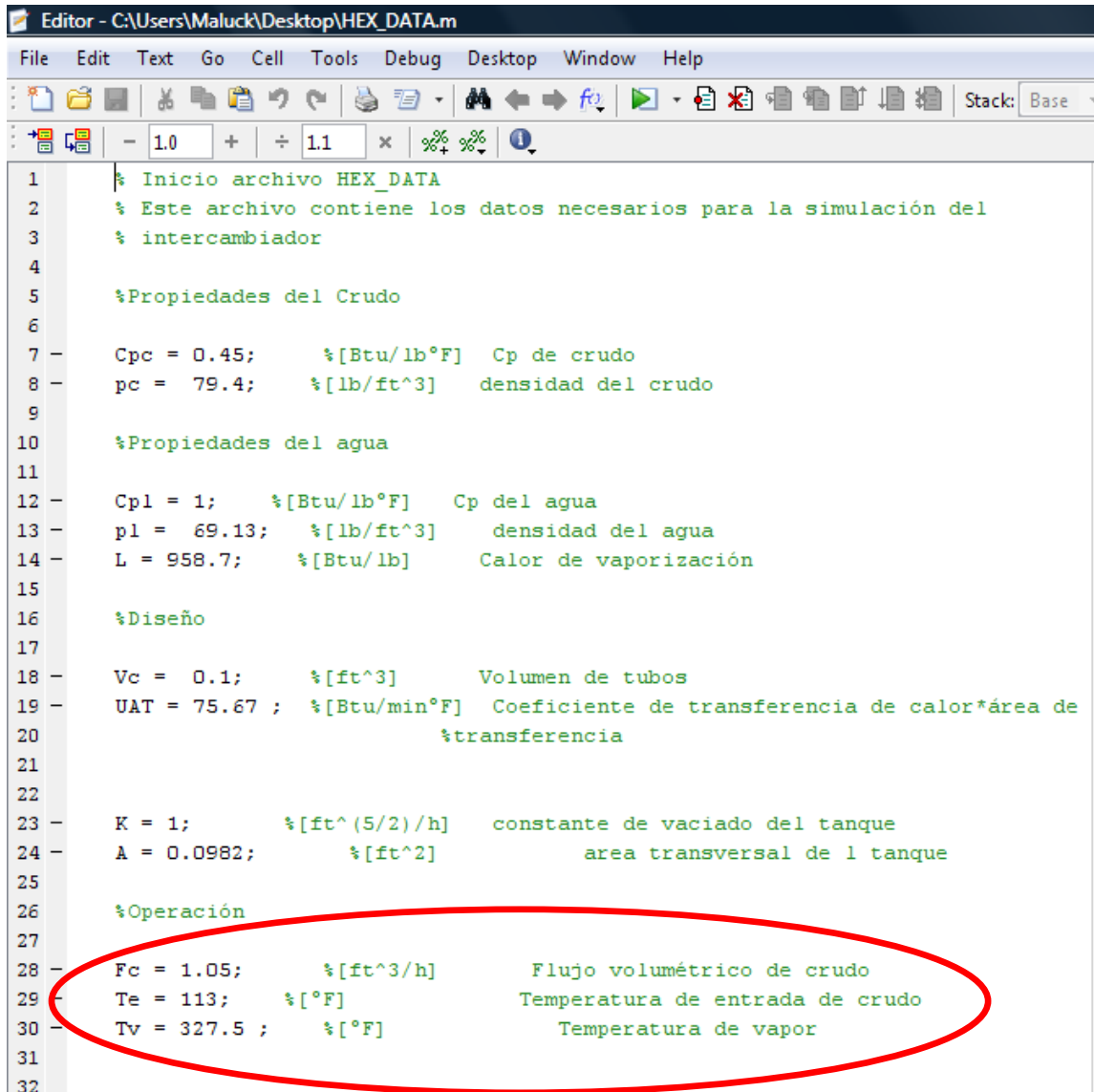
Intercambiador de calor (EA-01)

La resolución del modelo dinámico del intercambiador de calor se dividió en tres partes:

1. Datos del intercambiador de calor, en donde se describieron las propiedades del equipo (Ver figura 5.2).
2. Modelo dinámico, donde se escribió la ecuación desarrollada en el capítulo 4 (ver figura 5.3).

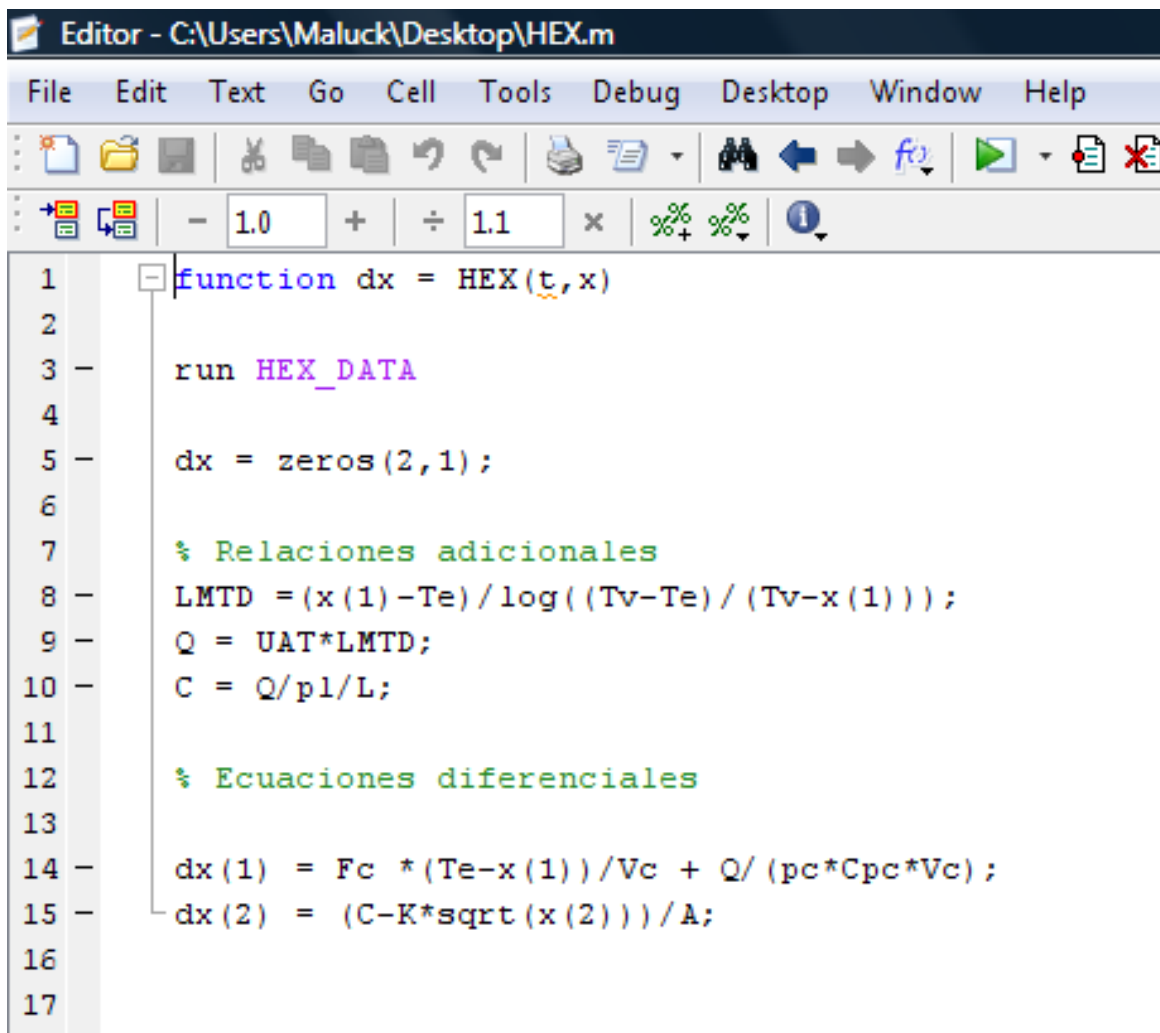
3. Método matemático, se define el método numérico para resolver las ecuaciones diferenciales (Ver figura 5.4).

Ver Anexo G: Memoria de cálculo.



```
1  % Inicio archivo HEX_DATA
2  % Este archivo contiene los datos necesarios para la simulación del
3  % intercambiador
4
5  %Propiedades del Crudo
6
7  - Cpc = 0.45;      %[Btu/lb°F]  Cp de crudo
8  - pc = 79.4;     %[lb/ft^3]   densidad del crudo
9
10 %Propiedades del agua
11
12 - Cpl = 1;      %[Btu/lb°F]  Cp del agua
13 - pl = 69.13;   %[lb/ft^3]   densidad del agua
14 - L = 958.7;    %[Btu/lb]    Calor de vaporización
15
16 %Diseño
17
18 - Vc = 0.1;     %[ft^3]      Volumen de tubos
19 - UAT = 75.67 ; %[Btu/min°F] Coeficiente de transferencia de calor*área de
20                               %transferencia
21
22
23 - K = 1;       %[ft^(5/2)/h] constante de vaciado del tanque
24 - A = 0.0982;  %[ft^2]      área transversal de l tanque
25
26 %Operación
27
28 - Fc = 1.05;    %[ft^3/h]    Flujo volumétrico de crudo
29 - Te = 113;    %[°F]       Temperatura de entrada de crudo
30 - Tv = 327.5 ; %[°F]       Temperatura de vapor
31
32
```

Figura 5.2 Datos del intercambiador en Matlab.

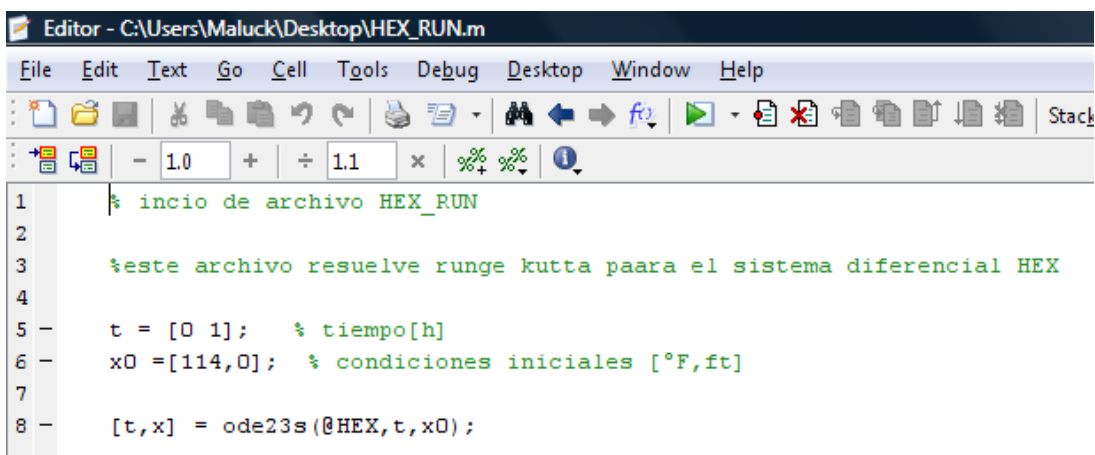


```

1 function dx = HEX(t, x)
2
3     run HEX_DATA
4
5     dx = zeros(2,1);
6
7     % Relaciones adicionales
8     LMTD = (x(1) - Te) / log( (Tv - Te) / (Tv - x(1)) );
9     Q = UAT * LMTD;
10    C = Q / p1 / L;
11
12    % Ecuaciones diferenciales
13
14    dx(1) = Fc * (Te - x(1)) / Vc + Q / (pc * Cpc * Vc);
15    dx(2) = (C - K * sqrt(x(2))) / A;
16
17

```

Imagen 5.3 Modelo dinámico en Matlab.



```

1 % inicio de archivo HEX_RUN
2
3 %este archivo resuelve runge kutta paara el sistema diferencial HEX
4
5 t = [0 1]; % tiempo[h]
6 x0 = [114, 0]; % condiciones iniciales [°F, ft]
7
8 [t, x] = ode23s(@HEX, t, x0);

```

Imagen 5.4 Método de resolución.

5.4 Resultados del modelado desarrollado en MathLab

A continuación se presentan los datos obtenidos de la resolución del modelo, se tomaron en cuenta tres condiciones que se muestran en la tabla 5.17.

Tabla 5.17 Diferentes condiciones de vapor.

Presión alta		Presión media		Presión baja	
P_{VAPOR} (psia)	99.56	P_{VAPOR} (psia)	64.01	P_{VAPOR} (psia)	11.31
T_{VAPOR} (°F)	327.5	T_{VAPOR} (°F)	297	T_{VAPOR} (°F)	199.1

5.4.1. Tanque de calentamiento (FB-001)

Presión alta	
P_{VAPOR} (psia)	99.56
T_{VAPOR} (°F)	327.5

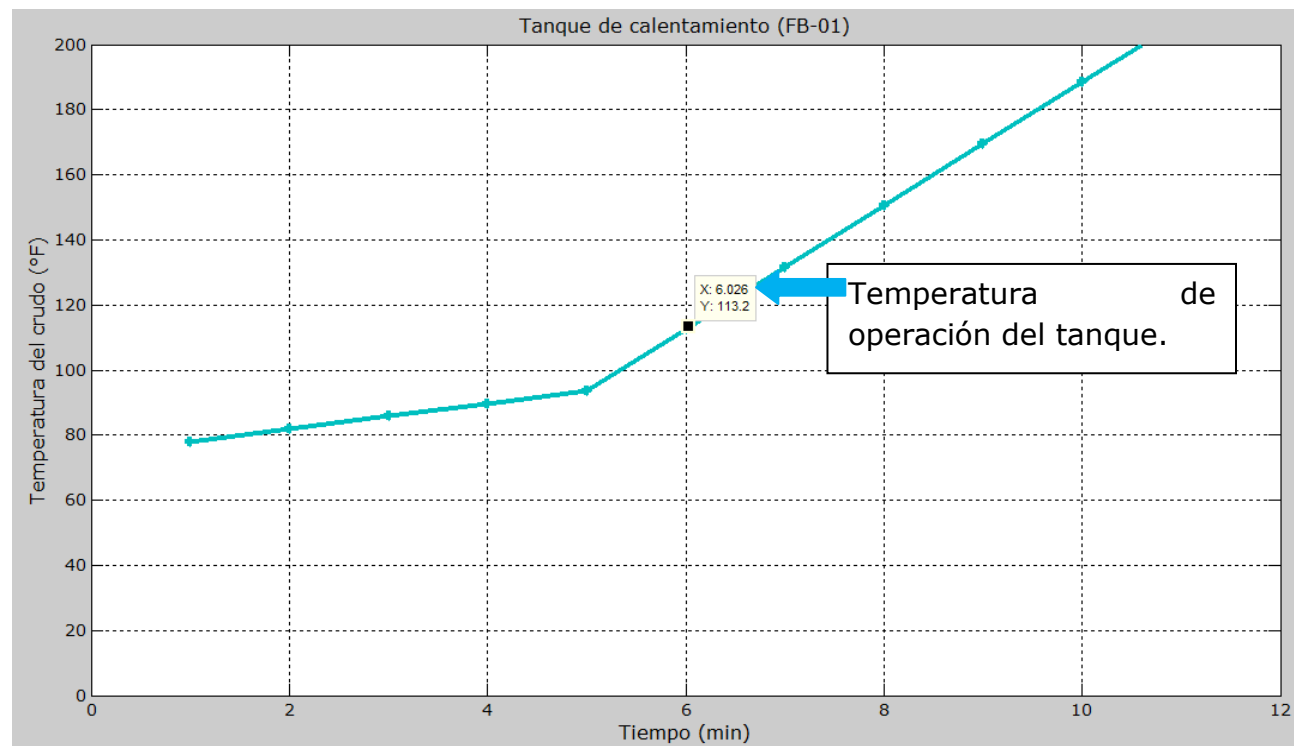


Figura 5.5. Temperatura del crudo vs tiempo en FB-01

Presión media	
P _{VAPOR} (psia)	64.01
T _{VAPOR} (°F)	297

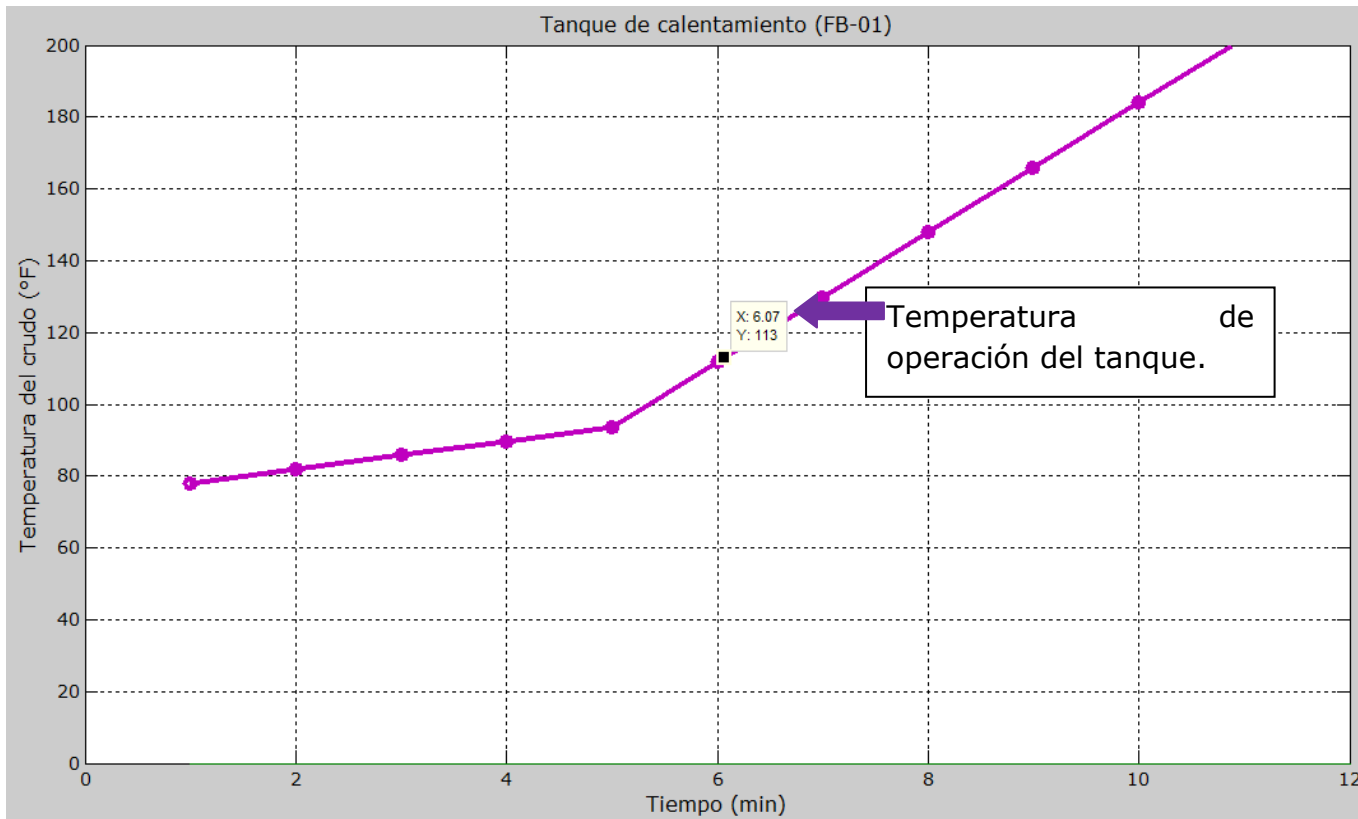


Figura 5.6. Temperatura del crudo vs tiempo en FB-01

Presión baja	
P _{VAPOR} (psia)	11.31
T _{VAPOR} (°F)	199.1

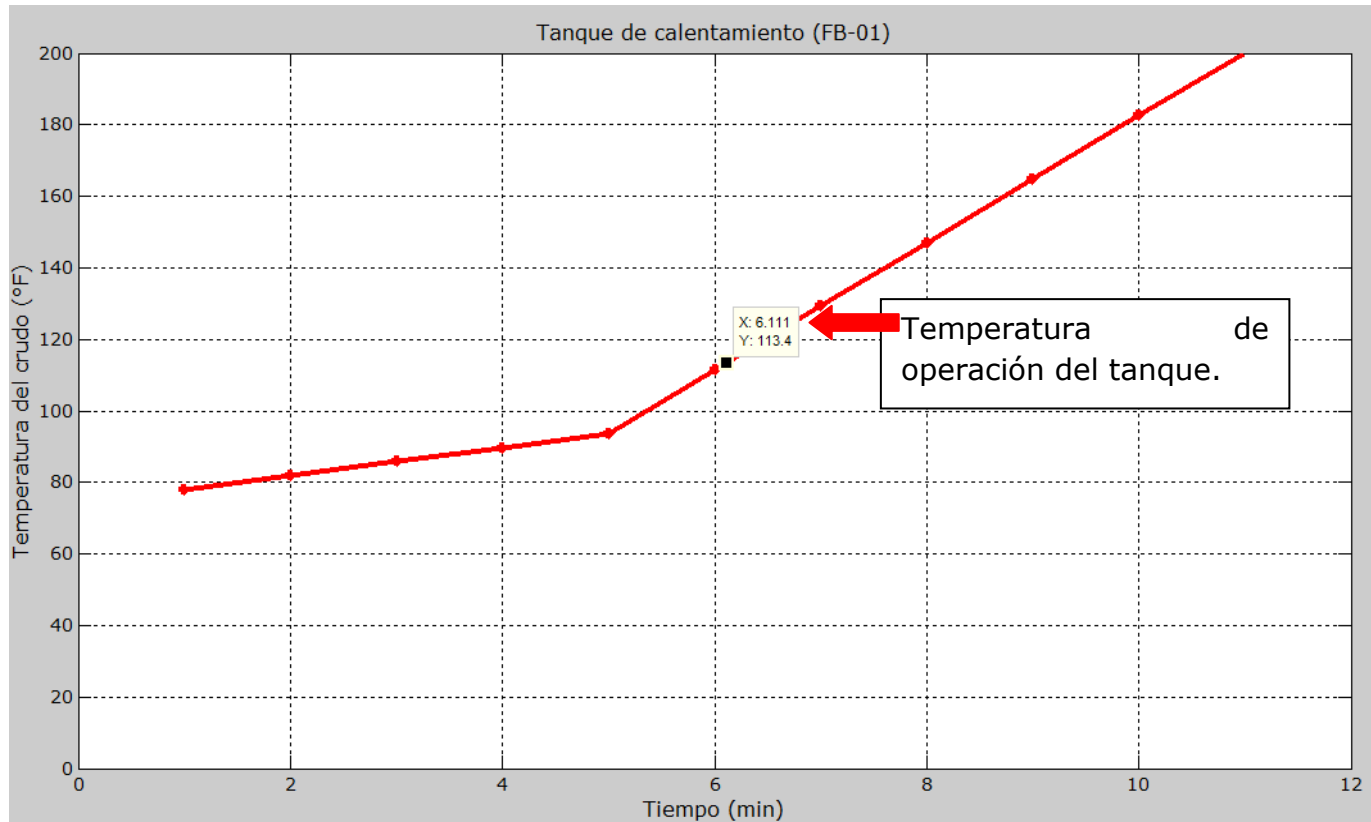


Figura 5.7. Temperatura del crudo vs tiempo en FB-01

5.4.2. Intercambiador de calor (EA-001)

Presión alta	
P_{VAPOR} (psia)	99.56
T_{VAPOR} (°F)	327.5

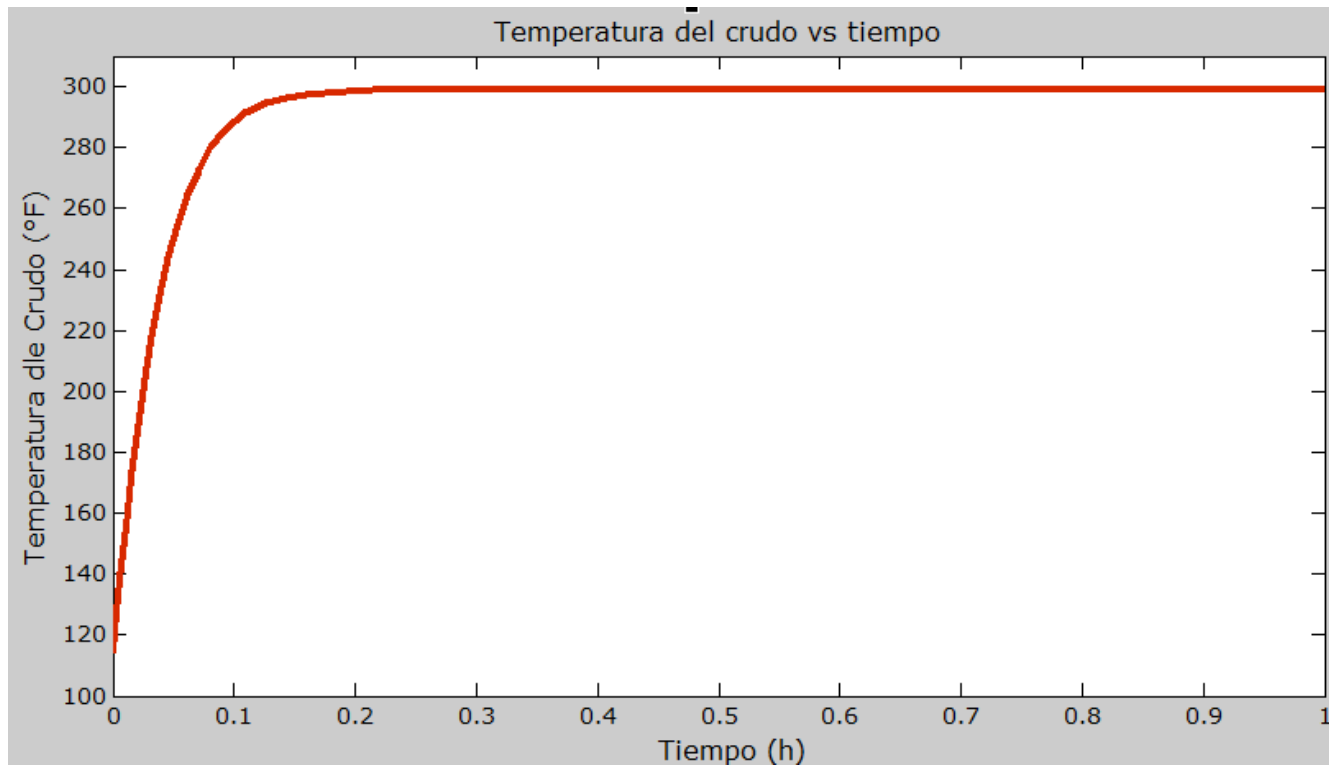


Imagen 5.8 Temperatura del crudo vs tiempo EA-01

Presión media	
P _{VAPOR} (psia)	64.01
T _{VAPOR} (°F)	297

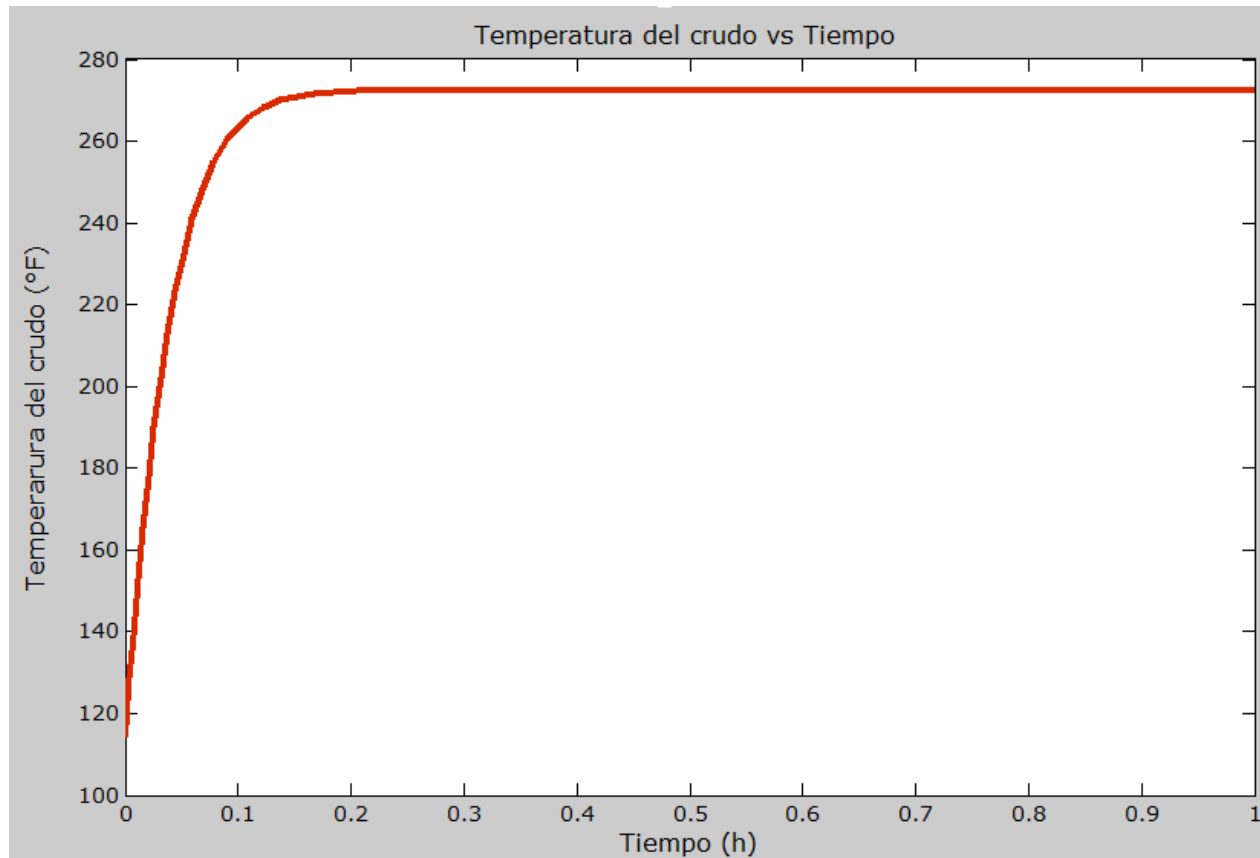


Imagen 5.9 Temperatura del crudo vs tiempo EA-01

Presión baja	
P_{VAPOR} (psia)	11.31
T_{VAPOR} (°F)	199.1

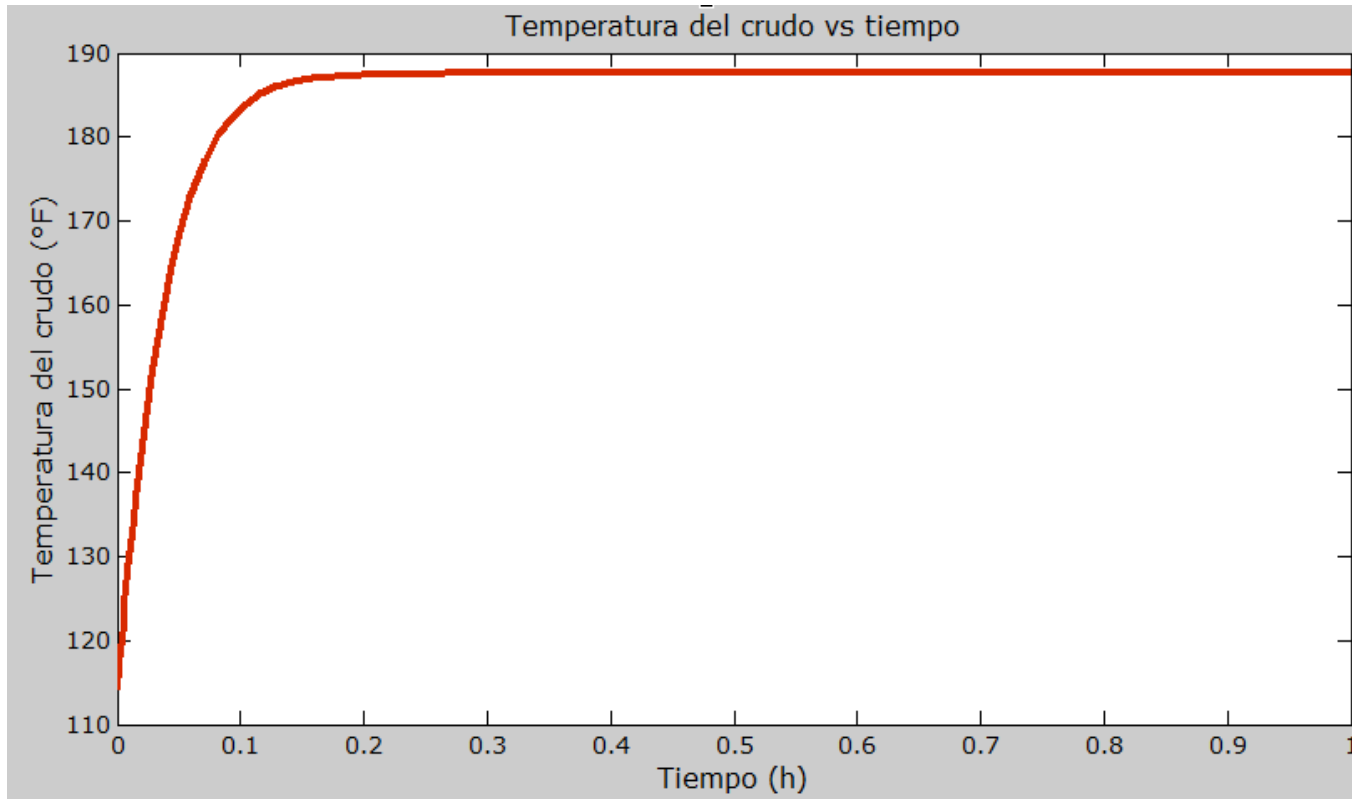


Imagen 5.10 Temperatura vs tiempo EA-01

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tomando en cuenta las bases de diseño de los equipos desarrollados en los capítulos 3 y 4, y la metodología descrita en 2 se presentan a continuación las fotografías del equipo que se encuentra en el Laboratorio de Ingeniería Química. En la figura 6.1 y 6.2 se muestra el equipo de desalado de crudo, mientras que en la figura 6.3 se aprecia el sistema de calentamiento de crudo del cual se realizó un estudio dinámico presentado en los capítulos 3 y 4.

Finalmente se puede observar de la figura 6.4 a 6.6 los equipos principales que forman parte del sistema de calentamiento.



Figura 6.1. Planta piloto de desalado de crudo.



Figura 6.2. Planta piloto de desalado de crudo.

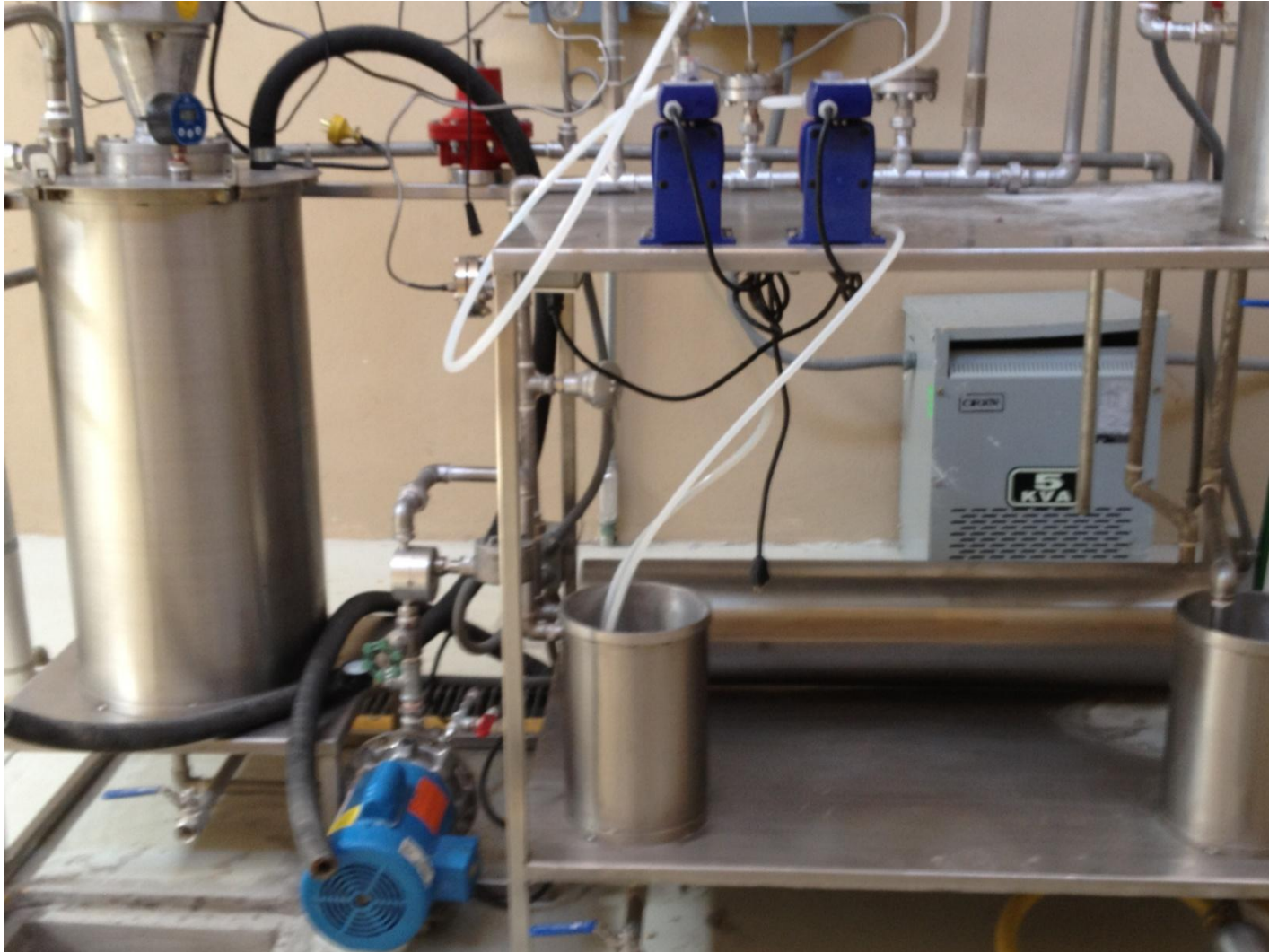


Figura 6.3. Sistema de calentamiento de crudo.



Figura 6.4 Tanque de calentamiento de crudo (FB-01).

Figura 6.5 Bomba de crudo (GA-01).





Figura 6.5. Intercambiador de calor (EA-01).

Figura 6.6. Separador electrostático (DA-01).



Conclusiones

Se ha presentado el diseño de un Planta piloto de desalado de crudo que está compuesta por un sistema de calentamiento, una vasija de separación y tanques de almacenamiento. Las dimensiones obtenidas de los equipos se muestran a continuación.

Equipo	De (cm)	Di (cm)	h (cm)
FB-01	40.3	40	80
FB-02	20.3	20	32
FB.03	20.3	20	32
Fb-04	20.3	20	32
Fb.05	40.3	40	80
DA-01	29.98	29.68	45.365
EA-01	21.3	21	102.6

A partir de esta Tesis se proponen las siguientes mejoras:

- Eliminar por completo fugas de equipos y tuberías.
- Aislar térmicamente los equipos para mayor seguridad de los operadores.
- Cambiar el indicador de temperatura ubicado a la salida del intercambiador de calor para así conocer esta variable a la entrada de la vasija de separación.

Además se adjuntan los próximos trabajos a realizarse.

- Análisis de sensibilidad para conocer el efecto de las variables independientes (temperatura, campo eléctrico, surfactantes) en el desalado de crudo.
- Optimización del proceso.

BIBLIOGRAFÍA

1. Gary H. James, Handwerl E. Gleen & Kaiser J. Mark; "Petroleum Refining: Technology and economics"; 5ta edition; Taylor & Francis Group; 2007; pp 1-7, 71-84.
2. Figueroa Emilio; "El comportamiento económico del mercado del petróleo"; Ediciones Diez Dos Santos; 2006; pp 78-82.
3. Ruwe. P; "Hydrocarbon Processing: Refining Outlook: Capacity expansión and rationalization"; septiembre 2011.
4. Cruz Pedrero, José Manuel; Tesis: Ingeniería para una planta de deshidratación y desalado de petróleo crudo"; Facultad de Química; pp 7; Febrero 2005.
5. Stewar Maurice & Ken Arnold; "Emulsions and Oil Treating equipment: Selection, sizing and troubleshooting"; Elsevier INC.; 2009; pp 25-40.
6. Luyben L. William; "Process Modeling, simulation and control for chemical engineers"; Second Edition; McGraw-Hill International Editions; pp 11-53.
7. Reid Thomas & Engel Philip; "Química Física"; Primera Edición; Pearson; 2006; pp 12-18.
8. Bird R. Byron, Stewart E. Warren & Lightfoot N. Edwin; "Fenómenos de Transporte"; Segunda edición; Limusa Wiley; 2006.
9. Kern Donald; "Procesos de transferencia de calor"; CESSA; Primera edición; 1997; pp 111-156.
10. API Technological Data Book.
11. Tablas de vapor basadas en el IAPWS-95, Scientific formaulation.
12. Dickey S. David; "Practical formulas calculte wáter Properties"; Plant notebook; Edited by Nicholas Bass; 1991; pp235-236.

ANEXO A

DFP

En este anexo se muestra el diagrama de flujo de procesos de la planta de desalado de crudo realizado en este proyecto.

FB-01
 TANQUE DE BALANCE
 CODIGO: ASME VIII DIV. 1
 D.I.= 400 m.m.
 T.T.= 800 m.m.
 Pda.= 13 Kg/cm² man
 Tda.= 60 °C

GA-01
 BOMBA DE FONDOS
 DE TH-9002
 GASTO: 10 GPM
 PRESION DIF: 12 Kg/cm²
 POT. HIDRAULICA: 1/5 HP

FB-02
 TANQUE DE BALANCE
 CODIGO: ASME VIII DIV. 1
 D.I.= 200 m.m.
 T.T.= 300 m.m.
 Pda.= 1 Kg/cm² abs
 Tda.= 25 °C

GA-02
 BOMBA DE FONDOS
 DE TH-9001
 GASTO: 10 GPM
 PRESION DIF: 12 Kg/cm²
 POT. HIDRAULICA: 1 HP

FB-03
 TANQUE DE BALANCE
 CODIGO: ASME VIII DIV. 1
 D.I.= 200 m.m.
 T.T.= 300 m.m.
 Pda.= 1 Kg/cm² abs
 Tda.= 25 °C

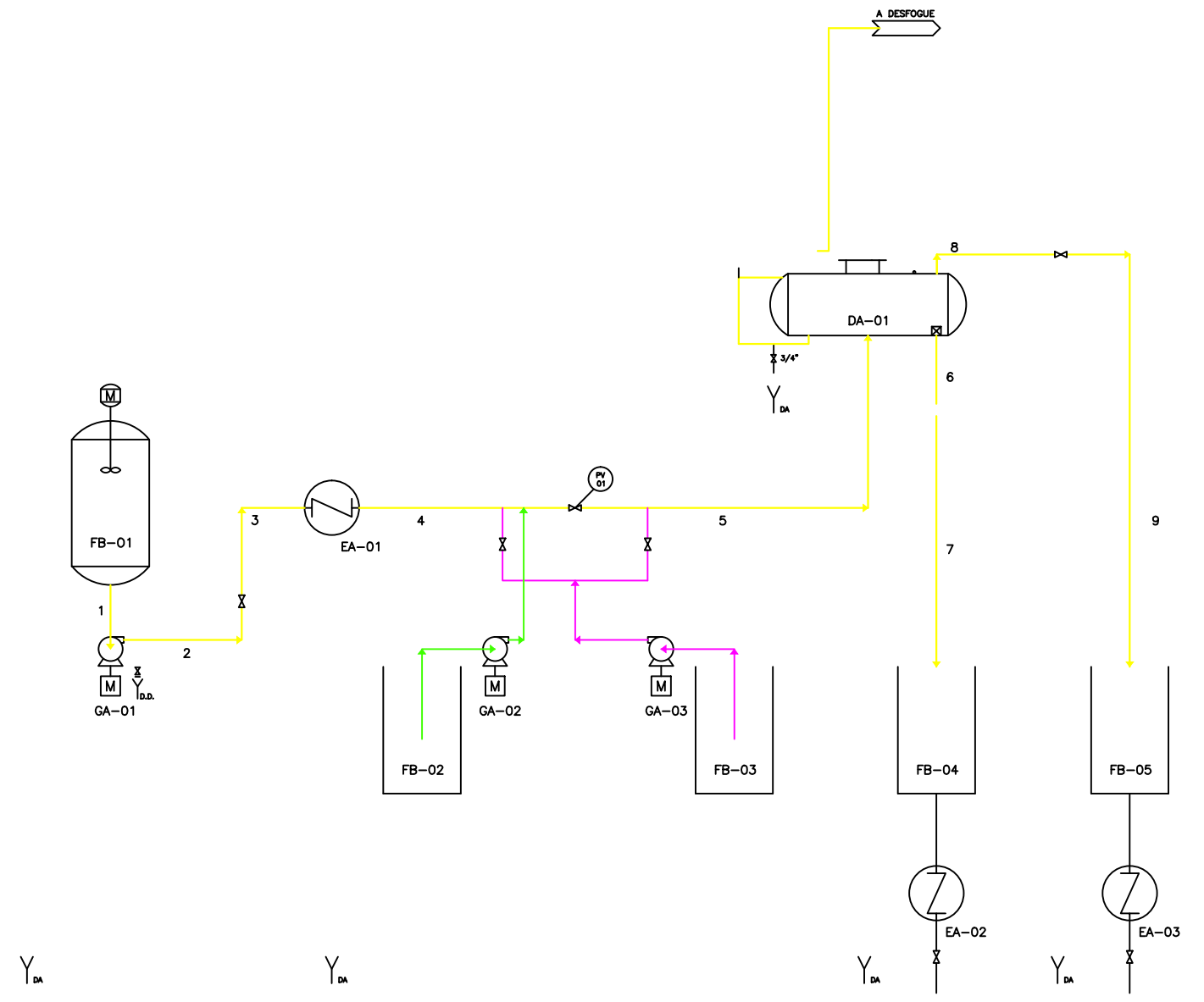
GA-03
 BOMBA DE FONDOS
 DE TH-9001
 GASTO: 10 GPM
 PRESION DIF: 12 Kg/cm²
 POT. HIDRAULICA: 1 HP

EA-01
 INTERCAMBIADOR DE CALOR
 CODIGO: ASME VIII DIV. 1
 D.I.= 200 m.m.
 T.T.= 1000 m.m.
 Pda.= 13 Kg/cm² man
 Tda.= 60 °C

DA-01
 TANQUE DE BALANCE
 CODIGO: ASME VIII DIV. 1
 D.I.= 304 m.m.
 T.T.= 454 m.m.
 Pda.= 13 Kg/cm² man
 Tda.= 60 °C

FB-04
 TANQUE DE BALANCE
 CODIGO: ASME VIII DIV. 1
 D.I.= 200 m.m.
 T.T.= 300 m.m.
 Pda.= 11 Kg/cm² abs
 Tda.= 25 °C

FB-05
 TANQUE DE BALANCE
 CODIGO: ASME VIII DIV. 1
 D.I.= 400 m.m.
 T.T.= 800 m.m.
 Pda.= 11 Kg/cm² abs
 Tda.= 25 °C



BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA DE LA DESALADORA DE CRUDO									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P (psia)	14.5000	14.5000	142.2000	142.2000	113.8000	32.7000	32.7000	32.7000	32.7000
T (°C)	45	45	142.1000	142.1000	142.1000	40	40	40	40
Flujo (lb/h)	84.1000	84.1000	84.1000	84.1000	91.4300	7.3400	7.3400	84.1000	84.1000
Aceite	0.9990	0.9990	0.9990	0.9990	0.9197	0	0	1	1
Agua	0	0	0	0	0.0802	0.9987	0.9987	0	0
Sal	0.0001	0.0001	0.0001	0.0010	0.0001	0.0013	0.0013	0	0

ANEXO B

DTI

En este anexo se muestra el diagrama de tubería e instrumentación de la planta de desalado de crudo.

FB-01
 TANQUE DE BALANCE
 CODIGO: ASME VIII DIV. 1
 D.I.= 400 mm.
 T.T.= 300 mm.
 Pda.= 13 Kg/cm²man
 Tda.= 60 °C

GA-01
 BOMBA DE FONDOS
 DE 1H-9002
 GASTO: 10 GPM
 PRESION DIF: 12 Kg/cm²
 POT. HIDRAULICA: 1/8 HP

FB-02
 TANQUE DE BALANCE
 CODIGO: ASME VIII DIV. 1
 D.I.= 200 mm.
 T.T.= 300 mm.
 Pda.= 1 Kg/cm²abs
 Tda.= 25 °C

GA-02
 BOMBA DE FONDOS
 DE 1H-9001
 GASTO: 10 GPM
 PRESION DIF: 12 Kg/cm²
 POT. HIDRAULICA: 1 HP

FB-03
 TANQUE DE BALANCE
 CODIGO: ASME VIII DIV. 1
 D.I.= 200 mm.
 T.T.= 300 mm.
 Pda.= 1 Kg/cm²abs
 Tda.= 25 °C

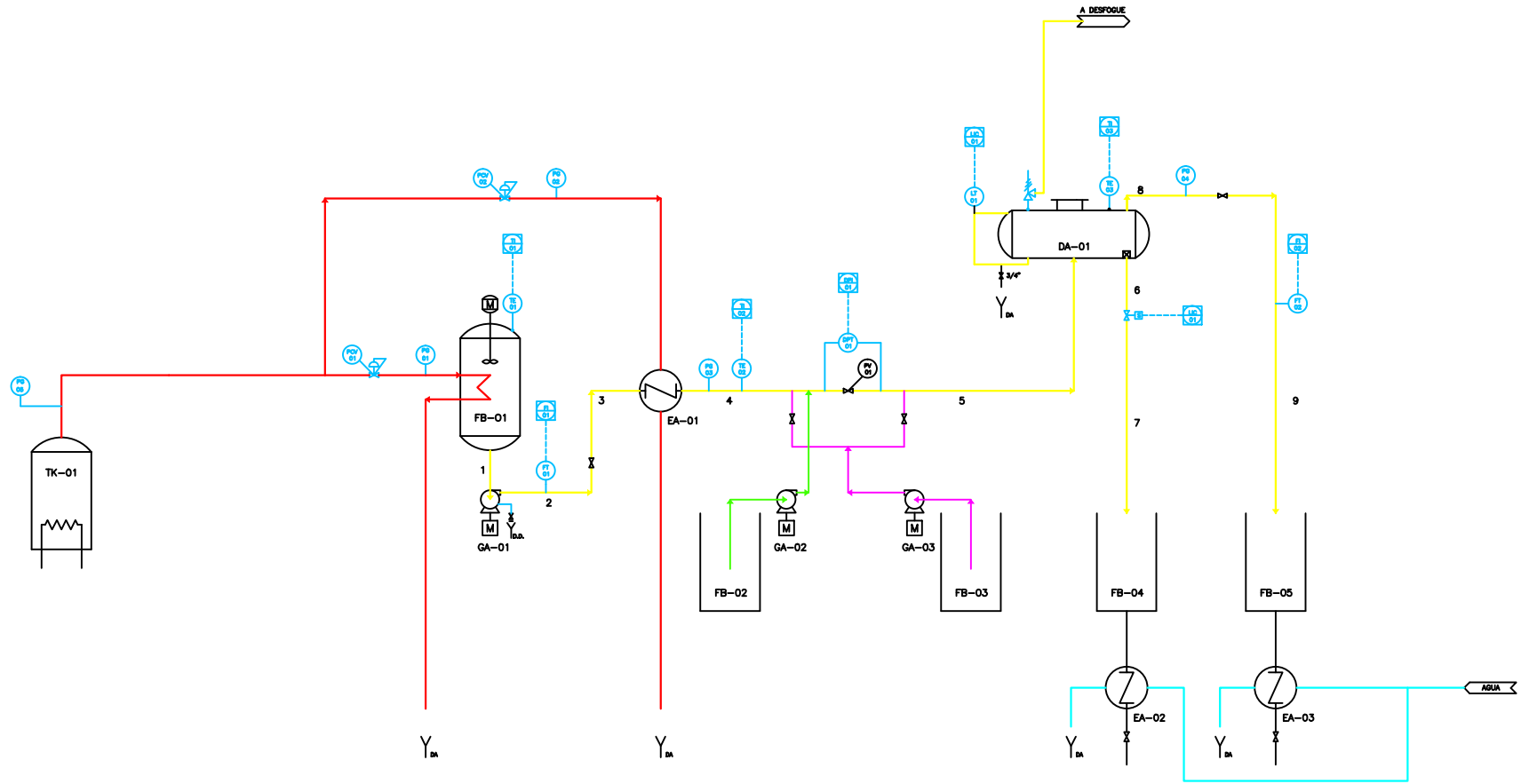
GA-03
 BOMBA DE FONDOS
 DE 1H-9001
 GASTO: 10 GPM
 PRESION DIF: 12 Kg/cm²
 POT. HIDRAULICA: 1 HP

EA-01
 INTERCAMBIADOR DE CALOR
 CODIGO: ASME VIII DIV. 1
 D.I.= 200 mm.
 T.T.= 1000 mm.
 Pda.= 13 Kg/cm²man
 Tda.= 60 °C

DA-01
 TANQUE DE BALANCE
 CODIGO: ASME VIII DIV. 1
 D.I.= 300 mm.
 T.T.= 454 mm.
 Pda.= 13 Kg/cm²man
 Tda.= 60 °C

FB-04
 TANQUE DE BALANCE
 CODIGO: ASME VIII DIV. 1
 D.I.= 300 mm.
 T.T.= 300 mm.
 Pda.= 11 Kg/cm²abs
 Tda.= 25 °C

FB-05
 TANQUE DE BALANCE
 CODIGO: ASME VIII DIV. 1
 D.I.= 300 mm.
 T.T.= 300 mm.
 Pda.= 11 Kg/cm²abs
 Tda.= 25 °C



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE QUIMICA														
INGENIERIA DE DETALLE PARA LA PLANTA DESALADORA DE CRUDO UNAM-F. DE QUIMICA														
DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION PLANTA PILOTO DESALADORA DE CRUDO (LA TAMALERA)														
REV.	DESCRIPCION	ELAB.	REVIS.	FECHA	ELAB.	REVIS.	FECHA	PROY.	FECHA					
0	APROBADO PARA CONSTRUCCION													
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">DIB. No. - E-F.00403-IS-85</td> <td style="width: 20%;">REV. 0</td> <td style="width: 20%;">MEXICO</td> <td style="width: 20%;">CONT-IMP F.00403</td> <td style="width: 20%;">MEXICO</td> </tr> </table>										DIB. No. - E-F.00403-IS-85	REV. 0	MEXICO	CONT-IMP F.00403	MEXICO
DIB. No. - E-F.00403-IS-85	REV. 0	MEXICO	CONT-IMP F.00403	MEXICO										

ANEXO C

HOJAS DE DATOS DE LOS EQUIPOS

En este anexo se muestra las hojas de datos de los equipos.



D.1. HOJA DE DATOS TANQUE DE PRECALENTAMIENTO DEL CRUDO FB-01

Rev. No. 0

"DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL DE UN SISTEMA EXPERIMENTAL DE DESALADO DE HIDROCARBUROS PARA EVALUAR AGENTES QUIMICOS"

FECHA: Agosto-12

PROY:SENER-CONACYT-144156

HOJA 1 DE 2

D.1. HOJA DE DATOS TANQUE DE PRECALENTAMIENTO DEL CRUDO FB-01

PROYECTO: "DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL DE UN SISTEMA EXPERIMENTAL DE DESALADO DE HIDROCARBUROS PARA EVALUAR AGENTES QUIMICOS"

NÚMERO: 144156

CLIENTE: FACULTAD DE QUÍMICA

CENTRO: LABORATORIO DE INGENIERÍA QUIMICA.

LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE QUÍMICA, CUIDAD UNIVERSITARIA.

REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
1	APROBADO PARA ING. DE DETALLE	AGOSTO 2102	ACC	JFBA	JFBA



D.2. HOJA DE DATOS BOMBA DE TRANSFERENCIA GA-01

Rev. No. 0

"DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL DE UN SISTEMA EXPERIMENTAL DE DESALADO DE HIDROCARBUROS PARA EVALUAR AGENTES QUIMICOS"

FECHA: Agosto-12

PROY:SENER-CONACYT-144156

HOJA 1 DE 3

D.2. HOJA DE DATOS BOMBA DE TRANSFERENCIA GA-01

PROYECTO: "DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL DE UN SISTEMA EXPERIMENTAL DE DESALADO DE HIDROCARBUROS PARA EVALUAR AGENTES QUIMICOS"

NÚMERO: 144156

CLIENTE: FACULTAD DE QUÍMICA

CENTRO: LABORATORIO DE INGENIERÍA QUIMICA.

LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE QUÍMICA, CIUDAD UNIVERSITARIA.

REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
1	APROBADO PARA ING. DE DETALLE	AGOSTO 2012	ACC	JFBA	JFBA



D.2. HOJA DE DATOS BOMBA DE TRANSFERENCIA GA-01

PROY:SENER-CONACYT-144156

"DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL DE UN SISTEMA EXPERIMENTAL DE DESALADO DE HIDROCARBUROS PARA EVALUAR AGENTES QUÍMICOS"

ÁREA: PROCESO

DOC. No. GA-01

HOJA 2 DE 3

BOMBA DE TRANSFERENCIA

ELABORÓ: ACC REVISÓ: JFBA APROBÓ: JFBA

REV 0

1 EDITADA PARA: COTIZACIÓN COMPRA. AS BUILT.

POR ACC

2 CLIENTE: FACULTAD DE QUÍMICA CLAVE: GA-01 MARCA: *

REVISÓ FBA

3 LUGAR LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA No. REQ: UNO (1) MODELO: *

APROBÓ FBA

4 SERVICIO: BOMBEO DE CRUDO PROVENIENTE DEL TANQUE DE CALENTAMIENTO FB-01 TAMAÑO: 1.5X3-6"

FECHA AGO-12

5 CÓDIGO DISEÑO: API 610

CONDICIONES DE OPERACIÓN (NOTA 3)

FUNCIONAMIENTO

Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes rows for LIQUIDO CRUDO SALADO, TIPO DE OPERACIÓN, TEMP. BOMB., PESO MOLECULAR, DENSIDAD @ T.B., PRES. VAPOR @ T.B., VISCOSIDAD @ T.B., CORR./EROS. CAUSADA POR.

Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes rows for CURVA PROPUESTA No., NPSH REQ., EFICIENCIA (%), BHP DISEÑO, BHP MAX. @ IMPULSOR DE DISEÑO, COLUMNA DIF. DISEÑO, PRES. DESC. MAX., FLUJO MIN. CONTINUO, ROTACIÓN VISTA DESDE COUPLE.

CONSTRUCCIÓN

VEL. ESPECÍFICA DE SUCCIÓN: *

Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes rows for TIPO DE BOMBA, CARCASA, MONTAJE VERT., PARTICIÓN, PRES. MAX. PERM. TRAB., CONEXIONES, SUCCIÓN, DESCARGA, MANÓMETRO, DREN/VENTEO, IMPULSOR: DIAM., RODAMIENTOS, LUBRICACIÓN, COUPLE, GUARDA.

ACCIONADOR (NOTA 5)

Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes rows for TIPO DE ACCIONADOR, MOTOR SUMINISTRADO POR, MONTADO POR, CANTIDAD, No. DE TAG, POTENCIA AL FRENO (BHP), VEL., MARCA, MODELO, TIPO, AISLAMIENTO, ENCAPSULADO, ARMAZÓN, VOLTS/FASES/CICLOS, AMPERES A PLENA CARGA, FACT. SERV., AUMENTO DE TEMPERATURA, CANTIDAD DE RODAMIENTOS, TIPO, LUBRICACIÓN, BOMBA Y MOTOR EN MISMA BASE, TIPO DE ARRANCADOR, NEMA, CLASE, DIV., REFACCIONES PARA EL ARRANQUE DE PRUEBAS DEL MOTOR, POR PROVEEDOR, REFACCIONES PARA EL ARRANQUE DE PRUEBAS DE LA BOMBA, POR PROVEEDOR.

SISTEMA DE SELLADO (* NOTA 15)

Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes rows for CAJA DE EMPAQUE, EMPAQUE, No. ANILLOS, SELLO MECÁNICO, BALANCEADO, DOBLE, ESPALDA C/ESPALDA, TANDEM, CONVENC., CARTUCHO.

TUBERIA AUXILIAR (*)

Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes rows for PLAN DE LIMPIEZA, PLAN AGUA DE ENFRIAMIENTO, FLUJO GPM (LPS), PRESIÓN, FLUIDO DE LIMPIEZA SELLO EXTERNO, FLUJO GPM (LPS), PRESIÓN, PLAN DE ENFR. DE SELLO, FLUIDO ENFR. DE SELLO.

MATERIALES DE LA BOMBA NOTA 6 Y 10 DATOS FINALES DEL FABRICANTE *

Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes rows for CARCASA, IMPULSOR, ANILLOS DE DESGASTE, FLECHA, MANGA DE INTERETAPAS, PRENSA ESTOPA, EMPAQUES, SELLOS, BASE, GUARDACOPLE, PERNOS.

PRUEBAS EN TALLER


Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes rows for PRUEBA REQUERIDA, ATESTIGUADA, FUNCIONAMIENTO, HIDROSTÁTICA, NPSH, VIBRACIÓN, DESMONTAJE E INSPECCIÓN DESPUÉS DE LA PRUEBA, OTRA, PRUEBA HIDROSTÁTICA.

INSPECCIÓN

Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes rows for NO REQ., DURANTE FABR., FINAL, DÍAS REQ. PARA NOTIFICACIÓN, 10 DIAS.

PESOS (kg)

Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes rows for BOMBA, MOTOR, BASE, OTRO.

		D.2. HOJA DE DATOS BOMBA DE TRANSFERENCIA GA-01		PROY:SENER-CONACYT-144156	
"DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL DE UN SISTEMA EXPERIMENTAL DE DESALADO DE HIDROCARBUROS PARA EVALUAR AGENTES QUÍMICOS"				ÁREA: PROCESO	
BOMBA DE TRANSFERENCIA				DOC. No. GA-01	
ELABORÓ: ACC REVISÓ: GGP APROBÓ: JFBA				HOJA 3 DE 3	
1 EDITADA PARA: <input checked="" type="radio"/> COTIZACIÓN <input type="radio"/> COMPRA <input type="radio"/> AS BUILT.				REV 0	
2 CLIENTE: FACULTAD DE QUÍMICA CLAVE: GA-001 MARCA: *				POR ACC	
3 LUGAR: LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA No. REQ: UNO (1) MODELO: *				APR JFBA PEMEX GKL	
4 SERVICIO: BOMBEO DE CRUDO PROVENIENTE DEL TANQUE DE CALENTAMIENTO FB-01 TAMAÑO: 1.5X3-6"				FECHA NOV 11	
5 CÓDIGO DISEÑO: API 610, NRF-050-PEMEX-2007					
NOTAS GENERALES					
7	1.- EL ASTERISCO (*) INDICA INFORMACIÓN QUE DEBE SER SUMINISTRADA POR EL FABRICANTE Y/O PROVEEDOR DEL EQUIPO.				
8	2.- EL FLUIDO ES CRUDO PROVENIENTE DEL TANQUE FB-01.				
9	3.- LA GRAVEDAD ESPECÍFICA, PRESIÓN DE VAPOR, VISCOSIDAD Y DENSIDAD FUERON TOMADAS DEL DOCUMENTO ANEXO E				
10	4.- LA BOMBA SE LOCALIZARÁ POR DEBAJO DE LA ESTRUCTURA DE LOS EQUIPOS DEL PAQUETE DE VACÍO DE LA TORRE.				
11	5.- EL FABRICANTE Y/O PROVEEDOR DEBE SUMINISTRAR EL CONJUNTO BOMBA-COPLER/GUARDACOPLER-MOTOR, EN UNA BASE COMÚN.				
12	6.- EL MOTOR DEBE INCLUIR CAJA DE CONEXIONES CON 4 HILOS, UNO PARA TERMINAL A TIERRA.				
13	7.- EL FABRICANTE Y/O PROVEEDOR DEBE VERIFICAR LA SELECCIÓN DE LA BOMBA EN FUNCIÓN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN ESPECIFICADAS..				
14	8.- EN EL DISEÑO Y/O SELECCIÓN DE LA BOMBA, EL RANGO DE OPERACIÓN DEBE CUMPLIR CON LOS CRITERIOS ESTABLECIDOS POR API 610 ÚLTIMA EDICIÓN Y/O POR NRF-050-PEMEX-2007; EL QUE RESULTE MAS RIGUROSO.				
15	9.- EL EQUIPO DEBE CUMPLIR CON LAS NORMAS DE DISEÑO INDICADAS. EN CASO DE CONFLICTO, EL FABRICANTE Y/O PROVEEDOR DEBE APLICAR LA MÁS RIGUROSA, PREVIA ACLARACIÓN Y ACEPTACIÓN ESCRITA POR PEMEX Y/O SU REPRESENTANTE.				
16	10.- EL FABRICANTE Y/O PROVEEDOR DEBE CONFIRMAR LOS MATERIALES Y GARANTIZARLOS PARA EL SERVICIO REQUERIDO. EL MATERIAL DEBE SER CONSIDERADO COMO ACERO INOXIDABLE O ALEADO DEBIDO A LA PRESENCIA DE SALES EN EL CRUDO Y AGUA.				
17	11.- PARA LA SELECCIÓN DE LA BOMBA, EL FABRICANTE Y/O PROVEEDOR DEBE CONSIDERAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS SERVICIOS AUXILIARES EN EL SITIO.				
18	12.- EN SU COTIZACIÓN EL PROVEEDOR DEBE:				
19	A) DEVOLVER LA HOJA DE DATOS DEBIDAMENTE COMPLEMENTADA.				
20	B) SUMINISTRAR LA HOJA TÉCNICA DEL EQUIPO.				
21	C) SUMINISTRAR LA CURVA DE OPERACIÓN DE LA BOMBA, INDICANDO LOS PUNTOS DE OPERACIÓN.				
22	D) INCLUIR LA LISTA DE PARTES DE REPUESTO DEL EQUIPO.				
23	E) CONSIDERAR REFACCIONES PARA 1 AÑO.				
24	F) INCLUIR PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.				
25	G) CONSIDERAR GARANTÍA DE 12 A 18 MESES.				
26	H) CONSIDERAR UN JUEGO DE PARTES DE REPUESTO EXCLUSIVOS PARA ARRANQUE Y/O PARA PRUEBAS.				
27	I) CONSIDERAR EL SUMINISTRO DEL MANUAL DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO; EN ESPAÑOL.				
28	J) CONSIDERAR DIAGRAMA DE INTERCONEXIONES.				
29	K) CONSIDERAR REPORTE DE PRUEBAS DE ACEPTACIÓN DE FABRICA (FAT) ANTES DE EMBARCAR EL EQUIPO PAQUETE.				
30	L) CONSIDERAR REPORTE DE PRUEBAS DE ACEPTACIÓN EN SITIO (ASAT).				
31	M) CONSIDERAR NIVEL DE RUIDO DEL EQUIPO DE BOMBEO DE 85 dB A 1.5 METROS DE DISTANCIA DEL EQUIPO.				
32	N) CONSIDERAR SUMINISTRO DE HERRAMIENTAS ESPECIALES, EN CASO DE SER REQUERIDO.				
33	O) CONSIDERAR SUMINISTRO DE PLANOS DIMENSIONALES CERTIFICADOS.				
34	13.- EL PROVEEDOR DEBE CONSIDERAR EL SUMINISTRO DE LA PLACA DE DATOS DE LOS EQUIPOS, EN ACERO INOXIDABLE.				
35	A) LA INFORMACIÓN MÍNIMA QUE DEBE CONTENER LA PLACA PARA LAS BOMBAS ES:				
36	TAG, MARCA, MODELO, TAMAÑO, CAPACIDAD (gpm / m ³ /h), CABEZA TOTAL (ft / m), VELOCIDAD (RPM), DIÁMETRO DEL IMPULSOR (mm / in).				
37	B) LA INFORMACIÓN MÍNIMA QUE DEBE CONTENER LA PLACA PARA EL MOTOR ES:				
38	TAG, MARCA, MODELO Y TIPO, POTENCIA NOMINAL (HP), TENSIÓN NOMINAL (VOLTS), CORRIENTE NOMINAL A PLENA CARGA (AMPERES),				
39	FRECUENCIA (HERTZ), NÚMERO DE FASES, VELOCIDAD A PLENA CARGA (RPM), DIAGRAMA DE CONEXIONES, DESIGNACIÓN DE ARMAZÓN,				
40	CARCAZA, FACTOR DE SERVICIO, SERVICIO INTERMITENTE, CLASE DE AISLAMIENTO, TEMPERATURA MÁXIMA AMBIENTE (°C), ELEVACIÓN DE				
41	TEMPERATURA (°C), LETRA DE DISEÑO, DESIGNACIÓN DE COJINETES, CARACTERÍSTICAS DE LUBRICACIÓN.				
42	1				
43	1				
44	-				
45	16.- UNA VEZ REALIZADO EL PEDIDO, EL PROVEEDOR DEBE SUMINISTRAR, JUNTO CON LOS EQUIPOS Y REFACCIONES, LA SIGUIENTE DOCUMENTACIÓN:				
46	A) HOJA TÉCNICA DEL EQUIPO.				
47	B) CURVA DE OPERACIÓN DE LA BOMBA, INDICANDO LOS PUNTOS DE OPERACIÓN.				
48	C) PLANOS CERTIFICADOS DEL EQUIPO INTEGRADO (BOMBA-MOTOR-BASE), INCLUYENDO LOCALIZACIÓN DE ANCLAS.				
49	D) GARANTÍA DE 12 A 18 MESES.				
50	E) REPORTES DE LAS PRUEBAS SOLICITADAS.				
51	F) DIAGRAMA DE INTERCONEXIONES.				
52	G) MANUAL DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN ESPAÑOL.				
53	H) PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.				
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					
61					
62					
63					
64					
65					
66					



D.3. HOJA DE DATOS CAMBIADOR DE CALOR TIPO CORAZA Y TUBOS (EA-01)

REV. NO. 0

"DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL DE UN SISTEMA EXPERIMENTAL DE DESALADO DE HIDROCARBUROS PARA EVALUAR AGENTES QUÍMICOS"

FECHA: AGOSTO-12

PROY:SENER-CONACYT-144156

HOJA 1 DE 2

D.3. HOJA DE DATOS CAMBIADOR DE CALOR TIPO CORAZA Y TUBOS (EA-01)

PROYECTO: "DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL DE UN SISTEMA EXPERIMENTAL DE DESALADO DE HIDROCARBUROS PARA EVALUAR AGENTES QUÍMICOS"

NÚMERO: 144156

CLIENTE: FACULTAD DE QUÍMICA

CENTRO: LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA

LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE QUÍMICA, CUIDAD UNIVERSITARIA.

REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ UNAM	
0	APROBADO PARA ING. DE DETALLE	AGOSTO-12	ACC	JFBA	JFBA	



D.3. HOJA DE DATOS CAMBIADOR DE CALOR TIPO CORAZA Y TUBOS (EA-01)

REV. NO. 0

"DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL DE UN SISTEMA EXPERIMENTAL DE DESALADO DE HIDROCARBUROS PARA EVALUAR AGENTES QUÍMICOS"

FECHA: AGOSTO-12

PROY:SENER-CONACYT-144156

HOJA 2 DE 2

1	Cliente	FACULTAD DE QUÍMICA	Localización	LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA	Hoja	1	De	1
2	Unidad de Proceso	DESALADO DE CRUDO	Identificación	EA-001	No. de documento			
3	No. de tarea	Fabricante						
4	Servicio de la unidad	CALENTADOR DE CRUDO			No. de unidades	1		
5	Tamaño	Tipo TEMA	R	Conectado en:	Paralelo	Serie		
6	Área efectiva por unidad	20.7	ft ²	Envolvente / unidad	Área efectiva por envolvente			m ²

DESEMPEÑO POR UNIDAD									
		Entrada		Lado Envolvente		Salida		Salida	
8	Nombre del fluido	VAPOR SATURADO				CRUDO			
9	Cantidad total de flujo de fluido	20				89.1			
10	Vapor (masa molecular relativa)	lb / hr							
11	Líquido	lb / hr							
12	Vapor de agua	lb / hr							
13	Agua	lb / hr							
14	No-condensables / masa molecular relativa	lb / hr							
15	Temperatura	°F		329		329		113 302	
16	Densidad (Vapor / líquido)	lb / ft ³		0.23 N.A.		0.23 69.13		N.A. 74.18 N.A. 87.23	
17	Viscosidad (Vapor / líquido)	BTU / lb °F		0.02 N.A.		0.02 0.38		N.A. 125.3 N.A. 125.3	
18	Calor específico (vapor / líquido)	BTU / (lb °R)		0.058 N.A.		0.058 1.02		N.A. 0.405 N.A. 0.497	
19	Conductividad térmica (vapor / líquido)	BTU / (hr * ft * °F)		0.0018 N.A.		0.0018 0.0661		N.A. 0.062 N.A. 0.06	
20	Calor latente específico	BTU / lb		@		@		@	
21	Presión de entrada	psia		65.27 (NOTA 4)		217.6			
22	Velocidad	ft / s		3.79		0.79			
23	Caída de presión (permisible / calculada)	psi		2.8		0.1			
24	Resistencia de incrustación	ft ² °F / BTU		0.001		0.002			
25	Coefficiente promedio de película	BTU / (hr * ft ² * °F)		0.0006		3.056			
26	Calor intercambiado	488.5 BTU / h		Diferencia media de temperatura MTD (corregida) (medida)		90.8 °F			
27	Rel. De transferencia de calor (requerido / incr. / limpio)	BTU / (ft ² * °F)		/		/			
28	pV ^{1/3} (Kg / m ³): Boquilla entrada	Entrada al haz		Salida del haz					

CONSTRUCCIÓN POR ENVOLVENTE									
30	No. de tubos	30	D.E.	19.05	mm	BOQUILLAS No. Tamaño y clasificación			
31	Espesor	mm (min / promedio)				LADO ENVOLVENTE		LADO TUBOS	
32	Paso	19.05	mm	Arreglo tubos	Triangular	Entrada		76.2 mm (3 in) 25.4 mm (1 in)	
33	Longitud	1.02	m	Tipo		Salida		76.2 mm (3 in) 25.4 mm (1 in)	
34	Unión-tubo-espejo					Intermedio			
35	Diámetro envolvente (DI / DE)	210	/	213.00	mm	Venteo			
36	Tipo de deflector transversal					Dren			
37	Separación: c / c	mm	No. De pasos cruzados	Presión de alivio					
38	% corte	Presión de diseño		psia		571.72			
39	Tipo soporte de tubo	Vacío		psia					
40	Tipo sello deflector long	Temp. Diseño (Max / M D M T)		°F		108			
41	Tipo sello de desvío	No. pasos envolvente				1		2	
42	Protección al impacto (Si / No)	Corrosión permisible		mm					

MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN										
43	Envolvente	ASTM-A-633	Tubos	POR PORVEEDOR	Empaques:					
44	Cubierta envolvente					Lado envolvente				
45	Canal ó bonete					Lado tubos				
46	Cubierta canal					Cabezal flotante				
47	Cubierta cabezal flotante					Juegos de repuesto requeridos				
48	Espejo	Estático	Flotante		Anillo de prueba requerido (Sí / No)					
49	Deflectores:	Transversales		Long.		Aislamiento: Envolvente			REQUERIDO	
50	Material soporte tubería					Canal Entrada / Salida				
51	Tipo junta expansión	Material junta de expansión								
52	Código diseño a presión	ASME SEC VIII	Estampado	REQUERIDO	Calc. M A W P (Sí / No)	Clase TEMA R				
53	OBSERVACIONES									
54	1. EL PROVEEDOR DEBERA GARANTIZAR EL DISEÑO DEL EQUIPO CONFORME A NORMA NRF-090-PEMEX ÚLTIMA REVISIÓN "CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS 2.- N.A. = NO APLICA 3.- EL DISEÑO DEL CONDENSADOR ES PRELIMINAR, EL CUAL SE AJUSTARA EN INGENIERÍA Opcional donde se requiere mantener dimensiones (equipos existentes) INGENIERÍA DE DETALLE 4.- PRESIÓN DE ENTREGA DEL VAPOR DE CALDERA.									
55										
56										
57										
58										
59	Elabora / Revisa	LMMM / MAFF	Aprobó	JFBA	Fecha emisión:	oct-09	No. Emisión			

REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ UNAM
0	APROBADO PARA ING. DE DETALLE	AGOSTO-12	ACC	JFBA	JFBA



D.4 HOJA DE DATOS. TANQUE SEPARADOR (DA-01)

Rev. No. 0

"DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL DE UN SISTEMA EXPERIMENTAL DE DESALADO DE HIDROCARBUROS PARA EVALUAR AGENTES QUIMICOS".

FECHA: AGOSTO-12

SENER-CONACYT: 144156

HOJA 1 DE 2

D.4 HOJA DE DATOS. TANQUE SEPARADOR (DA-01)

PROYECTO: "DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL DE UN SISTEMA EXPERIMENTAL DE DESALADO DE HIDROCARBUROS PARA EVALUAR AGENTES QUIMICOS".

NÚMERO: SENER-CONACYT: 144156

CLIENTE: FACULTAD DE QUIMICA

CENTRO: LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA

LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE QUIMICA, CIUDAD UNIVERSITARIA.

REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
0	APROBADO PARA ING. DE DETALLE	AGOSTO 2012	ACC	JFBA	JFBA

D.4 HOJA DE DATOS. TANQUE SEPARADOR (DA-01)		SENER-CONACYT: 144156	
"DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL DE UN SISTEMA EXPERIMENTAL DE DESALADO DE HIDROCARBUROS PARA EVALUAR AGENTES QUÍMICOS".			
ÁREA: PROCESO		DOC. No. DA-01	
HOJA 2		DE 2	
ELABORÓ: ERC/SRLH	REVISÓ: GGP	APROBÓ: JFBA	REV 0 1 2 3
EDITADA PARA: <input checked="" type="radio"/> COTIZACIÓN <input type="radio"/> COMPRA <input type="radio"/> AS BUILT.		POR	ERC/SRLH
1 CLIENTE: PEMEX REFINACIÓN	CLAVE: V-FA-5	MARCA: *	REV GGP
2 LUGAR: TULA DE ALLENDE, HIDALGO	CANTIDAD: 1 (UNO)	MODELO: *	APR JFBA
3 SERVICIO: SEPARADOR DE LÍQUIDOS	CÓDIGO DISEÑO: API-521, NRF-031-PEMEX 2003	FECHA	NOV-11
CONDICIONES DE OPERACIÓN		DATOS DE DISEÑO MECANICO	
7 PRODUCTO: GAS Y AGUAS AMARGAS	CUERPO: CILÍNDRICO HORIZONTAL		
8 FLUJO LÍQUIDO ENT. CONTINUO: 2909.8 lb/h	TIPO TAPAS: PLANA		
9 FLUJO GAS ENT. CONTINUO: 587.24 ft ³ /h	CAP. NOMINAL: 1.20 ft ³		
10 DRENADO: -	FABRICANTE: *		
11 VOLUMEN LÍQUIDO NORMAL DE OPERACIÓN: 1.000 ft ³	ESPESOR DE PARED CUERPO: 1/8 / 3.00 (pulg/mm)		
12 PRESIÓN DE OPERACIÓN: 14.00 psia	ESPESOR DE TAPAS (pulg/mm): (NOTA 5) 1/8 / 3.00 (pulg/mm)		
13 TEMPERATURA DE OPERACIÓN: 300.00 °F	CORROSIÓN PERMISIBLE: 1/8 / 3.18 (pulg/mm)		
14 DENSIDAD DEL FLUIDO (GAS): 1.19 lb/ft ³	ESFUERZO PERMISIBLE A LA TENSIÓN: 123.42 MPa		
15 DENSIDAD DEL FLUIDO (LÍQUIDO): 881.20 lb/ft ³	EFICIENCIA DE JUNTAS (%): (NOTA 5) 100		
16 VISCOSIDAD DEL FLUIDO (GAS): 0.012 cP	TIPO DE RADIOGRAFIADO: TOTAL		
17 VISCOSIDAD DEL FLUIDO (LÍQUIDO): 2.310 cP	SOPORTES: FALDON		
18 ALTURA DE LÍQUIDO: 1.64 ft	ALTURA DE LAS TAPAS: 6.580 ft		
19	RADIO DE NUDILLOS TAPAS: * ft		
CONSTRUCCIÓN		MATERIALES	
22 PRESIÓN DE DISEÑO: 200.00 psia	CUERPO (NOTA 4): ASTM A 276-S31803		
23 TEMPERATURA DE DISEÑO: °F	TAPAS (NOTA 4): ASTM A 276-S31803		
24 DIÁMETRO: (NOTA 2) 1.00 ft	EMPAQUES: *		
25 ALTURA T-T: (NOTA 2) 1.50 ft	BOQUILLAS: *		
26 VELOCIDAD DE VIENTOS (MEDIA/MAX): * km/h	BRIDAS: *		
27 ZONA SÍSMICA: "B"	TUERCAS: *		
28	ROLDANAS: *		
29	SOPORTES: *		
30	ESCALERAS: -----		
31	ESPÁRRAGOS: *		
32	ANCLAS: *		
PINTURA			
33 ÚNICAMENTE EXTERNA	TUBO INTERIOR: *		
34	SOLDADURA: *		
RECUBRIMIENTO			
36 EXTERNO: *			
37 INTERNO: *			
PRUEBAS		PESOS	
39 HIDROSTÁTICA: SÍ PRESIÓN *	VACÍO: * kg		
40 RADIOGRAFIADO: SÍ TEMP. *	OPERACIÓN: * kg		
NOTAS GENERALES			
42			
43 (1) EL ASTERISCO (*) INDICA INFORMACIÓN QUE DEBE SUMINISTRAR EL FABRICANTE γ_0 PROVEEDOR DEL EQUIPO.			
44			
45 (2) EL PROVEEDOR γ_0 FABRICANTE DEBE VERIFICAR LAS DIMENSIONES DEL TANQUE PARA GARANTIZAR LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN ESPECIFICADAS.			
46			
47 (3) EN EL DISEÑO DEL TANQUE, EL RANGO DE OPERACIÓN DEBE CUMPLIR CON LOS CRITERIOS ESTABLECIDOS POR API 521 ÚLTIMA EDICIÓN γ_0 NRF-031-PEMEX-2007. EN CASO DE CONFLICTO, EL FABRICANTE γ_0 PROVEEDOR DEBE APLICAR LA MÁS RIGUROSA, PREVIA ACLARACIÓN Y ACEPTACIÓN ESCRITA POR PEMEX γ_0 SU REPRESENTANTE.			
48			
49			
50			
51 (4) EL PROVEEDOR γ_0 FABRICANTE DEBE CONFIRMAR LA EFICIENCIA DE SOLDADURAS, MATERIALES PROPUESTOS Y LA ESPECIFICACIÓN DE FABRICACIÓN, EL ESPESOR DEL CUERPO Y TAPAS, GARANTIZÁNDOLOS PARA EL SERVICIO REQUERIDO.			
52			
53			
54 (5) EN SU COTIZACIÓN EL FABRICANTE γ_0 PROVEEDOR DEBE:			
55 A) DEVOLVER LA HOJA DE DATOS DEBIDAMENTE COMPLEMENTADA.			
56 B) SUMINISTRAR LA LISTA DE REFACCIONES PARA UN AÑO, EN CASO DE SER NECESARIO.			
57 C) CONSIDERAR UN PERÍODO DE GARANTÍA DE 12 A 18 MESES.			
58 D) CONSIDERAR EL SUMINISTRO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.			
59 E) CONSIDERAR EL USO DE UN DIAGRAMA DE INTERCONEXIONES DE LOS INSTRUMENTOS CON EL TABLERO DE CONTROL.			
60 F) CONSIDERAR REPORTE DE PRUEBAS DE ACEPTACIÓN DE FABRICA (FAT), ANTES DE EMBARCAR EL EQUIPO PAQUETE.			
61 G) CONSIDERAR REPORTE DE PRUEBAS DE ACEPTACIÓN EN SITIO (ASAT).			
62 H) CONSIDERAR SUMINISTRO DE PLANOS DIMENSIONALES Y DE ANCLAJE, CERTIFICADOS.			
63			
64 (6) EL TANQUE DEBE CONTAR CON UNA PLACA DE IDENTIFICACIÓN DE ACERO INOXIDABLE FIJA SIN ADHESIVOS, CON LA SIGUIENTE INFORMACIÓN MÍNIMA:			
65 A) NÚMERO DE TAG DEL TANQUE:			
66 B) AÑO DE FABRICACIÓN:			
67 C) CAPACIDAD (m ³):			
68 D) DIÁMETRO (m):			
69 E) ALTURA TANGENTE-TANGENTE (m):			
70 F) ESPESOR DE PARED (mm):			
71 G) PRESIÓN DE TRABAJO (kg/cm ²):			
72 H) TEMPERATURA OPERACIÓN (°C):			
73 I) TIPO DE CABEZAS:			
74			
75 (7) UNA VEZ REALIZADO EL PEDIDO, EL PROVEEDOR DEBE SUMINISTRAR JUNTO CON EL EQUIPO PAQUETE (TANQUE Y REFACCIONES), LA SIGUIENTE DOCUMENTACIÓN:			
76			
77 A) HOJAS DE DATOS DEL TANQUE.			
78 B) PLANOS CERTIFICADOS DEL EQUIPO INTEGRADO, INCLUYENDO LOCALIZACIÓN DE ANCLAS.			
79 C) GARANTÍA POR ESCRITO PARA UN PERÍODO DE 12 A 18 MESES.			
80 D) REPORTE DE PRUEBAS SOLICITADAS.			
81 E) PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.			
82			
83 (8) EL FABRICANTE DEBE SUMINISTRAR LA INFORMACIÓN NECESARIA PARA REALIZAR LOS TRÁMITES ANTE LA STPS.			
84			



D.4 HOJA DE DATOS. TANQUE SEPARADOR (DA-01)

"DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL DE UN SISTEMA EXPERIMENTAL DE DESALADO DE HIDROCARBUROS PARA EVALUAR AGENTES QUÍMICOS".

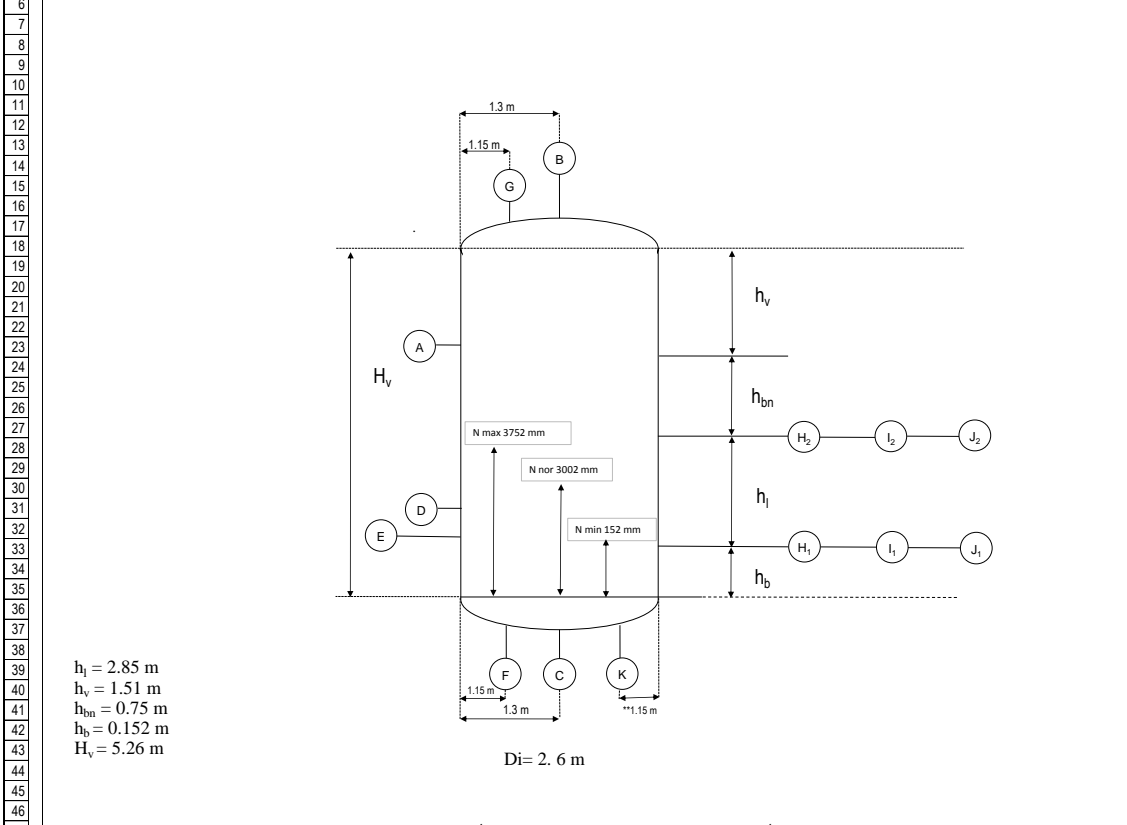
PROY N°: RTUL-UNAM-011/11

ÁREA: PROCESO

DOC. No. HD-A-002

ELABORÓ: ERC/SRLH		REVISÓ: GGP		APROBÓ: JFBA		HOJA	2	DE	3
TANQUE SEPARADOR V-FA-5		REV		0		1	2	3	
EDITADA PARA: <input checked="" type="radio"/> COTIZACIÓN <input type="radio"/> COMPRA. <input type="radio"/> AS BUILT.		POR		ERC/SRLH					
CLIENTE: PEMEX REFINACIÓN		CLAVE: V-FA-5		MARCA: *		GGP			
LUGAR: TULA DE ALLENDE, HIDALGO		CANTIDAD: 1 (UNO)		MODELO: *		JFBA			
SERVICIO: SEPARADOR DE LIQUIDOS		CÓDIGO DISEÑO: API-521, NRF-031-PEMEX 2003		FECHA		NOV-11			

CROQUIS TANQUE



$h_1 = 2.85 \text{ m}$
 $h_v = 1.51 \text{ m}$
 $h_{bn} = 0.75 \text{ m}$
 $h_b = 0.152 \text{ m}$
 $H_v = 5.26 \text{ m}$

$D_i = 2.6 \text{ m}$

LAS ALTURAS DE LAS BOQUILLAS ESTAN DADAS A PARTIR DE LA LÍNEA TANGENTE INFERIOR DEL TANQUE HASTA LÍNEA DE CENTRO DE LA BOQUILLA.

BOQUILLAS Y BRIDAS						
IDENTIF.	CANTIDAD	DIÁMETRO	CLASE Y TIPO	CÉDULA	PROYECCIÓN	SERVICIO
A	1	6"	150# RF	STD	8"	ALIMENTACIÓN GAS HUMEDO LIQUIDO
B	1	4"	150# RF	STD	6"	SALIDA DE GAS GOL
C	1	6"	150# RF	STD	8"	SALIDA DE AGUAS AMARGAS
D	1	24"	150# RF	STD	10"	ENTRADA HOMBRE
E	1	2"	150# RF	STD	6"	DRENE
F	1	2"	150# RF	STD	6"	DRENE
G	1	3"	150# RF	STD	6"	VÁLVULA DE SEGURIDAD
H ₁ / H ₂	1	1.5"	150# RF	STD	6"	TRANSMISOR DE NIVEL 1/3
I ₁ / I ₂	1	1.5"	150# RF	STD	6"	TRANSMISOR DE NIVEL 2/3
J ₁ / J ₂	1	1.5"	150# RF	STD	6"	TRANSMISOR DE NIVEL 3/3
**K	1	1"	150# RF	STD	6"	DRENAJE DE SOBRE FLUJO

** El proveedor determinara la necesidad de la instalación de ésta boquilla

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

ANEXO D: Método de Kern [7]

El método de Kern del cual Se consideraron las bases de diseño del intercambiador de calor se desarrolla a continuación.

“El intercambiador en el cual el fluido de la coraza fluye en un paso por coraza y el fluido de los tubos en dos o más pasos, es el intercambiador 1-2. Se emplea un solo carrete con una división para permitir la entrada y salida del fluido de los tubos por el mismo carrete. En el extremo opuesto del intercambiador está colocado un bonete para permitir que el fluido de los tubos para del primero al segundo paso.”

Correlación para coraza y tubos

“La correlación obtenida para los fluidos que fluyen dentro de los tubos obviamente no es aplicable a los fluidos fluyendo sobre un banco de tubos con deflectores segmentados, esto se compro de manera experimental, se retuvo el factor de transferencia de calor”.

La forma de la ecuación A.1, puede no siempre acercarse a la realidad ya que dependen del Reynolds y la constante de proporcionalidad varían en la práctica, pero con valores de Reynolds de 2000 a 1000000, los valores que da la ecuación son muy aproximados a la realidad.

- Coeficiente de película, para los fluidos que fluyen dentro de la coraza:

$$\frac{h_{io}D_e}{k} = 0.36 \left(\frac{D_e G_s}{\mu} \right)^{0.5} \left(\frac{Cp\mu}{k} \right)^{1/3} \quad (\text{A.1})$$

- Coeficiente de película, para los fluidos que fluyen dentro de los tubos, considerando flujo laminar:

$$\frac{h_o D_e}{k} = 0.027 \left(\frac{d_i G_s}{\mu} \right)^{0.8} \left(\frac{Cp\mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{d_1}{L} \right)^{1/3} \quad (\text{A.2})$$

Se utiliza la correlación Sieder & Tate, porque el flujo de los tubos es laminar [1].

- Masa velocidad del lado de los tubos

$$G_s = \frac{W}{A_T} \quad (\text{A.3})$$

- Área de transferencia (coraza).

$$A_t = \pi d_e h N_{tubos} \quad (\text{A.4})$$

- Área de transferencia (tubos).

$$A_t = \alpha' f \frac{N_{tubos}}{N_{pasos}} \quad (\text{A.5})$$

$$\alpha' f = \frac{\pi d_i^2}{4} \quad (\text{A.6})$$

- Diferencia verdadera de temperatura Δt en un intercambiador 1-2. En la figura A.1 se muestra como cambia la temperatura en un intercambiador de calor tomando en cuenta las temperaturas de las corrientes frías y calientes.

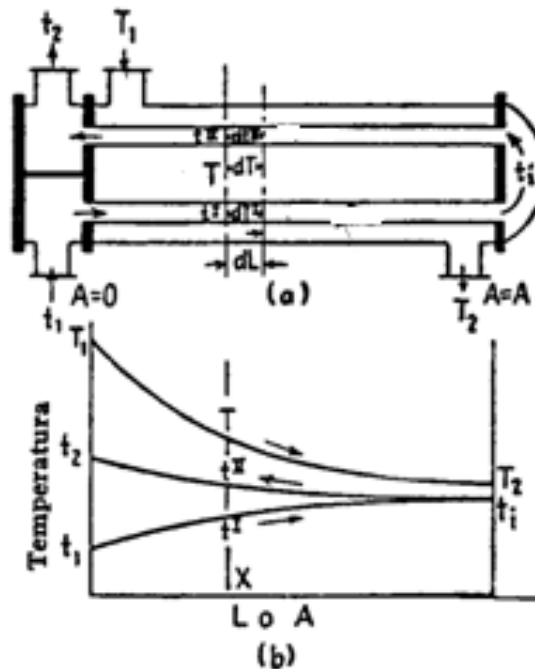


Figura A.1. Relaciones de temperatura de un intercambiador 1-2^[KERN]

Respecto al fluido de la coraza, un paso en los tubos está en contracorriente y el otro en paralelo y la LMTD, para contracorriente y para paralelo no puede ser la verdadera diferencia de temperaturas.

La temperatura del fluido en la coraza puede sufrir cualquiera de dos variaciones cuando se desplaza en la entrada a la salida cruzando el haz de tubos varias veces en su trayectoria:

1. Se induce tal turbulencia que el fluido de la coraza se encuentra completamente mezclado a cualquier longitud X de la tobera de entrada.
2. Se induce tan poca turbulencia que hay una atmósfera de temperatura selectiva alrededor de los tubos en cada paso de tubos individualmente.

Los deflectores y la naturaleza turbulenta del flujo a través del haz de tubos parece eliminar (2) de manera que (1) se toma como la primera de las suposiciones para derivar la diferencia verdadera de temperatura en un intercambiador 1-2. Las suposiciones son:

- a) La temperatura del fluido en la coraza está a una temperatura isotérmica promedio en cualquier sección transversal.
- b) El área de calentamiento en cada paso es igual.
- c) El coeficiente total de transferencia de calor es constante.
- d) La razón de flujo de cada uno de los fluidos es constante.
- e) El calor específico de cada fluido es constante.
- f) No hay cambios de fase de evaporación o condensación en una parte del intercambiador.
- g) Las pérdidas de calor son despreciables.

Tomando en cuenta todas estas suposiciones y resolviendo el balance total de calor.

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln\left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}\right)} \quad (A.5)$$

La LMTD verdadera se corregirá por un factor, llamado la relación fraccionaria entre la diferencia verdadera de temperatura y la LMTD: F_t .

$$F_T = \frac{\sqrt{R^2+1} \ln(1-S)/(1-RS)}{(R-1) \ln \frac{2-S(R+1-\sqrt{R^2+1})}{2+S(R+1-\sqrt{R^2+1})}} \quad (A.6)$$

Se puede demostrar que los valores de F_t para intercambiadores 1-2 son menores de 2%, por lo tanto es normal describir cualquier intercambiador 1-2. La razón de que F_t sea menor que 1.0 se debe naturalmente al hecho de que el paso de los tubos en paralelo con el fluido en la coraza, no contribuye de manera efectiva a la diferencia de temperatura como sucede con el flujo a contracorriente.

Cálculo de un intercambiador 1-2 existente.

Condiciones de proceso requeridas.

Fluido caliente: $T_1, T_2, W, cp, s, \mu, k, R_d, \Delta p$.

Fluido frío: $t_1, t_2, w, cp, s, \mu, k, R_d, \Delta p$.

Del intercambiador de calor se deben conocer los datos situados en la tabla A.1.

Tabla A.1 Características de los intercambiadores de calor.

LADO DE LA CORAZA	LADO DE LOS TUBO
DI	Número y longitud
Espaciado de los deflectores	DB, BWG Y arreglo
Pasos	Pasos

Anexo E: Caracterización y propiedades del crudo ^[8]

En la tabla E.1 se presenta la caracterización del crudo proveniente de la refinería Madera, este crudo es una mezcla de los crudos tipo Maya y tipo Istmo, y el método que se utilizó fue ASTM D 3279 a partir de una destilación tipo Hempel.

Tabla E.1 Caracterización de crudo.

	Tipo de Análisis	Resultado
Peso específico	@20/4 °C	0.9152
°API		23
Factor de Caracterización		11.5
Agua por destilación	%vol	0.1
Sedimento	%vol	0.2
Viscosidad	@37.8°C, seg	4.8
Sal	Lb/MBLS	30.16
Azufre total	% w	3.49
Carbón	% w	11.15
Cenizas	% w	0.52
Asfaltenos en n C5		17.21
Acidez	mg KOH/g	0.34
Fierro	ppm	2.87
Vanadio	ppm	305
Niquel	ppm	76.08
Cobre	ppm	0.55
Calcio	ppm	6.89
Magnesio	ppm	0.48
Plomo	ppm	0
Cloruros	ppm	0.9
Pentano	% vol	1.1
Destilación Hempel		
TIE (5%)	°C	45
	10% °C	71
	48% °C	150
	66% °C	185
	71% °C	195
	78% °C	205
	83% °C	215
	89% °C	222
TFE (98%)	°C	309

Componentes	% Mol
Metano	94.94
Etano	1.69
Propano	2.21
i-Butano	0.53
n-Butano	0.2
i-Pentano	0.18
n-Pentano	0.13
H2S	0.12
H2O	0

E.1. Caracterización del Crudo ^[10]

En este anexo se desarrollará el cálculo de propiedades del crudo, estos datos se obtuvieron del TECHNICAL DATA BOOK – PETROLEUM REFINING.

- VABP, Volumetric Average Boiling Point.

$$VABP = \frac{T_{10} + T_{30} + T_{50} + T_{70} + T_{90}}{5} \quad (E.1)$$

$$m = \frac{T_{90} - T_{10}}{90 - 10} \quad (E.2)$$

Donde:

T_{10} , T_{30} , T_{50} , T_{70} , T_{90} : Temperaturas, en grados Fahrenheit, en las que de acuerdo con el método de Destilación ASTM D86 se destiló el 10%, 30%, 50%, 70% y 90% volumen, del crudo utilizado.

Ya que se cuentan con estos valores, se pueden obtener los demás puntos de ebullición que distinguen a cada tipo de crudo, cada uno de ellos tienen diferentes correlaciones para las distintas mezclas de hidrocarburos que puedan existir, ya sea que se conozca la fracción de cada uno de sus componentes o no:

1. WABP, weight average boiling point (punto de ebullición promedio másico).

$$t_w = t_v + \Delta_1 \quad (E.3)$$

2. MABP, molal average boiling point (punto de ebullición promedio molal).

$$t_m = t_v + \Delta_2 \quad (\text{E.4})$$

$$\ln \Delta_2 = -0.56379 - 0.007981(t_v + 32)^{.6667} + 3.04729 * SL^{.333} \quad (\text{E.4.1})$$

3. CABP, cubic average boiling point (punto de ebullición promedio cúbico).

$$t_c = t_v + \Delta_3 \quad (\text{E.5})$$

4. MeABP, mean average boiling point (punto de ebullición promedio medio).

$$t_{Me} = t_v + \Delta_4 \quad (\text{E.6})$$

$$\ln \Delta_4 = -0.94402 - 0.00865(t_v + 32)^{.6667} + 2.99791 * SL^{.333} \quad (\text{E.6.1})$$

E.2. Caracterización en HYSYS

Se realizó una estimación de las propiedades del crudo utilizando el simulador de procesos Aspen HYSYS en donde se introdujo, nuestra mezcla de crudo, para obtener algunas propiedades que no se encontraron de manera directa en el "TECHNICAL DATA BOOK – PETROLEUM REFINING".

Dentro de HYSYS se introdujo un como tipo ensayo TBP (verdadero punto de ebullición) con las propiedades de la tabla E.1 ligeros, destilación, sal, etc. Además se utilizó la ecuación de estado de Peng Robinson, para el cálculo de propiedades de las corrientes.

En las figuras de se muestran a continuación presentan las propiedades del crudo calculadas con el simulador con respecto al Volumen líquido del crudo.

En la figura E.1 se muestra la curva de destilación (TBP), en la figura E.2 se presenta la curva del peso molecular y finalmente en la figura E.3 se observa la densidad del crudo.

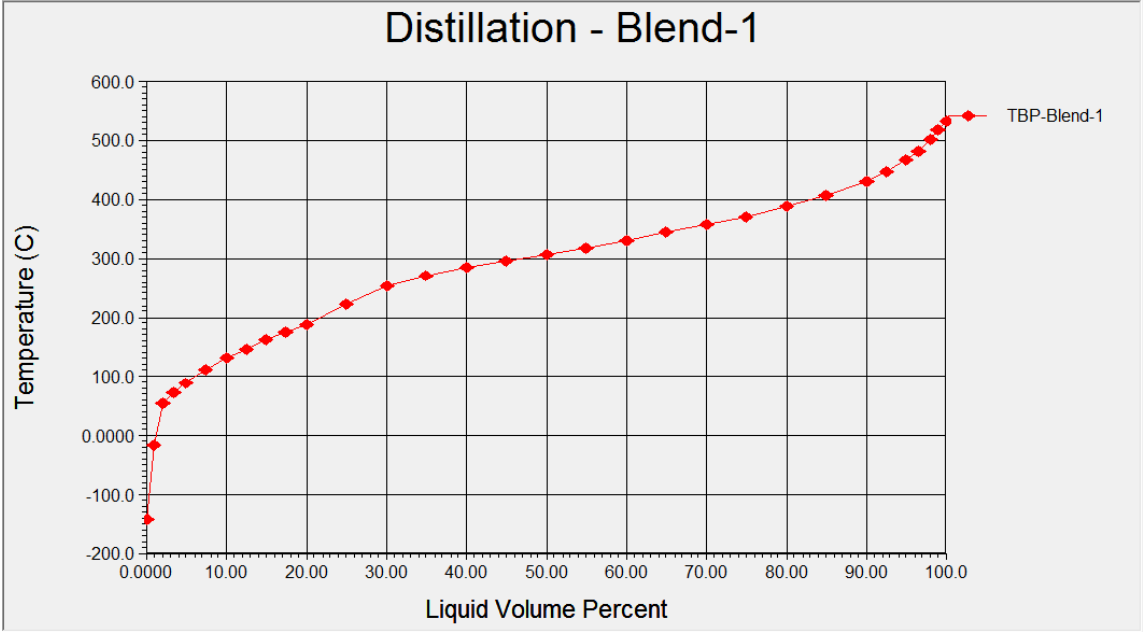


Figura E.1. Curva de destilación.

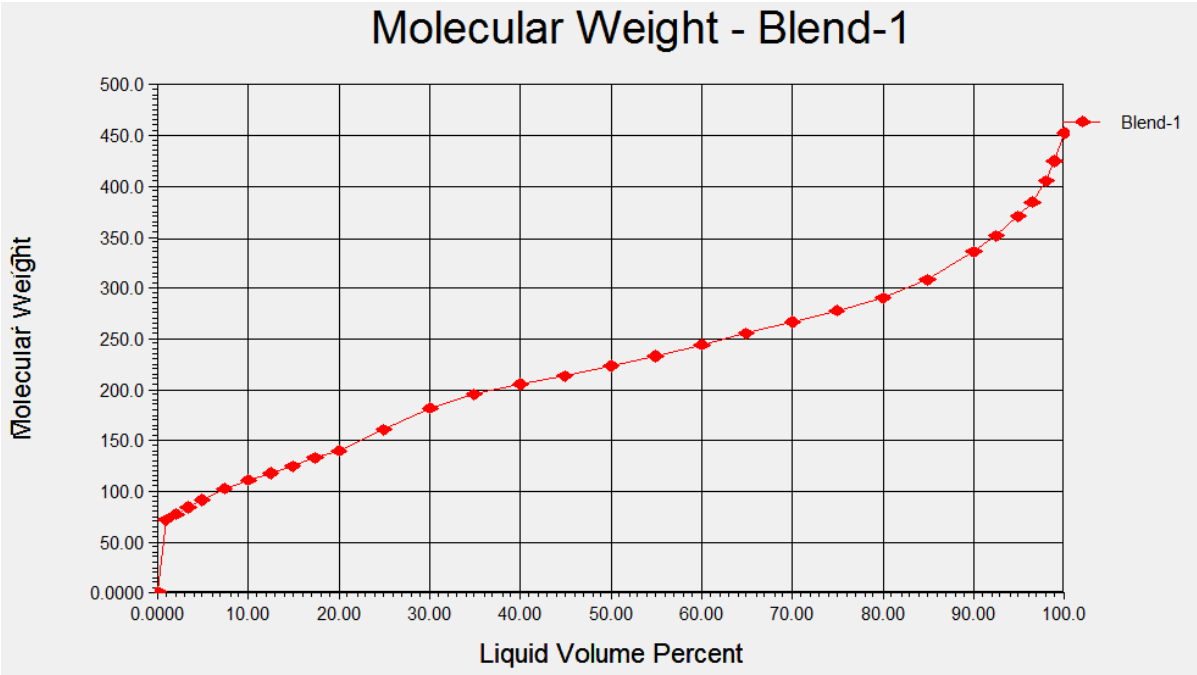


Figura E.2. Peso molecular.

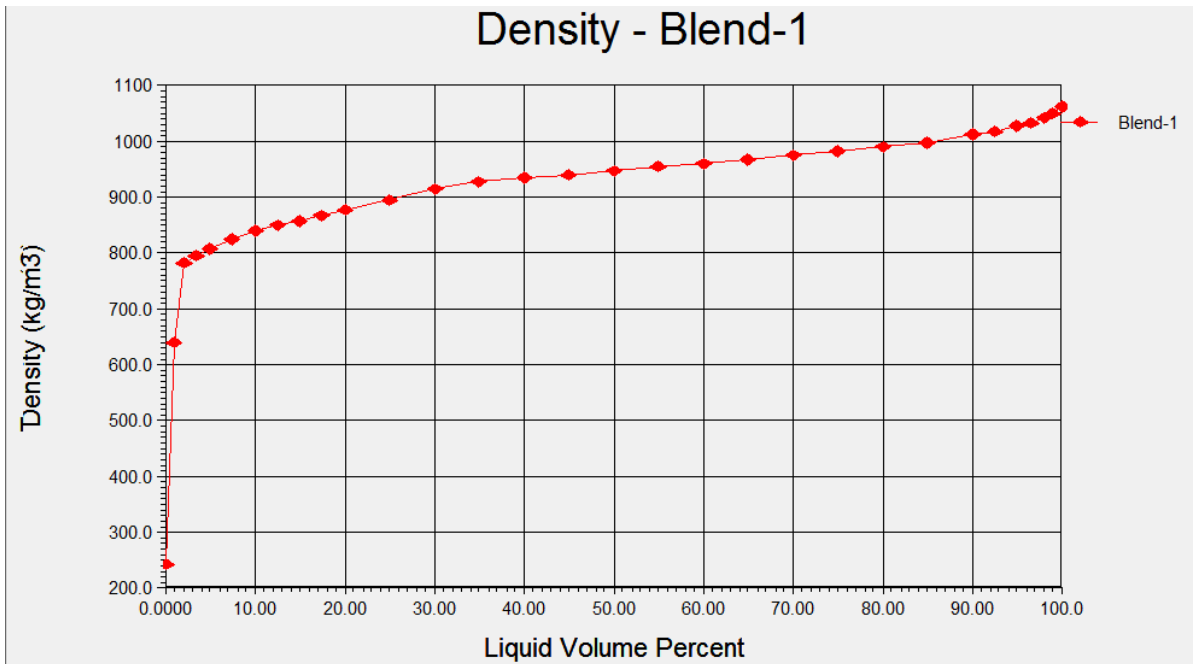


Figura E.3. Densidad.

G.2. Propiedades del crudo

Utilizando el método descrito en el API DATATECHNOLOGICAL DATABOOK y los valores de la destilación hempel se obtuvieron las propiedades fisicoquímicas del crudo.

- Conductividad térmica.

Condiciones:

- Bajas presiones.
- Rango de temperaturas (607-1545) R

$$k = MeABP^{.2904} * (9.961e^{-3} - 5.364e^{-6} * T) [=] Btu/hr ft^2 \text{ } ^\circ F/ft(E.7)$$

- Densidad.

Condiciones:

- Bajas presiones.

$$\frac{1}{\rho} = \left(\frac{RT_{PC}}{P_{PC}} \right) Z_{RA} \left[1 + (1 - T_r)^{2/7} \right] \quad (E.8)$$

Donde:

ρ = Densidad lbmol/ft³.

R = Constante de los gases = 10.731 lb/ in² ft³ lbmol.

T_r = T/T_{PC} .

T = Temperatura R.

T_{PC} = Temperatura crítica R.

Z_{RA} = Constante empírica.

M = Peso molecular.

S_g = Gravedad específica.

- Gravedad específica.

$$S_g = \frac{141.5}{API+131.5} = 0.9358 \quad (E.9)$$

Nota: El crudo que se desalará en la planta piloto, será crudo maya con 21-24 °API.

- Peso molecular.

$$M = 20.486 [\exp(1.165e^{-4} * T_m - 7.78712 * S_g + 1.1582e^{-3} * T_m * S_g)] * T_m^{1.26007} *$$

$$S_g^{4.98308} [=] lb/lbmol [=] kg/kgmol [=] g/gmol \quad (E.10)$$

$$M = 115.94$$

- T_{PC} , P_{PC} . (Tabla 1C).

Tabla E.2. Tabla de T_{PC} , P_{PC} y Z_{RA} ^[REF]

Componentes Volátiles	X mol	T_c (°F)	P_c (psia)	Z_{RA}
Metano	0.9494	-116.66	666.04	0.288
Etano	0.0169	89.91	706.64	0.2819
Propano	0.0221	206.02	616.13	0.2763
i-Butano	0.0053	274.98	529.11	0.276
n-Butano	0.002	305.55	550.57	0.273
i-Pentano	0.0018	369.1	490.38	0.2718
n-Pentano	0.0013	385.79	488.79	0.2685

H2S	0.0012	8	8	0.2818
Mezcla	1	-101.44	663.33	0.287
		358.23		

- Viscosidad.

Se realizó un estudio Reológico, donde la propiedad del material medida fue la viscosidad con un plato °1, a cizalla simple, se aplicó un esfuerzo cortante y se observó la resistencia de material que se representó como la viscosidad (μ).

El estudio fue realizado con el reómetro de esfuerzo controlado GA_R2 de TA Instruments, con una geometría de platos paralelos de 40mm y un espesor de muestra (gap) de 500 μ m que se encuentra en el laboratorio del Edificio Ingeniería Química, del Conjunto E, de la Facultad de Química de la UNAM.

Se hizo un estudio de la viscosidad a diferentes temperaturas, partiendo de 20 °C-70°C, ya que era ese rango de temperaturas en el que va a estar operando la bomba, se quería observar si el cambio de velocidad (que sería producido por la bomba) no afectaría la viscosidad del crudo lo suficiente como para taponar la tubería a tronar la bomba.

Este estudio brindó los siguientes resultados.

- Viscosidad de cizalla simple

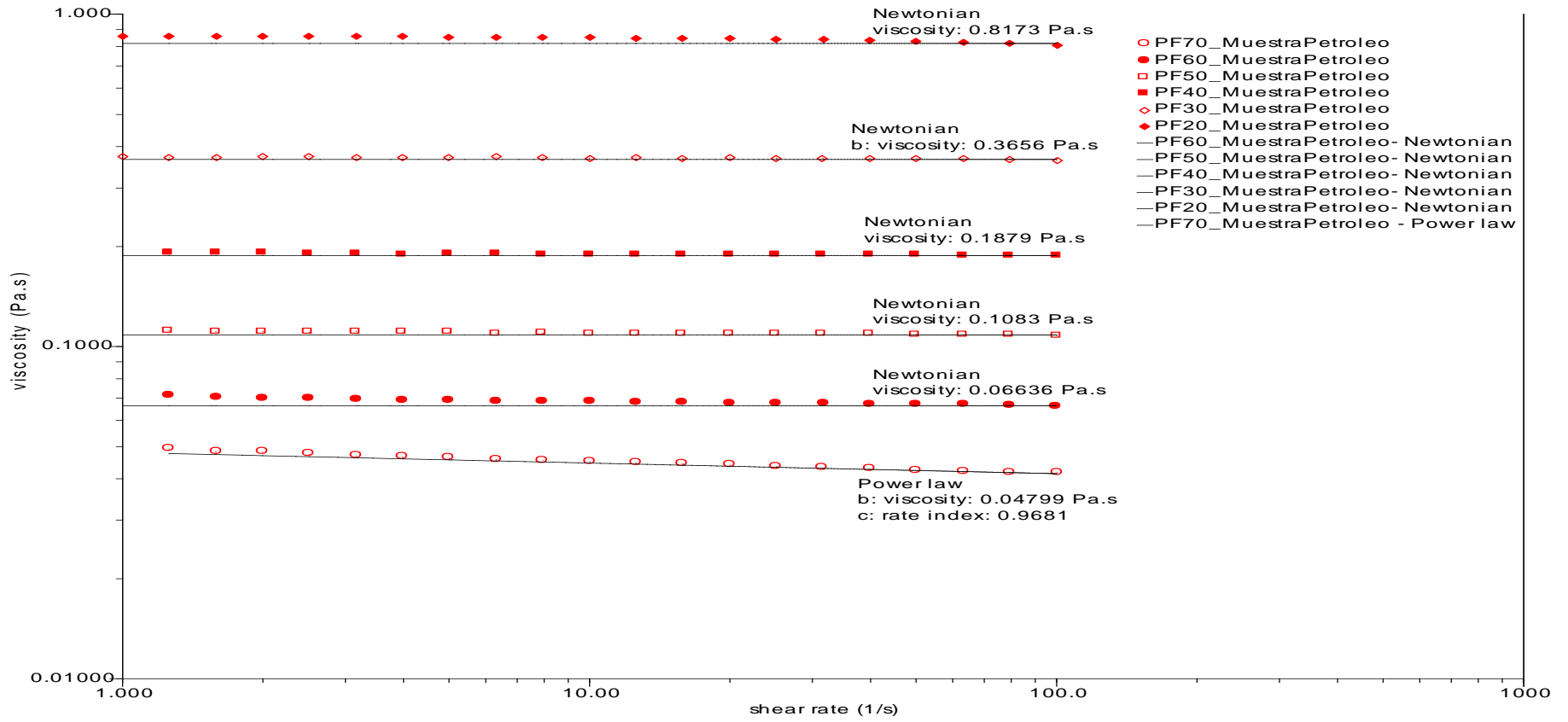
Los resultados de la viscosidad como función de la velocidad de deformación son presentados en la Figura (repetitividad).

La muestra estudiada presenta un comportamiento pseudoplástico a altas temperaturas [70°C] con $n < 1$, y Newtonianos de 20 a 60°C, como función de la velocidad de

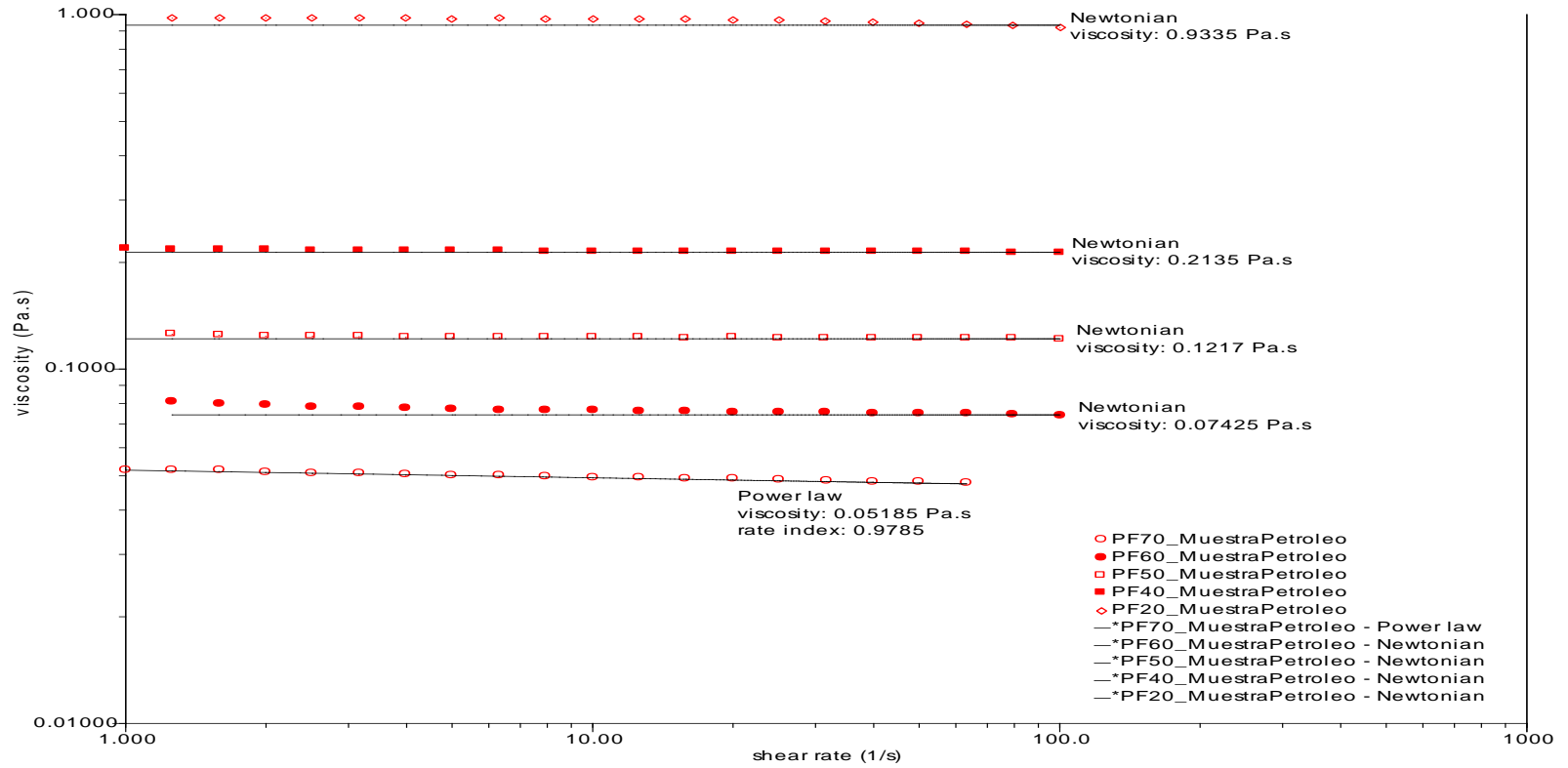
cizalla, es decir, la viscosidad es contante a lo largo del flujo, y solo es dependiente de la temperatura, con valores de viscosidad de 66.36 Cps a 60°C y hasta valores de 817.3 Cps a 20°C.

Ver gráfica E.1 y E.2.

Gráfica E.1. Viscosidad vs esfuerzo cortante prueba 1.



Gráfica E.2. Viscosidad vs esfuerzo cortante prueba 2.



- Capacidad calorífica.

Esta propiedad se obtuvo a través del simulador ASPEN HYSYS, utilizando un paquete termodinámico Peng Robinson, ya que estamos tratando hidrocarburos y este modelo es el que describe mejor el comportamiento de esta sustancia.

Los valores otorgados por hysys se presentan en la tabla E.2:

Tabla E.2. Valores de Cp utilizados.

Capacidad calorífica (Btu/lb °F)	
Cp(95 °F)	0.4439
Cp (207.5 °F)	0.45075

Anexo F: Cálculos y propiedades del agua ^[12]

Para el cálculo de propiedades del agua se utilizaron las correlaciones descritas en el artículo: "Practical Formulas Calculate Water Properties".

- Capacidad calorífica (Btu/lb °F)

Condiciones:

Rango de temperaturas (32 °F – 440.3 °F).

- Vapor.

$$Cp_v = 0.43827 + 1.3348 * 10^{-4}T - 5.9590 * 10^{-7}T^2 + 4.6614 * 10^{-9}T^3 \quad (F.1)$$

- Líquido.

$$Cp_L = 1.0070 - 1.1788 * 10^{-4}T + 3.0005 * 10^{-7}T^2 + 1.1354 * 10^{-9}T^3 \quad (F.2)$$

- Densidad (lb/ ft³)

Condiciones:

Rango de temperaturas (32 °F – 440.3 °F).

- Vapor.

$$\rho_v = \exp(-9.3239 + 4.1055 * 10^{-2}T - 7.1159 * 10^{-5}T^2 + 5.7039 * 10^{-8}T^3) \quad (F.3)$$

- Líquido.

$$\rho_L = 62.7538 - 3.5347 * 10^{-3}T - 4.8193 * 10^{-5}T^2 \quad (F.4)$$

- Viscosidad (lb/ h ft)

Condiciones:

Rango de temperaturas (32 °F – 440.3 °F).

- Vapor.

$$\mu_v = 0.017494 + 5.7455 * 10^{-5}T - 1.3717 * 10^{-8}T^2 \quad (F.5)$$

- Líquido.

$$\mu_L = -0.23535 + 208.65/T - 208.65/T^2 \quad (F.6)$$

- Conductividad Térmica (Btu/ h ft °F)

Condiciones:

Rango de temperaturas (32 °F – 440.3 °F).

- Vapor.

$$k_v = 0.0097982 + 2.2503 * 10^{-5}T - 3.3841 * 10^{-8}T^2 + 1.3153 * 10^{-10}T^3 \quad (\text{F.7})$$

- Líquido.

$$k_v = 0.31171 + 6.2278 * 10^{-4}T - 1.1159 * 10^{-6}T^2 \quad (\text{F.8})$$

- Entalpía de Vaporización (Btu/lb)

Condiciones:

Rango de temperaturas (32 °F – 440.3 °F).

$$\Delta H_v = 1087.54 - 0.43110 * T - 5.5440 * 10^{-4}T^2 \quad (\text{F.9})$$

ANEXO G: MEMORIA DE CÁLCULO

En este anexo se describe la memoria de cálculo para las bases de diseño del tanque de calentamiento así como el intercambiador de calor, los cálculos se hicieron al método de Kern desarrollado en el Anexo D.

G.1. Tanque de calentamiento

Tomando las propiedades del crudo y el agua en el tanque de calentamiento calculadas a partir de las correlaciones descritas en el Anexo E y F respectivamente, contamos con las propiedades presentadas en la tabla G.1 y en la tabla G.2 se observan las dimensiones del Tanque.

Tabla G.1. Propiedades del crudo y vapor.

Propiedades			
Crudo(95 °F)		Agua (329°F)	
μ (lb/ft h)	669.49	μ (lb/ft h)	0.3797
Cp (BTU/lb °F)	0.4439	Cp (BTU/lb °F)	1.0249
k (BTU/h ft °F)	0.0668	k (BTU/h ft °F)	0.3958

Tabla G.2. Características del Tanque de calentamiento.

Datos del Tanque		
L	2.624	Ft
De	1.312	Ft

Tomando en cuenta el método de Kern, se obtuvieron los coeficientes de transferencia de calor por parte del crudo.

$$h_{io} = 0.36 \left(\frac{D_e G_s}{\mu} \right)^{0.5} \left(\frac{C_p \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{D_e}{k} \right) \quad (G.1)$$

Considerado a la masa velocidad en este primer estimado como 2000000 lb/ft h y sustituyendo los valores de la tabla G.1 y G.2 en la ecuación G.1.

$$h_o = 0.36 \left(\frac{1.312 * 2000000}{669.49} \right)^{0.5} \left(\frac{0.4439 * 669.49}{0.0668} \right)^{1/3} \left(\frac{1.312}{0.0668} \right) \quad (G.2)$$

$$h_o = 28.22 \frac{BTU}{h ft^2 \circ F}$$

Para el coeficiente de transferencia de calor del vapor no se consideraron las propiedades, ya que para el vapor de agua a temperaturas altas, tomando en cuenta las propiedades el h_o , sería muy pequeño, por lo tanto se considero el siguiente valor:

$$h_{io} = 1500 \frac{BTU}{h ft^2 \circ F}$$

El factor de incrustación se consideró como factor de incrustación, ver tabla G.3:

G.3 Factor de incrustación.

Rdio (ft)	0.002
Rdo (ft)	0.001

Por lo tanto el coeficiente global de transferencia de calor para el tanque de calentamiento se obtiene:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{io}} + R_{dio} + R_{do} + \frac{1}{h_o}} \quad (G.3)$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{28.22} + 0.002 + 0.001 + \frac{1}{1500}} = 25.57 \frac{BTU}{h ft^2 \circ F} \quad (G.4)$$

El área de transferencia de calor, se obtiene a partir de la siguiente correlación:

$$A_t = \pi r^2 h \quad (G.5)$$

$$A_t = \pi * 1.312 * 2.624 = 3.59 \text{ ft}^2 \quad (G.6)$$

En el tanque no habrá LMTD, porque al tener mezclado perfecto la temperatura en tanque será homogénea. Por lo tanto el calor transferido en tanque es:

$$Q = UA(T_2 - T_1) \quad (G.7)$$

$$Q = 25.57 * 3.59 * (113 - 77) = 3300.6 \frac{BTU}{h} \quad (G.8)$$

G.1. Intercambiador de calor

De la misma manera que en el tanque de calentamiento, se obtuvieron las propiedades del crudo y el agua, se presentan en la tabla G.3 y en la tabla G.4 se muestran las características físicas del intercambiador de calor.

Tabla G.3 Propiedades del crudo y vapor.

Propiedades			
Crudo(207.5 °F)		Agua (329°F)	
μ (lb/ft h) (158°C)	125.30938	μ (lb/ft h)	0.37968619
C_p (BTU/lb °F)	0.45075	ρ (lb/ft ³)	69.1331748
k (BTU/h ft °F)	0.04989	k (BTU/h ft °F)	3.96E-01

Tabla G.4 Características del Intercambiador de Calor.

Datos del cambiador		
Arreglo	(1 - 2)	

N.tubos	30	
BWG-14	0.75	"
Pitch (triangular)	1	"
L	3.29	Ft
Dcoraza	0.6888	Ft
Do	0.0625	Ft
Di	0.0487	Ft

Dentro del intercambiador de calor, el crudo pasa por los tubos, por lo tanto, el coeficiente de transferencia de calor se obtiene:

$$\frac{h_{io} D_e}{k} = 0.027 \left(\frac{d_i G_s}{\mu} \right)^{0.8} \left(\frac{C_p \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{d_1}{L} \right)^{1/3} \quad (G.7)$$

Sustituyendo los valores de la tabla G.3 y G.4 en la ecuación G.7, se obtiene:

$$h_{io} = 0.3272 \frac{BTU}{h \text{ ft}^2 \text{ } ^\circ F}$$

De la misma manera el coeficiente de transferencia de calor del vapor no se consideraron las propiedades, ya que para el vapor de agua a temperaturas altas, tomando en cuenta las propiedades el ho, sería muy pequeño, por lo tanto se considero el siguiente valor:

$$h_o = 1500 \frac{BTU}{h \text{ ft}^2 \text{ } ^\circ F}$$

El factor de incrustación se consideró como factor de incrustación, ver tabla G.3.

Por lo tanto el coeficiente global de transferencia de calor se obtiene de a sustituyendo los valores resultantes de la ecuación G.7, la tabla G.3 y el coeficiente del lado del vapor en la ecuación G.3.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{0.3272} + 0.002 + 0.001 + \frac{1}{1500}} = 0.3268 \frac{BTU}{h ft^2 \text{ } ^\circ F}$$

Para el área de transferencia del intercambiador de calor, se toma el número de tubos, número de pasos, diámetro de los tubos y la longitud del equipo.

$$A = \pi * di * L * N_{tubos} \quad (G.8)$$

$$A = \pi * 0.0487 * 3.29 * 30 = 15.09 ft^2$$

La diferencia de temperaturas, para este equipo de calcula utilizando la diferencia logarítmica, tomando en cuenta las temperaturas de diseño del intercambiador y la temperatura del vapor.

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln\left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}\right)} \quad (G.9)$$

$$LMTD = \frac{(329 - 302) - (329 - 113)}{\ln\left(\frac{329 - 302}{329 - 113}\right)} = 90.89 \text{ } ^\circ F$$

Para terminar el calor se obtiene de la misma manera que con el tanque de calentamiento, solo que ahora se considera la diferencia logarítmica:

$$Q = UALMTD \quad (Q.10)$$

$$Q = 448.48 \frac{BTU}{hr}$$

ANEXO H

MANUAL DE OPERACIÓN DE LA
CALDERA ELÉCTRICA

40

experiencia



servitec

1972-2012

Calderas de Vapor

Manual de uso y mantenimiento

MESSI 26

Producto:	Generador de vapor eléctrico MESSI 26
Año:	2012
Certificación:	CE

Manual redactado conforme a la Directiva CE 93/37 Anexo I, párrafo 1.7.4

CONTENIDO

<p>1 INTRODUCCIÓN</p> <p>2 DESCRIPCIÓN GENERAL</p> <p>3 IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA</p> <p>4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</p> <p>5 COMPONENTES DE LA MÁQUINA</p> <p>6 EMBALAJE E INSTALACIÓN DE LA MÁQUINA</p> <p>7 INSTRUCCIONES DE USO</p> <p>8 PROBLEMAS Y SOLUCIONES</p> <p>9 PRECAUCIONES DURANTE EL USO</p>	<p>10 CONTRAINDICACIONES DE USO</p> <p>11 DIMENSIONES Y ESQUEMAS</p> <p>12 PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO</p> <p>13 ELIMINACIÓN</p> <p>14 INFORMACIONES PARA PEDIR RECAMBIOS</p> <p>15 MOVIMENTACIÓN Y TRANSPORTE</p> <p>16 GARANTÍA</p> <p>17 DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD</p>
--	--

1 INTRODUCCIÓN

Este manual de uso y mantenimiento se refiere al generador de vapor "MESSI 26".

El presente manual de uso y mantenimiento contiene informaciones importantes para la protección de la salud y la seguridad del personal que vaya a utilizar esta máquina.

Es necesario leer con atención este manual y conservarlo correctamente para que esté siempre disponible para los operarios que necesiten consultarlo.

SERVITEC Calderas Vapor SL declina toda responsabilidad por daños a personas o cosas en caso de no seguir las indicaciones del presente manual. Eventuales modificaciones en los componentes del sistema u otras utilidades del mismo o de sus partes sin autorización escrita de SERVITEC, la eximen de toda responsabilidad por daños a personas y/o cosas y la liberan del vínculo de la garantía.

2 DESCRIPCIÓN GENERAL

El generador de vapor MESSI 26 es un equipo dedicado a la producción de vapor de agua. Esta máquina, para su funcionamiento, utiliza alimentación externa de corriente eléctrica y de agua.

La máquina está provista de un control de nivel y de alimentación de agua automáticos. Su uso resulta sencillo y eficaz gracias al panel de mandos situado en la zoria frontal.

3 IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA

En la parte lateral de la máquina hay una chapa donde se indica el modelo, el número de serie, el año de construcción, la tensión y las presiones de alimentación.

4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Alimentación eléctrica	230/400V - 3ph - 50 Hz									
Capacidad caldera	24,9 L									
Presión vapor	7 bar									
Potencia motor bomba	0,75 Hp									
Nivel sonoro	< 70 dB(A)									
Temperatura de ejercicio	+ 5 + + 80 °C									
Humedad de ejercicio	90 % max.									
Temperatura de almacenaje	- 20 + + 50 °C									
Medidas neto	580 x 660 x 830 mm.									
Peso neto	94 Kg									
Medidas bruto (con embalaje)	780 x 680 x 1100 mm									
Peso bruto (con embalaje)	174 Kg									
Resistencia caldera	4 ÷ 20 Kw									
Kw	7	4 + 4*	10	6 + 6*	12	7 + 7*	15	8 + 8*	18	10 + 10*
Kcal/h	6023	6883	8604	10325	10325	12046	12906	13767	15488	17208
Kgh	9,5	11	13,5	16	16	18,5	20	21	24,5	26,5

* Doble resistencia y posibilidad de funcionamiento a potencia reducida.

ATENCIÓN: no alimentar la máquina con voltajes y presiones diferentes a las indicadas en su chapa

Pos.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	Pos.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1	202047	Bombona separador	17	183273	Pletina reguladora nivel
2	39B005	Electroválvula vapor regulable	18	49A001	Grupo nivel automático
3	35A003	Manómetro	19	•	Resistencia caldera
4	37A002	Grifo esfera 3/8"	20	173465	Carter protección resistencias
5	224001	Aislante caldera	21	43A046	Piloto presencia tensión
6	264378	Chapa PED	22	43A020	Interruptor caldera
7	45G014	Presostato 4 + 15 bar	23	36E006	Portagoma Ø12
8	Z07B00	Pistola peletería	24	43A016	Piloto resistencia caldera
9	173419	Antena sostiene-pistola		43A016	Piloto agua
10	163193	Paneles superiores	25	39B017	Electroválvula agua
	163194		26	42B006	Bomba monofásica
11	38F003	Válvula de retención Clapet 1/2"		42B024	Bomba trifásica
12	38S025	Válvula de seguridad	27	38W001	Válvula de retención
13	37C001	Pareja de grifos del nivel	28	43A014	Interruptor primera resistencia
14	37B001	Grifo purga caldera		43A014	Interruptor segunda resistencia
15	200087	Caldera	29	43A043	Interruptor general
16	183271	Pletina resistencia simple	30	162054	Cuadro eléctrico posterior
	183272	Pletina resistencia doble			

RESISTENCIAS CALDERA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
213155	Resistencia 230 V - 6 Kw	215102	Resistencia 115 V - 3,3 Kw
213154	Resistencia 400 V - 5 Kw	213159	Resistencia 230 V - 2,7 Kw
213153	Resistencia 230 V - 5 Kw	213148	Resistencia 400 V - 2,3 Kw
213152	Resistencia 400 V - 4 Kw	213147	Resistencia 230 V - 2,3 Kw
213151	Resistencia 230 V - 4 Kw	212159	Resistencia 230 V - 2 Kw
213150	Resistencia 400 V - 3,3 Kw	213145	Resistencia 230 V - 1,3 Kw
213149	Resistencia 230 V - 3,3 Kw		

6 EMBALAJE E INSTALACIÓN DE LA MÁQUINA

ATENCIÓN: El equipo puede ser instalado, abierto y reparado únicamente por personal especializado.

6.1 DESEMBALAJE

Una vez identificado el lugar adecuado para la instalación, abrir el embalaje y sacar la máquina. Controlar que no haya sufrido daños durante el transporte. El material de embalaje no requiere medidas especiales para su eliminación, no siendo en ningún caso ni peligroso ni contaminante. Para su eliminación, seguir la legislación local.

6.2 INSTALACIÓN DE LA MÁQUINA

La máquina no necesita anclaje en el pavimento, excepto para instalaciones a bordo de medios semovientes en los que se utilizarán los agujeros predispuestos para ello.

Buscar un espacio adecuado para la instalación dejando un espacio mínimo perimetral para el correcto trabajo del servicio técnico. No instalar la máquina en ambientes agresivos y/o explosivos/inflamables.

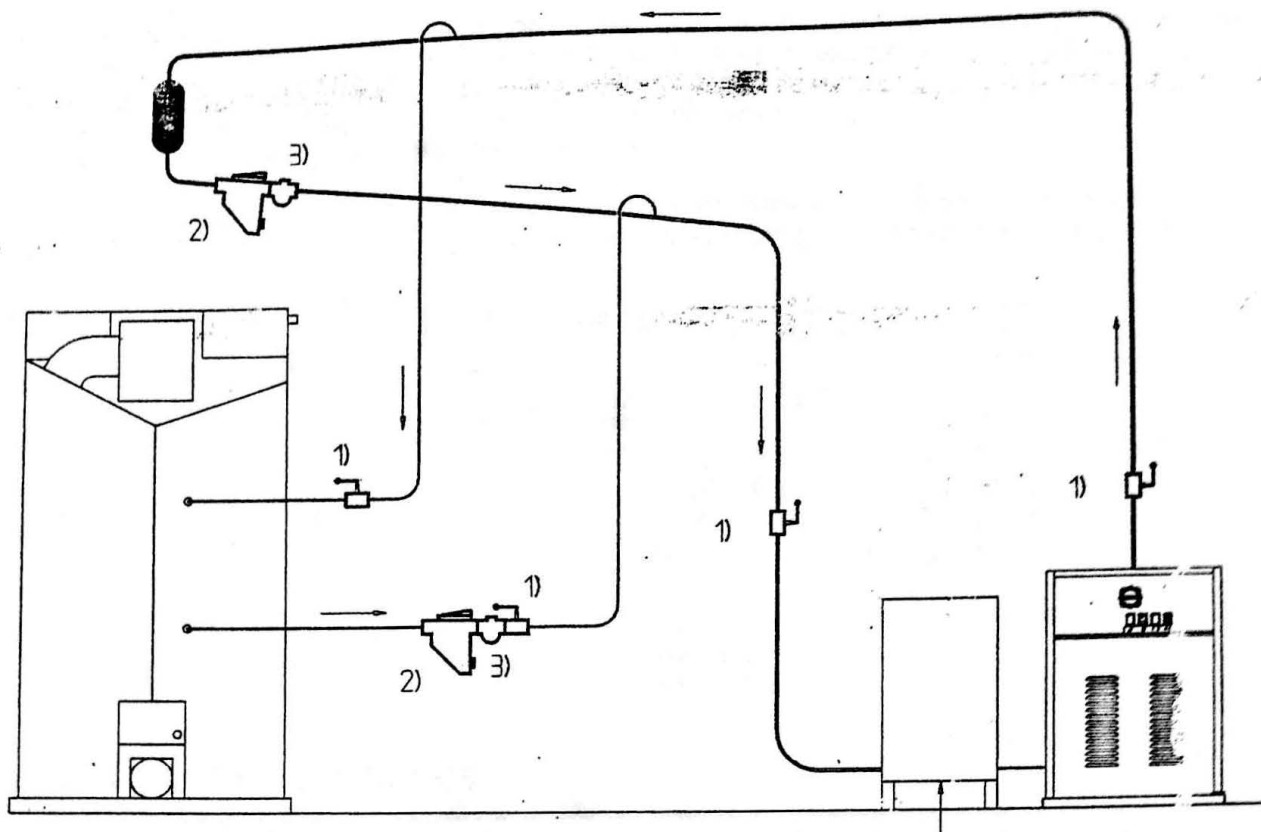
6.3 CONEXIÓN ELÉCTRICA

Conectar la máquina a la línea eléctrica como se indica en el esquema, verificando que la tensión y la frecuencia correspondan a los datos de la chapa. El cable de alimentación debe ser de la sección adecuada para la intensidad eléctrica de la máquina y del tipo autorizado por la legislación vigente.

Se aconseja montar en la línea un interruptor con fusibles o magnetotérmico. Introducir el cable en el agujero predispuesto con un prensa-cable y sujetarlo bien. Conectar el cable a la regleta de entrada de línea en el cuadro eléctrico como se indica en el esquema del presente manual.

6.4 CONEXIÓN ENTRADA DE AGUA Y VACIADO DE LA CALDERA

Conectar la tubería de agua al portagoma Ø12 de la máquina. Montar una válvula de interceptación y un filtro en la entrada del agua, que deberá cerrarse cada noche para evitar una eventual entrada de agua en la caldera. Roscar el grifo del vaciado de la caldera (rosca G 1/2") a la alcantarilla/desagüe.



1) Grifo

Depósito recuperación de condensados cod. Z24 B00

2) Purgador de condensados

3) Válvula de retención

N.B.: Después de hacer las conexiones asegurarse de que los tubos y los cables estén protegidos de eventuales golpes y bien sujetos y aislados.

7 INSTRUCCIONES DE USO

7.1 PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

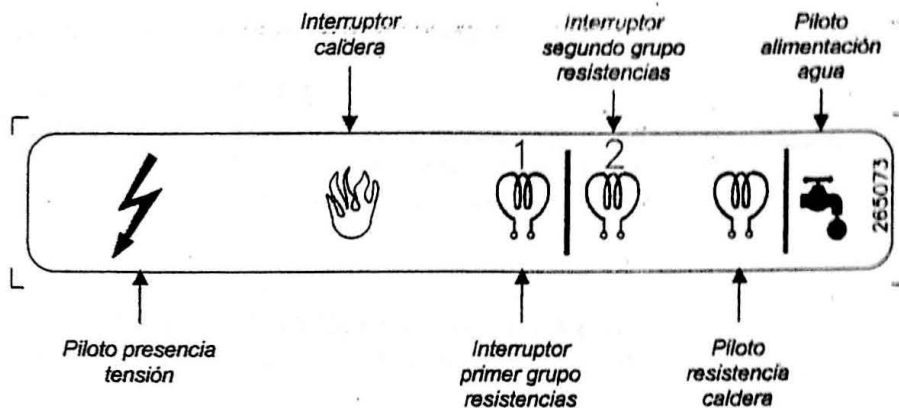
- El equipo puede ser utilizado, abierto y reparado únicamente por personal especializado.
- No utilizar la máquina si está sumergida en fluidos, en ambientes particularmente agresivos o explosivos/inflamables.
- No ignorar los riesgos para la salud y observar las normas higiénicas y de seguridad.
- Utilizar siempre tubos idóneos para la presión de ejercicio.
- Controlar que la conexión eléctrica se haya realizado correctamente según las normas vigentes y que todos los porta-fusibles estén cerrados y con sus fusibles.
- Controlar que los dispositivos de control y seguridad de la caldera (manómetro, presostato y válvula de seguridad) estén íntegros.
- Asegurarse de que el grifo de vaciado de la caldera esté bien cerrado.
- Verificar que el sentido de rotación de los motores sea correcto.

7.2 UTILIZACIÓN

- Abrir la válvula de interceptación de alimentación del agua.
- Activar el interruptor general de la máquina.
- En el panel de mandos se enciende el piloto que señala presencia de tensión.
- **Máquinas con caldera con resistencia simple:**
 - Pulsar el interruptor de la caldera.
- **Máquinas con caldera con resistencia doble:**
 - Pulsar los interruptores de la caldera, del primer grupo de resistencias y del segundo grupo de resistencias.
- Se enciende automáticamente el piloto de señal de alimentación de agua (el agua empieza a entrar en la caldera).

- Cuando el agua alcanza su nivel (ver control visual), automáticamente se apaga el piloto y se conectan las resistencias de la caldera encendiéndose el piloto de señal de resistencias de la caldera
- Después de pocos minutos la caldera alcanza la presión de trabajo de 7 bar (verificar la presión en el manómetro) y se apaga automáticamente el piloto indicador.
- El generador está a punto para suministrar el vapor.

N.B.: Se aconseja encender a la vez los interruptores de los dos grupos de resistencias para alcanzar más rápidamente la presión de trabajo de 7 bar y, una vez alcanzada, apagar uno de los dos interruptores.



8 PROBLEMAS Y SOLUCIONES

A continuación encontrará una tabla diagnóstica en la que se describen las principales anomalías, las probables causas y las posibles soluciones.

En caso de duda y/o problema no resuelto, no desmonte partes de la máquina: contacte con el servicio técnico autorizado.

TABLA DIAGNÓSTICA		
PROBLEMA	PROBABLE CAUSA	INTERVENCIÓN
No se pone en marcha la máquina:	Interruptor general desconectado	Verificar conexión interruptor general
	Fusibles quemados	Verificar fusibles
El piloto del agua está encendido y la bomba continúa cargando agua sin parar:	No entra agua en la caldera	Verificar que el grifo del agua esté abierto
		Verificar que haya presión de agua en la red de agua
		Controlar que el filtro del agua no esté obstruido.
El piloto de las resistencias está siempre encendido y la caldera no alcanza la presión de trabajo:	Pérdida por el desagüe de la caldera	Controlar que el grifo de purga de la caldera esté bien cerrada
	Resistencias quemadas o cubiertas de cal	Verificar el estado de las resistencias.

ATENCIÓN: si se dispara la válvula de seguridad, apagar inmediatamente la caldera y avisar un técnico cualificado. No anular ni taponar la válvula ni infravalorar el problema. Hay riesgo de explosión.

9 PRECAUCIONES DURANTE EL USO

Es necesario leer atentamente las advertencias y los riesgos que comporta el uso de un generador de vapor. El operador debe conocer el funcionamiento y debe comprender con claridad los riesgos posibles a través de este manual.

Corriente eléctrica

No se debe efectuar ninguna intervención en la máquina sin antes desconectarla de la red de alimentación eléctrica. Asegurarse de que nadie pueda re-conectarla durante la intervención.

Todos los aparatos instalados, eléctricos, electrónicos, chasis, etc. deben estar conectados a tierra.

Inflamabilidad

Se aconseja adoptar todas las medidas para evitar que la máquina esté en contacto con partes muy calientes o con llama libre. Situar cerca de la máquina extintores para una rápida intervención en caso de incendio.

Presión / Vapor

Antes de cualquier intervención apagar la caldera, esperar que se enfríen los tubos y controlar la ausencia de presión residual en la caldera y en cualquier parte del circuito, que podría causar daños en caso de desmontar racords o componentes.

Ruido

La máquina no emite un ruido excesivo siendo éste inferior a 70 dB(A).

10 CONTRAINDICACIONES DE USO

La verificación de la conformidad con los requisitos esenciales de seguridad y con las disposiciones previstas en la directiva de máquinas se efectúan a través de la compilación de listas de control ya predispuestas y contenidas en el *archivo técnico*.

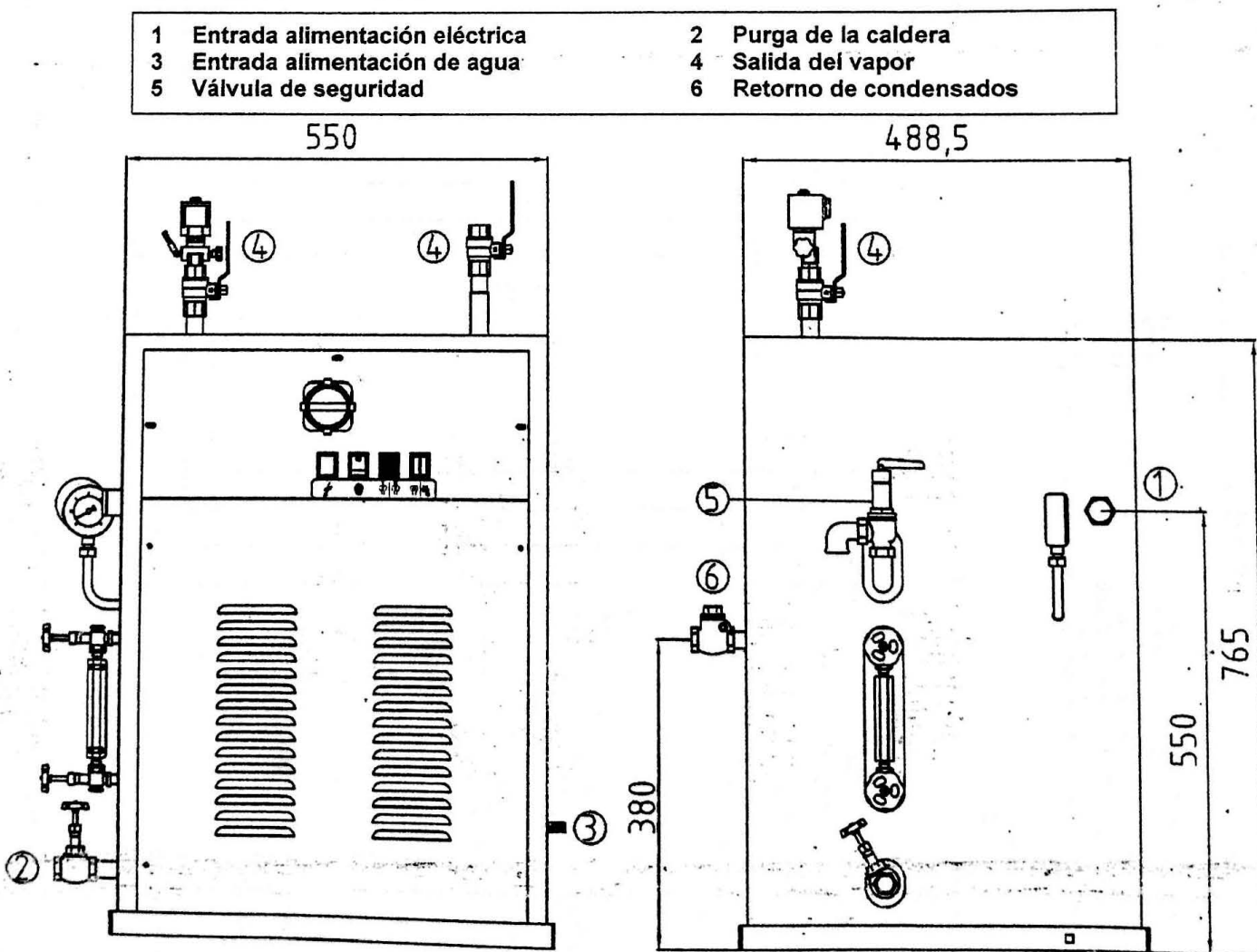
Las listas utilizadas han sido de dos tipos:

- lista de peligros (extraído de la EN 1050 en referencia a la EN 292)
- aplicación de los requisitos esenciales de seguridad (Dir. Maquinas- anexo 1, parte 1)

A continuación se detallan los peligros no eliminados completamente, pero considerados aceptables:

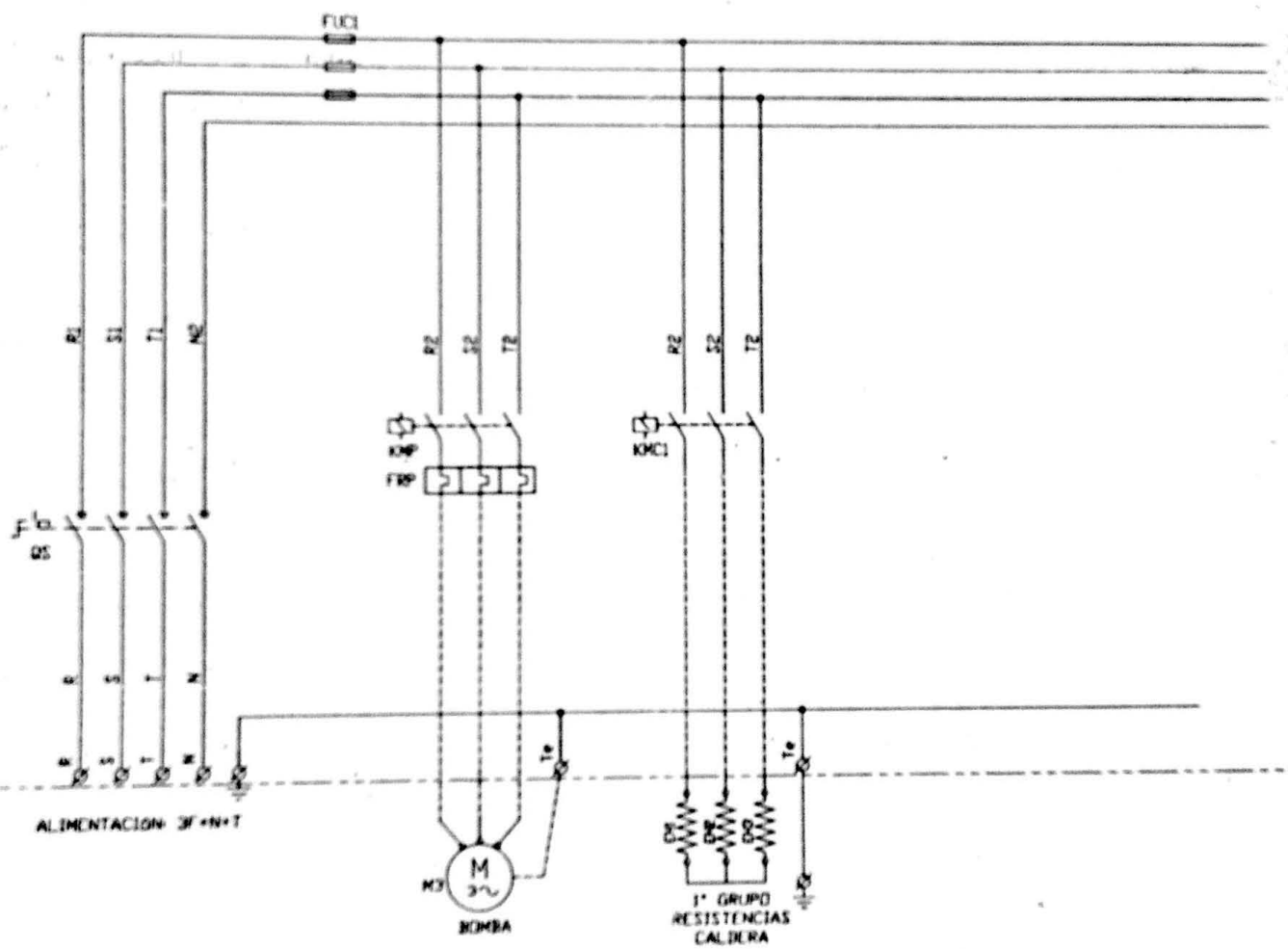
- En fase de manutención es posible que se produzca una fuga de vapor a baja presión (utilizar idóneos DPI).
- La protección contra el contacto con vapor directo debe ser prevista por el operario.

11 DIMENSIONES Y ESQUEMAS



COMPONENTES BORDO MAQUINA

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20



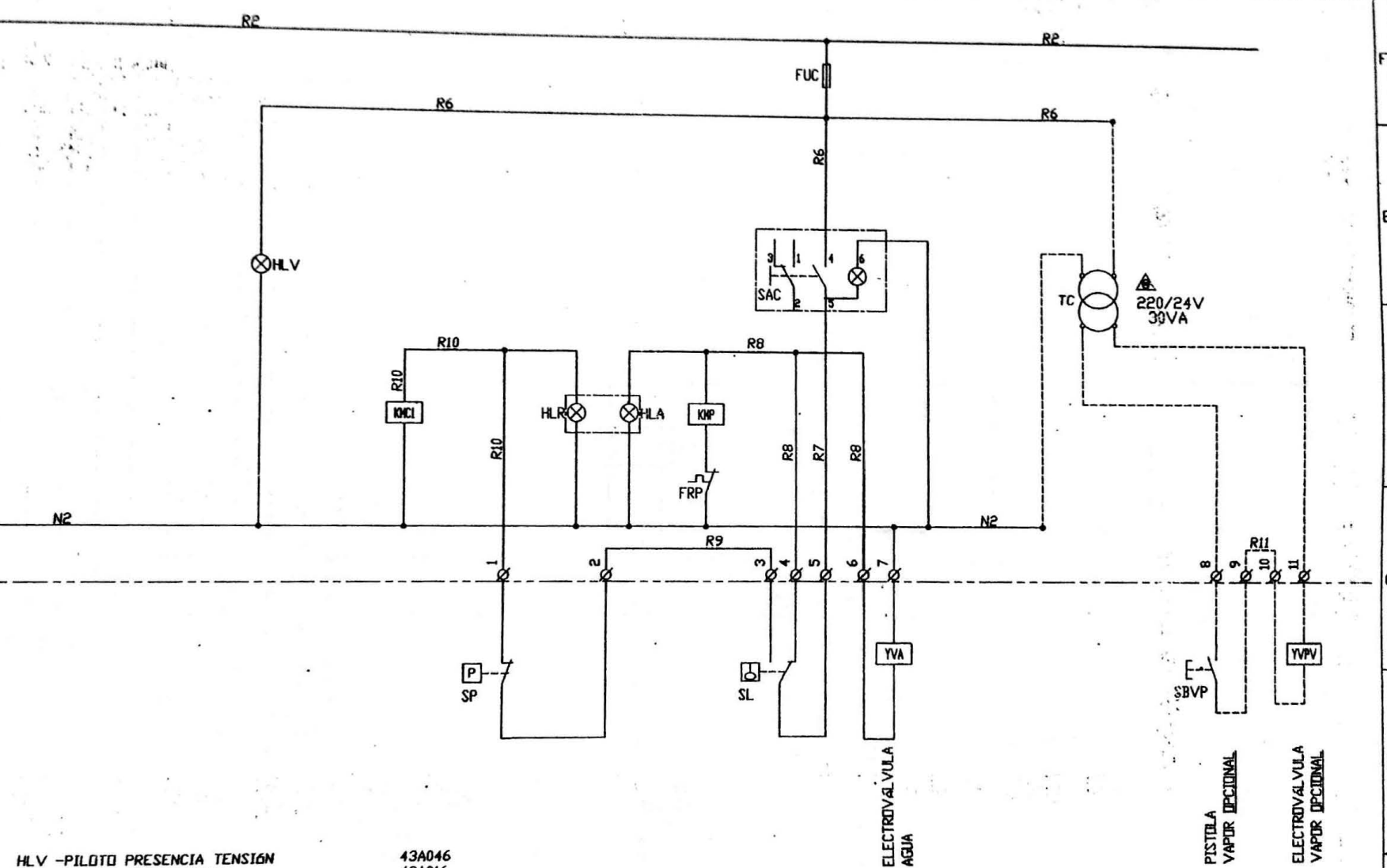
- | | |
|------------------------------|--------|
| QS - INTERRUPTOR SECCIONADOR | 173099 |
| FUCI - FUSIBLE | 43F040 |
| FUCI - PORTAFUSIBLE | 43F031 |
| KMP - CONTACTOR | 44A012 |
| FRP - RELE TERMICO | 44C008 |
| KMC - CONTACTOR | 44A005 |
| M3 - BOMBA | 42B024 |

Distribuzione MAXI 24 - MAXI 26		Título		SCHEMA ELETTRICO	
ALIMENTACION: 3F + N + T		Descripción		ELECTRICAL WIRING	
RESISTENCIA SIMPLE		Fecha		Día: 15/10/66	
		Día:		FBL	
		Cod:		S0517	
		Aprob:			
		Diseño:			
		Firma:			
		Apoy:			
		Dibujos:			
		Folios:		1 2	
		Hoja:		1	
		Día: 15/10/66		Día: 15/10/66	
		Cod: S0517		Cod: S0517	
		Aprob:		Aprob:	
		Diseño:		Diseño:	
		Firma:		Firma:	
		Apoy:		Apoy:	
		Dibujos:		Dibujos:	
		Folios:		1 2	
		Hoja:		1	

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

COMPONENTES BORDE CUADRO

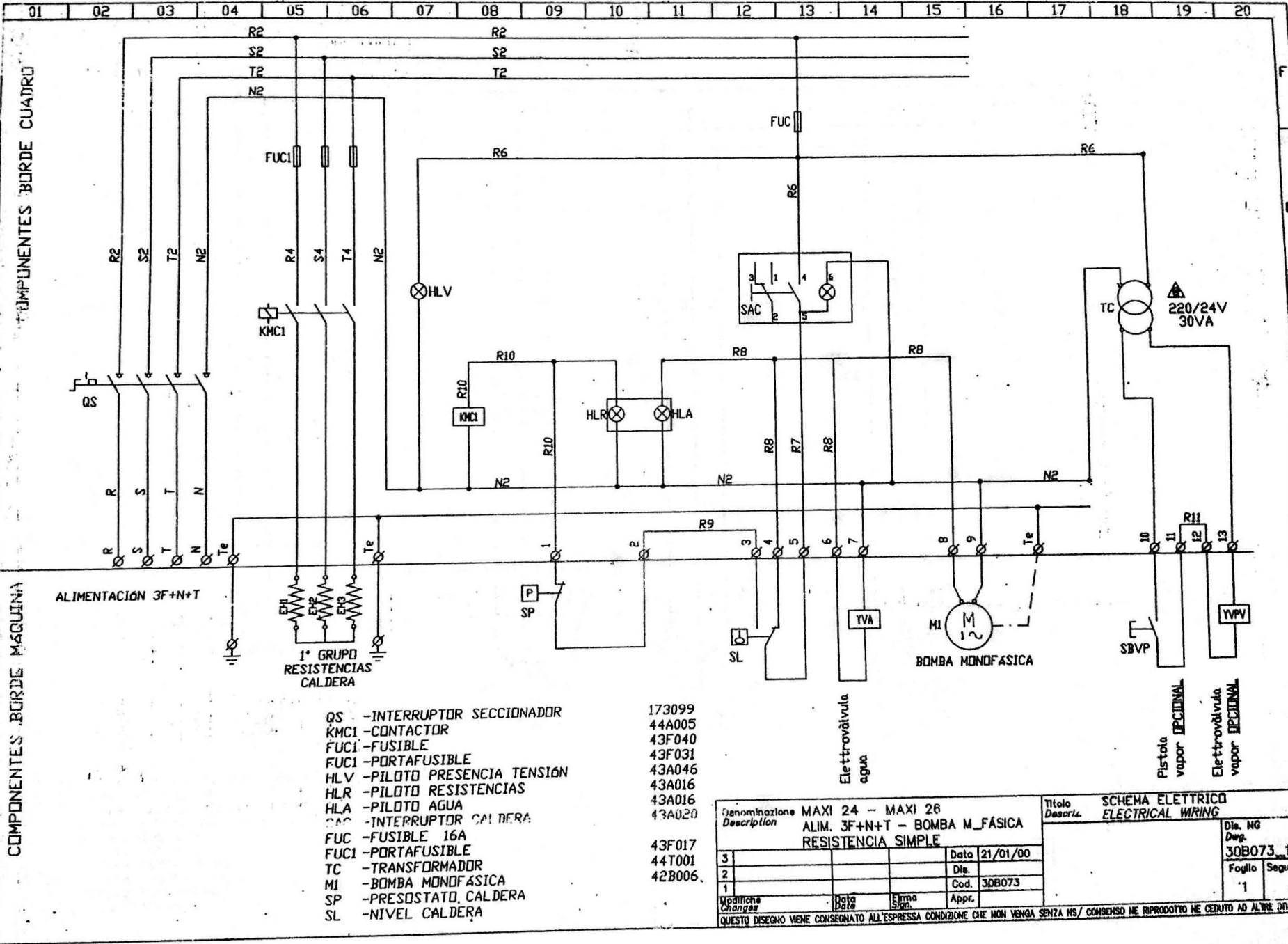
COMPONENTES BORDE MAQUINA



- HLV -PILOTO PRESENCIA TENSION 43A046
- HLR -PILOTO RESISTENCIAS 43A016
- HLA -PILOTO AGUA 43A016
- SAC -INTERRUPTOR CAI DERA 43A020
- TC -TRANSFORMADOR (OPCIONAL) 44T001
- FUC -FUSIBLE 4A 43F017
- FUC -PORTAFUSIBLE 43F018
- SP -PRESOSTATO CALDERA
- SL -NIVEL CALDERA
- KMP -CONTACTOR BOMBA AGUA

Designazione Description		MAXI 24 - MAXI 26 ALIMENTACION 3F+N+T RESISTENCIA SIMPLE		Titolo Descriz.		SCHEMA ELETTRICO ELECTRICAL WIRING	
3				Data	15/10/98	Dis. NG Dwg. SE961015	
2				Dis.	FBL	Foglio 2.	
1				Cod.	30B017.	Segue	
Modifiche Changes		Data		Firma Sign.		Appr.	

QUESTO DISEGNO VIENE CONSEGNATO ALL'ESPRESA CONDIZIONE CHE NON VENGA SENZA NS/ CONSENSO NE RIPRODOTTO NE CEDUTO AD ALTRE DITTE



COMPONENTES BORDE MAQUINA

COMPONENTES BORDE CUADRO

ALIMENTACIÓN 3F+N+T

1º GRUPO RESISTENCIAS CALDERA

- | | | |
|------|---------------------------|--------|
| QS | -INTERRUPTOR SECCIONADOR | 173099 |
| KMC1 | -CONTACTOR | 44A005 |
| FUC1 | -FUSIBLE | 43F040 |
| FUC1 | -PORTAFUSIBLE | 43F031 |
| HLV | -PILOTO PRESENCIA TENSION | 43A046 |
| HLR | -PILOTO RESISTENCIAS | 43A016 |
| HLA | -PILOTO AGUA | 43A016 |
| SP | -INTERRUPTOR CALDERA | 43A020 |
| FUC | -FUSIBLE 16A | 43F017 |
| FUC1 | -PORTAFUSIBLE | 44T001 |
| TC | -TRANSFORMADOR | 42B006 |
| MI | -BOMBA MONOFASICA | |
| SL | -PRESOSTATO CALDERA | |
| SL | -NIVEL CALDERA | |

Denominazione: MAXI 24 - MAXI 28
 Description: ALIM. 3F+N+T - BOMBA M_FASICA
 RESISTENCIA SIMPLE

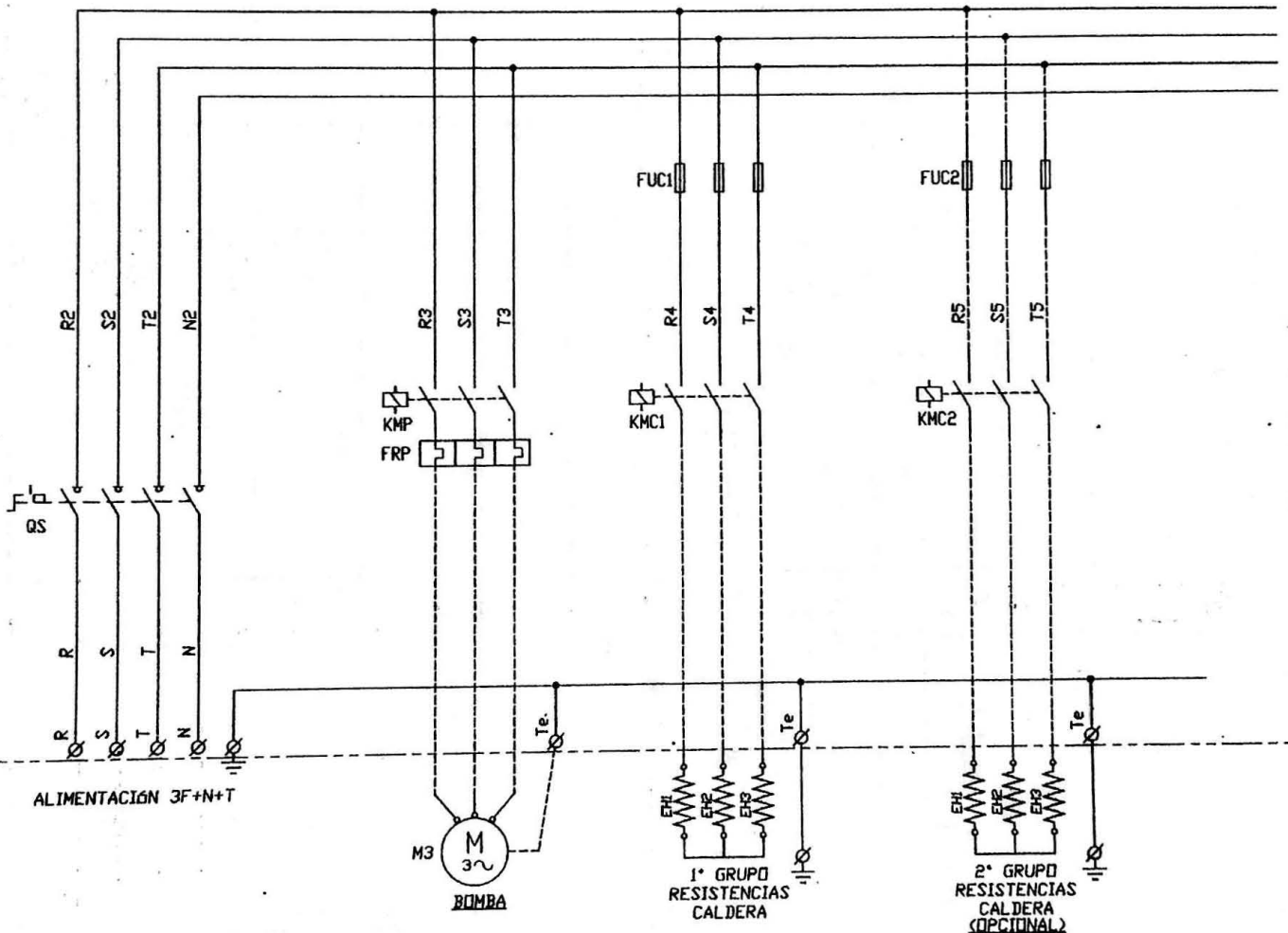
3			Data	21/01/00
2			Dis.	
1			Cod.	30B073
Modifiche		Date	Sign.	Appr.
Changes		Date	Sign.	Appr.

Titolo		SCHEMA ELETTRICO	
Descriz.		ELECTRICAL WIRING	
		Dis. NG	30B073_1
		Foglio	Segun
			1

QUESTO DISEGNO VIENE CONSEGNATO ALL'ESPRESSA CONDIZIONE CHE NON VENGA SENZA NS/ CONSENSO NE RIPRODOTTO NE CEDUTO AD ALTRE DITTE

COMPONENTES BORDE CUADRO

COMPONENTES BORDE MAQUINA



- | | |
|-----------------------------|--------|
| QS -INTERRUPTOR SECCIONADOR | 173099 |
| KMP -CONTACTOR | 44A012 |
| FRP -RELE TERMICO | 44C008 |
| KMC1 -CONTACTOR | 44A005 |
| KMC2 -CONTACTOR | 44A005 |
| FUC1 -FUSIBLE | 43F040 |
| FUC1 -PORTAFUSIBLE | 43F031 |
| FUC2 -FUSIBLE 32A | |
| FUC2 -PORTAFUSIBLE | 43F017 |
| M3 -BOMBA | 42B024 |

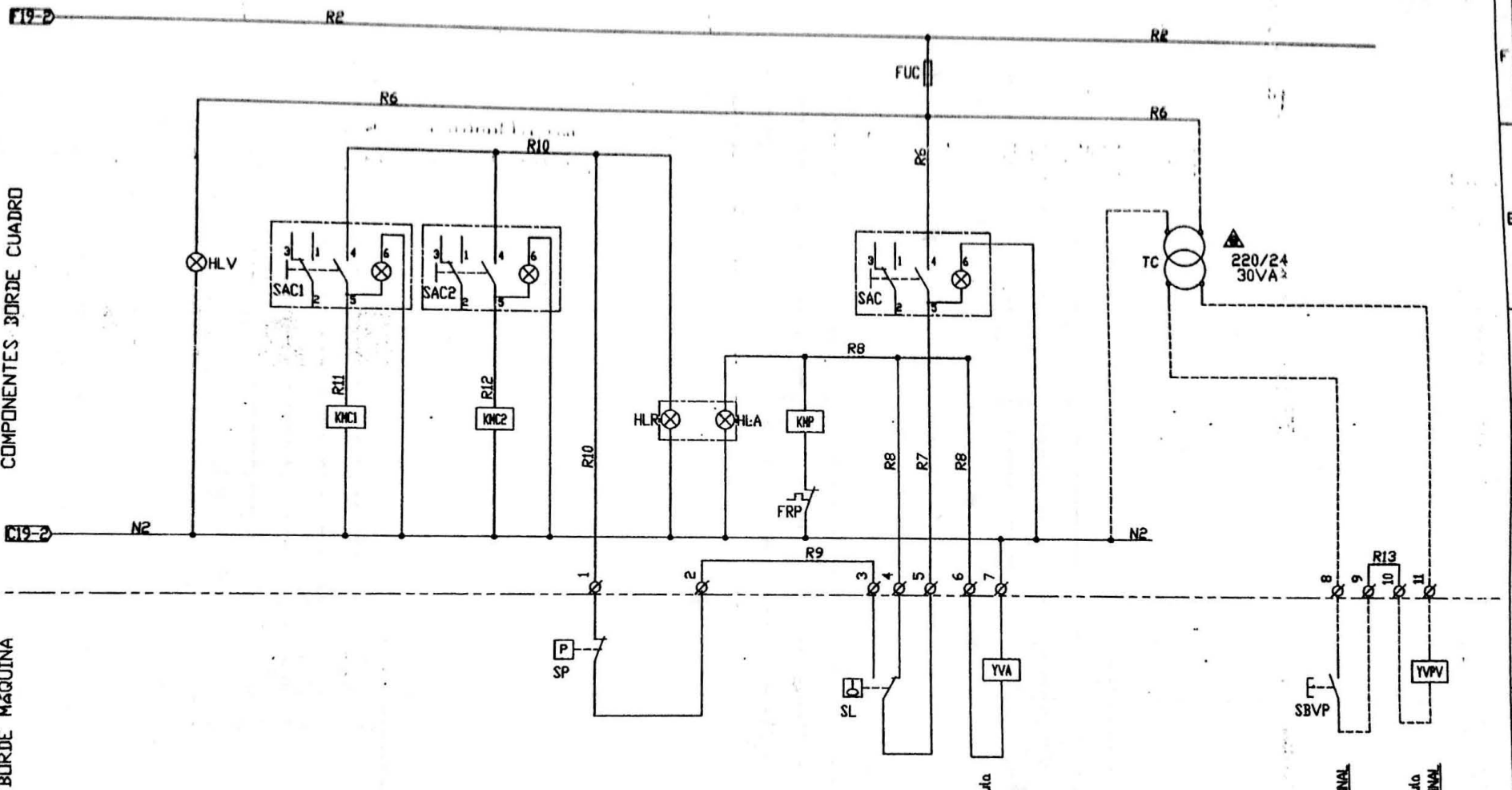
Denominazione Description		MAXI 24 - MAXI 26 ALIMENTACIÓN 3F+N+T DOBLE RESISTENCIA		Título Descripción		SCHEMA ELETTRICO ELECTRICAL WIRING	
3			Data			Dia. NG Dwg. 30B038M1	
2			Cod.	30B038		Foglio Segue 1/2	
1			Appr.				
Modifiche Changes		Data	Elm. Sign.	Appr.			

QUESTO DISEGNO VIENE CONSEGNATO ALL'ESPRESSIONE CONDIZIONE CHE NON VENGA SENZA NS/ CONSENSO NE RIPRODOTTO NE CEDUTO AD ALTRE DITTE

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

COMPONENTES BORDE CUADRO

COMPONENTES BORDE MAQUINA



- HLV -PILOTO PRESENCIA TENSION
 - HLR -PILOTO RESISTENCIAS
 - HLA -PILOTO AGUA
 - SAC -INTERRUPTOR CALDERA
 - SAC1 -INTERRUPTOR 1° GRUPO RESISTENCIAS
 - SAC2 -INTERRUPTOR 2° GRUPO RESISTENCIAS
 - TC -TRANSFORMADOR (OPCIONAL.)
 - FUC -FUSIBLE //
 - FUC -PORTAFUSIBLE
 - SP -PRESOSTATO CALDERA
 - SL -NIVEL CALDERA
 - KMP -CONTACTOR BOMBA AGUA
 - KMC1 -CONTACTOR 1° GRUPO RESISTENCIAS
 - KMC2 -CONTACTOR 2° GRUPO RESISTENCIAS
- 43A046
 - 43A016
 - 43A016
 - 43A020
 - 43A014
 - 43A014
 - 44T001
 - 43F017
 - 43F018

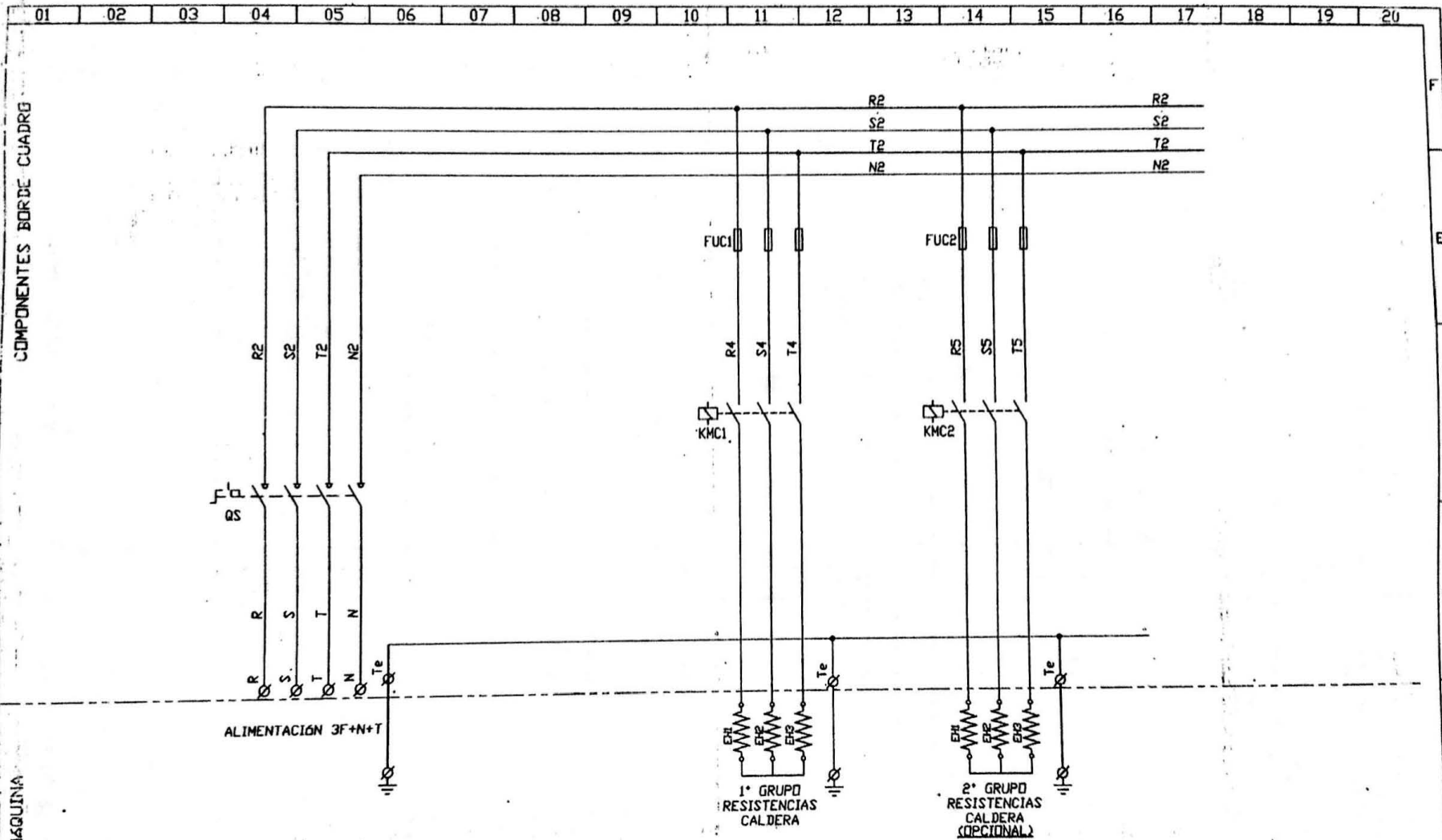
Elettrovivuda
acqua

Pistola
vapor OPCIONAL

Elettrovivuda
vapor OPCIONAL

Denominazione Description		MAXI 24 - MAXI 26 ALIMENTACION 3F+T DOBLE RESISTENCIA		Titolo Descriz.		SCHEMA ELETTRICO ELECTRICAL WIRING	
3			Data			Dia. NG 30B038M2	
2			Cod.	30B038		Foglio Segue 2/2	
1			Appr.				

QUESTO DISCIPLINO VIENE CONSEGNATO ALL'ESPRESSA CONDIZIONE CHE NON VENGA SENZA NS/ CONSENSO NE RIPRODOTTO NE CEDUTO AD ALTRE DITTE.

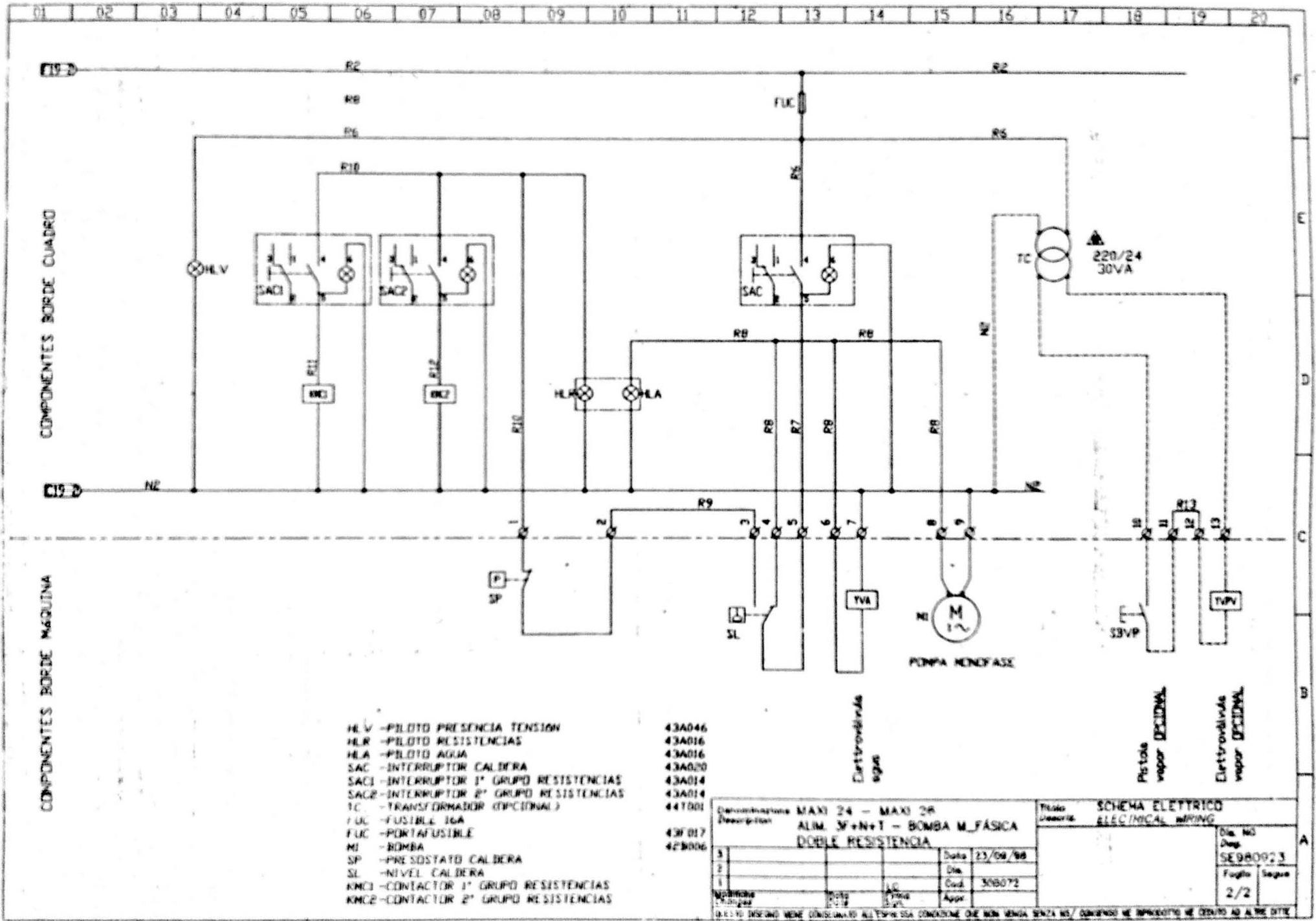


COMPONENTES BORDE CUADRO

COMPONENTES BORDE MAQUINA

- | | |
|-----------------------------|--------|
| QS -INTERRUPTOR SECCIONADOR | 173099 |
| KMC1 -CONTACTOR | 44A005 |
| KMC2 -CONTACTOR | 44A005 |
| FUC1 -FUSIBLE | 43F040 |
| FUC1 -PORTAFUSIBLE | 43F031 |
| FUC2 -FUSIBLE 32A | |
| FUC2 -PORTAFUSIBLE | 43F017 |

Denominazione Description		MAXI 24 - MAXI 26 ALIM. 3F+N+T - BOMBA M_FASICA DOBLE RESISTENCIA		Titolo Descriz.		SCHEMA ELETTRICO ELECTRICAL WIRING	
3		Data	23/09/98			Dis. NG Dwg. SE980923	
2		Dis.				Foglio Segue 1/2	
1		Cod.	30B072				
Modifica Changes	Data	Elmo Sign.	Appr.				
QUESTO DISEGNO VIENE CONSEGNATO ALL'ESPRRESSA CONDIZIONE CHE NON VENGA SENZA NS/ CONSENSO NE RIPRODOTTO NE CEDUTO AD ALTRE DITTE							



COMPONENTES BORDE CUADRO

COMPONENTES BORDE MAQUINA

- HLV -PILOTO PRESENCIA TENSION
- HLR -PILOTO RESISTENCIAS
- HLA -PILOTO AGUA
- SAC -INTERRUPTOR CALDERA
- SAC1 -INTERRUPTOR 1º GRUPO RESISTENCIAS
- SAC2 -INTERRUPTOR 2º GRUPO RESISTENCIAS
- TC -TRANSFORMADOR (OPCIONAL)
- FUC -FUSIBLE 16A
- FUC -PORTAFUSIBLE
- M -BOMBA
- SP -PRESOSTATO CALDERA
- SL -NIVEL CALDERA
- KMC1 -CONTACTOR 1º GRUPO RESISTENCIAS
- KMC2 -CONTACTOR 2º GRUPO RESISTENCIAS

- 43A046
- 43A016
- 43A016
- 43A020
- 43A014
- 43A014
- 44T001
- 43F017
- 42B006

Descripción: MAXI 24 - MAXI 28 ALIM. 3F+N+T - BOMBA M.FÁSICA DOBLE RESISTENCIA		Fecha: 23/08/88 Dwg. 308072 Appr.	
3			
2			
1			

Título: SCHEMA ELETTRICO Descripción: ELECC/MICAL. MAPPING		Día: 03 Dep:	
		SE9A0923	
		Folios: 2/2	

D.E.I. TO INSENO VENE CONSIDERATO ALL'ESPRISA CONDIZIONE CHE NON VENGA SENZA NO/ CORDENSO NE RIPRODOTTO NE CEDUTO AD ALTRE DITE

12 PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

En caso de anomalía o mal funcionamiento contactar con el servicio técnico autorizado.

Periódicamente es necesario realizar las siguientes operaciones:

OPERACIÓN	HORAS DE TRABAJO
Vaciar la caldera (*)	30
Limpiar el filtro del agua	1500
Limpiar la caldera y las resistencias	2500
Verificar el funcionamiento del nivel de llenado automático	1500

(*): Vaciar la caldera cuando tenga 1 bar de presión para eliminar la cal y las impurezas. Con la máquina apagada abrir progresivamente el grifo de purga de la caldera. Aconsejamos realizar esta operación al inicio de la jornada de trabajo, por la mañana, y no por la tarde cuando se finaliza la jornada ya que el agua nueva que entra en la caldera es rica en oxígeno y, durante la noche, aumentaría el riesgo de corrosión de la caldera.

La máquina no requiere herramientas especiales para ninguna intervención de control y/o mantenimiento. Se aconseja utilizar herramientas y protección personal idóneos referidos en el D. Lgs. 626/94, y en buen estado (DPR 547/55) a fin de evitar daños a personas o a partes de la máquina.

Asegurarse de que la alimentación eléctrica y del agua estén desconectadas antes de efectuar cualquier intervención de mantenimiento.

13 ELIMINACIÓN

Durante el mantenimiento de la máquina, o en caso de eliminación de la misma, no tirar partes contaminantes al medio ambiente. Atenerse a las reglamentaciones locales para la correcta eliminación. En el momento de tirar la máquina es necesario destruir la chapa identificativa y cualquier otro documento.

14 INFORMACIONES PARA PEDIR RECAMBIOS

En el momento de pedir recambios indicar siempre:

El modelo de la máquina, el número de serie, la cantidad de piezas necesarias, el número de código de la pieza (datos de la chapa, datos técnicos de la máquina y del manual de uso y mantenimiento). Para componentes eléctricos con tensión y frecuencia diferente de V 220-380/50Hz (datos a verificar en la chapa del componente estropeado) indicar después del código la tensión y la frecuencia exacta. Los datos, las descripciones y las ilustraciones contenidas en el presente manual no significan responsabilidad de nuestra parte. La fábrica se reserva el derecho de realizar en cualquier momento los cambios que estime oportunos sin obligación de actualizar el presente manual.

15 MOVIMENTACIÓN Y TRANSPORTE

Para la expedición de la máquina ésta se embala adecuadamente dentro de una jaula de madera. En el transporte y en el almacenaje de las máquinas prestar atención a lo escrito en el embalaje (jaula de madera o cartón presurizado). A la recepción controlar que el embalaje no esté dañado y guardar la máquina en lugar seco.

16 GARANTÍA

Para todos los productos se da una garantía máxima de 12 meses desde la fecha de entrega, para defectos constructivos y de materiales.

La garantía se basa en las siguientes condiciones:

En caso de mal funcionamiento es necesario contactar con su vendedor e indicar con precisión el defecto encontrado indicando el modelo, el número de serie, la matrícula y, además, condiciones de utilización del producto en cuestión. A la recepción de la máquina y en base a un análisis cuidadoso del problema SERVITEC se reserva el derecho de decidir si repara o sustituye el producto. Si la garantía está vigente y se repara o sustituye, el vendedor reparará o sustituirá la máquina a nuestro cargo. En el caso de que el producto no resulte ser defectuoso SERVITEC decidirá si el cliente se debe hacer cargo de los gastos ocasionados (logísticos, etc). La presente garantía no será válida en el caso de que el producto tenga daños derivados de un uso indebido, negligencia, desgaste normal, corrosión química, instalación no conforme a las instrucciones expresamente indicadas y al uso contrario a las recomendaciones del constructor. Eventuales modificaciones, manipulaciones y alteraciones del aparato o de sus componentes efectuadas sin autorización escrita de parte de SERVITEC, eximen a la misma de toda responsabilidad y la liberan del vínculo de la garantía. Los componentes sujetos a desgaste normal y los que se deterioran no están cubiertos por la garantía. Se considera excluido de la garantía todo cuanto no esté expresamente indicado y también los daños, lesiones o gastos derivados de los defectos del producto.

Las condiciones de validez de la garantía se entienden implícitamente aceptadas por el hecho de adquirir el producto. Eventuales modificaciones o derogaciones de la presente garantía se considerarán válidas si existe autorización escrita previa por parte de SERVITEC.