

5 **APARATO Y MÉTODO PARA LA RECUPERACIÓN SIMULTÁNEA DE SOLVENTE,**
 CRUDO MEJORADO Y SÓLIDO ASFALTÉNICO SECO EN UN PROCESO DE
 DESASFALTADO

CAMPO TÉCNICO

10

La sostenibilidad económica de las tecnologías de desasfaltado de crudo mediante solvente, depende principalmente de tres factores, la reducción de las pérdidas de solvente, la mejora en la eficiencia de recuperación del crudo mejorado y la obtención de un sólido asfáltico reutilizable. La presente invención describe un método y aparato de
15 baja complejidad operacional, bajos costos de inversión y operación, que logra cumplir simultáneamente con los factores antes mencionados. De esta manera, el objeto de la invención permite recuperar el solvente y una fracción de crudo mejorado residual de la corriente de fondos de la etapa de separación de cualquier proceso de desasfaltado. A su vez, la tecnología descrita logra obtener los asfaltenos secos y granulados, listos para ser
20 aprovechados como combustible dentro del mismo proceso. Las características de la invención aseguran la viabilidad técnica y económica de su implementación en cualquier proceso de desasfaltado con solvente a escala industrial, localizado en áreas cercanas a las zonas de producción del crudo.

25

ESTADO DE LA TÉCNICA

La producción de los crudos pesados y extrapesados requiere de la aplicación de tecnologías que viabilicen su transporte y comercialización desde el lugar de explotación
30 hasta el sitio de procesamiento. Dentro del estado de la técnica se encuentra una amplia gama de alternativas, tal como la dilución con naftas, detallada en US20100056408 y WO2014099467, o la construcción de pequeñas refinerías en los campos de producción, presentado en US6357526 y US 7749378. Sin embargo, los elevados costos y altas complejidades operativas, descritas detalladamente en US20130015100, han obligado al
35 desarrollo de tecnologías alternativas como; la extracción de la fase asfáltica de los crudos mediante el uso de solventes (Desasfaltado) a presiones y temperaturas moderadas.

La tecnología de extracción de las fracciones pesadas de los crudos mediante solventes a
40 condiciones moderadas, permiten obtener un crudo mejorado que puede ser transportado por ducto y refinado más fácilmente. La configuración de este tipo de tecnologías de desasfaltado, requiere de bajos costos de inversión y operación, lo que facilita su implementación en los campos de producción del crudo, como se presenta en US

5 **8257579**, además aventaja a la tecnología de dilución, pues evita la dependencia de factores externos como el precio de diluyentes y la logística de transporte. Sin embargo, la economía del proceso depende directamente de la eficiencia en la recuperación del crudo mejorado y de que se mantenga constante la cantidad de solvente, evitando las pérdidas y por ende las reposiciones de este.

10

La importancia de la obtención de un sólido asfáltico seco y del factor de recuperación de solvente en los procesos de desasfaltado, se evidencia en el estado del arte en patentes como **US3053751**, **US4101415**, **US4315815**, **US4810367**, **CA1263625 A1**. Sin embargo, estas no se ocupan de definir el mecanismo tecnológico de obtención del sólido.

15

Otros documentos del estado del arte describen procedimientos tanto para obtener asfaltenos granulados secos, como para realizar la recuperación del solvente de los sólidos asfálticos, empleando métodos o aparatos de distinta naturaleza a la del objeto de la presente invención. Por ejemplo, la patente US7968020, describe una cabeza de rotación a la que es bombeada una mezcla de asfaltenos y solvente, que es dispersada en partículas, que posteriormente son enfriadas en contacto con un medio de refrigeración. La patente **US7597794** declara un método de granulación de un residuo asfáltico, que emplea un solvente de dispersión para formar una mezcla que a continuación pasa a un separador gas-sólido, donde se vaporiza y da lugar a la aparición de partículas asfálticas de tamaño definido. En la solicitud de patente **US20140246357**, los asfaltenos con solvente pasan a una unidad inercial de separación de solvente (ISU) de bajo costo, para obtener los sólidos secos, bajo este mismo concepto se relaciona la patente **US20190023990A1** y la patente de utilidad **CA3008103A1**, las cuales se centran en la descripción del proceso y aparato para la aglomeración de asfaltenos para su transporte. En la patente **US4572781** el lodo asfáltico recuperado de una centrífuga, es enviado a un secador, donde se obtienen tanto el solvente recuperado, como el sólido en finas partículas casi libres de solvente y DAO.

A continuación, se describen algunas patentes de mayor relación con la invención descrita en la presente memoria descriptiva:

35

El documento de patente **US8221105B2** describe un sistema para peletizar asfaltenos calientes mediante; la dispersión de un hidrocarburo asfáltico en un distribuidor con orificios entre, 0.5 mm y 50 mm; una temperatura entre, 175°C y 430°C. Las partículas se pre-enfrían al pasar por una niebla de refrigeración antes de entrar en contacto con una película del medio de refrigeración, la cual tiene; un espesor entre, 1 mm y 500 mm; un medio de enfriamiento con una temperatura entre, 0°C a 95°C. La descripción no define si se puede recuperar solvente y crudo mejorado simultáneamente.

40

5 El documento de aplicación **CN103102894**, describe un aparato y un método para recuperar solvente durante la granulación de una corriente asfáltica con alto punto de fusión, la cual se origina en una torre de desasfaltado con solvente. El asfalto es granulado a través de un sistema de tornillo para extrusión, para luego pasar el sólido a una cabina donde se enfría y se extrae el solvente. Sin embargo, la invención no describe
10 como los sólidos pasan del tornillo sin fin a la cabina y ni como se evita la aglomeración de partículas asfálticas durante el proceso.

Por su parte, el documento **US4931231**, presenta un método para fabricar pellets de material asfáltico sin generar polvo. Incluye el calentamiento del material asfáltico hasta
15 450°F, para mantener el material líquido y fluyendo por gravedad en una corriente anular elongada. Posteriormente el material entra a un reservorio de líquido de enfriamiento a 130°F, para solidificar y cortar la corriente anular en pequeñas partículas sin generación de polvo. El aparato incluye una tolva, un sistema de calentamiento, canales de flujo conectados a la tolva y un reservorio de agua de enfriamiento. Los sólidos fríos se
20 trasladan a una zona de secado y pueden empacarse en partículas uniformes. El proceso mantiene la temperatura de los asfaltos entre 260°C y 290°C y el líquido de enfriamiento por debajo de 50°C. Los diámetros de flujo mencionados están entre 0.5" y 5/8" o 1/4" y 3/4". El proceso detallado en la invención no describe el mecanismo de transporte o manipulación del lodo asfáltico antes de la introducción al dispositivo de
25 formación de los hilos de asfaltos.

En el documento **US7101499**, se describe un aparato y método para peletizar hidrocarburos pesados y asfaltos. Se suministra calor al material para que fluya a través de un conducto por donde sale el fluido, y se encuentra con una corriente que
30 actúa como medio de peletización al romper la corriente de hidrocarburo. El aparato tiene un recipiente donde se mezcla el fluido de peletización con los pellets, formando un slurry, que es transportado para separación del fluido. El mecanismo de formación de las partículas no garantiza la formación uniforme y homogénea de las mismas.

35 La solicitud de patente **WO2013/106897 A1** describe un proceso de extracción con solvente. Inicialmente realiza un craqueo térmico moderado, obteniendo dos corrientes; una de las cuales es rica en asfaltos. El reactor utiliza un gas de barrido que puede ser nitrógeno, vapor de hidrógeno o hidrocarburo liviano. La corriente rica en asfaltos es llevada a una unidad de separación de solvente y finalmente, los asfaltos son
40 separados en una unidad inercial obteniéndose asfaltos sólidos y secos. El proceso se encuentra conformado por un calentador, un reactor con separador, una unidad de extracción de solvente y una unidad de separación inercial. En el documento no se describe el mecanismo de secado, ni la granulación o formación de hilos, todo el proceso

- 5 se lleva a cabo en unidades diferentes y la separación de asfaltenos se realiza en una unidad inercial.

La aplicación de patente **GB2134537A** presenta un proceso de extracción de solvente por evaporación. Los asfaltenos que contienen solvente residual son pasados a través de una
10 extrusora ventilada y caliente (200°F-370°F (366K-643K)) y el solvente volatilizado es recuperado y reciclado al sistema de extracción. El producto de asfaltenos puede ser extruido en un baño de agua fría, fragmentado, secado y recolectado. El proceso consta de separador, condensador, sedimentador y extrusora de doble tornillo ventilada. En este
15 proceso, la extracción del solvente y la formación del material se realizan en unidades diferentes, se emplea agua fría para fragmentar el producto sólido, no se menciona peletización de asfaltenos.

La patente **US3847751** menciona el tratamiento de un asfalto obtenido como un subproducto en un proceso de desasfaltado con disolvente, este asfalto se trata para
20 obtener un subproducto útil. La mezcla de asfalto y disolvente se calienta. Posteriormente, el disolvente se separa como vapor y el asfalto se enfría para producir un líquido útil como fuel oil, un material en escamas o un material en polvo. Si la corriente de asfaltenos se lleva directamente a la torre de pulverización y se pone en contacto con gas inerte o vapor antes de que caiga a una banda se formará un concentrado de asfaltenos en forma de
25 polvo o gránulos. Los gránulos tendrán punto de fusión de 400°F a 500°F (478 K a 533K), mientras que las escamas del enfriador tendrían un punto de fusión de 250°F a 400°F (394K a 478K). En este proceso, la separación asfaltenos/disolvente se lleva a cabo en una torre de desasfaltado profundo, calentamiento de la mezcla luego de salir de la torre a 600°F (588K), las partículas pulverizadas de asfaltenos son recibidas en una superficie
30 enfriada con agua en movimiento.

En el documento **US6331245B1 - MXPA01002768** se desarrolla un proceso y sistema para el mejoramiento de crudo pesado y "bitumen", y recuperación de energía por producción de vapor. La corriente que contienen asfaltenos sigue un paso opcional de
35 peletización, los cuales son utilizados como combustible para combustión. Los asfaltenos son utilizados igualmente como materia prima de gasificación para producir vapor de inyección y gas de síntesis. El recipiente de peletización tiene una zona superior de pulverización que contiene una cabeza giratoria con orificios, seguido de una zona de formación de esferas, una zona de enfriamiento y un baño acuoso de enfriamiento. De
40 igual forma, boquillas para rociar agua a la zona de enfriamiento para solidificar los gránulos líquidos que se recogen en el baño. Finalmente, posee un separador líquido/sólido para deshidratar los gránulos de la suspensión. En el proceso descrito, la separación del solvente se realiza en una unidad diferente, los asfaltenos son inicialmente

- 5 pulverizados, el equipo utiliza en la parte superior una cabeza giratoria con orificios, utiliza agua para enfriamiento de los gránulos (60°F a 140 °F (289K a 333K)).

En ninguna de las invenciones del estado de la técnica, antes mencionadas, se presenta una alternativa que permita la recuperación simultánea de parte del crudo mejorado, solvente residual y un sólido asfáltico seco, listo para ser empleado como combustible dentro del proceso. Algunas invenciones se enfocan en la obtención de un sólido asfáltico granulado o se orientan en la recuperación de solvente de la corriente de asfaltenos que sale del proceso. La configuración de la presente invención logra asegurar un proceso que integra los requerimientos antes mencionados, de fácil operación y bajo costo, aplicable a procesos de desasfaltado en campo de producción.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

20 La presente invención provee un aparato y un método que da solución a tres de los principales factores que afectan la aplicabilidad del proceso de desasfaltado en los campos de producción de crudos pesados y extrapesados. Se refiere a las pérdidas de solvente durante el proceso de extracción, recuperación de una fracción del crudo mejorado en la mezcla y la obtención de un sólido asfáltico. El diseño del aparato de la presente invención logra cerrar el ciclo del solvente disminuyendo las necesidades de reposición, recupera parte del crudo mejorado remanente elevando la eficiencia del proceso y entrega un sólido asfáltico con las características necesarias para ser aplicado como combustible, ya sea dentro del mismo proceso o para satisfacer necesidades energéticas de áreas cercanas.

30 La configuración de la invención permite la disminución de los costos de inversión y operación, pues logra realizar tres operaciones en un mismo aparato. La invención está constituida por un dispositivo mecánico para introducir carga al proceso; un recipiente que permite aplicar calentamiento, agitar, extraer vapores; un dispositivo de extrusión con calentamiento propio, instalado en el recipiente y una unidad de enfriamiento.

La invención descrita, recibe como materia prima, una mezcla que puede estar compuesta por: un crudo mejorado residual, un solvente que puede ser una fracción liviana de un crudo, un condensado de un campo de producción, una corriente de refinería, un solvente puro o un derivado de los anteriores. La corriente de entrada puede estar compuesta por uno, dos o tres de los componentes descritos anteriormente en cualquiera de las proporciones posibles.

5 La corriente de entrada es transferida a través de un dispositivo de bombeo hacia el interior del recipiente. Una vez se encuentra dentro del recipiente, la mezcla recibe la energía necesaria para evaporar el solvente que se encuentra en ella. Durante el tiempo de residencia dentro del recipiente se puede aplicar agitación al material con un agitador tipo ancla o tipo dos cintas metálicas enrolladas en espiral, con el fin de facilitar la

10 transferencia de masa y calor. Una vez se evapora el solvente de la masa al interior del recipiente, se sigue transfiriendo energía, esta vez con el fin de recuperar una fracción de crudo mejorado residual y mantener los sólidos asfálticos fluidos. Al finalizar la evaporación y retiro del solvente y del crudo mejorado, dentro del recipiente se encontrará un sólido fluidizado de naturaleza asfáltica, el cual es sometido a presión con el fin de

15 facilitar la salida del material del recipiente. El fluido asfáltico pasa del recipiente a un dispositivo de extrusión, donde los asfaltenos toman forma de hilos o partículas. Los sólidos que salen del extrusor caen directamente a una unidad de enfriamiento, donde se hace pasar un fluido refrigerante, con el fin de disminuir su temperatura y facilitar su transporte y manejo. Posteriormente los sólidos son sometidos a un manejo de los ya

20 conocidos, como válvulas rotativas de paletas, banda de transporte, cangilones, almacenamiento en silos, entre otros.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

25

Fig. 1. La Figura 1 es el esquema de una de las modalidades del aparato, se representan las entradas, salidas y partes que lo componen.

Fig. 2. La Figura 2 presenta el diseño de boquillas de distribución de asfaltenos.

Fig. 3. La Figura 3 muestra los hilos de asfaltenos obtenidos al terminar el proceso de

30 secado.

Fig. 4. La Figura 4 presenta la localización de las temperaturas en el aparato de separación y obtención de asfaltenos seco.

Fig. 5. La Figura 5 representa los detalles de la geometría del agitador tipo ancla aparato de invención.

35 **Fig. 6.** La Figura 6 representa los detalles de la geometría del agitador tipo RibbonBlender aparato de invención.

Fig. 7. La Figura 7 representa la relación entre la temperatura del fluido y la fracción de solvente en el interior del aparato de invención.

Fig. 8. La Figura 8 representa relación entre la temperatura alcanzada por el fluido y la

40 cantidad de energía requerida para la evaporación del solvente.

Fig. 9. La Figura 9 representa la curva de temperatura en prueba de desempeño del aparato de invención.

5 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

A continuación, se presenta una descripción detallada de la invención. El objeto de esta descripción es dar claridad sobre los detalles propios de la misma, pero no limitarla únicamente a esta modalidad. Es parte del conocimiento normal de la persona versada en la materia, que algunas de las variables de proceso, e incluso la disposición de algunos de los equipos, pueden ser modificadas sin alterar substancialmente la invención.

La presente invención se caracteriza por estar compuesta por un aparato para la recuperación simultánea de solvente, crudo mejorado y sólido asfáltico seco en un proceso de desasfaltado, constituido por los siguientes elementos:

- Un dispositivo (101) tipo tornillo sinfín o para el manejo de sólidos
- Un recipiente (102) diseñado para aplicar energía.
- Un dispositivo agitador (103) tipo ancla o tipo dos cintas metálicas enrolladas en espiral.
- Un sistema de calentamiento interno (104) tipo chaqueta o serpentín.
- Un dispositivo de extrusión (105) que consta de una lámina perforada de 1 a 30 orificios, preferiblemente entre 7 a 19 orificios y diámetro de cada orificio entre 0,002 mm y 0,005 mm, preferiblemente entre 0,003 mm y 0,004 mm y de un sistema interno de calentamiento.
- Una unidad de enfriamiento (106) que está conformada por una cavidad tubular, que emplea gases o agua como fluidos de enfriamiento.
- Un conducto para extraer vapores (107) del recipiente.
- Una válvula inferior de salida del recipiente (108).
- Un sistema de presurización (109) para la inyección de gas inerte.

Etapas del proceso.

La invención descrita, recibe como carga, una mezcla que generalmente está compuesta por: una fracción pesada de naturaleza asfáltica; un crudo mejorado residual y un solvente que puede ser: una fracción liviana de un crudo, un condensado de un campo de producción, una corriente de refinería, un solvente puro o un derivado de los anteriores. Aunque generalmente en la carga se presentan los tres componentes, la corriente de entrada también puede estar compuesta por uno, dos o tres de ellos, en cualquiera de las proporciones posibles. La fracción en peso de los sólidos dentro de la mezcla de entrada al proceso puede variar en un intervalo desde el 10 al 65% en peso, mientras la fracción líquida está constituida por solvente y crudo mejorado, que puede alcanzar una composición máxima del 85%. En el rango de las composiciones descritas se pueden

- 5 presentar viscosidades de mezcla entre 0,01 Pa.s a 0.045 Pa.s a temperaturas entre 300 - 350 K.

La corriente antes descrita, es introducida al proceso a través de un dispositivo (101) de los conocidos en el estado del arte, para conducción de este tipo de mezcla, tal como
10 bombas para manejo de sólidos o tornillos sinfín.

La mezcla es recibida en un recipiente (102) diseñado de tal forma que se le pueda aplicar energía para calentamiento interno (104); inducir la homogenización del contenido con un dispositivo agitador (103) tipo ancla o tipo dos cintas metálicas enrolladas en
15 espiral (*Ribbon blender*); extraer vapores (107) e inducir presurización mediante un gas inerte. El calentamiento interno del recipiente (104) se puede aplicar a través de cualquiera de los dispositivos conocidos en el estado del arte, como serpentines o chaquetas.

20 Una vez la corriente de carga entra al recipiente (102), se somete a un calentamiento que lo lleva a la temperatura necesaria para lograr la evaporación del solvente. La temperatura debe estar en un intervalo entre 300 K y 430 K. La mezcla continuará su proceso de calentamiento desde la temperatura de evaporación del solvente, hasta una temperatura que permita la fluidez total del material asfáltico dentro del recipiente de 400 y 550 K,
25 iniciando agitación alrededor de los 422 K, permitiendo además, la recuperación de una fracción del crudo mejorado que logra ser evaporado a la temperatura alcanzada. Para la modalidad preferida de la invención, la temperatura alcanza un intervalo entre 420 K y 500 K y se mantiene la homogenización durante el calentamiento para mejorar la transferencia de masa y calor, facilitando la evaporación completa del solvente y la recuperación de la
30 fracción de crudo mejorado que se logre evaporar durante el calentamiento.

Una vez se ha recuperado el solvente y el crudo residual (107), se aplica presión al recipiente mediante la inyección de un gas inerte. La presión debe favorecer la salida del sólido fundido a través de un dispositivo de extrusión (105) que le da la forma requerida al
35 sólido. En la presurización del recipiente se pueden alcanzar valores de presión entre 100-300 kPa , preferiblemente entre 115 kPa y 308 kPa dependiendo de la configuración del sistema.

El asfalto fundido pasa de la válvula de salida del recipiente (108) hacia un dispositivo
40 de extrusión (105) conectado al mismo, el cual posee orificios que permiten la formación de gránulos o hilos. El dispositivo de extrusión (105) consta de una lámina perforada, la cual internamente puede ser calentada para mantener la fluidez del material que lo traspasa. El tamaño de los orificios dependerá de las condiciones para el enfriamiento.

5

Al pasar por el dispositivo extrusor (105), el sólido fluidizado toma la forma de granos o hilos de diámetro conocido, los cuales al salir son conducidos a una unidad de enfriamiento (106) donde el material es súbitamente enfriado por medio de corrientes de nitrógeno, aire o agua. La unidad de enfriamiento (106) está conformada por una cavidad tubular, a través de la que caen sólidos. Posteriormente, los sólidos son sometidos a un manejo de los ya conocidos, como válvulas rotativas, de paletas, banda de transporte, cangilones, almacenamiento en silos.

10

15

Este aparato puede adaptarse como etapa final para procesamiento de corrientes de fondo de procesos de mejoramiento de crudos pesados y extra pesados, procesos de separación de fases pesadas y/o procesos de coquización retardada.

5

EJEMPLOS

Ejemplo 1. Desarrollo de boquilla o conjunto de boquillas para la evacuación de los asfaltenos fluido.

10

El diseño conceptual de la boquilla fue realizado mediante un modelo de simulación con la herramienta ANSYS FLUENT, los modelos se construyeron utilizando el solver, basado en presión y en estado estacionario, incluyendo aceleración gravitacional (- 9.81 m/s² en la dirección y). El modelo incluyó balances de energía. Para el movimiento del aire alrededor del equipo se aplicó un modelo de turbulencia k-ε con funciones de pared estándar. Los orificios de la boquilla estuvieron conformados por 374 tubos estándar de diámetro interno igual a 0.0103 m y 0.076 m de longitud con una distribución triangular y un paso de 0.015 m. Además, se consideró una temperatura de 473 K y presión de 308 kPa en el interior del aparato. Se modelaron cinco (5) casos en los cuales la variable independiente fue la temperatura de la chaqueta. De acuerdo con los resultados de la tabla 1, de los cinco (5) casos simulados, cuatro mostraron tiempos de descarga inferiores a 3 horas, considerados como adecuados; pero se observó que la temperatura de salida del asfalteno aumentó al disminuir el tiempo de descarga, situación que podría llegar a no favorecer el enfriamiento de los asfaltenos con aire.

15

20

25

Tabla 1. Resultados de la boquilla con calentamiento.

Temp. chaqueta (K)	Flujo hidrocarburo (kg/s)	Temp. salida (K)	Tiempo descarga (h)
523	4.160E-04	489	5.2
548	7.274E-04	493	2.9
573	1.068E-03	496	2.0
598	1.357E-03	500	1.6
623	1.588E-03	504	1.3

30

Ejemplo 2. Resultados pruebas para descarga asfaltenos con placa de 7 y 19 orificios.

En las pruebas para descarga de asfaltenos, se evaluaron placas de 7 orificios (0.0037 m o 0.00475 m) y de 19 orificios (0.003 m o 0.004 m), bajo condiciones de temperatura y presión ajustada, así como la presión de la línea de aire de enfriamiento. En la figura 2 se

35

5 muestra el diseño de las boquillas de distribución de asfaltenos, para el caso de 19 orificios. En la figura 3 se observan los hilos de asfaltenos obtenidos al final del proceso. En la Figura 4 se localizan los puntos de las temperaturas en el aparato, donde: la temperatura de la zona 1 (T. Zona 1) es la temperatura del fluido dentro del equipo; la temperatura en la zona 2 (T. Zona 2) corresponde a la temperatura en la zona del equipo donde se produce el enfriamiento y la temperatura de la zona 3 (T. Zona 3) es la temperatura obtenida por el fluido después del enfriamiento.

10

Tabla 2. Resultado pruebas en el aparato de separación y obtención de asfaltenos seco.

# orificios	Presión (kPa) (Programada)	Línea	T Zona 1 (K)	T Zona 2 (K)	T Zona 3 (K)	Presión equipo (kPa)	Flujo asfaltenos (g/min)	total
7	122		516	470	322	177.6	16,59	
7	122		525	482	415	177.6	32,69	
7	122		522	490	492	177.6	28,97	
7	122		518	481	420	190.95	31,71	
7	122		528	498	423	190.95	36,15	
7	142.6		515	469	307	177.6	16,59	
7	142.6		523	500	396	190.95	36,15	
7	163.3		515	468	304	177.6	16,59	
7	163.3		510	485	353	208.8	22,22	
7	163.3		522	486	355	190.95	23,81	
7	163.3		524	500	394	190.95	36,15	
7	184		516	470	303	177.6	16,59	
7	184		524	490	358	177.6	26,84	
7	184		523	493	361	190.95	36,15	
7	204.7		499	482	323	208.8	22,22	
7	204.7		520	481	325	190.95	23,81	
7	204.7		510	486	343	190.95	36,15	
19	122		527	499	334	211.6	11,56	
19	122		532	505	445	163.4	20,21	
19	122		533	501	343	197.8	24,15	
19	122		545	511	471	266.8	29,09	
19	122		537	510	490	239.2	34,75	
19	122		533	495	343	225.4	37,99	
19	122		524	493	524	115.1	39,12	
19	142.6		538	499	353	197.8	24,15	
19	142.6		540	506	418	266.8	29,09	

19	142.6	523	492	386	115.1	39,12
19	163.3	544	509	445	211.6	22,84
19	163.3	532	497	339	197.8	24,15
19	163.3	545	502	486	253	32,79
19	184	537	497	387	266.8	36,93
19	204.7	545	508	398	184	28,6

5

Ejemplo 3. Simulación para la transferencia de calor dentro del equipo de secado empleando dos diferentes tipos de mezcladores para la agitación del fluido.

10 Se utilizó la herramienta ANSYS MESHING para el caso del equipo de la planta de 1 BPD, empleando dos clases de mallados, uno para la configuración con agitador tipo ancla basado en las dimensiones medidas en la planta piloto, cuyo detalle se muestra en la figura 5 y otro para la configuración con agitador tipo Ribbon Blender como se muestra en la figura 6 que consiste en dos cintas metálicas enrolladas en espiral.

15

Para la prueba realizada se utilizó una carga sintética formada por 2.74 kg de fase pesada proveniente del decantador (asfaltenos en su mayor proporción) y 1.55 kg de solvente (2.422 ml).

20 En ambos casos, después de la carga, el equipo se sometió a una etapa de calentamiento durante la cual se mantuvo el agitador en movimiento a 5 RPM, mientras los vapores que se formaron fueron condensados y recuperados. Durante este periodo se registró la curva de temperatura de las resistencias, la curva de temperatura en la parte inferior del fluido y el valor recuperado de solvente condensado (Tabla 3).

25

Tabla 3. Desempeño del equipo durante la prueba.

t (min)	T resistencias (K)	T interna (K)	Solvente recuperado (ml)	Fracción solvente Recuperado
5	233	308	0	0.00
25	373	317	375	0.15
35	423	347	710	0.29
48	473	373	1135	0.47
65	523	476	1710	0.71
95	573	533	2120	0.88

30 Estos datos permitieron establecer una relación entre la temperatura del fluido y la fracción de solvente en el interior del equipo (Figura 7). Adicionalmente, conociendo el

5 calor latente de evaporación del solvente y midiendo la cantidad de solvente evaporado, se pudo establecer una relación entre la temperatura alcanzada por el fluido y la cantidad de energía requerida para la evaporación del solvente (Figura 8).

- **Equipo para la planta piloto con resistencias configuradas a 379 K**

10

Una vez configurado el modelo en el software ANSYS FLUENT se procedió a realizar la simulación. En primera instancia se fijó la temperatura de las resistencias en 379K, se ajustó el volumen inicial de llenado y se calculó hasta obtener convergencia, tanto para el equipo con agitador tipo ancla, como para con el del agitador tipo RibbonBlender.

15

Se establecieron los diferentes aspectos de la distribución de temperatura. Se determinó que en el equipo tipo ancla se alcanzan valores mayores:

- 89.9 °C para el equipo con agitador tipo ancla
- 20 • 84.6 °C para el equipo con agitador tipo RibbonBlender

Para el agitador tipo ancla se muestran dos zonas continuas con velocidades altas a la misma altura, mientras que para el agitador tipo RibbonBlender, las zonas de alta velocidad son menores y solo hay una de ellas por nivel. Lo anterior sugiere que con el agitador tipo ancla se puede encontrar mayor velocidad media en el fluido, lo cual se comprueba al hacer el cálculo:

25

- 0.0181 m/s para el equipo con agitador tipo ancla
- 0.0136 m/s para el equipo con agitador tipo RibbonBlender.

30

- **Equipo para la planta piloto con resistencias configuradas a 541K**

Se fijó la temperatura de las resistencias en 541K, y se calculó hasta obtener convergencia tanto para el equipo con agitador tipo ancla como para el agitador tipo Ribbon Blender. Se observó una interfase de mayor tamaño para el equipo con agitador tipo Ribbon Blender; mientras que con el equipo tipo ancla se alcanzan valores mayores de distribución de temperatura, esto se confirma al calcular el valor medio de la temperatura del hidrocarburo:

35

- 40 • 246.6 °C para el equipo con agitador tipo ancla
- 230.8 °C para el equipo con agitador tipo Ribbon Blender

5 Ejemplo 4. Resultados de pruebas de evaluación en el aparato de invención

En la prueba del aparato de invención, se alimentó una carga compuesta por una mezcla de crudo mejorado, solvente y material asfáltico, provenientes de una corriente de fondos del proceso de desasfaltado ECODESF®. La carga fue de aproximadamente 26
10 barriles de mezcla de crudo mejorado, solvente y material asfáltico obtenidos de una corriente de fondos del proceso. Inicialmente, se suministró calor, manteniendo el equipo a una presión de 239 kPa. La temperatura se llevó desde 300 K hasta alcanzar la separación total del solvente a 430 K, durante 150 minutos.

15 Posteriormente, se aumentó la temperatura del equipo hasta llegar a 411 K, se inició la agitación con el propósito de homogenizar la mezcla de crudo mejorado y material asfáltico con el fin de asegurar una mejor transferencia de calor a todo el sistema. Transcurrido el tiempo de operación, se alcanzó una temperatura de 500 K, en la que además de asegurar la fluidez del material, se recuperó una fracción cercana al 10% del
20 crudo mejorado original en la mezcla. En la figura 9 se presenta la curva de temperatura contra tiempo de operación del equipo de invención.

Una vez finalizado el ciclo de calentamiento en el aparato, el material fundido pasó a través de la válvula de descarga. Durante la descarga de la mezcla asfaltenos con crudo
25 mejorado, se mantuvo el calentamiento del aparato, para evitar la solidificación y facilitar la transferencia del material al sistema de manejo de sólidos. Aguas abajo de la válvula de descarga, se ubicó un dispositivo de refrigeración con agua para garantizar el enfriamiento y solidificación del material. En la composición de los sólidos, el 79 % correspondió a asfaltenos, equivalente a 2.76 toneladas. La masa restante (21%)
30 correspondía al crudo mejorado arrastrado por los sólidos.

5 REIVINDICACIONES

1. Un aparato para la recuperación simultánea de solvente, crudo mejorado y sólido asfáltico seco en un proceso de desasfaltado caracterizado por que comprende las siguientes partes:

- 10 • Un dispositivo (101) de transporte de una mezcla de crudo mejorado, solvente y sólido asfáltico, para el transporte desde el proceso de desasfaltado al interior del aparato.
- Un recipiente (102) que cuenta con una entrada, controlada por una válvula, por donde ingresa la mezcla al aparato.
- 15 • Un dispositivo de agitación (103) para la homogeneidad en la transferencia de masa y calor dentro del recipiente.
- Un sistema de calentamiento (104) incorporado al recipiente para el aumento de temperatura del material en el interior del mismo.
- Un dispositivo de extrusión (105) constituido por una lámina con orificios para fragmentar los sólidos en hilos o partículas.
- 20 • Una unidad de enfriamiento (106) instalada en el recipiente, que recibe los sólidos formados en la extrusión y los pone en contacto con un flujo de gases o agua de enfriamiento.
- Un conducto para salida de vapores (107) del recipiente.
- 25 • Una válvula inferior de salida (108) que regula el paso de los asfaltenos fundidos hacia el dispositivo de extrusión.
- Un sistema de presurización (109) instalado en el recipiente, sistema, para la inyección de gas inerte.

30 **2.** El aparato para la recuperación simultánea de solvente, crudo mejorado y sólido asfáltico seco, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el dispositivo (101) de transporte de la mezcla, es un tornillo sinfín.

35 **3.** El aparato para la recuperación simultánea de solvente, crudo mejorado y sólido asfáltico seco de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el dispositivo de agitación es un agitador compuesto de dos cintas metálicas enrolladas en espiral.

40 **4.** El aparato para la recuperación simultánea de solvente, crudo mejorado y sólido asfáltico seco de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque dispositivo de agitación es un agitador tipo ancla.

5. El aparato para la recuperación simultánea de solvente, crudo mejorado y sólido asfáltico seco de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el sistema de

- 5 presurización emplea gas inerte para la salida de los sólidos fundidos hacia el dispositivo de extrusión.
6. El aparato para la recuperación de solvente, una fracción del crudo mejorado y sólido asfáltico seco de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el
10 dispositivo de extrusión (105) está conformado por una lámina perforada de 1 a 30 orificios, preferiblemente entre 7 a 19 orificios y diámetro de cada orificio entre 0,002 mm y 0,005 mm, preferiblemente entre 0,003 mm y 0,004 mm.
7. El dispositivo de extrusión está conformado por una lámina perforada con orificios
15 de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque posee calentamiento interno para mantener el sólido fluido mientras es extruido.
8. El aparato para la recuperación de solvente, una fracción de crudo mejorado y sólido asfáltico seco de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la unidad
20 de enfriamiento (106) está conformada por una cavidad tubular, a través de la que caen sólidos.
9. El aparato para la recuperación simultánea de solvente, fracción de crudo mejorado y sólido asfáltico seco de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado
25 porque la unidad de enfriamiento (106) instalada en el recipiente emplea gases como nitrógeno o agua como fluidos de enfriamiento.
10. El método para la recuperación simultánea de solvente, fracción de crudo mejorado y sólido asfáltico seco en un proceso de desasfaltado que comprende las
30 siguientes etapas de:
- a. Transferir el material a procesar del el proceso de desasfaltado hacia el aparato que permite la recuperación simultánea de solvente, fracción de crudo mejorado y sólido asfáltico seco.
 - 35 b. Una vez dentro del aparato, calentar el material en el recipiente hasta el punto de ebullición del solvente entre 300 y 430 K, evaporándolo totalmente.
 - c. Iniciar una homogenización permanente del material dentro del recipiente.
 - d. Continuar calentando el material dentro del recipiente hasta una temperatura que permita la evaporación y recuperación de la fracción liviana del crudo mejorado
40 presente en el material, entre 400 y 550 K.
 - e. Mantener el calentamiento dentro del recipiente, a la máxima temperatura que pueda suministrar el sistema de calentamiento, para que el sólido permanezca fundido y fluido.

- 5 f. Aplicar presión dentro del recipiente, presurizando el sistema entre 100-310 kPa, para facilitar la descarga del material.
- g. Abrir la salida del recipiente para que el flujo pase hacia el dispositivo de extrusión.
- h. Mantener el fluido caliente y extrudirlo a través del paso del mismo por el dispositivo de extrusión.
- 10 i. Formar hilos o gotas del material para hacerlas caer a través de la unidad de enfriamiento donde un gas o agua permite su enfriamiento.

11. El método para la recuperación simultánea de solvente, crudo mejorado y sólido asfáltico seco de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque la mezcla asfáltica o lodo asfáltico de entrada tiene una composición típica entre 10% y el 65% de sólidos, y la composición restante corresponde a la mezcla líquida de solvente y crudo mejorado, hasta una composición máxima del 85%.

12. El método para la recuperación simultánea de solvente, crudo mejorado y sólido asfáltico seco de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque la mezcla asfáltica o lodo asfáltico puede presentar una viscosidad entre 0.01 y 0.045 Pa.s a temperaturas entre 300 - 350 K.

13. El método para la recuperación simultánea de solvente, crudo mejorado y sólido asfáltico seco de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado porque una vez dentro del recipiente, la mezcla se somete a un calentamiento en un intervalo entre 300 K y 430 K para lograr la evaporación del solvente.

14. El método para la recuperación simultánea de solvente, crudo mejorado y sólido asfáltico seco de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque se recupera el crudo mejorado al continuar calentando la mezcla desde 400 K hasta 550 K, iniciando agitación alrededor de los 422 K.

15. El método para la recuperación simultánea de solvente, crudo mejorado y sólido asfáltico seco de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque se aplica presión al sistema entre 115 kPa y 308 kPa.

16. El método para la recuperación simultánea de solvente, crudo mejorado y sólido asfáltico seco de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque los hilos o gotas formados pasan a través de la unidad de enfriamiento donde se ponen en contacto con gases tipo nitrógeno o aire, o agua.

17. El método para la recuperación simultánea de solvente, fracción de crudo mejorado y sólido asfáltico seco en un proceso de desasfaltado donde el aparato puede

- 5 adaptarse como etapa final para procesamiento de corrientes de fondo de procesos de mejoramiento de crudos pesados y extra pesados, procesos de separación de fases pesadas y/o procesos de coquización retardada.

5

RESUMEN

10

15

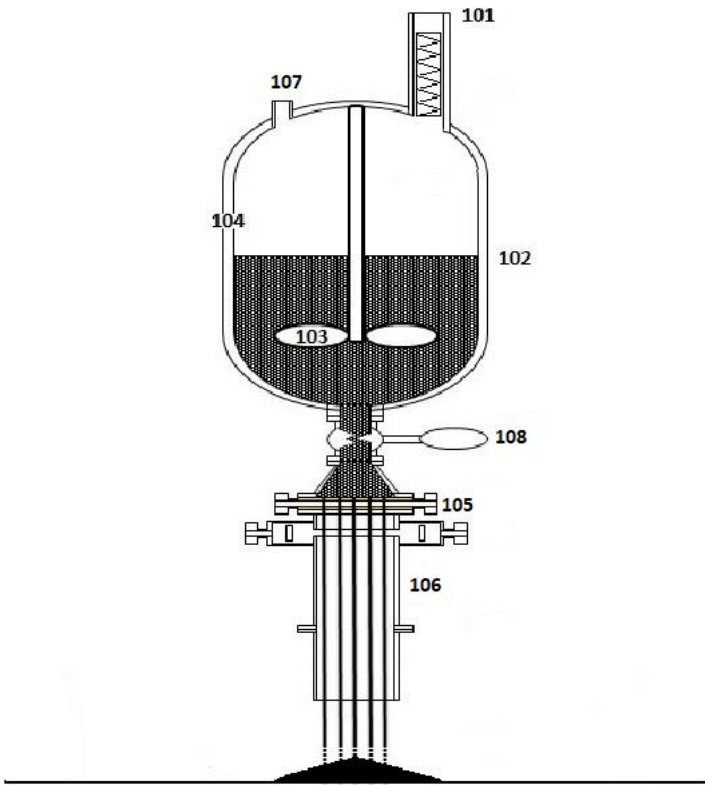
La presente invención provee un aparato y un método, constituido por un dispositivo mecánico para introducir carga, compuesta por una mezcla de un crudo mejorado residual, un sólido asfaltenico y un solvente al proceso; un recipiente que permite aplicar calentamiento, agitar, extraer vapores; un dispositivo de extrusión con calentamiento propio, instalado en el recipiente y una unidad de enfriamiento. El aparato y el método de la presente invención logra cerrar el ciclo del solvente disminuyendo las necesidades de reposición, recupera parte del crudo mejorado remanente elevando la eficiencia del proceso y entrega un sólido asfálténico con las características necesarias para ser aplicado como combustible.

5

FIGURAS

FIGURA 1

10



5

FIGURA 3

10

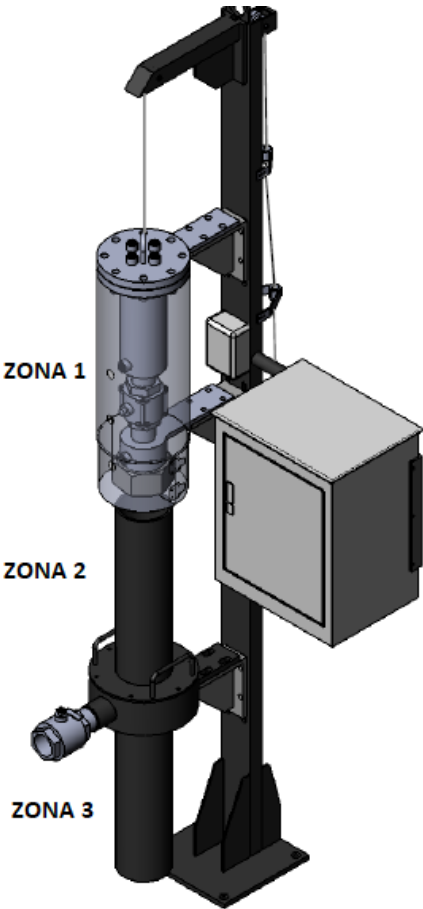
15

20



5

FIGURA 4



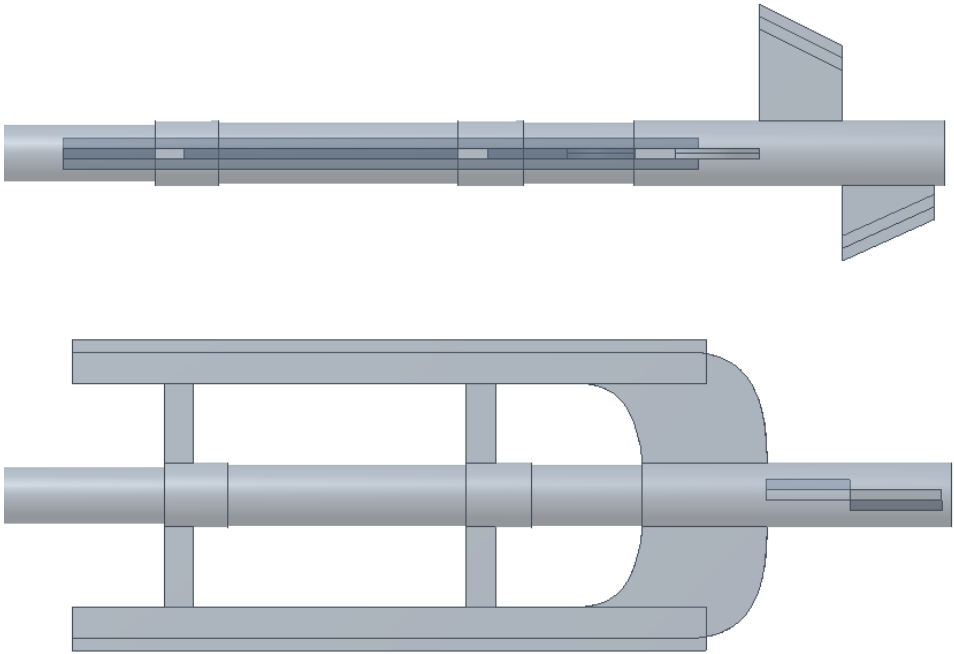
10

15

20

5

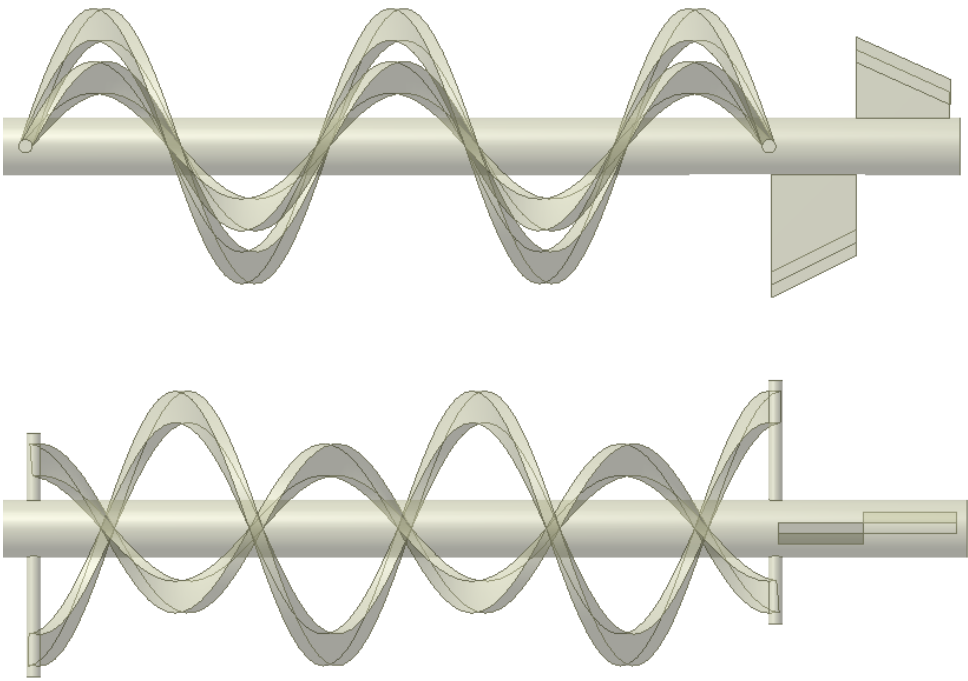
FIGURA 5



10

5

FIGURA 6



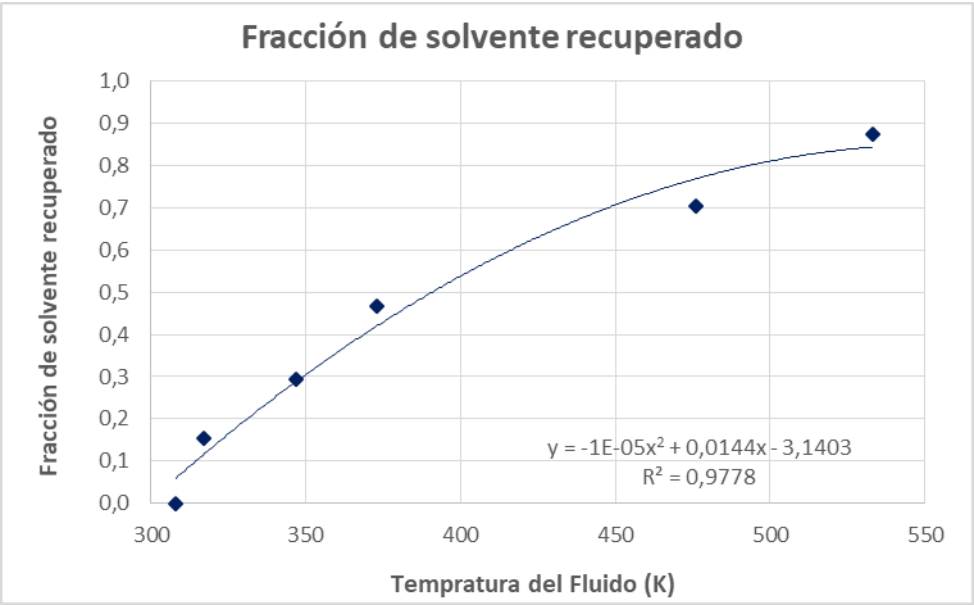
10

15

5

FIGURA 7

10



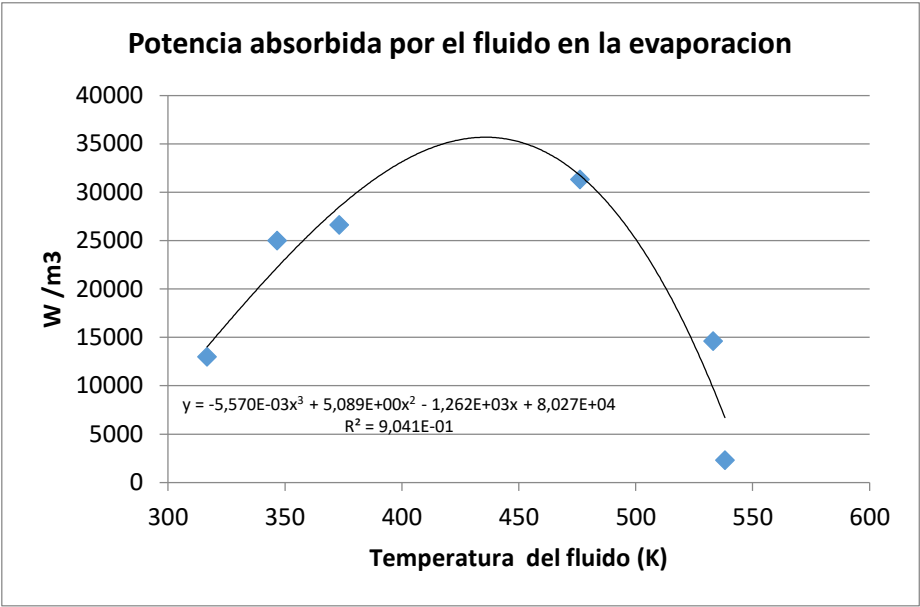
15

20

5

FIGURA 8

10



15

5

FIGURA 9

