



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN/ MONAGAS/ VENEZUELA**

**ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA THAI  
PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CRUDOS  
PESADOS Y EXTRAPESADOS**

**REALIZADO POR:  
EMILIO ALEXANDER, ARCINIEGAS LÓPEZ  
JULIÁN ARGENIS, MOLINET SUÁREZ**

**Seminario presentado ante la Universidad de Oriente como requisito parcial  
para optar al Título de**

**INGENIERO DE PETRÓLEO**

**MATURÍN, OCTUBRE DE 2011**



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN/ MONAGAS/ VENEZUELA**

**ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA THAI  
PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CRUDOS  
PESADOS Y EXTRAPESADOS**

**REALIZADO POR:  
EMILIO ALEXANDER, ARCINIEGAS LÓPEZ  
C.I: 17.721.540  
JULIÁN ARGENIS, MOLINET SUÁREZ  
C.I: 19.081.750**

**REVISADO POR:**

---

**Ing. Milagros Sucre  
Asesor Académico**

**MATURÍN, OCTUBRE DE 2011**

# ACTA DE APROBACION



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN/ MONAGAS/ VENEZUELA

ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA THAI  
PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CRUDOS  
PESADOS Y EXTRAPESADOS

REALIZADO POR:


EMILIO ALEXANDER, ARCINIEGAS LÓPEZ

C.I: 17.721.540


JULIÁN ARGENIS, MOLINET SUÁREZ

C.I: 19.081.750

APROBADO POR:

  
Ing. Milagros Sucre  
Jurado Principal

  
Ing. Tomás Marín  
Jurado Principal

  
Ing. Alicia Da Silva  
Jurado Principal

  
Ing. Henry Martínez  
Jurado Principal

MATURÍN, OCTUBRE DE 2011

## **RESOLUCIÓN**

De acuerdo al Artículo 41 del reglamento de Trabajos de Grado: “los Trabajos de Grado” son propiedad exclusiva de la Universidad y solo podrán ser usados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”.

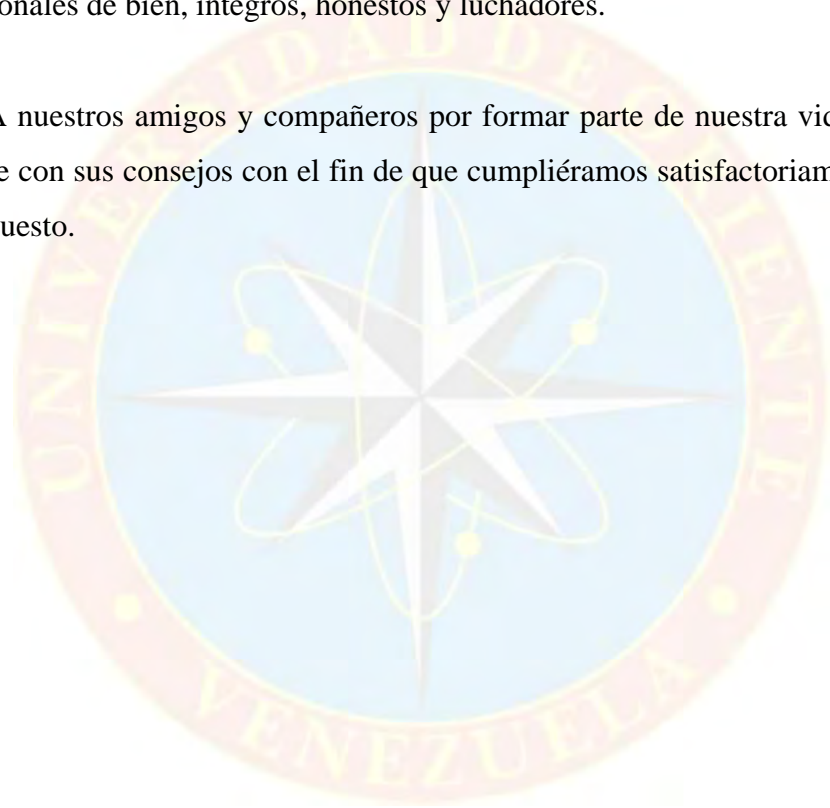


## **DEDICATORIA**

A Dios por ser nuestro padre y creador, permitiéndonos estar aquí cumpliendo nuestras metas y dando siempre nuestro mejor esfuerzo.

A nuestros padres por darnos la vida y guiarnos cada día para convertirnos en profesionales de bien, íntegros, honestos y luchadores.

A nuestros amigos y compañeros por formar parte de nuestra vida y colaborar siempre con sus consejos con el fin de que cumpliéramos satisfactoriamente con todo lo propuesto.



## AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios por estar siempre a mi lado, por concederme la constancia y la sabiduría para alcanzar esta meta tan importante.

A mis padres, José Arciniegas y Aida López, por ayudarme durante toda la carrera con su apoyo incondicional y oportunos consejos con los que he podido superar los momentos difíciles. A mi hermana Vanessa, con quien he compartido los buenos y malos momentos, siempre ha sido un apoyo para mí.

A mi novia Vivian con quien he compartido el mejor momento de mi vida universitaria, por todo el amor y apoyo que me ha brindado.

A la Universidad de Oriente por darme la oportunidad de formarme como profesional y crecer como persona.

A mi Profesora Omaira Salazar quien fue una excelente profesional y un motivo de inspiración, sus enseñanzas me ayudaron mucho y me hicieron interesarme mucho más en la carrera; siempre la recordare. Igualmente, a la Ing. Alicia Da Silva, a quien considero una de las mejores profesoras que he tenido y un ejemplo de constancia, ya que hasta en momentos difíciles de salud ha estado con sus alumnos.

A mi Asesor Académico, Ing. Milagros Sucre, con la cual tuve la oportunidad de adquirir muchos conocimientos tanto en las diferentes materias que pude ver con ella, como durante las Áreas de Grado, una de las pocas profesoras que en verdad se preocupa por sus estudiantes.

A todos los amigos que he hecho durante mi vida universitaria, en especial a Ramón, Camilo, Ángel, Yeliseth, Natasha, Daniel, Taily y a todos aquellos que de

una u otra forma estuvieron presentes de forma positiva durante estos años como estudiante.

A mis compañeros de Áreas de Grado que resultaron ser el mejor grupo con el que he visto clases, siempre dispuestos a ayudarse unos a otros; a mi compañero de proyecto Julián Molinet, quien además de ser un excelente estudiante también es una gran persona y buen amigo.

A toda mi familia y amigos, a todo aquel que estuvo pendiente de mi carrera en la UDO y que creyó que si lo lograría, por todo su apoyo, Gracias.

**Emilio Arciniegas**

Gracias a Dios y al Ángel de mi guarda por protegerme y acompañarme en cada momento y por brindarme salud, fuerzas, y sabiduría para enfrentar cada reto que se presentó durante mi carrera.

A toda mi familia por estar siempre presente, prestándome su apoyo para no desmayar ante las dificultades y por ser mi fuente de inspiración para lograr siempre mis metas. En especial a mis padres Boraima Suárez y Orlando Molinet, por ofrecerme su ayuda plena y sus consejos que siempre me guiaron por el mejor camino tanto en mi carrera como en mi vida. A mis hermanos BorlanyMolinet y Orlando Molinet, por ser mis segundos padres y brindarme su experiencia universitaria y personal a fin de que todo se diera de la mejor manera posible. A mis tíos Maritza Molinet y José Fariñas, por acogerme en su hogar y tratarme siempre como uno más de sus hijos, dándome siempre un trato especial y muy cálido.

A la Universidad de Oriente, por ser mi segundo hogar y prepararme académicamente durante toda mi carrera.

A la Profesora Yannely Brusco, por ser un ejemplo de sabiduría, entusiasmo y cariño que sin duda alguna, se convirtió en una fuente de inspiración y que además me brindó su apoyo incondicional durante toda mi vida universitaria. Además, a la profesora Milagros Sucre, que además de ser mi Asesor Académico, también me otorgó conocimientos valiosos y su apoyo durante la realización de las áreas de grado.

A todos mis amigos, que siempre estuvieron a mi lado, apoyándome, aconsejándome y animándome para seguir adelante y cumplir siempre con lo que me propuse. En especial a Gabriela Parejo, Marianny Padovani, Laurenis Gil, Eleanell Reyes, Magda Jugeshuarsingh, Karla Astudillo, Xavier Gómez, Fernando Romero, y todos aquellos que hicieron posible que hoy me convirtiera en quién soy y que fueron en diversos momentos, mis pilares y mis guías.

A todos mis compañeros de Áreas de grado por ser buenas personas con las que compartí momentos de preocupaciones pero también de alegría y felicidad. A mi compañero de proyecto Emilio Arciniegas, por ser un buen amigo con el que conté, más allá de lo concerniente a la realización de las Áreas de Grado.

A los profesores de Áreas de Grado, por cumplir un excelente trabajo en nuestra formación. En especial a la profesora Alicia Da Silva, quien fue un ejemplo de rectitud, honestidad y sobre todo mucha fortaleza, dando siempre lo mejor de sí, y ayudándonos en todo lo que fuese necesario.

A todas aquellas personas que hicieron posible que hoy estuviera aquí, siempre serán recordados, y le pido a Dios que aún les permita seguir formando parte de mi vida.

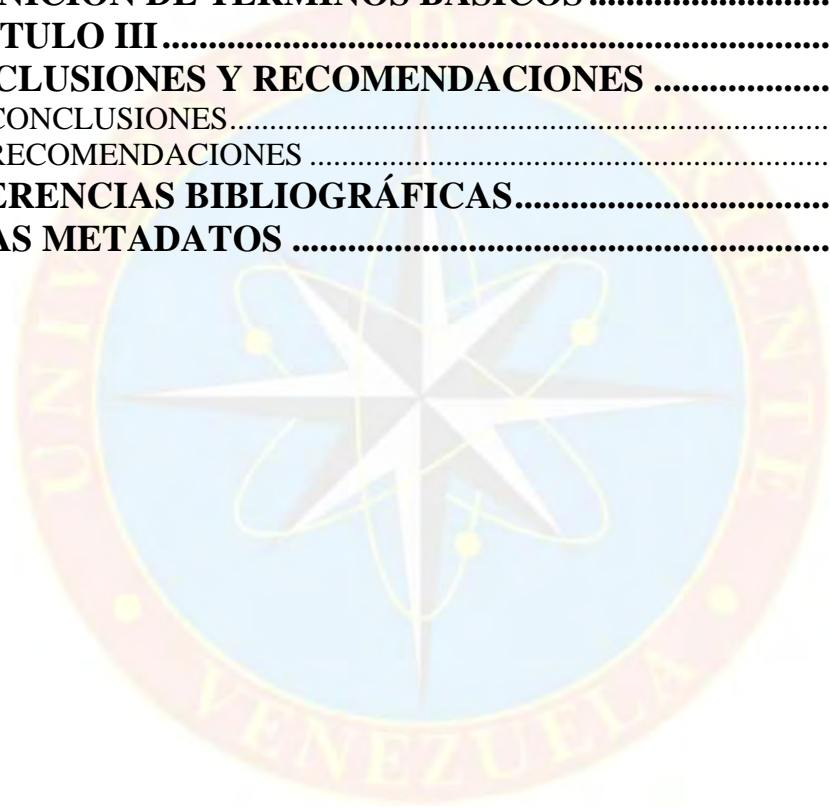
**Julián Molinet.**



## ÍNDICE

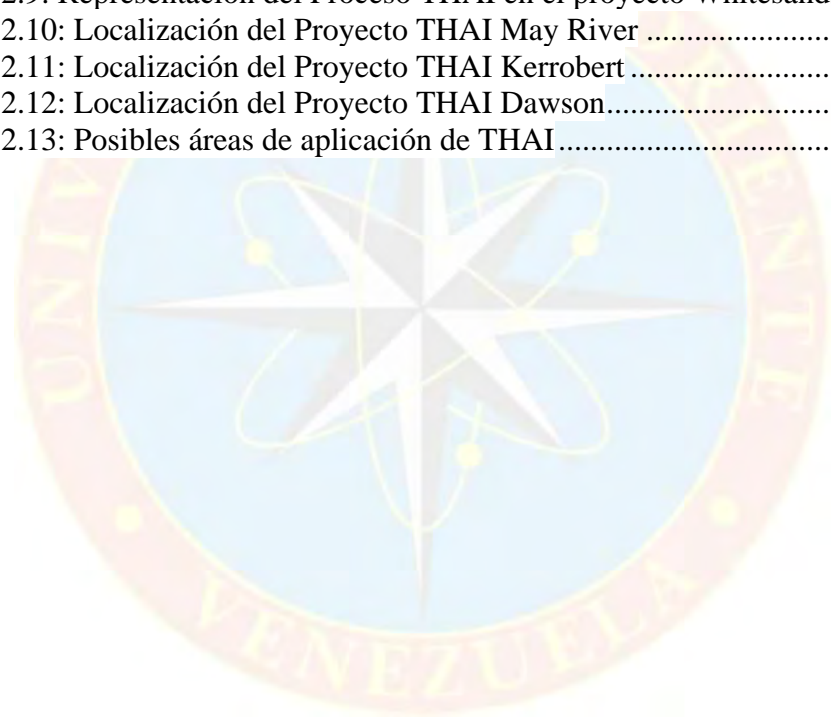
<b>ACTA DE APROBACION .....</b>	<b>iii</b>
<b>RESOLUCIÓN.....</b>	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>xii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>3</b>
<b>EL PROBLEMA .....</b>	<b>3</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.2.1 Objetivo General.....	4
1.2.2 Objetivos Específicos .....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>7</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1 RESEÑA HISTÓRICA .....	7
2.2 BASES TEÓRICAS .....	8
2.2.1 Recuperación Térmica .....	8
2.2.2 Combustión en Sitio .....	9
2.2.3 Crudos pesados y extrapesados.....	10
2.2.4 Pozos Horizontales .....	11
2.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO THAI (TOE TO HEEL AIR INJECTION O INYECCIÓN DE PUNTA A PUNTA).....	12
2.3.1 Equipos de superficie.....	14
2.3.2 Etapas del proceso THAI.....	15
2.3.2.1 Puesta en marcha.....	15
2.3.2.2 Zona de coque .....	15
2.3.2.3 Petróleo movilizado .....	15
2.3.2.4 Combustión .....	16
2.3.2.5 Estado de equilibrio .....	16
2.3.2.6 Estado final .....	17
2.3.3 Criterios para la aplicación de THAI.....	18
2.3.4 Ventajas y desventajas del proceso THAI .....	18
2.3.4.1 Ventajas de THAI .....	18
2.3.4.2 Desventajas de THAI.....	20
2.4 COMPARACIÓN DE LOS BENEFICIOS BRINDADOS POR LA TECNOLOGÍAS THAI, COMBUSTIÓN EN SITIO Y SAGD.....	21

2.4.1 Comparación de THAI y la Combustión en Sitio.....	21
2.4.2 Comparación de THAI y el SAGD (Steam Assisted Gravity Drainage).....	22
2.5 PROCESO THAI / CAPRI.....	23
2.6 PROYECTO THAI DEL ÁREA WHITESANDS.....	25
2.7 PROYECTO THAI MAY RIVER.....	31
2.8 EL PROYECTO THAI KERROBERT.....	33
2.9 PROYECTO THAI DAWSON.....	35
2.10 APLICACIÓN DE THAI A NIVEL INTERNACIONAL.....	36
2.11 APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA THAI EN VENEZUELA.....	38
<b>DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....</b>	<b>40</b>
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>42</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>42</b>
3.1 CONCLUSIONES.....	42
3.2 RECOMENDACIONES .....	43
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>44</b>
<b>HOJAS METADATOS .....</b>	<b>45</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Representación del Proceso THAI. ....	14
Figura 2.2. Diagrama de la etapa de crudo movilizado. ....	15
Figura 2.3. Diagrama representativo del Estado de equilibrio.....	17
Figura 2.4. Diagrama del Estado final. ....	17
Figura 2.5: Representación del Proceso THAI/CAPRI .....	24
Figura 2.6: Localización del proyecto Whitesands.....	26
Figura 2.7: Comparación a nivel de laboratorio del Bitumen de la formación McMurray y el crudo mejorado obtenido por el proceso THAI .....	28
Figura 2.8: Tres pozos de expansión del proyecto Whitesands .....	29
Figura 2.9: Representación del Proceso THAI en el proyecto Whitesands .....	31
Figura 2.10: Localización del Proyecto THAI May River .....	33
Figura 2.11: Localización del Proyecto THAI Kerrobert .....	34
Figura 2.12: Localización del Proyecto THAI Dawson.....	36
Figura 2.13: Posibles áreas de aplicación de THAI.....	37



## LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1: Comparación del proceso THAI frente a la Combustión en Sitio. ....	21
Tabla 2.2: Comparación de los beneficios del proceso THAI frente al SAGD. ....	22
Tabla 2.3: Comparación del Bitumen y el crudo mejorado obtenido mediante el proceso THAI de la Formación McMurray .....	26





**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN/ MONAGAS/ VENEZUELA**

**RESUMEN**

**ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA THAI PARA LA  
OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CRUDOS PESADOS Y  
EXTRAPESADOS**

**AUTORES:**

**Emilio Alexander, Arciniegas López. C.I: 17.721.540  
Julián Argenis, Molinet Suárez. C.I: 19.081.750**

**ASESOR ACADÉMICO:**

**Ing. Milagros Sucre**

Los yacimientos de crudos pesados y extrapesados presentan hidrocarburos de alta viscosidad y baja movilidad, lo cual dificulta la producción de los mismos, para solventar esto no basta con usar equipos de levantamiento artificial y usar técnicas de dilución a fin de disminuir la viscosidad. El incremento de la temperatura en un fluido viscoso, aumenta su movilidad de manera exponencial por lo que en la industria petrolera la aplicación de procesos térmicos ha ofrecido buenos resultados en el incremento del factor de recobro. Son muchas las tecnologías que se han aplicado y estas se han ido mejorando con el tiempo. Tal es el caso de la técnica THAI “Toe to Heel Air Injection” la cual es una mejora de la ya conocida Combustión en Sitio que incrementa la temperatura del yacimiento provocando un incendio en el mismo que a su vez craquea el crudo haciéndolo más móvil y además mejorándolo. THAI une las ventajas de la Combustión en Sitio con los beneficios que ofrecen los pozos horizontales, permitiendo optimizar el proceso de recuperación. Esta técnica podría generar un antes y un después en la extracción de este tipo de crudo que representa el 70% de las reservas mundiales, las cuales oscilan entre 9 y 13 trillones de barriles, y promete incrementar los factores de recobro hasta en un 80% frente a la producción en frío, cuya recuperación oscila entre 1 y 10 % del POES.

## INTRODUCCIÓN

La mayor parte de los recursos de crudo en el mundo, corresponde a hidrocarburos viscosos y pesados, que son difíciles y costosos de producir y refinar. Con la gran demanda, los altos precios y estando en declinación la producción de la mayoría de los yacimientos de crudo livianos y medianos, la atención de la industria en muchos lugares del mundo se está desplazando hacia la explotación de los crudos pesados y extrapesados.

La propiedad del fluido que más afecta a la productividad y la recuperación del crudo es la viscosidad. Sin embargo hay razones de peso para que los crudos pesados y extrapesados cobren un interés nunca antes visto, pues actualmente el precio de los mismos hace que sea económicamente rentable su explotación. Además de esto, las inmensas reservas que existen a nivel mundial, caso de Canadá y Venezuela, hacen del crudo pesado y extrapesado un recurso energético de gran importancia en el futuro cercano considerando que cada vez el consumo de combustibles fósiles se incrementa.

En vista del reto que significa extraer los crudos pesados y extrapesados, y la importancia que tienen actualmente, se han desarrollado diferentes tecnologías con el objetivo de incrementar el factor de recobro (1 al 10% del POES mediante producción en frío), pues la mayor parte del crudo se queda en el yacimiento. Las técnicas que han tenido mejores resultados son las asociadas a procesos térmicos como lo pueden ser la inyección de vapor, la Combustión en Sitio, entre otras, que aprovechan los beneficios de la reducción de la viscosidad de los fluidos con incremento de temperatura.

Las tecnologías ya existentes se han ido mejorando con el tiempo con la finalidad de obtener mayores recobros y otros beneficios como reducción del impacto

ambiental. Tal es el caso de THAI, la cual no es más que una mejora del proceso de Combustión en Sitio, solo que consta de un pozo inyector de aire vertical y uno productor horizontal, con lo que no solo se puede recuperar mayor volumen de crudo (70 a 80 % del POES), sino que permite tener un mayor control de la combustión y una mejora de la gravedad API del crudo debido a procesos de destilación, craqueo térmico y otros que suelen darse en refinerías pero que en este caso se producen en el yacimiento mismo, por lo que además de aumentarse el recobro, también se estaría aumentando el valor económico de este crudo mejorado.

En el presente proyecto se estudiará la aplicación de la tecnología THAI para optimizar la producción de crudos pesados y extrapesados, se identificarán los parámetros requeridos en un yacimiento para su aplicación, además de comparar THAI frente a otras tecnologías para de esta manera justificar su aplicación en la Faja petrolífera del Orinoco (Venezuela), por ser poseedora de las mayores reservas de este tipo de crudo a nivel mundial.



# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la actualidad existe una demanda energética sin precedentes, la cual ha provocado que los crudos pesados y extrapesados que en su momento fueron vistos como recursos de poco valor, ahora sean una importante fuente de energía para el futuro, pues no solo representa la mayoría de las reservas a nivel mundial, sino que los yacimientos convencionales ante el voraz consumo de combustibles, se han ido depletando rápidamente.

La producción de crudo pesado y extrapesado representa un reto para los ingenieros, pues existen muchos problemas para producirlo, siendo los más importantes, las altas viscosidades del crudo y la baja energía del yacimiento donde este se encuentra. Para mitigar la deficiente energía del yacimiento, se han aplicado desde hace muchos años, los Métodos de Levantamiento Artificial, no obstante para que esto suceda, el crudo debe tener una viscosidad que sea manejable por los equipos, es ahí donde entran los procesos térmicos, los cuales buscan mejorar la movilidad del crudo a través del incremento de la temperatura del yacimiento.

Existen técnicas que aunque permiten una producción más eficiente de los hidrocarburos, solo estimulan levemente el yacimiento, pero no aumentan el factor de recobro; otras involucran un proceso de barrido del crudo, que si permiten aumentar el recobro, como es el caso de la Inyección Continua de Vapor y la Combustión en Sitio. A partir de estas se han desarrollado diversas tecnologías que aunque tienen el mismo principio de funcionamiento, se han mejorado para obtener una producción cada vez más óptima. Una de estas tecnologías es THAI, la cual es una modificación



de la Combustión en Sitio, con una configuración de pozos diferente, pues el pozo productor en este caso es horizontal, con lo cual se aumenta la sección productora, mejorando el proceso de combustión mismo y asegurando un mayor volumen de crudo a producir.

Debido a las grandes reservas de crudos pesados y extrapesados existentes en Venezuela, específicamente en la Faja Petrolífera del Orinoco, surge la propuesta de estudiar la tecnología THAI, que ya ha sido aplicada en Canadá y que posiblemente tenga mejores resultados en Latinoamérica, debido a que sus yacimientos poseen características más favorables, entre las cuales destaca su temperatura.

A pesar de tener varios años de investigación, THAI se considera novedosa ya que la aplicación en campo ha sido reducida y se ha basado hasta ahora en estudios de laboratorio y pruebas piloto. De ofrecer resultados positivos en Venezuela, se estaría incrementado el recobro de manera extraordinaria, pues hoy en día se trabaja para incrementar el factor de recobro a un 20% en la Faja Petrolífera del Orinoco y teóricamente esta tecnología ofrece un recobro aproximado de 70%.

## **1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1 Objetivo General**

Estudiar teóricamente la aplicación de la tecnología THAI para la optimización de la producción de crudos pesados y extrapesados.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- ❖ Describir el principio de funcionamiento de la tecnología THAI.

- ❖ Identificar los parámetros requeridos en un yacimiento para la aplicación de la tecnología THAI.
- ❖ Comparar los beneficios brindados por la tecnología THAI frente a los procesos térmicos de Combustión en Sitio y SAGD (Steam Assisted Gravity Drainage).
- ❖ Justificar la aplicación de la tecnología THAI como método de recuperación en la Faja Petrolífera del Orinoco.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La mayor parte de las reservas en el mundo corresponden a crudos pesados y extrapesados, y aunque los volúmenes son inmensos, tanto su producción como su procesamiento resultan complicados y costosos. Las elevadas viscosidades, hacen que la mayor parte de estos no sea producible y de no ser por la enorme cantidad de reservas que poseen estos yacimientos, explotarlos no sería económicamente rentable.

El desafío de la industria petrolera es extraer esos volúmenes de estos crudos que hasta ahora quedan confinados en los yacimientos. Los procesos térmicos han tenido muy buenos resultados en la producción de crudos pesados y extrapesados, por lo que resulta viable la aplicación de nuevas tecnologías basadas en este principio. THAI se basa en la combinación de dos técnicas que han demostrado ser efectivas, como lo son el incremento de temperatura para reducir la viscosidad y la implementación de pozos horizontales para aumentar la producción.

Esta tecnología hasta ahora solo se ha aplicado en las arenas petrolíferas de Alberta, Canadá, ya que la explotación por minería no permite extraer todo el bitumen existente en esta zona que posee una de las mayores reservas de arenas

bituminosas del mundo. En Venezuela existe de momento un proyecto para una prueba piloto en la Faja Petrolífera del Orinoco, específicamente en el Campo Bare, Distrito San Tomé del Estado Anzoátegui, sin embargo este no se ha desarrollado hasta la fecha. El presente estudio permitirá describir la tecnología THAI, compararla con los procesos térmicos más usados en la actualidad, justificar su aplicación a lo largo de la Faja Petrolífera del Orinoco y si esto puede mejorar la producción por ser esta la reserva de crudo pesado y extrapesado más grande del mundo.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 RESEÑA HISTÓRICA**

La primera aplicación en campo del proceso de combustión subterránea a gran escala corresponde a las llevadas a cabo en Rusia en 1933, las cuales fueron realizadas en vetas de carbón. El primer intento de aplicación de este proceso a yacimientos petrolíferos ocurrió también en ese mismo país en 1934. La Combustión en Sitio se desarrolló rápidamente en EE. UU a partir de las investigaciones de laboratorio de Kuhn y Koch publicadas en 1953, y las de Grant y SAS publicadas al año siguiente.

En 1959 se llevó a cabo un proyecto de Combustión en Sitio en el bloque K-7, de Tía Juana Este, pero fue cancelado en 1962 por razones económicas. Este proceso también fue aplicado en 1964 en el campo Miga, ubicado al sur del estado Monagas, el proyecto duró seis años y se logró llegar a un factor de recobro de 48.7%. En 1965 este proceso fue aplicado en el campo Tía Juana Este, se logró un factor de recobro de 16%, pero fue cancelado después de tres años por serios problemas de corrosión en los pozos.

Basado en la solicitud presidencial realizada el 1° de mayo de 2007 en Venezuela, surge el Proyecto Piloto de Combustión en Sitio a Larga Distancia (CESLD). El mismo cuenta con un arreglo de pozos que consiste en un pozo inyector vertical, 2 pozos productores horizontales y 4 pozos observadores, con el fin de lograr un barrido térmico eficiente y así obtener factores de recobro superiores al 20% de la base de recursos de la Faja Petrolífera del Orinoco (1.360 miles de millones de barriles de crudo). El proyecto se desarrollará operacionalmente en el Campo Baredel Distrito San Tomé, Estado Anzoátegui de PDVSA Exploración y Producción.

El proceso THAI surge como una evolución de la Combustión en Sitio, fue desarrollada por investigadores de la Universidad de Bath (Inglaterra) y ha sido patentada por Petrobank.

La tecnología THAI fue descubierta en 1993 y desde entonces, está en continuo avance a través de numerosos modelos físicos de laboratorio y modelos de simulación. Actualmente está siendo aplicado en los campos del norte de Alberta, Canadá, con resultados muy satisfactorios, esto conduce a que en Venezuela y otros países latinoamericanos tomen interés en la aplicación de dicha tecnología.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 Recuperación Térmica**

La recuperación térmica se define como el proceso por el cual se introduce calor intencionalmente en las acumulaciones subterráneas de hidrocarburos, con la finalidad de producir dichos compuestos a través de los pozos.

Por múltiples razones se utilizan los métodos térmicos en lugar de otros métodos de extracción. El objetivo básico es la reducción de la viscosidad del crudo con la finalidad de mejorar su movilidad, por lo cual son especialmente adecuados para crudos viscosos (5-15 °API). Otros beneficios obtenidos con los procesos de recuperación térmica son la reducción de la saturación residual a consecuencia de la expansión térmica, el aumento de la eficiencia areal por efecto de la mejora en la razón de movilidad, destilación con vapor y craqueo térmico.

Los procesos de recuperación térmica se clasifican en dos tipos, los que implican la inyección de fluidos en la formación, como la inyección de agua caliente

y la inyección de vapor; y los que utilizan la generación de calor en el propio yacimiento, denominados procesos en sitio, como lo son la Combustión en Sitio y la actual tecnología THAI.

### **2.2.2 Combustión en Sitio**

La combustión en Sitio, también conocida en inglés como *in-situ combustion*, es un método de movilización de los crudos de alta viscosidad. En este proceso, parte del crudo del yacimiento (aproximadamente 10%) se quema para generar calor, con la finalidad de que la viscosidad disminuya y se facilite su extracción.

La combustión en Sitio implica la inyección de aire al yacimiento, el cual mediante ignición espontánea o inducida, origina un frente de combustión que propaga calor dentro del mismo.

La energía térmica generada por éste método da lugar a una serie de reacciones químicas tales como oxidación, desintegración catalítica, destilación y polimerización, que contribuyen simultáneamente con otros mecanismos tales como empuje por vapor y vaporización, a mover el crudo desde la zona de combustión hacia los pozos de producción.

Se conocen dos modalidades para llevar a cabo la combustión en Sitio en un yacimiento, denominadas combustión convencional hacia adelante (*forward combustion*) debido a que la zona de combustión avanza en la misma dirección del flujo de fluidos; y combustión en reverso o contracorriente (*reverse combustion*) debido a que la zona de combustión se mueve en dirección opuesta a la del flujo de fluidos. En la primera de ellas, se puede añadir la variante de inyectar agua alternada o simultáneamente con el aire, originándose la denominada combustión húmeda.



### 2.2.3 Crudos pesados y extrapesados

Los crudos pesados se definen como una mezcla de hidrocarburos de alta densidad ( $99,3-1000\text{Kg/m}^3$  a  $60^\circ\text{F}$ ) o baja gravedad API ( $< 21,9$ ) que están formados mayoritariamente por hidrocarburos de alto peso molecular como resinas, asfaltenos, y ceras parafínicas.

Por otra parte, los crudos extrapesados se caracterizan por poseer gravedades menores a  $10^\circ\text{API}$ , y densidades superiores a los  $1000\text{ Kg/m}^3$ (a  $60^\circ\text{F}$ ), es decir, por ser más pesados que el agua. Adicionalmente, se encuentra el bitumen, el cual es un hidrocarburo no convencional con viscosidades extremadamente altas, cuya gravedad es menor a  $8^\circ\text{API}$  y se caracteriza por tener propiedades ligantes, es decir, tiende a solidificarse o no fluir a temperatura ambiente. El bitumen, también es llamado asfalto natural debido a que es una masa negra, solidificada, arenosa y debe ser extraída o calentada para producir crudo.

Inicialmente, cuando en la roca madre se genera crudo, este no es del tipo pesado o extrapesado. Estos son el resultado de una degradación por estar expuesto a diferentes agentes como las bacterias, el agua o el aire, los cuales en acción individual o conjunta, ocasionan la pérdida de las fracciones más ligeras, dejando atrás las fracciones más pesadas.

Los crudos pesados y extrapesados se producen generalmente de formaciones geológicamente jóvenes; Pleistoceno, Plioceno y Mioceno. Estos yacimientos tienden a ser someros y poseen sellos menos efectivos, exponiéndolos a condiciones que conducen a la formación de crudos pesados y extrapesados.

Las características de los yacimientos de crudos pesados y extrapesados generalmente son las siguientes:

- ❖ Crudo con gravedad API menores a 21.9 °API.
- ❖ Profundidades someras (3000-4000 pies).
- ❖ Bajas presiones de yacimiento (500-1200 lpc).
- ❖ Bajas temperaturas de yacimiento (90-130°F).
- ❖ Constituidos por areniscas pobremente consolidadas.
- ❖ Alto porcentaje de agua y sedimentos.
- ❖ Altas viscosidades a condiciones de yacimiento.
- ❖ Alto contenido de impurezas (metales pesados, azufre).
- ❖ Alta porosidad y permeabilidad.
- ❖ Bajo factor de recobro (6 a 8%).

#### **2.2.4 Pozos Horizontales**

Los pozos horizontales se realizan con la intención de perforar los horizontes productivos, en una gran extensión horizontal y no limitarse solo al espesor neto de la formación como es el caso de los pozos verticales.

Los pozos horizontales pueden producir de 3 a 5 veces más que los verticales en la misma área. Sin embargo, los horizontales tienen un costo de 1,2 a 2,5 veces más que los verticales; por lo que en muchas zonas se recurre a la reterminación de



pozos verticales como horizontales, en lugar de realizar uno nuevo, a fin de reducir los costos.

Los pozos horizontales ofrecen numerosas ventajas frente a los verticales, dentro de estas se encuentran las siguientes:

- ❖ Mejora en la recuperación final y drenaje del yacimiento.
- ❖ Mayor productividad en yacimientos consolidados.
- ❖ Mejor control de problemas de producción gas/agua.
- ❖ En yacimientos muy permeables, los pozos horizontales pueden reducir la cantidad de pozos y mejorar las tasas iniciales de producción, así como la vida útil de los mismos.
- ❖ El desarrollo de campos marginales puede resultar económicamente factible debido a la reducida cantidad de pozos requeridos para explotar el yacimiento.

### **2.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO THAI (TOE TO HEEL AIR INJECTION O INYECCIÓN DE PUNTA A PUNTA)**

El proceso THAI (Toe toHeel Air Injection o inyección de punta a punta) es un nuevo método de recuperación para yacimientos de crudos pesados y extrapesados. Básicamente es una variante de un proceso convencional de Combustión en Sitio en la que se integran conceptos del mismo con la tecnología de pozos horizontales.

La tecnología THAI hace uso de un pozo vertical de inyección de aire, con uno de producción horizontal. Integrando tecnologías ya existentes, proporciona la oportunidad de crear un cambio de ritmo en el desarrollo de los recursos de crudos pesados y extrapesados a nivel mundial.

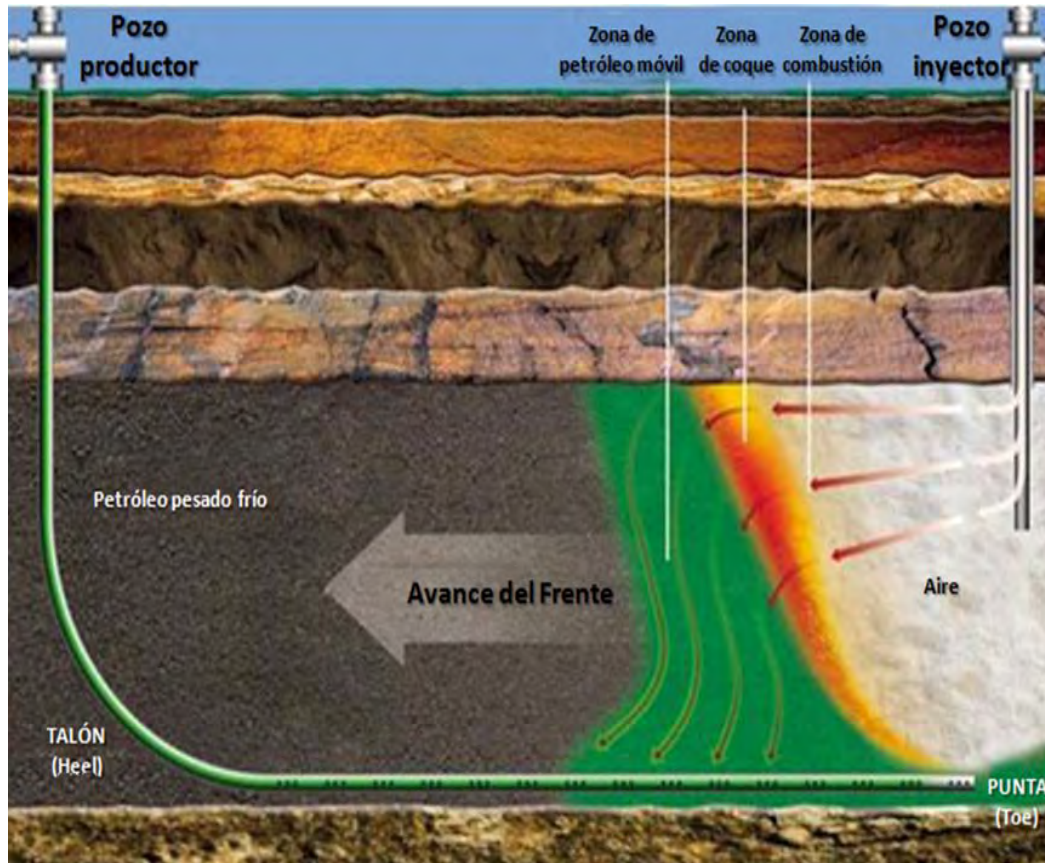
Durante el proceso, se forma un frente de combustión, generando calor, lo que reduce la viscosidad del crudo mejorando su movilidad y al mismo tiempo, se craquean los componentes de alto peso molecular e inmóviles para generar productos móviles, menos densos y de menor viscosidad.

A medida que avanza el frente de combustión, el petróleo calentado es producido de forma gravitacional hacia el pozo horizontal, de esta manera el frente de combustión barre el yacimiento de forma muy eficiente, obteniendo un estimado del factor de recobro del 80% del Petróleo Original en Sitio (POES).

Con la finalidad de lograr un óptimo desarrollo del proceso THAI, el pozo vertical debe estar ubicado buzamiento arriba en el yacimiento y los horizontales en las zonas relativamente más bajas.

Los gases calientes (principalmente nitrógeno, dióxido de carbono y vapor de agua) atraviesan la zona fría del crudo delante de la zona de combustión a temperaturas entre 400 y 700 ° C, creando una zona de movilidad en donde el crudo y los gases fluirán hacia el pozo.

Finalmente, la producción se estabilizará a una tasa determinada, cuando el frente de combustión avance a una velocidad constante, lográndose con esto un mejoramiento uniforme del crudo de la formación.



**Figura 2.1: Representación del Proceso THAI.**  
 Fuente: Cesin, D.; Montilla, B. y Maluenga, D. (2010. (p. 37)

### 2.3.1 Equipos de superficie

Entre algunos de los equipos de superficie que se deben utilizar en un proceso de THAI se pueden mencionar:

- ❖ Planta compresora.
- ❖ Centro de control.
- ❖ Planta de Tratamiento.
- ❖ Separadores.

## 2.3.2 Etapas del proceso THAI

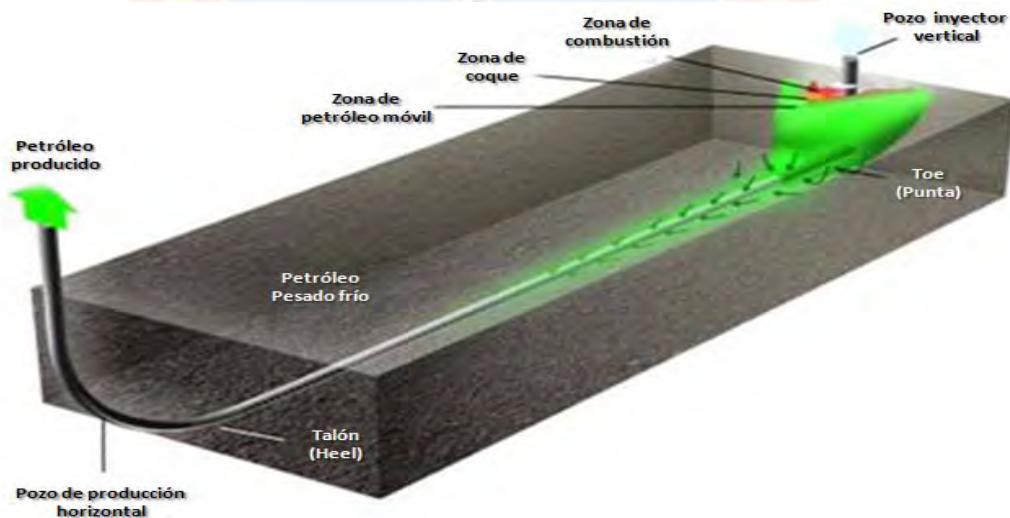
### 2.3.2.1 Puesta en marcha

En la puesta en marcha, tanto el pozo horizontal como el vertical son precalentados con vapor durante un corto período de tiempo (3 meses) a fin de mejorar la movilidad alrededor del pozo vertical y facilitar la inyección de aire. Después de estos tres primeros meses se detiene la inyección de vapor y se empieza a inyectar aire por el pozo vertical, para iniciar la combustión y mantenerla.

### 2.3.2.2 Zona de coque

El área roja muestra donde están siendo depositadas las fracciones pesadas (coque) en el yacimiento. El coque es el combustible para el proceso, el cual se obtiene a través de la quema de aproximadamente un 10 % del crudo en sitio. Este coque es depositado entre la base del yacimiento y el frente de combustión.

### 2.3.2.3 Petróleo movilizado



**Figura 2.2. Diagrama de la etapa de crudo movilizado.**

Fuente: Cesin, D.; Montilla, B. y Maluenga, D. (2010. (p. 38)

El área verde es donde la saturación de petróleo ha sido reducida de un 80% hasta un 50%, mostrando que el mismo se ha movido desde la zona dentro del pozo horizontal.

#### **2.3.2.4 Combustión**

Se inyecta aire dentro del yacimiento, auto encendiendo el petróleo y se crea una zona de combustión de alta temperatura (400-700 °C).

El fluido inyectado caliente entra en contacto con el crudo frío en frente de la zona de combustión causando el adelgazamiento de las fracciones de crudo para movilizarlas y las fracciones pesadas son en parte utilizadas para generar el coque.

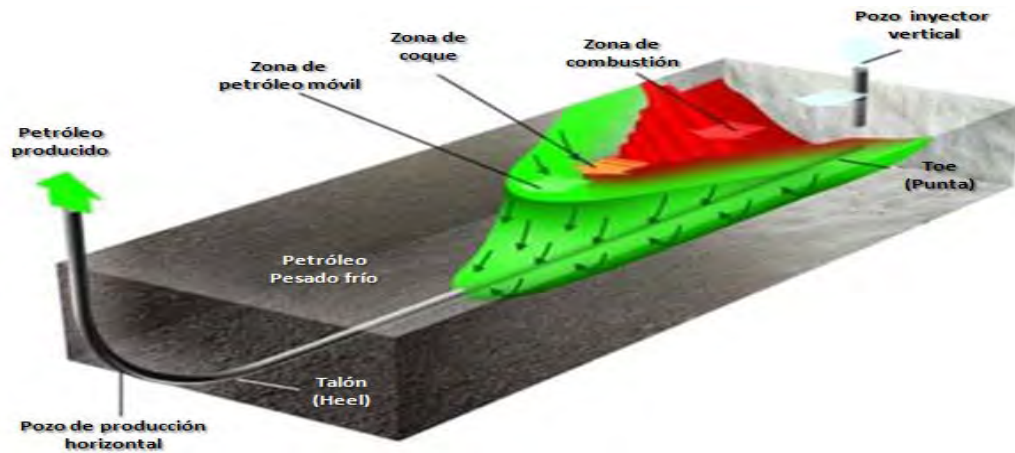
El crudo liviano y el agua del yacimiento vaporizada son barridos dentro del pozo horizontal hasta la superficie. El frente de combustión se mueve a razón de veintitrés centímetros por día (23 cm/día) o cien metros por año (100 m/año).

#### **2.3.2.5 Estado de equilibrio**

Mientras continúa la inyección de aire, el frente de drenaje de crudo aumenta hasta llegar al borde de la zona modelada. En este momento, se establece un banco de aire continuo y se espera que la producción se estabilice.

En el estado de equilibrio, la forma del frente de drenaje de petróleo es constante, lo que permite controlar el flujo de oxígeno y garantizar que predomine el proceso de oxidación a altas temperaturas.



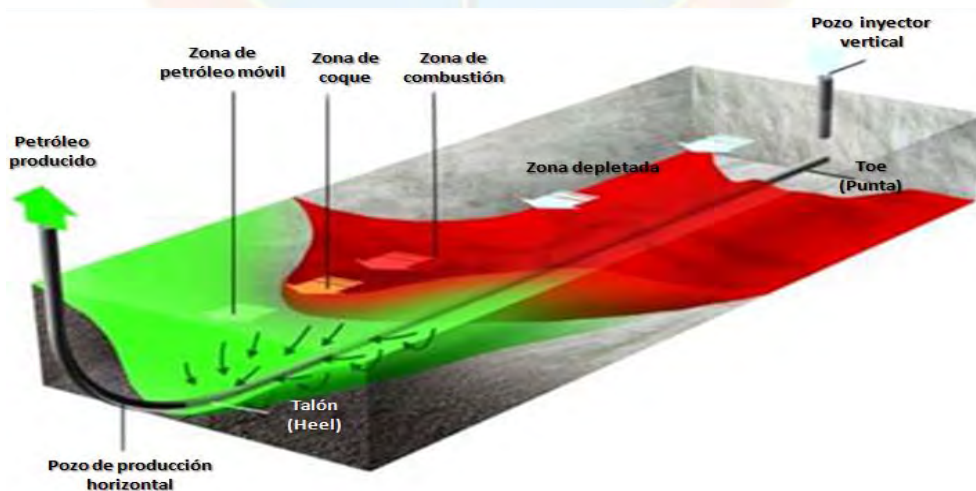


**Figura 2.3. Diagrama representativo del Estado de equilibrio.**

Fuente Cesin, D.; Montilla, B. y Maluenga, D. (2010). (p. 39)

### 2.3.2.6 Estado final

La parte delantera del volumen de drenaje ha alcanzado ahora el talón (Heel) del pozo productor horizontal. El yacimiento ya está precalentado y el proceso puede continuar en esta fase del estado de equilibrio a las tasas de producción máximas. La región detrás del frente encendido es ahora barrido de crudo, demostrando porque se esperan altos factores de recobro con el proceso de THAI.



**Figura 2.4. Diagrama del Estado final.**

Fuente: Cesin, D.; Montilla, B. y Maluenga, D. (2010). (p. 40).

### **2.3.3 Criterios para la aplicación de THAI**

- ❖ El yacimiento debe ser lo más uniforme posible.
- ❖ Crudo con alto contenido de componentes pesados.
- ❖ Crudos con cierto porcentaje de asfáltenos.
- ❖ El espesor de la arena debe estar entre 8 y 100 pies.
- ❖ La gravedad del crudo debe ser de 8 a 25 °API.
- ❖ Se recomienda que la profundidad se encuentre entre 3000 y 5000 pies.
- ❖ Presencia de gas libre es perjudicial.
- ❖ Presencia de zonas con lentes de lutitas que actúen como barreras para el vapor no es crítica.

La estabilidad del proceso THAI depende de dos factores clave. El primero es una zona de quemado de alta temperatura (400-700°C), la cual es más avanzada en el tope de la capa de petróleo, exhibiendo un tipo predominante de gas controlado. En segundo lugar, un sello en el pozo productor horizontal, que produce que el gas viaje a través de canales desde atrás del frente de combustión al pozo productor horizontal. El efecto de sello dinámico se crea cuando la temperatura cercana al pozo horizontal comienza a incrementarse.

### **2.3.4 Ventajas y desventajas del proceso THAI**

#### **2.3.4.1 Ventajas de THAI**

THAI puede considerarse como una variante de Combustión en Sitio, la energía para mantener la combustión proviene de la quema del coque que se encuentra

establecido en el yacimiento. THAI, es más eficiente térmicamente que SAGD, y este aspecto ha sido siempre reconocido como uno de los atributos.

El azufre se reduce en aproximadamente un 20-30% y los metales pesados se reducen en aproximadamente un 90%, quedando como residuos inertes en el depósito de arena. Otro beneficio de THAI es que se realiza in situ a través de la mejora de craqueo térmico del crudo pesado.

Las pruebas de laboratorio reflejan que crudos de 10 a 8 API han pasado a ser 16-18 API y muestras de 10,9 API fueron acondicionadas a cerca de 20 API. Tan pronto como el proceso está completamente estabilizado (es decir, cuando la expansión lateral del frente de combustión es completa), se espera que la mejora de la calidad del crudo producido será más constante.

Además, la combustión genera productos derivados beneficiosos, por ejemplo, gases, calor y agua. Los gases arrastrados, como el nitrógeno, suben junto con el crudo hasta la superficie, donde son separados del mismo y comercializados.

Por otra parte, se ha demostrado que el agua producida durante el proceso es de muy alta calidad y análisis hechos a la misma indican que con poco tratamiento puede ser adecuada para usos industriales.

Específicamente las ventajas son:

- ❖ Proceso de combustión a corta distancia.
- ❖ El estimado de recuperación de recursos es de un 70-80 %.
- ❖ No hay segregación gravitacional del aire o adedamiento.



- ❖ El agua y el gas natural se utilizan durante los primeros tres meses para generar el vapor que se inyecta en el pozo vertical. Para el resto de la vida del pozo, no se utilizan los fluidos antes mencionados, con lo cual se puede reducir en 22% las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), y reducir significativamente el impacto ambiental.
- ❖ Obtención de agua de mejor calidad durante el proceso de producción.
- ❖ Mejoramiento del crudo hasta en 10 grados API, por ende se requiere de menor refinación.
- ❖ Reducción de diluyente requerido para transportar el crudo, debido a la disminución de la viscosidad del mismo.
- ❖ El combustible para mantener la combustión es el coque resultante del craqueo.
- ❖ Los pozos así como las instalaciones de superficie son convencionales.
- ❖ Potencialmente más factible, para una gama más amplia de depósitos, incluyendo: baja presión, espesores pequeños, más profundo entre otros.
- ❖ Mejor control sobre la dirección hacia la cual se mueve el frente.

Otra ventaja potencial de la tecnología THAI es que se puede variar el grado en el que el aire fluye hacia la formación durante la operación. Debido a que inyectar aire en el yacimiento aumenta la zona quemada, un flujo elevado puede emplearse para mantener la oxidación a alta temperatura y una tasa de producción de crudo alta.

#### **2.3.4.2 Desventajas de THAI**

- ❖ Temperaturas extremadamente altas, lo que conduce a que equipos tales como revestimientos, cubiertas y cabezales de pozo tengan que resistir el calor.

- ❖ Cambios en la composición del crudo producido, pudiendo perder características importantes, lo que haría más difícil el proceso de refinación.
- ❖ Los remanentes de coque quemado pueden sellar el pozo horizontal mientras avanza el frente de combustión.
- ❖ Severa corrosión en los equipos de subsuelo en caso de realizarse el proceso en modalidad de combustión húmeda, debido a la presencia de agua, CO<sub>2</sub> como gas proveniente del proceso de combustión y las altas temperaturas manejadas en el proceso.

## 2.4 COMPARACIÓN DE LOS BENEFICIOS BRINDADOS POR LA TECNOLOGÍAS THAI, COMBUSTIÓN EN SITIO Y SAGD

### 2.4.1 Comparación de THAI y la Combustión en Sitio

De acuerdo a sus desarrolladores, una de las ventajas del proceso THAI con respecto a la Combustión en Sitio tradicional es preservar el mejoramiento térmico logrado por craqueo y destilación, ya que los fluidos movilizados se desplazan directamente hacia el pozo horizontal, evitando pasar por las regiones más frías del yacimiento. Existen otras diferencias entre ambos procesos, las cuales se enuncian en la siguiente tabla:

**Tabla 2.1: Comparación del proceso THAI frente a la Combustión en Sitio.**

THAI	COMBUSTION EN SITIO
Pozos productores horizontales.	Pozos productores verticales
Desplazamiento de crudo a cortas distancias	Desplazamiento de crudo a largas distancias

**Continuación Tabla 2.1: Comparación del proceso THAI frente a la Combustión en Sitio.**

THAI	COMBUSTION EN SITIO
Frente de combustión predecible y controlable con pozo horizontal	Frente de combustión impredecible
Alto flujo de aire	Bajo flujo de aire
Segregación gravitacional del aire controlada	Severa segregación gravitacional del aire
Tasa de recuperación entre 70 y 80%	Tasa de recuperación de un 30%

**Nota:** Fuente: Marzoula, C. (2003). Fuego Bajo el Crudo Pesado

#### 2.4.2 Comparación de THAI y el SAGD (Steam Assisted Gravity Drainage)

Existen diversas diferencias tanto ambientales como económicas entre los procesos térmicos THAI y SAGD, las cuales se puntualizan en la siguiente tabla:

**Tabla 2.2: Comparación de los beneficios del proceso THAI frente al SAGD.**

THAI	SAGD
Uso de agua y gas solo en la etapa inicial	Empleo de agua y gas durante todo el proceso
85% menos agua.	Alta producción de agua
Cambios en la composición del crudo.	Sin cambios significativos en la composición del crudo.
22% menos de CO <sub>2</sub>	Alta producción de CO <sub>2</sub>

**Continuación: Tabla 2.2: Comparación de los beneficios del proceso THAI frente al SAGD.**

THAI	SAGD
Recuperación de recursos: 70-80%	Recuperación de recursos: 40-60%
Aplicable a arenas de 8 a 100 pies de espesor	Aplicable a arenas mayores de 50 pies de espesor

**Nota:** Fuente: Marzoula, C. (2003). Fuego Bajo el Crudo Pesado

## 2.5 PROCESO THAI / CAPRI

El método THAI/CAPRI es una variación del proceso THAI desarrollada en conjunto entre el Petroleum Recovery Institute y la Universidad de Bath, en Inglaterra. Actualmente es propiedad intelectual de Petrobank, compañía canadiense que sigue trabajando para adelantar dicha tecnología.

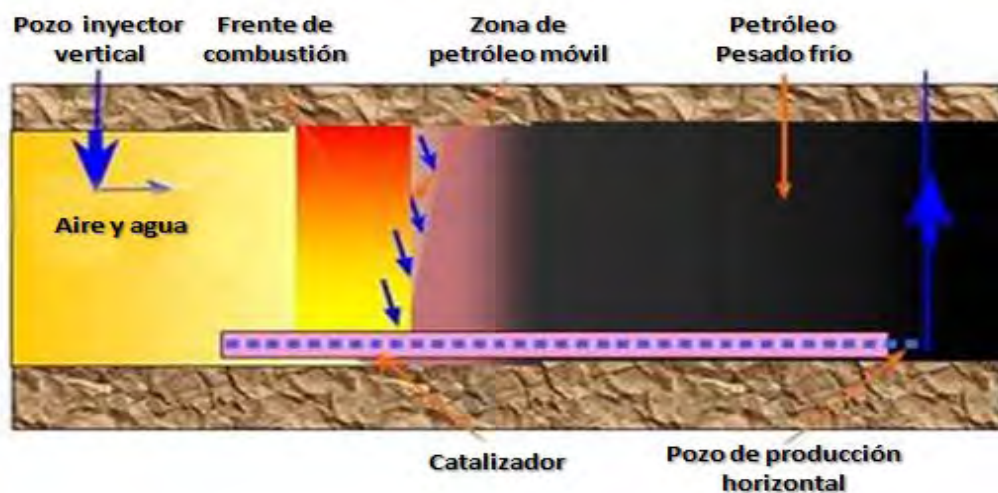
La diferencia principal del proceso THAI/CAPRI con respecto al THAI está en un catalizador comercial que se agrega al relleno de grava alrededor del pozo de producción horizontal.

De acuerdo a sus autores, se producen condiciones idénticas a las de una refinería con 400°C y presencia de hidrógeno. La idea que sustenta a THAI/CAPRI consiste en iniciar un fuego subterráneo y hacer fluir el bitumen o el crudo pesado y, al mismo tiempo, mejorar el crudo antes de que salga del suelo.

La sección horizontal del pozo productor contiene catalizador granulado, que incrementa y acelera el craqueo térmico, permitiéndole a un crudo pesado alcanzar una gravedad de 28°API y viscosidades finales de 40 cp. El catalizador utilizado puede ser de desecho de refinería, por lo que es de muy bajo costo.

En primer lugar, los operadores encienden un fuego que se alimenta junto con aire que se bombea hacia abajo en un pozo vertical. En el fondo del pozo vertical se encuentra el extremo, o punta (*toe*) de un pozo horizontal. Al bombear aire, crece la cámara de combustión y se desarrolla un calor tremendo dentro del yacimiento. Este calor reduce la viscosidad del crudo, cuya gravedad entonces hace que fluya hacia el pozo de producción horizontal. Cuando el crudo caliente drena a través del catalizador hasta el pozo, ocurre el mejoramiento adicional del mismo, debido a que productos no deseados como azufre, asfáltenos y metales pesados son separados. Finalmente, el gas producido a partir de la combustión facilita el ascenso del crudo hasta la superficie.

El proceso THAI/CAPRI podría eliminar la necesidad de mejoradores como los del complejo de José en el estado Anzoátegui. Resultados de laboratorio demuestran que sólo usando THAI se transforma crudo de 11 grados API a uno de 19. Al aplicar CAPRI se puede disparar este valor hasta 26 °API, produciéndose un crudo mejorado en sitio de muy alta calidad, que ofrece potenciales mejoras en cuanto al transporte y la refinación, y por ende económicas, lo cual no podría realizarse a través de otros métodos de recuperación mejorada.



**Figura 2.5: Representación del Proceso THAI/CAPRI**

Fuente: [www.alfin2100.blogspot.com](http://www.alfin2100.blogspot.com)

## 2.6 PROYECTO THAI DEL ÁREA WHITESANDS

De la estimación de Alberta de 1,7 billones de barriles de bitumen, aproximadamente 170 millones de barriles son considerados reservas recuperables con las tecnologías actuales.

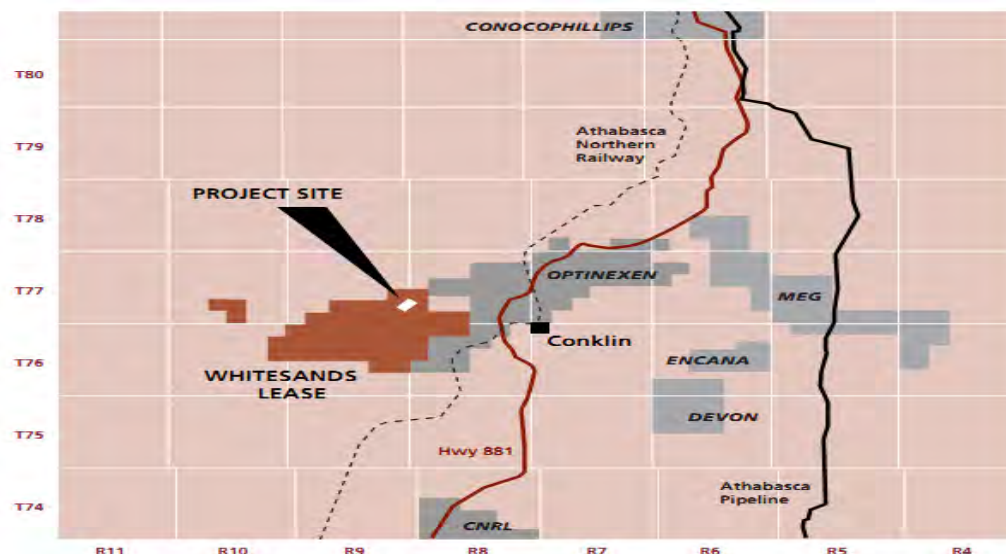
Cerca del 20% de las reservas de arenas bituminosas de Canadá son accesibles a través de minería a cielo abierto, mientras que el 80% son demasiado profundas para ser explotadas y deben ser recuperados mediante la perforación de pozos.

Los factores de recuperación tradicionales se estiman entre 10% y 50%, dejando a la mayoría de los recursos atrapados en el subsuelo. Es por esto que surge la necesidad de implementar nuevas tecnologías que permitan extraer los recursos más profundos, valiéndose por lo general del calentamiento o procesos térmicos, como lo es la tecnología THAI.

En el año 2004, la Alberta Energy and Utilities Board, Alberta Environment y la Municipalidad Regional de Wood Buffalo le otorgó a Whitesands Insitu Association, una asociación entre Petrobank y Whitesands Insitu, la aprobación para desarrollar un proyecto a unos 13 km al oeste de Conklin, y 120 km al sur de McMurray, Alberta; con la finalidad de demostrar la tecnología THAI o inyección de punta a punta.

En el proyecto Whitesands se estimó que es posible recuperar de 70 al 80% del bitumen presente en el yacimiento, e igualmente obtener menores costos de operación, usar menos agua y emitir niveles más bajos de gases de efecto invernadero que otros procesos de recuperación de crudo aplicados en los yacimientos actualmente.





**Figura 2.6: Localización del proyecto Whitesands**

Fuente: Reporte Anual de Petrobank, 2010

El proyecto Whitesands está diseñado para producir hasta 1.800 bbls/día de bitumen mejorado de la Formación McMurray en las arenas petrolíferas de Athabasca. El objetivo es reunir una amplia gama de información de producción que le permita a Whitesands evaluar el potencial comercial del proyecto.

**Tabla 2.3: Comparación del Bitumen y el crudo mejorado obtenido mediante el proceso THAI de la Formación McMurray**

	BITUMEN	CRUDO MEJORADO
Viscosidad a 20° C, centipoise	555.000	1.550
Contenido de azufre en el crudo, % peso	3,2	2,6
Gravedad API	7,9	12,3

**Continuación Tabla 2.3: Comparación del Bitumen y el crudo mejorado obtenido mediante el proceso THAI de la Formación McMurray**

Análisis SARA	BITUMEN	CRUDO MEJORADO
Compuestos orgánicos volátiles a 40°C, % masa	21,1	25,5
Saturados	12,7	23,5
Aromáticos	30,3	22,6
Resinas	19,0	17,2
Asfaltenos	16,9	11,2

**Nota:** Fuente: Reporte Anual de Petrobank, 2010

Como es posible observar en la tabla, mediante la aplicación de la tecnología THAI se logra una mejora importante en el crudo extraído, en contraste con el bitumen original de la formación McMurray. El mejoramiento más significativo se encuentra en la viscosidad, la cual logra una disminución apreciable, pasando de un bitumen prácticamente inmóvil a un crudo con una movilidad suficiente para ser llevado a superficie. Igualmente se evidencia que la gravedad aumenta de 7,9 a 12,3, lo cual significa que para efectos del transporte de crudo por oleoductos se disminuye el uso de diluyente. El porcentaje de azufre es disminuido en buena medida, por lo que el crudo extraído es de mejor calidad y tendrá menos contratiempos al momento de la refinación.

El análisis SARA demuestra que el crudo mejorado mediante el uso de THAI, posee mayor cantidad de compuestos ligeros y volátiles, así como una disminución de



los componentes más pesados como las resinas y los asfaltenos, lográndose con todo esto una mejora sustancial del bitumen en sitio.



**Figura 2.7: Comparación a nivel de laboratorio del Bitumen de la formación McMurray y el crudo mejorado obtenido por el proceso THAI**

Fuente: Reporte Anual de Petrobank, 2010

El Proyecto de Demostración de Whitesands ha probado en el campo el proceso THAI en virtud de una variedad de condiciones de funcionamiento desde el año 2006 en las arenas de Athabasca, uno de los entornos más exigentes del mundo petrolero.

El proyecto fue originalmente diseñado en torno a tres parejas de pozos, pero desde entonces se ha ampliado para albergar hasta seis pares de pozos, cada uno de los cuales consiste en un pozo vertical inyector y un pozo horizontal de producción. La inyección de aire en el primer par de pozos comenzó en julio de

2006, en el segundo par se inició en enero de 2007 y en el tercer par en junio de ese mismo año.



**Figura 2.8: Tres pozos de expansión del proyecto Whitesands**

Fuente: Reporte Anual de Petrobank, 2010

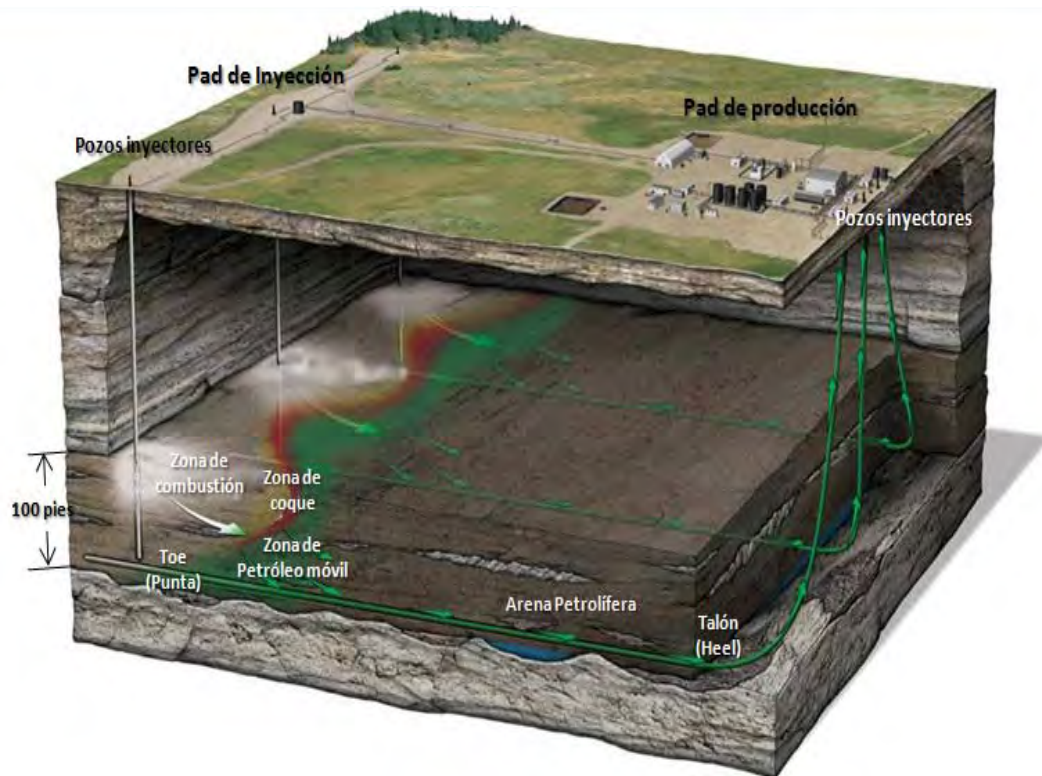
A finales del segundo trimestre de 2008, Petrobank perforó el pozo P-3B y las operaciones de completación comenzaron a finales de julio de ese mismo año. Este pozo ha sido diseñado para demostrar el potencial de mejoramiento adicional del proceso CAPRI, en el cual se coloca un lecho de catalizador activo entre dos liners ranurados concéntricos.

En pruebas de laboratorio, CAPRI ha conseguido un efecto de mejora de siete grados API, además de mejorar el efecto resultante del proceso THAI. El pozo P-3B además incorpora un liner con diseño de ranura estrecha, con la intención de reducir

significativamente la producción de arena de los yacimientos de areniscas de McMurray que se encuentran normalmente en Whitesands.

El petróleo producido a través del pozo P-3B ha sido mejorado a 11.5°API (desde 8 °API del bitumen original en sitio), debido únicamente a los efectos de craqueo térmico del proceso THAI, ya que dicho pozo está funcionando a una temperatura por debajo del rango óptimo para que el catalizador sea eficaz. Sin embargo se tiene planteado aumentar la temperatura del pozo hasta 300°C para lograr una óptima eficiencia del catalizador.

Es importante señalar que adicionalmente a la tasa de producción del pozo P-3B (300 bbls/día), fue posible recuperar un crudo más ligero (por encima de 30 grados API) que fue arrastrado por el flujo de gas en forma de vapor, que luego se condensó en los separadores de superficie. Este crudo ligero demuestra la importancia del craqueo térmico en sitio y la posibilidad de co-producción de otros subproductos de alto valor.



**Figura 2.9: Representación del Proceso THAI en el proyecto Whitesands**

Fuente: Reporte Anual de Petrobank, 2010

## 2.7 PROYECTO THAI MAY RIVER

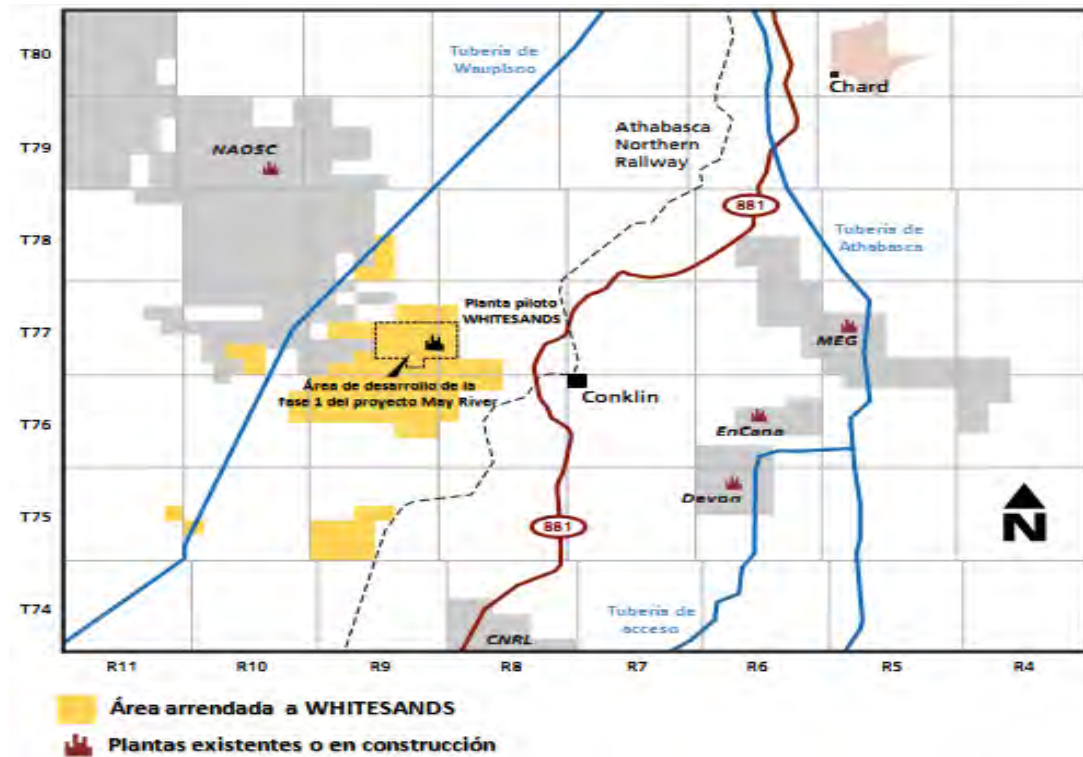
Petrobank Energy and Resources Ltd. y su subsidiaria Whitesands Insitu Inc. A través de su asociación Whitesands Insitu Association, tienen pautado el desarrollo del Proyecto MayRiver para recuperar bitumen de las arenas petrolíferas de Athabasca con el proceso THAI. El proyecto está previsto para la región de Conklin, al noreste de Alberta, cerca del Proyecto Whitesands.

El proyecto de MayRiver se ejecutará en una serie de fases para la gestión de la construcción, de los riesgos operativos, financieros y de comercialización de una manera controlada. Contará en una primera fase con una capacidad de producción de entre 10.000 y 15.000 bbls/día de bitumen mejorado. Esto será seguido por fases adicionales para aumentar la producción hasta 100.000 bbls/día.



El concepto de desarrollo de las instalaciones se basa en una sola central de procesamiento ubicada en el canal de McMurray. La facilidad de procesamiento central (CPF) tiene previsto incorporar tecnología de punta para producir agua de alta calidad para uso industrial, utilizar la inyección de aire enriquecido con oxígeno, recuperar los hidrocarburos de la corriente de gas producido y gestionar los gases de efecto invernadero.

Los pozos de producción se desarrollarán en grupos de múltiples pozos perforados en pads. El número de pozos de cada pad o grupo de pozos reflejará los parámetros del yacimiento, las limitaciones de perforación, los factores ambientales y las condiciones específicas del lugar. Cada par consistirá en un pozo de producción horizontal y un pozo inyector vertical. Un separador de prueba será instalado para cada pareja de pozos. Los pozos tienen una vida útil de hasta 10 años, luego de esto, una segunda serie de pozos serán perforados para continuar con el proceso de recuperación del crudo.



**Figura 2.10: Localización del Proyecto THAI MayRiver**

Fuente: Reporte Anual de Petrobank, 2010

## 2.8 EL PROYECTO THAI KERROBERT

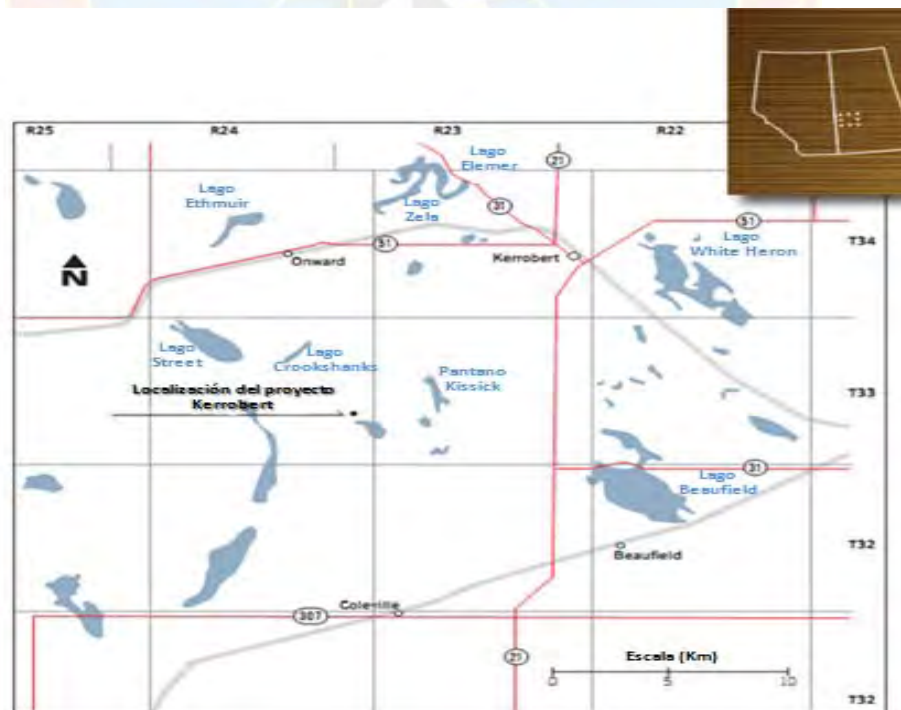
PetrobankEnergy and Resources está realizando un proyecto de demostración de la tecnología THAI para recuperar el crudo pesado de la formación de Waseca en el área de Kerrobert. El proyecto de Kerrobert estará situado aproximadamente a 16 kilómetros de Kerrobert Saskatchewan. Este proyecto se ha diseñado para manejar la producción de 7200 bbls/d, y puede seguir siendo económicamente rentable incluso con la mitad de la tasa de producción.

El proyecto Kerrobert representa un importante paso en la demostración de la tecnología THAI en las arenas bituminosas y para el proceso de recuperación de crudo pesado que se puede aplicar en Canadá y en el resto del mundo.

Petrobank ha emprendido una serie de estudios de campo en el área del Proyecto Kerrobert para obtener una base lineal de datos sobre la cual tomar decisiones sobre el diseño de las instalaciones y la ubicación. Esta información específica del sitio en combinación con la experiencia en la gestión del medio ambiente que se obtiene a través de la operación del Proyecto Whitesands, proporciona una base sólida para la protección del medio ambiente.

El proyecto THAI Kerrobert incluirá las siguientes instalaciones:

- ❖ Plataforma de producción con dos pozos horizontales.
- ❖ Plataforma de inyección con dos pozos verticales.
- ❖ Instalaciones de tratamiento y tanques de almacenamiento del crudo.
- ❖ Instalaciones de endulzamiento del gas asociado.



**Figura 2.11: Localización del Proyecto THAI Kerrobert**

Fuente: Reporte Anual de Petrobank, 2010



## 2.9 PROYECTO THAI DAWSON

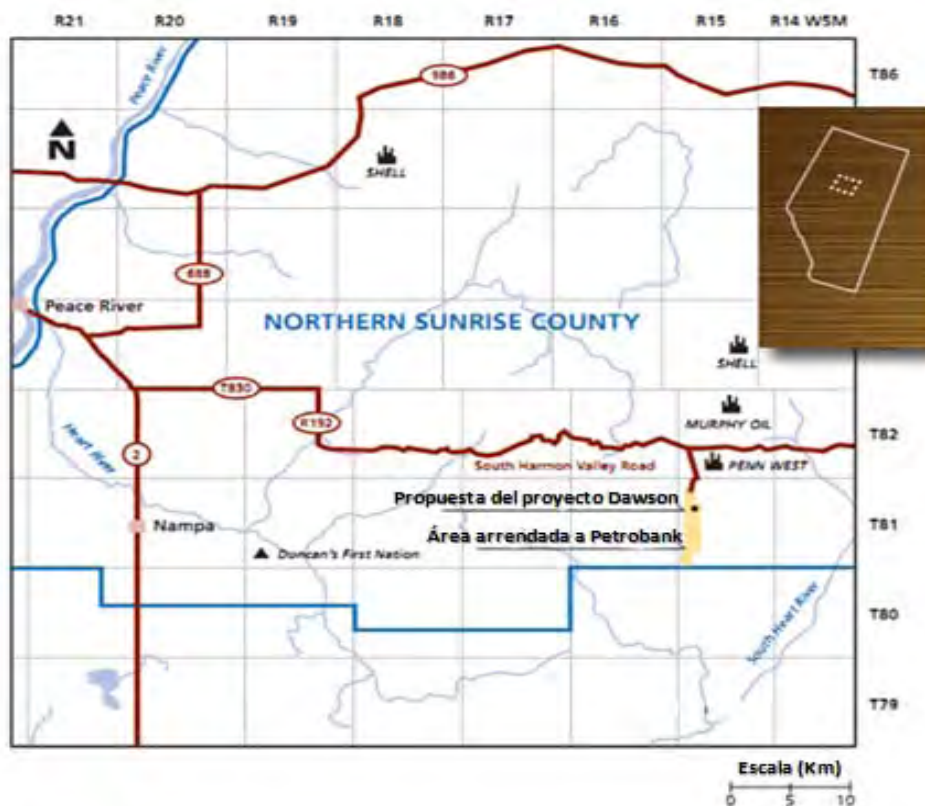
El proyecto THAI Dawson representa un paso importante en la demostración de la tecnología THAI como un proceso de recuperación de crudo pesado en las arenas bituminosas que se pueden aplicar en Canadá y el resto del mundo. Petrobank está desarrollando un proyecto de demostración de dos pozos con tecnología THAI, proyecto que se puede ampliar fácilmente para dar cabida a nuevos pozos, todo con el objetivo de recuperar el bitumen de la Formación Bluesky en la zona de las arenas petrolíferas del Río Peace, la cual dispone de un potencial de 70 millones de barriles. Las porciones superiores de esta formación contienen crudo pesado de 11 grados API, que es comparable al de otros yacimientos convencionales de crudo pesado en todo el oeste de Canadá.

El Proyecto de Dawson se encuentra a unos 80 kilómetros al sureste del Río Peace en el noroeste de Alberta. El área ocupada por las instalaciones del proyecto es de aproximadamente 4,5 hectáreas y se encuentra junto a las carreteras existentes.

En base a una evaluación de sísmica 3D y datos de pozos, el área de Dawson tiene al menos 100 millones de barriles de crudo en sitio que es altamente apropiado para la aplicación de la tecnología THAI.

El proyecto THAI Kerrobert incluirá las siguientes instalaciones:

- ❖ Plataforma de producción con dos pozos horizontales.
- ❖ Plataforma de inyección con dos pozos verticales.
- ❖ Instalaciones de tratamiento y tanques de almacenamiento del crudo.
- ❖ Instalaciones de endulzamiento del gas asociado.



**Figura 2.12: Localización del Proyecto THAI Dawson**

Fuente: Reporte Anual de Petrobank, 2010

## 2.10 APLICACIÓN DE THAI A NIVEL INTERNACIONAL

Canadá tiene un sistema de infraestructura que incluye tuberías para crudo pesado y diluyente, gas natural, fuentes de agua dulce y el acceso a la refinación que puede facilitar la producción de bitumen; sin embargo, la mayoría de los países del mundo están mucho menos desarrollados. En estos países, THAI tiene una ventaja competitiva ya que el proceso necesita menos recursos externos (gas, agua, diluyente) y se puede operar de una manera independiente y autosuficiente. Estos atributos hacen que THAI, sea muy atractivo y una tecnología de producción viable para una parte significativa de los yacimientos de crudos pesados y extrapesados a nivel mundial.

La estrategia de Petrobank es captar el mercado internacional, especialmente el de América Latina, con la aplicación de la tecnología THAI, basado en el rendimiento de la demostración en campo realizada en las arenas petrolíferas de Canadá.

La tecnología THAI tiene una gran aplicabilidad en los yacimientos de Latinoamérica para la extracción de crudos pesados y extrapesados, pudiéndose obtener altas tasas de producción y una mayor recuperación de las reservas. Esto se debe a que en Latinoamérica la temperatura de los yacimientos es mucho más alta, mientras que en Canadá es necesario calentar el crudo antes de la producción.

Petrobank firmó acuerdos de evaluación tecnológica para su proceso patentado, THAI, con las respectivas petroleras de Colombia y Brasil, Ecopetrol y Petrobras, respectivamente. Además, Petrobank está interesada en hacer negocios con la petrolera venezolana, PDVSA, y también está tras negociaciones con Ecuador.



**Figura 2.13: Posibles áreas de aplicación de THAI**

Fuente: Reporte Anual de Petrobank, 2010

## 2.11 APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA THAI EN VENEZUELA

La industria petrolera venezolana no descarta la opción de aplicar la tecnología THAI en caso de que se continúe obteniendo resultados satisfactorios en los campos de Alberta, debido a que la tecnología tiene posibles aplicaciones tanto en los campos petroleros más viejos de Venezuela como en la Faja petrolífera del Orinoco, por ser esta la acumulación de crudos pesado y extrapesados más grande del mundo con un POES de 1.360 miles de millones de barriles y 235.000 millones de barriles de crudo como reservas primarias.

La Faja Petrolífera del Orinoco está ubicada en el sur de los estados Guárico, Anzoátegui y Monagas. Abarca un área geográfica de aproximadamente, 55.000 km<sup>2</sup>, con arenas hidrocarburíferas que superficialmente se extienden en unos 12.000 km<sup>2</sup>. Contiene acumulaciones de crudo pesado y extrapesado con una gravedad promedio de 8,6 °API.

En los campos tradicionales de Venezuela, los operadores recuperan aproximadamente un 30% de los recursos, mientras que en la Faja petrolífera del Orinoco se están recuperando solo de un 6% a un 8% del POES (1.360 miles de millones de barriles de crudo). THAI promete incrementar significativamente el factor de recobro, lo cual colaboraría con el objetivo propuesto por PDVSA de llevar dicho factor hasta un 20%.

Adicionalmente, la faja cuenta con arenas petrolíferas uniformes y continuas, cuyos espesores varían de 30 a 100 pies, por lo que la tecnología THAI puede ser aplicada de forma satisfactoria. Cabe destacar, que a lo largo de la Faja petrolífera del Orinoco se cuenta con la infraestructura necesaria de pozos horizontales que bien pueden ser aprovechados junto con la perforación de pozos verticales de inyección, reduciendo el tiempo y el costo de la implementación de dicha tecnología.



## DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Análisis SARA:** Análisis realizado al petróleo con el objetivo de conocer el porcentaje de algunas familias de hidrocarburos presentes (Saturados, Aromáticos, Resinas, Asfaltenos).

**Corrosión:** Proceso que implica un cambio perjudicial en las propiedades físicas de los materiales debido a reacciones químicas o electroquímicas complejas entre el material y el medio que lo rodea.

**Craqueo térmico:** Consiste en la ruptura de las cadenas carbonadas por la acción del calor a una temperatura de entre 400 – 650°C. De esta ruptura se obtienen parafinas cortas, olefinas, naftalenos o aromáticos.

**Diluente:** sustancia que se adiciona al crudo para reducir su viscosidad. Pueden utilizarse crudos más livianos, productos del mejoramiento, o derivados del crudo como gasoil comercial.

**Factor de recobro:** Fracción del crudo original presente en el yacimiento que puede ser extraído o conducido a la superficie. Es la relación entre el volumen de crudo producido y el volumen de crudo existente en el yacimiento.

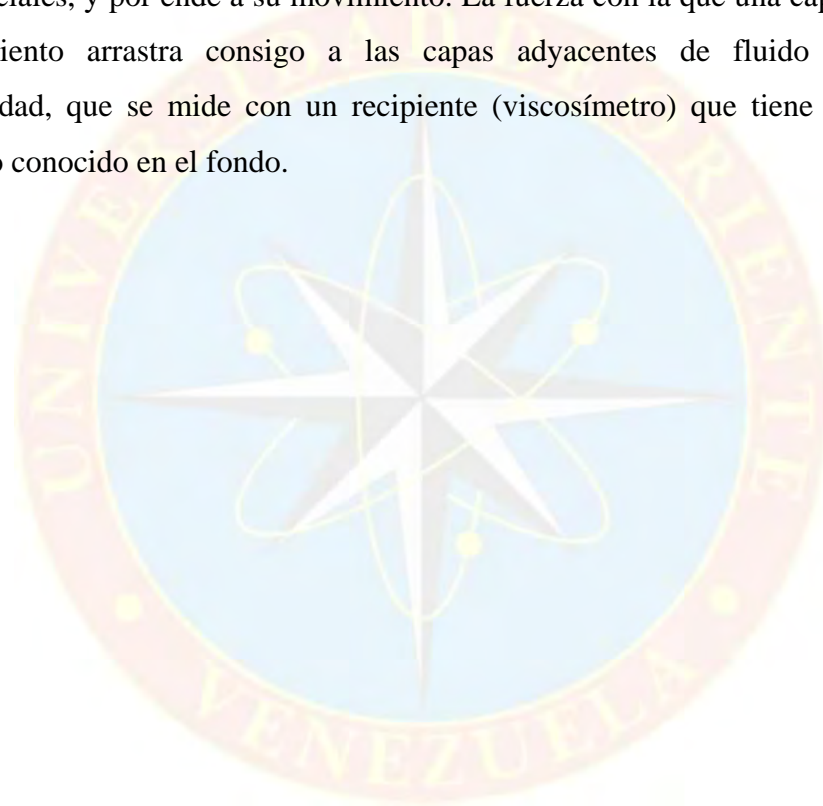
**Gases de efecto invernadero:** Se refiere a toda emisión gaseosa que colabora con el calentamiento global, pues su presencia en la atmosfera, permite un incremento de la temperatura en el planeta, siendo el CO<sub>2</sub> el más importante.

**Pad:** grupo o conjunto de pozos del mismo tipo, bien sea inyectores o productores, cuyos cabezales se ubican en un área rectangular conocida como unidad de espaciamiento la cual mide generalmente 2.5 km de ancho por 3 km de largo.



**Reservas:** Son los volúmenes de hidrocarburos que se pueden recuperar comercialmente de acumulaciones conocidas, desde una fecha determinada en adelante, de acuerdo a la información geológica y de ingeniería disponible bajo condiciones tecnológicas, económicas y regulaciones gubernamentales vigentes.

**Viscosidad:** propiedad que posee un fluido de oponerse a deformaciones tangenciales, y por ende a su movimiento. La fuerza con la que una capa de fluido en movimiento arrastra consigo a las capas adyacentes de fluido determina su viscosidad, que se mide con un recipiente (viscosímetro) que tiene un orificio de tamaño conocido en el fondo.



## **CAPITULO III**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **3.1 CONCLUSIONES**

- ❖ Los procesos térmicos de recuperación de crudo, se basan en la disminución de la viscosidad, la cual juega un papel importante en la movilización y recuperación del crudo. Es por esto, que actualmente muchos países están mostrando interés en aplicar este tipo de tecnología a fin de lograr un mejor aprovechamiento de sus recursos.
- ❖ THAI a través de pruebas de laboratorio, ha presentado un porcentaje de recuperación entre 70 y 80%, lo que lo convierte en un proceso atractivo para ser aplicado en muchos yacimientos de crudos pesados y extrapesados a nivel mundial.
- ❖ El proceso THAI es un método de recobro de suma importancia para la extracción de crudos pesados y extrapesados, incluido el bitumen, debido a que ha logrado en las pruebas realizadas, un mejoramiento de la calidad del crudo, tanto en lo referente a la gravedad API como en la viscosidad.
- ❖ La tecnología THAI presenta mejoras importantes sobre la Combustión en Sitio, resaltando la preservación del mejoramiento térmico logrado por craqueo y destilación, así como un control más eficiente del frente de combustión.
- ❖ La tecnología THAI cumple con un bajo nivel de contaminación atmosférica, debido a que reduce significativamente a emisión de gases de efecto invernadero, esto al solo necesitar de la quema de gas como combustible para la generación de vapor en la etapa inicial del proceso.
- ❖ La Faja Petrolífera del Orinoco es un lugar idóneo para la aplicación de THAI debido a que posee las mayores reservas de crudos pesados del mundo, y cuenta

con yacimientos a temperaturas mayores a los de Canadá, país donde dicha tecnología ha sido probada.

### 3.2 RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda utilizar el proceso THAI con la modalidad de combustión húmeda, o bien usar equipos cuyos materiales puedan resistir las altas temperaturas.
- ❖ Considerar el empleo de equipos de subsuelo resistente a la corrosión o aplicar las medidas correspondientes para que este fenómeno no sea motivo de gastos adicionales que pongan en peligro la factibilidad económica del proceso.
- ❖ Evaluar si la mejora en cuanto a la recuperación, transporte y refinación del crudo que ofrece THAI, puede resultar más económicamente atractiva que las actuales técnicas convencionales de recuperación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARADO, D. y Banzér, C. (2002): *Recuperación Térmica de Petróleo*. 2da Edición. Caracas, Venezuela.
- ARIAS, F. (2006): *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica*. (5ta Edición) Editorial Episteme. Caracas, Venezuela.
- CESIN, D.; Montilla, B. y Maluenga, D. (2010): *Nuevas Tecnologías (SAGD-VAPEX-CHOPS-THAI-CAPRI)*. Informe de Áreas de Grado. Universidad de Oriente. Maturín-Edo. Monagas. Venezuela.
- CURTIS, C. y Decoster, E. (2003): *Yacimientos de Petróleo Pesado*. [Revista Científica]. Caracas, Venezuela.
- INFORME de Gestión Anual de PDVSA. (2010). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.pdvsa.com>.
- MARZOULA, C. (2003): *Fuego Bajo el Crudo Pesado*. [Revista en Línea], Vol 2, N° 10. Consultado en 24 de Junio de 2003 en: <http://www.venecomía.com>.
- MORE Hot THAI Takeout for Canadian Oil Men. (2008). [Página web en línea]. Disponible en: <http://alfin2100.blogspot.com>.
- PRIMERA Producción de THAI/CAPRI Petrobank. (2008). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.marketwire.com>.
- PROYECTO Piloto de Combustión en Sitio a Larga Distancia (CESLD). (2011). [Página web en línea]. Disponible en: <http://yacimientos-de-gas.blogspot.com>.
- REPORTE Anual de PetrobankEnergy and Resources Ltd. (2010). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.petrobank.com>.
- TOE to Heel Air Injection, THAI. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.oilsandsdevelopers.ca>.

## HOJAS METADATOS

### Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 1/6

<b>Título</b>	<b>ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA THAI PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CRUDOS PESADOS Y EXTRAPESADOS</b>
<b>Subtítulo</b>	

El Título es requerido. El subtítulo o título alternativo es opcional.

Autor(es)

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código CVLAC / e-mail</b>	
Arciniegas L. Emilio A.	<b>CVLAC</b>	C.I. 17.721.540
	<b>e-mail</b>	gu4r4po_cs@hotmail.com
	<b>e-mail</b>	
Molinet S. Julián A.	<b>CVLAC</b>	C.I. 19.081.750
	<b>e-mail</b>	julianargenismolinet@hotmail.com
	<b>e-mail</b>	

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres de un autor. El formato para escribir los apellidos y nombres es: "Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2". Si el autor esta registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el numero de la Cedula de Identidad). El campo e-mail es completamente opcional y depende de la voluntad de los autores.

Palabras o frases claves:

Crudo pesado
Factor de recobro
THAI
Procesos térmicos

El representante de la subcomisión de tesis solicitará a los miembros del jurado la lista de las palabras claves. Deben indicarse por lo menos cuatro (4) palabras clave.

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 2/6

### Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Sub-área
TECNOLOGIA Y CIENCIAS APLICADAS	INGENIERIA DE PETROLEO

Debe indicarse por lo menos una línea o área de investigación y por cada área por lo menos un subárea. El representante de la subcomisión solicitará esta información a los miembros del jurado.

### Resumen (Abstract):

Los yacimientos de crudos pesados y extrapesados presentan hidrocarburos de alta viscosidad y baja movilidad, lo cual dificulta la producción de los mismos, para solventar esto no basta con usar equipos de levantamiento artificial y usar técnicas de dilución a fin de disminuir la viscosidad. El incremento de la temperatura en un fluido viscoso, aumenta su movilidad de manera exponencial por lo que en la industria petrolera la aplicación de procesos térmicos ha ofrecido buenos resultados en el incremento del factor de recobro. Son muchas las tecnologías que se han aplicado y estas se han ido mejorando con el tiempo. Tal es el caso de la técnica THAI “Toe toHeel Air Injection” la cual es una mejora de la ya conocida Combustión en Sitio que incrementa la temperatura del yacimiento provocando un incendio en el mismo que a su vez craquea el crudo haciéndolo más móvil y además mejorándolo. THAI une las ventajas de la Combustión en Sitio con los beneficios que ofrecen los pozos horizontales, permitiendo optimizar el proceso de recuperación. Esta técnica podría generar un antes y un después en la extracción de este tipo de crudo que representa el 70% de las reservas mundiales, las cuales oscilan entre 9 y 13 trillones de barriles, y promete incrementar los factores de recobro hasta en un 80% frente a la producción en frío, cuya recuperación oscila entre 1 y 10 % del POES.



## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 3/6

### Contribuidores:

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Ing. Tomas Marín	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I.: 11.538.773
	e-mail	tmarín@hotmail.com
	e-mail	
Ing. Alicia Da Silva	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I.: 8.348.931
	e-mail	Alicia_da_silva@hotmail.com
	e-mail	
Ing. Milagro Sucre	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I.: 4.183.842
	e-mail	milagrossucre@gmail.com
	e-mail	
Ing. Henry Martínez	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I.: 8.359.836
	e-mail	henryudo@gmail.com
	e-mail	

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres del tutor y los otros dos (2) jurados. El formato para escribir los apellidos y nombres es: "Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2". Si el autor esta registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el numero de la Cedula de Identidad). El campo e-mail es completamente opcional y depende de la voluntad de los autores. La codificación del Rol es: CA = Coautor, AS = Asesor, TU = Tutor, JU = Jurado.

### Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2011	11	04

Fecha en formato ISO (AAAA-MM-DD). Ej: 2005-03-18. El dato fecha es requerido.

**Lenguaje:** spa      Requerido. Lenguaje del texto discutido y aprobado, codificado usando ISO 639-2. El código para español o castellano es spa. El código para ingles en. Si el lenguaje se especifica, se asume que es el inglés (en).

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 4/6

### Archivo(s):

<b>Nombre de archivo</b>
<b>ARCINIEGAS EMILIO.DOCX</b>

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 \_ - .**

### Alcance:

Espacial: \_\_\_\_\_ (opcional)

Temporal: \_\_\_\_\_ (opcional)

### Título o Grado asociado con el trabajo:

**INGENIERÍA DE PETROLEO**

Dato requerido. Ejemplo: Licenciado en Matemáticas, Magister Scientiarium en Biología Pesquera, Profesor Asociado, Administrativo III, etc

### Nivel Asociado con el trabajo: **INGENIERÍA**

Dato requerido. Ejs: Licenciatura, Magister, Doctorado, Post-doctorado, etc.

### Área de Estudio:

**TECNOLOGÍA Y CIENCIAS APLICADAS**

Usualmente es el nombre del programa o departamento.

### Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE NUCLEO MONAGAS**

Si como producto de convenciones, otras instituciones además de la Universidad de Oriente, avalan el título o grado obtenido, el nombre de estas instituciones debe incluirse aquí.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CU Nº 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.


Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago, a usted a los fines consiguientes.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE	
SISTEMA DE BIBLIOTECA	
RECIBIDO POR	<i>[Firma]</i>
FECHA	5/8/09
HORA	5:30

Cordialmente,

*[Firma]*  
**JUAN A. BOLAÑOS CUMBELE**  
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Derechos:

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicado CU-034-2009): "Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad, y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo Respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización."

ARCINIEGAS L. EMILIO A.

C.I.: 17.721.540

AUTOR

MOLINET S. JULIÁN A.

C.I.: 19.081.750

AUTOR

ING. MILAGROS SUCRE

C.I.: 4.183.842

TUTORA