



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**“ESTUDIO TÉCNICO, ECONÓMICO Y FINANCIERO DE LA IMPLEMENTACIÓN
DE PLANTAS MODULARIZADAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS ACEITOSAS
COMO PRODUCTO DE LA EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO PARA UNA EMPRESA
DE PROYECTOS DE INGENIERÍA PROCURA Y CONSTRUCCIÓN (IPC)”**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO

Como parte de los requisitos para optar por el titulo de

INGENIERO INDUSTRIAL

REALIZADO POR:

Manuel Vicente Madriz

TUTOR EMPRESARIAL:

Ing. Gerard Griot

FECHA:

ABRIL 2014

DEDICATORIA

A la paciencia, comprensión y amor de mi madre Ingrid, hermano Andrés, y abuela Romana (tita).

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que participaron e hicieron posible este proyecto de una u otra forma, muchas gracias por su apoyo y enseñanza, Anibal Alarcón, Gerard Griot, Joao de Gouveia, y Daniel Merentes.

ÍNDICE GENERAL

	<i>Pág.</i>
DEDICATORIA.....	<i>ii</i>
AGRADECIMIENTOS.....	<i>iii</i>
ÍNDICE GENERAL.....	<i>iv</i>
ÍNDICE DE FIGURAS.....	<i>vi</i>
ÍNDICE DE TABLAS.....	<i>vii</i>
ABREVIATURAS.....	<i>viii</i>
RESUMEN.....	<i>ix</i>
INTRODUCCIÓN.....	<i>1</i>
EL PROBLEMA	
1.1. Descripción de la Empresa.....	<i>2</i>
1.2. Planteamiento del Problema.....	<i>5</i>
1.3. Formulación del Problema.....	<i>7</i>
1.4. Objetivos del Trabajo.....	<i>8</i>
1.5. Justificación de la Investigación.....	<i>8</i>
1.6. Alcance de la Investigación.....	<i>9</i>
1.7. Limitaciones.....	<i>10</i>
MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	<i>12</i>
2.1. Bases Teóricas.....	<i>13</i>
2.2.1. Agua de producción para inyección.....	<i>13</i>
2.2.2. Unidades para la remoción de petróleo del agua separada.....	<i>18</i>
2.2.3. Desnatadores/Coalescentes.....	<i>22</i>
2.2.4. Estimación de costos.....	<i>28</i>
MARCO METODOLÓGICO	
3.1. Tipo de Investigación.....	<i>38</i>
3.2. Diseño y Enfoque de la Investigación.....	<i>39</i>
3.3. Unidad de Análisis.....	<i>39</i>

3.4. Técnicas de Recolección de Datos.....	40
ESTUDIO DEL MERCADO	
4.1. Descripción del Producto.....	42
4.2. Descripción de la situación legal.....	44
4.2. Descripción de Clientes.....	45
4.3. Descripción de Competidores.....	46
4.4. Estudio entre mercado, competidores y clientes.....	49
ESTUDIO TÉCNICO	
5.1. Tecnología a Utilizar.....	55
5.2. Capacidad de Plantas Modulares.....	55
5.3. Descripción técnica de las propuestas de los proveedores.....	56
5.4. Estudio Técnico de Propuestas (Equipos).....	61
ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO	
6.1. Estimado de Costos Clase IV.....	66
6.2. Financiamiento.....	73
6.3. Evaluación Económica Financiera.....	79
CONCLUSIONES.....	82
RECOMENDACIONES.....	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
ANEXOS.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	TITULO	<i>Pág.</i>
1	Organigrama de la empresa VEPICA	3
2	Organigrama de la empresa Ambioconsult	4
3	Valores de Calidad de Agua supuestos	15
4	Etapas tradicionales del tratamiento de agua de producción.	18
5	Equipos de tratamiento de agua de producción	19
6	Separador API	21
7	Patrón de flujo de interceptor de plata corrugada (CPI)	22
8	Unidad de flotación por inducción	25
9	Modalidades y fases BOOT	31
10	Proceso de Concesión BOOT	34
11	Fuerzas de la dinámica de Competencia	37
12	Arreglos Fiscales de industria del petróleo	44
13	Capacidad de ejecución en servicio de disposición de agua	46
14	Experiencia relativa por sector	47
15	Diagrama de planta modular	65

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	TITULO	Pág.
1	Tabla comparativa - propuestas Osmosis Inversa	62
2	Matriz de decisión interna por rubro	63
3	Tabla comparativa propuestas tratamiento primario y secundario	64
4	Matriz de decisión interna por rubro	65
5	Factor de productividad	67
6	Tarifas de Labor	68
7	Valoración de Equipos	69
8	Porcentajes por porción nacional	69
9	Factor de servicio profesional sobre costo directo	70
10	Resumen de Costos	72
11	Resumen de Costos de Ingeniería, Procura y Construcción.	72
12	Estructura de Capital	73
13	Valores rentables para ciclos de agua de producción	75
14	Flujo de Caja de Financiamiento en \$k (miles de dólares americanos)	77
15	Flujo de Caja de Económica en \$k (miles de dólares americanos)	78
16	Flujo de Caja de Financiero en \$k (miles de dólares americanos)	78
17	Determinación del Costo de Oportunidad de Capital	79
18	Costo de Deuda (valores en dólares americanos)	79
19	Costo de Capital Ponderado	80
20	Costo de Capital Ponderado	80
21	Período de recuperación	81
22	Tabla Resumen	81

ABREVIATURAS

- **API:** Es un dispositivo diseñado para separar grandes cantidades de aceite y sólidos suspendidos, su nombre deriva del hecho que estos separadores fueron diseñados acorde al American Petroleum Institute (API)
- **BOOT:** Es un modelo de negocio, llamado así por sus siglas en ingles Build, Own, Operate and Transfer, que significan construir, poseer, operar y transferir.
- **COK:** Es el costo de oportunidad en Colombia, calculado a través de la tasa activa anual y el riesgo país de Colombia acorde a JP Morgan 2013.
- **IGF:** Es un tipo de separador de aceite y sólidos suspendidos, su abreviación es debido a sus siglas en ingles Induced Gas Flotation, que a su vez significan flotación por gas inducido.
- **IPC:** Ingeniería, Procura y Construcción.
- **RO:** Por sus siglas en ingles, Reverse Osmosis, significa osmosis inversa.
- **TIR:** Tasa Interna de Retorno.
- **TIRE:** Tasa Interna de Retorno Económica
- **TIRF:** Tasa Interna de Retorno Financiera
- **VANE:** Valor Actual Neto Económico
- **VANF:** Valor Actual Neto Financiero
- **VEPICA:** Venezolana de Proyectos Integrados.
- **VPN:** Valor Presente Neto.



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**“ESTUDIO TÉCNICO, ECONÓMICO Y FINANCIERO DE LA IMPLEMENTACIÓN
DE PLANTAS MODULARIZADAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS ACEITOSAS
COMO PRODUCTO DE LA EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO PARA UNA EMPRESA
DE PROYECTOS DE INGENIERÍA PROCURA Y CONSTRUCCIÓN (IPC)”**

Autor: Manuel Vicente Madriz

Tutor: Ing. Gerard Griot

Fecha: Abril 2014

RESUMEN

El presente estudio se propone valorar la implementación de plantas modularizadas de tratamiento de aguas aceitosas como producto de la extracción de petróleo para una empresa de proyectos de ingeniería procura y construcción (IPC). Para lograrlo, se caracterizan los posibles clientes y posibles competidores, así como su oferta para el mercado. Se establece la tecnología de las plantas modularizadas a implementar para luego estimar costos de ingeniería, procura, construcción, operación y mantenimiento. El estudio se fundamentó en una investigación aplicada, no experimental con temporalización transversal; mientras que el tipo de investigación es un proyecto factible. Los resultados indicaron que los proveedores B y D son los idóneos para el arreglo técnico a ofrecerse. Vepica podría financiar un 25% del proyecto con aporte propio. El proyecto resulta viable económica y financieramente a través del modelo de negocios BOOT si el valor de venta del servicio de agua tratada por barril fuera de al menos 0,3866 dólares, lográndose así un período de recuperación de 2 años y restando 16 años de concesión con tendencia creciente de ganancia.

PALABRAS CLAVE

Agua de Producción, Petróleo, Planta de Tratamiento, Concesión BOOT.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo especial de grado tiene como finalidad el avalúo técnico, económico y financiero de un proyecto para la implementación de plantas de tratamiento de agua aceitosa producto de la explotación de la explotación petrolera en la nación de Colombia bajo un modelo de negocios BOOT, que busca posicionar y abrir las puertas del mercado colombiano, en el sector de tratamiento de aguas de producción, a la empresa de IPC, VEPICA. Teniendo esto en mente, el presente trabajo buscara analizar el sector del mercado, la estrategia planteada, los competidores, y posibles clientes para concretar los retos, que se presentan para la compañía con la estrategia planteada. A esto se une el estudio técnico, económico y financiero, el cual pretende mostrar a la empresa, la factibilidad técnica de adquirir los equipos, y diseñar plantas modularizadas, la factibilidad económica, flujo de efectivo, VPN y TIR, en conjunto con los costos más grandes que tendrán que asumir, de emprender este proyecto, aunque el nivel de la estimación de costos para este trabajo pretende poco nivel de detalle y se basa principalmente en los equipos mayores, pretende darle a la empresa una base del flujo de la inversiones y utilidades principales que tendrán que asumir si emprenden este proyecto, y permitirle de esta manera tomar una decisión más informada a la empresa.

El presente trabajo tiene como basamento un yacimiento teórico, por lo cual el análisis técnico no contiene la variable de locación, este basado en históricos, experiencias de expertos, y documentos pretende dar una idea del tipo de yacimiento promedio en el que trabajaría la empresa, con el objetivo de que el tiempo del proyecto y los flujos de inversión sean los más parecidos a uno real, y de tal manera entregar a la empresa los datos más precisos para su decisión.

CAPÍTULO I EL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Venezolana de Proyectos Integrados VEPICA C.A. (en adelante VEPICA) es una empresa fundada en el año 1972. Desde entonces, VEPICA ha evolucionado de ser una oficina de ingeniería a convertirse en una corporación orientada al desarrollo integral de proyectos, incluyendo los de modalidad de Ingeniería Procura y construcción (IPC), al igual que contratos a largo plazo con responsabilidad en la operación y el mantenimiento de instalaciones.

Por ser prestadora de servicios, VEPICA, no aplica la definición materia prima ni producto final de industrias de manufactura, transformación o producción primaria. Los productos elaborados por VEPICA, son documentos y planos elaborados por los técnicos y profesionales que lo integran. La empresa posee una gran demanda a través de la prestación de servicios de Ingeniería y gerencia en Procura, Construcción, Tecnología, Operación y Mantenimiento en cualquier lugar del territorio nacional venezolano.

El objetivo de la empresa es prestar servicios integrados para el diseño, adquisición de equipos y materiales, y para la gerencia de construcción de plantas industriales y proyectos en general en las industrias de: petróleo y gas, refinación, infraestructura, petroquímica y química, electricidad, minería, industrias básicas y manufactureras, alimentos, siderurgia y aluminio y servicios públicos. La empresa posee una estructura organizacional según la expresada en el siguiente organigrama:

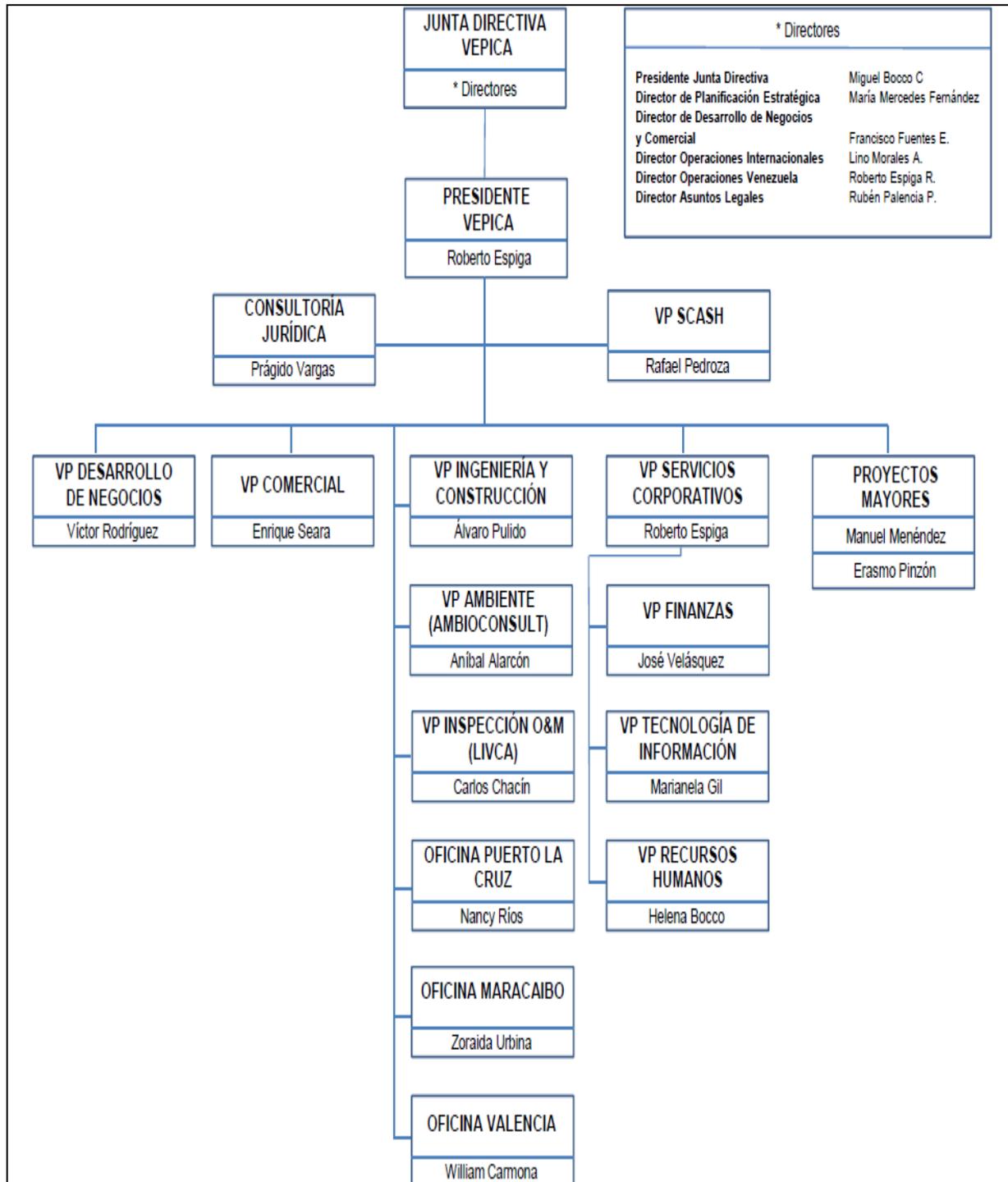


Figura 1. Organigrama de la empresa VEPICA
Fuente: CORP-000-J01 VEPICA (2013)

Ambioconsult: Ambioconsult es una empresa filial de VEPICA con experiencia en proyectos para la industria petrolera, energética y manufacturera, ofrece servicios en consultoría e ingeniería ambiental, necesarios para la industria internacional actual (véase la Figura N° 2). Entre sus servicios se pueden mencionar: a) Tratamiento de aguas; b) Recuperación ambiental y desechos y c) Consultoría ambiental.

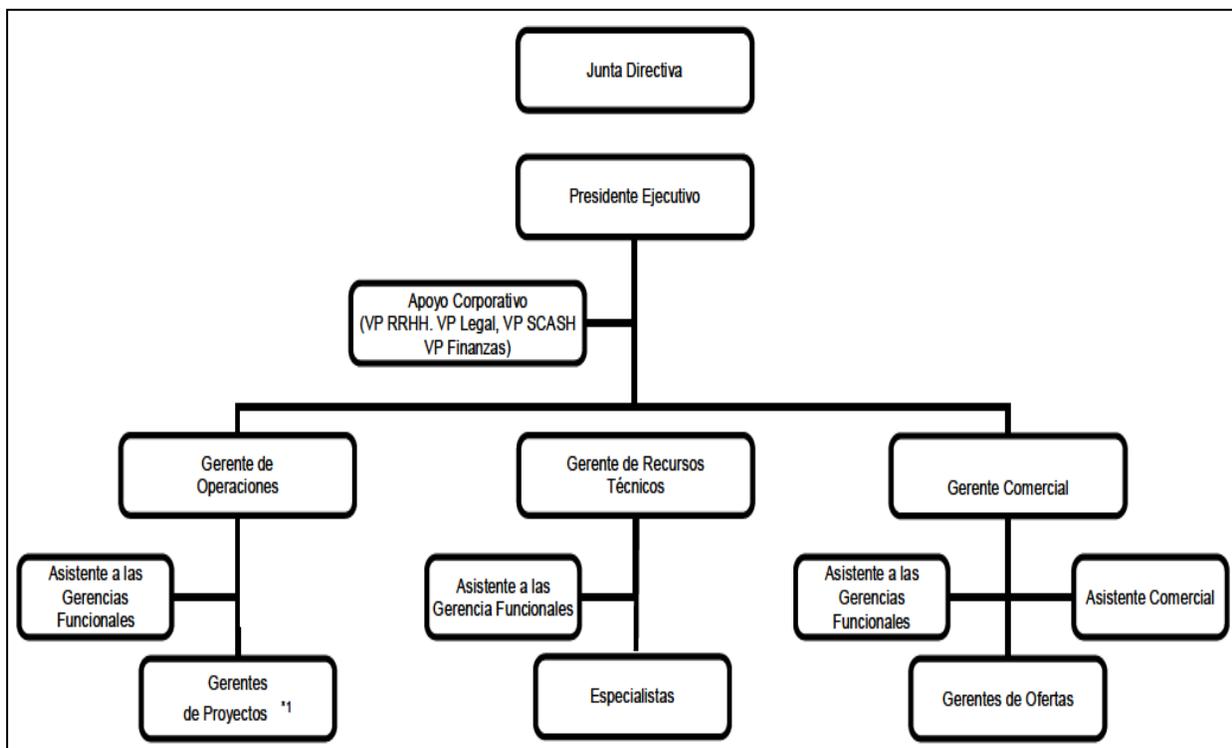


Figura 2. Organigrama de la empresa Ambioconsult
Fuente: AMB-000-J01 Ambioconsult (2013)

Por su parte, en lo que respecta a proyectos específicos en el área de tratamiento de aguas y efluentes se mencionan algunos de los más importantes a continuación:

→ Tratamiento e Inyección de Aguas de Producción en Campo San Jorge, CHEVRON ARGENTINA.

- Sistema de Inyección de Aguas de Producción del Campo “Costa Afuera” Corocoro, CONOCO VENEZUELA.
- Sistema de Tratamiento de aguas residuales municipales de Punta Gorda en el Estado Vargas, Ministerio del Ambiente.
- Sistema de Tratamiento e Inyección de aguas para la recuperación de crudos en el Lago de Maracaibo, PDVSA VENEZUELA.
- Ampliación del Sistema de Tratamiento de efluentes industriales en las Refinería “El Palito”.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según Rodríguez (2008), los distintos tipos de problemas habidos en una misma situación surgen como desafiantes a la razón humana a través de los cuales el hombre desarrolla su pensar. El afronte a los problemas científicos enriquece el saber del hombre y genera en él, mecanismos naturales de evolución.

La conciencia mundial en el manejo de recursos naturales ha aumentado considerablemente. Aproximadamente 97% del agua de nuestro planeta es agua salada, solo un 3 % del agua disponible es dulce y un 2% se encuentra inmovilizado en los mantos de hielo polar de la tierra, quedando solo 1% para consumo de la vida vegetal y animal. Si bien el agua es un recurso renovable, en ciertas zonas, la demanda agrícola, el crecimiento agrícola y los cambios climáticos han hecho que el agua dulce se consuma con mayor rapidez que se repone el recurso. La organización mundial de la salud y otros organismos indican que hoy más de 400 millones de personas sufren de escasez severa de agua y que para el año 2050 este problema podría extenderse a más de 4 mil millones de habitantes. La utilización del agua en la agricultura representa al menos 2 tercios del consumo global.

Actualmente a pesar de los avances y el esfuerzo mundial por buscar alternativas energéticas, la energía proveniente del petróleo sigue siendo la de mayor importancia a nivel

mundial, además de ser la materia prima para materiales y productos considerados indispensables en la vida cotidiana. Del proceso de extracción de petróleo se obtienen tres corrientes, el crudo, el gas, y el agua, de los cuales las tres deben ser tratadas. El agua (denominadas aguas aceitosas producto de la extracción de petróleo, o aguas de producción como se les refiere en el campo de estudio) deben ser tratadas para su posterior deposición o reutilización.

Virtualmente todo yacimiento de petróleo es barrido por agua en muchas ocasiones por medio de la reinyección del agua de producción, siendo reutilizada para este fin. Si bien la producción de agua a menudo es considerada un problema en la extracción de petróleo; contar con cierta cantidad de agua de producción es crítico para el proceso de extracción de petróleo, ya que cierta cantidad es necesaria para mantener el factor de recuperación del crudo y permite mantener la presión del yacimiento. Un exceso sin embargo, puede causar altos costos en el tratamiento y deposición de las mismas. Cabe destacar que entre un 30 y un 40% del agua de producción es considerada residuo y hay que tratarla para disponer de ella.

A escala global, por cada barril de petróleo se generan como mínimo tres barriles de agua, y aunque se disponga de las mejores técnicas de manejo de campo, tarde o temprano la producción de agua puede aumentar hasta más del 90% del volumen de barriles que se llevan a la superficie. Esto produce que los sistemas de tratamiento de la superficie se sobrecarguen, lo que afecta la eficacia y la productividad del campo. Finalmente el costo que implica el tratamiento de agua de producción reduce la rentabilidad en el campo propiamente, a pesar de los avances logrados en lo que respecta a manejo de agua en los campos petroleros para hacer éstos más rentables, el tratamiento de agua de producción sigue siendo un factor crítico en la rentabilidad debido a sus altos costos de procesamiento.

En los campos maduros la rentabilidad se basa en el límite económico de la relación agua/petróleo. Hacer producir un pozo con una cantidad de agua por barril de petróleo por encima del límite económico genera un flujo de caja negativo. Si los costos de tratamientos del

agua son demasiados altos puede suceder que se justifique abandonar el pozo con la consiguiente pérdida de reservas.

No obstante, el precio del barril de petróleo ha aumentado significativamente, ubicándose por encima de los 100USD/barril en los últimos años, ocasionando la reactivación de pozos petroleros abandonados, pozos petroleros con altas producciones de agua por barril de petróleo que habían perdido rentabilidad con un precio por barril de petróleo bajo, pero a un precio como el antes mencionado vuelven a ser rentables. Este contexto también le ha dado una vida mucho más larga a yacimientos maduros, permitiéndoles permanecer activos con altas producciones de agua por barril de petróleo, excedente de agua que debe ser tratado para su eliminación dentro del marco legal.

Es así, como la empresa Vepica, desea expandir su línea de negocios actual como parte de su estrategia corporativa para los próximos años. La compañía busca implementar un modelo de negocios a través del cual se instalen plantas modularizadas de tratamiento de aguas de producción que permitan el reúso de la misma con fines agrícolas bajo un modelo de negocios Build, Own, Operate, Transfer (en adelante BOOT) en Colombia, ofreciéndole a las empresas petroleras colombianas un pago financiado de la tecnología e infraestructura, durante un periodo de concesión durante el cual Vepica, operara y hará los mantenimientos respectivos, cobrando durante la duración del proyecto, el servicio de operación, mantenimiento, así como el financiamiento de la tecnología e infraestructura implementada.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es el proyecto de implementación de plantas modularizadas de tratamiento de aguas aceitosas producto de la extracción petrolera bajo el modelo de negocios BOOT (Build, Own, Operate, Transfer) en Colombia, un proyecto viable técnica, económica y financieramente para Vepica?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Valorar técnica, económica y financieramente la implementación de plantas modularizadas de tratamiento de aguas aceitosas producto de la extracción de petróleo bajo un modelo de negocio BOOT (Build, Own, Operate and Transfer) para una empresa de proyectos de ingeniería, procura y construcción (IPC).

1.4.2. Objetivos Específicos

1. Caracterizar a los posibles clientes de plantas modularizadas de tratamiento de aguas aceitosas producto de la extracción de petróleo.
2. Caracterizar a los posibles competidores, y su oferta para el mercado.
3. Evaluar y establecer la tecnología de las plantas modularizadas a implementar.
4. Estimar costos de ingeniería, procura y construcción.
5. Estimar costos de operación y mantenimiento.
6. Elaborar el flujo financiero del modelo a implementar.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Es evidente que el factor rentabilidad juega un rol fundamental en el análisis de gestión de la energía de inyección para disposición. Los altos costos causados por el uso de generadores con diesel como combustible (cuyo transporte y costo hacia zonas alejadas son muy elevados) hace atractivo considerar la reutilización de aguas de producción con fines agrícolas, lo cual, exige un tratamiento específico y eficaz de estas aguas para que puedan ser reusadas con este fin.

La evaluación del antes mencionado modelo de negocios BOOT, representaría para Vepica, un medio factible e inmediato de diferenciarse de sus competidores, atraer a una mayor

cantidad de clientes y obtener una mayor presencia en Colombia. A su vez, permitiría a los clientes de Vepica evitar liquidación de créditos importantes a corto plazo (siendo un proceso que no genera valor a escala industrial) y concentrar sus recursos en la expansión, y actualización de sus operaciones de extracción de petróleo. Dicha premisa, permite prever el potencial de este modelo y deja claro que esta investigación presenta una gran oportunidad de ampliar la cartera de clientes de Vepica.

Asimismo, la empresa encontraría a través de este proyecto, formular el análisis necesario para satisfacer la necesidad de las empresas petroleras de manejarse dentro del marco legal en cuanto al tratamiento y disposición de aguas de producción, buscando abaratar los costos en ésta última fase, mediante la reutilización de las aguas de producción con fines agrícolas, lo que también llevaría a los posibles clientes a ser parte de la solución de una problemática global como es la escasez de agua.

Vepica podría ofrecer entonces la ingeniería procura y construcción de la infraestructura necesaria, así como la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas de producción, mediante un modelo de negocios que, de ser viable, permitiría financiar esta infraestructura a sus clientes y ganar presencia en un mercado en crecimiento.

Por último pero no menos importante, esta investigación contribuirá de manera fundamental al compromiso de todo profesional del área técnica al momento de realizar aportes significativos al avance de la industria, dejando así resultados útiles para la empresa Vepica y que también podrán ser tomados como referencia para futuras investigaciones.

1.6. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Como parte de este estudio los productos a entregar serán:

→ Lista y descripción de los posibles clientes del proyecto.

- Lista de competidores y descripción de su oferta al mercado.
- Diagrama de las plantas modularizadas.
- Lista de posibles proveedores que tiene la empresa y diferencias entre sus productos.
- Lista de equipos a utilizar, basados en los procedimientos de selección de proveedores y equipos que posee la empresa.
- Capacidad de tratamiento de agua que tienen las plantas modularizadas basándose en la capacidad instalada, capacidad máxima y capacidad estimada.

1.7. LIMITACIONES

El alcance de este Proyecto Industrial cubrirá solamente el mercado de Colombia, ya que es un mercado en crecimiento en el que Vepica pretende ganar presencia, ejecutando este tipo de proyectos.

Se limitará el trabajo a una evaluación técnico, económico y financiero del proyecto. Se pretende entregar como producto una evaluación de la factibilidad de un modelo, que le permita a la empresa, tomar decisiones que le permitan invertir, o modificar el presente proyecto.

Si bien la variabilidad del proyecto dependerá del agua asociada a la extracción de petróleo, que es constante para todos los yacimientos, los yacimientos de crudo extra pesado, tienden a ser menos rentables con altas producciones agua, que yacimientos de crudo extra liviano o liviano por la diferencia de precio en el mercado de los mismos, así como también se sabe que yacimientos de crudo liviano o extra liviano generalmente producen mayor cantidad de agua por barril de petróleo, todo esto puede afectar la duración del proyecto, cantidad de plantas modularizadas a utilizar, entre otros factores, por lo que el estudio se realizara basándose en datos de un yacimiento de crudo medio.

Ya que no se cuenta con un yacimiento específico en el cual se aplicara el proyecto, los datos con los cuales se hace este estudio, son de un yacimiento promedio.

Por razones de confidencialidad, las cifras del presente estudio no podrán ser divulgadas completamente por políticas internas de la compañía. Sin embargo, esto no deformara el sentido lógico del resultado del estudio. Igualmente los nombres de las compañías usados no serán los reales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En el siguiente apartado se presenta la descripción detallada de aquellos enunciados referidos principalmente al tratamiento de agua de producción y los respectivos equipos involucrados.

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación se exponen de manera resumida los principales precedentes documentales tomados en cuenta para esta Investigación:

- BREWER C. Y ORUE M. Caracas, Universidad Católica Andrés Bello, Departamento de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, 2012. Trabajo especial de grado titulado “FORMULACIÓN DE UN MODELO DE NEGOCIO QUE PERMITA A UNA EMPRESA DE PROYECTOS DE INGENIERÍA, PROCURA, Y CONSTRUCCIÓN (IPC) OFERTAR INSTALACIONES MODULARIZADAS PARA EL MANEJO DE LA PRODUCCIÓN TEMPRANA DE CRUDO EXTRA PESADO EN LA FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO”. Dicho trabajo de grado tuvo como objetivo la formulación de un nuevo modelo de negocio para una empresa de proyectos IPC. Posterior al desarrollo de los cálculos de dimensionamiento y selección, así como el cronograma de ejecución, los investigadores dieron curso a un estudio de costos y su respectivo análisis económico-financiero. Además, dicha investigación contempló un análisis de sensibilidad financiero tomando como
- +referencia el precio por barril de petróleo y la cantidad de años de contrato de operación y mantenimiento. Se concluyó entonces que la opción más óptima era de 3 años de O&M y un precio de barril de \$7,5.

- CASTRO Y REY. Chía, Universidad de la Sabana, Facultad de Derecho, 2004. Trabajo especial de grado titulado “CRONOLOGIA EN LA CONTRATACIÓN PETROLERA EN COLOMBIA”. Este trabajo fue útil debido a que describe cronológicamente las modalidades contractuales para la exploración y explotación de petróleo en Colombia y las compara con los sistemas de Venezuela, Ecuador y Perú. Los autores concluyen que debido a la poca capacidad de los estados para explorar y explotar su propio petróleo, es necesario acudir a inversionistas que puedan hacerlo, por esta razón hay que ofrecer las mejores condiciones posible siendo Colombia un país competitivo con reglas claras y precisas que dan seguridad a la hora de recibir inversiones.
- ECHEVARRÍA. Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2007. Trabajo especial de grado titulado “ASEGURANDO EL VALOR EN PROYECTOS DE CONSTRUCCION: UNA GUIA ESTRATEGICA PARA LA SELECCIÓN Y CONTRATACION DEL EQUIPO DEL PROYECTO”. Con esta tesis el autor contribuyó a la mejora de la gestión de las contrataciones, de manera tal que éstas se adecuen a los requerimientos del cliente y las necesidades del proyecto. En ella se propusieron modelos de gestión de contrataciones a manera de una Guía práctica que debido a su flexibilidad puede irse implementando en base a la experiencia generada por su utilización. Dicha investigación ha servido para encaminar la metodología del ofrecimiento del servicio de plantas modulares bajo modalidad BOOT.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Agua de producción para inyección

2.2.1.1. Calidad

Cuando se usa inyección de agua, bien sea con fines de disposición o con fines de recuperación secundaria, el propósito del tratamiento es acondicionar la misma para ser

inyectada a la menor presión, además de prevenir la corrosión de equipos de subsuelo y superficie, prevenir la deposición de incrustaciones e incrementar la eficiencia del flujo de aguas.

En general, el agua en una fuente es de pobre calidad, principalmente por las razones siguientes:

- a) Por contener material en suspensión, el cual puede taponar rápidamente 10 pozos de inyección.
- b) Por contener cationes como bario, estroncio, hierro y calcio en solución, además de aniones como: sulfatos, carbonatos, sulfuros y algunos radicales hidróxidos. La presencia de estos iones puede traer como resultado la precipitación de componentes, los cuales pueden taponar la cara de la formación en los pozos inyectoros.
- c) Por contener bióxido de carbono, ácido sulfhídrico u oxígeno, los cuales causan corrosión. El oxígeno causa una rápida destrucción y picadura del acero de la tubería y obtura los pozos inyectoros con herrumbre. El H₂S puede crear incrustaciones y corrosión en el acero. El CO₂ causa escamas negras, agujeros en el acero y es fuente de carbonatación.
- d) Por contener algas, microorganismos y bacterias del tipo ferruginoso y sulfato reductoras. Estos organismos tienden a recolectar una cuantiosa concentración de limo y a producir material corrosivo, provocando taponamiento por completo en el sistema de inyección en filtros y empaques de arena.
- e) Por contener hidrocarburos que reducen la permeabilidad de las formaciones.

La combinación particular de contaminantes en una fuente de abastecimiento decide el tipo de tratamiento fisicoquímico que será requerido para preparar un agua de una calidad que cumpla con el propósito de inyección, bien sea con fines de disposición o recuperación secundaria.

Por experiencias de campo se han tratado de establecer normas cuantitativas para definirla calidad del agua para inyección a yacimientos. Estas no se han aceptado universalmente, debido a que los factores involucrados son diferentes para cada caso particular. Sin embargo, con base en la clasificación dada por CC Wright se pueden establecer algunos valores de comparación que ayudan en la determinación de la efectividad del tratamiento en una planta: a) Análisis de agua; b) Calidad de muestra; c) Alcalinidad y Acidez; d) Dureza; e) PH y f)

Sólidos suspendidos. En la Figura N° 3 pueden apreciarse los parámetros antes mencionados asociados al caso de estudio y que servirán como referencia.



PARAMETROS	Mínimo	Normal	Máximo	Unidades
Fluido	AGUA DE PRODUCCION			
Densidad	0,9942			g/cc
pH	7,5			H+
Temperatura	141	145	155	°F
Presión operación	Atm	Atm	Atm	Psig
Flujo	50000	50000	50000	BPD
Sólidos Suspendidos Totales mg/l a la entrada	150	170	200	mg/l
Sólidos Suspendidos Totales mg/l a la salida	0,5	0,8	1	mg/l
Concentración Sólidos Totales mg/l a la entrada	800	1000	1100	mg/l
Concentración Sólidos Totales mg/l a la salida	2	5	10	mg/l
Concentración Grasas y/o Aceites a la Entrada	700	1000	1500	mg/l
Concentración Grasas y/o Aceites a la Salida	0,5	0,8	1	mg/l
Cloruros mg/l	100			mg/l

Figura 3. Valores de Calidad de Agua supuestos
Fuente: Pliego técnico Ambioconsult (2013)

2.2.1.2. Problemas relacionados con el manejo del agua

Los problemas que envuelve el uso de agua son causados en su mayoría por constituyentes disueltos en el agua y por sólidos en suspensión. Los principales problemas son: incrustaciones y lodos, corrosión, problemas microbiológicos, reducción de permeabilidad y taponamiento por sólidos suspendidos.

Incrustaciones y Lodos: La deposición de escalas y lodos a partir de las aguas es problemática porque estos depósitos pueden formarse en líneas de flujo, tuberías de producción equipos de superficie o cualquier equipo con el que el agua entre en contacto.

Carbonato de Calcio (CaCO_3): El carbonato de calcio o calcita es la incrustación más frecuentemente encontrada en las operaciones petroleras. Los cristales de carbonato de calcio son grandes, pero cuando la escala es encontrada con impurezas, se presenta en forma de cristales finamente divididos y aparece en forma uniforme, las incrustaciones de carbonatos pueden ser cualitativamente identificadas por la adición de unas pocas gotas de ácido mineral.

Depósitos de carbonato e hidróxido de magnesio: Otra de las sustancias que se deposita a partir del agua en forma de escala o lodo es el carbonato de magnesio. El bicarbonato de magnesio se descompone en solución para dar carbonato de magnesio sólido, dióxido de carbono y agua. Así como para el carbonato de calcio, la solubilidad del carbonato de magnesio decrece cuando decrece la presión parcial del dióxido de carbono y decrece al incrementar la temperatura, también muestra un comportamiento similar con respecto al efecto de iones diversos. Sin embargo, las escalas de carbonato de magnesio no son tan problemáticas como la calcita o la aragonita.

Sulfato de Calcio (CaSO_4): El sulfato de calcio o yeso es otro de los sólidos frecuentemente depositados en los campos petroleros; generalmente precipita directamente sobre la superficie del metal de líneas de flujo, calentadores, etc. y forma escala más que lodo. Los cristales de sulfato de calcio son más pequeños que los de carbonato de calcio, así que la escala formada, generalmente es más dura y densa que la formada por los carbonatos.

Sulfato de Bario (BaSO_4): Una de las sustancias más insolubles formadas a partir del agua y una de las más difíciles de remover es el sulfato de bario y se forma por reacción entre el ion sulfato. La solubilidad del sulfato de bario en agua destilada es 0.0023 g/litro; es decir, que es mucho

menos que las solubilidades del carbonato de calcio (0.053 g/litro) y del sulfato de calcio (2.08 g/litro).

Depósitos de Sílice: Las aguas naturales ocasionalmente contienen concentraciones de sílice en el orden de 100 ppm. La sílice puede estar presente en forma coloidal, como sílice amorfa y como ácido mono cíclico (H_4SiO_4). Para muchos usos, el contenido de sílice del agua no es importante considerarlo. Sin embargo, en calderas de alta presión, los depósitos de sílice pueden representar un gran problema: forman una incrustación que parece porcelana y que no es soluble en ácido.

Depósitos de Hierro: El hierro puede estar presente en el agua de dos maneras: como hierro natural o como producto de corrosión. La precipitación de compuestos de hierro a partir de uno de estos orígenes puede formar escala sobre la superficie de metal o permanecer en el agua como una suspensión coloidal. El agua que contiene óxido de hierro coloidal tiene color rojo y generalmente es llamada agua roja; el agua que contiene sulfuro ferroso tiene color negro y se le conoce como agua negra.

Tóxicos: El agua de producción puede contener toxicidad a organismos marinos en exámenes de laboratorio. El potencial de efectos tóxicos en el plano ambiental es una de las razones de preocupación acerca de los efectos ambientales de las descargas de aguas de producción.

NORM: Materiales radioactivos de ocurrencia natural (por su traducción desde el inglés) pueden ser transportados a la superficie en agua de producción y puede ser encontrada en desechos de producción, equipos y sólidos en las instalaciones de producción. En locaciones costa afuera, NORM disuelto es descargado junto el agua de producción. Por la preocupación acerca de la exposición humana a radiación ambiental, NORM de yacimiento ha recibido atención regulatoria y el manejo de desechos se ha convertido en un costo significativo para la industria. NORM de yacimiento es el resultado de la presencia de uranio y torio en formaciones que contienen hidrocarburos.

Bacteria: La mayoría de las aguas de producción contienen bacteria pero generalmente en pequeñas cantidades. La medida de está es realizada acorde a API RP 38, “Practica recomendada para análisis biológico en aguas de inyección subterráneas”. El tipo y el número de bacteria son importantes a la hora de seleccionar un programa biosida.

2.2.2. Unidades para la remoción de petróleo del agua separada

Hoy en día, existe en el mercado una extensa diversidad de equipos o modelos de clarificadores, que combinan las tres etapas de una sola unidad, estrechamente ligadas según los diferentes fabricantes, pero todos deben proporcionar eficiencia en las tres etapas, dependiendo básicamente de la utilización de productos químicos adecuados, dosis recomendada, punto de dosificación correcto, calidad del efluente tratado y capacidad de espacio disponible en la instalación.

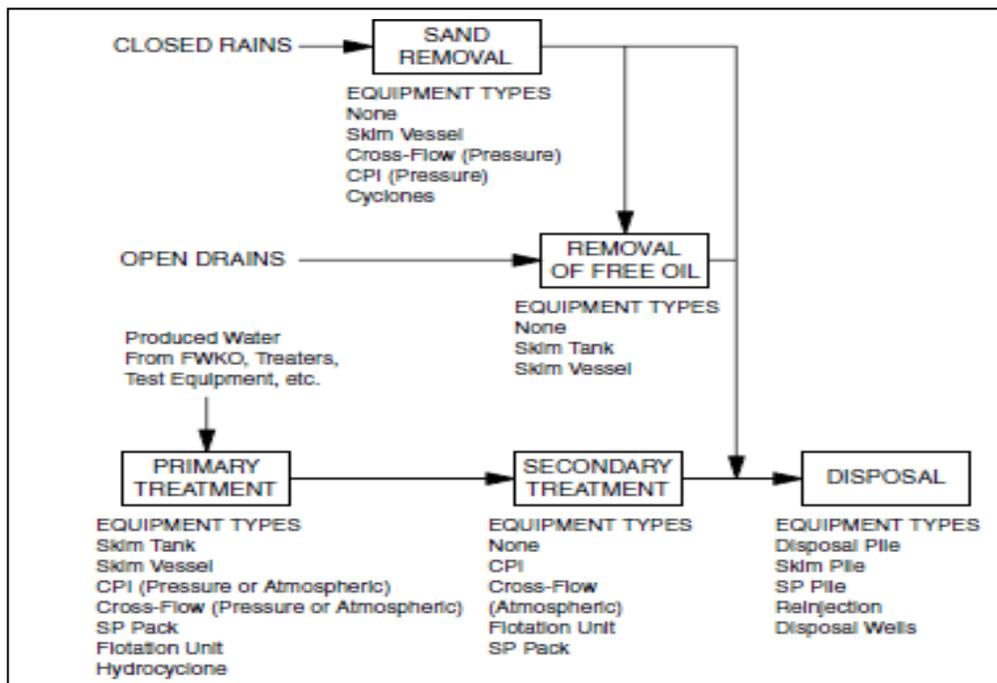


Figura 4. Etapas tradicionales del tratamiento de agua de producción.
Fuente: Arnold y Steward (1999)

Por su parte, la eliminación de aceite es básica para todos los productos de desecho de agua de yacimientos petroleros. Existen varios métodos para la remoción de aceite, 3 de los cuales utilizan efectos físicos (separadores API, celdas de flotación y filtros coalescedores) auxiliados generalmente por efectos químicos de coagulantes, desémulsificantes y espumantes (véase la Figura N° 5).

La remoción de aceite y sólidos de las salmueras producidas puede efectuarse de varias maneras, teniendo cada método sus propias ventajas y limitaciones. Generalmente, estos sistemas relativamente sencillos se combinan con mayor o menor éxito. La calidad del efluente depende fundamentalmente de la presencia de emulsiones y naturaleza de los sólidos.

Produced Water Treating Equipment		
Method	Equipment Type	Approximate Minimum Drop Size Removal Capacities (Microns)
Gravity separation	Skimmer tanks and vessels	
	API separators	100–150
	Disposal piles	
	Skim piles	
Plate coalescence	Parallel plate interceptors	
	Corrugated plate interceptors	30–50
	Cross-flow separators	
	Mixed-flow separators	
Enhanced coalescence	Precipitators	
	Filters/coalesces	10–15
	Free-flow turbulent coalesces	
Gas flotation	Dissolved gas	
	Hydraulic dispersed gas	10–20
	Mechanical dispersed gas	
Enhanced gravity separation	Hydrocyclones	15–30
	Centrifuges	
Filtration	Multimedia membrane	1+

Figura 5. Equipos de tratamiento de agua de producción
Fuente: Arnold y Steward (1999)

2.2.2.1. Separación por gravedad

Tanques o recipientes desnatadores: La forma más simple de equipo primaria es un tanque o recipiente desnatador (clarificador), estos equipos están normalmente diseñados para proveer tiempos de residencia largos durante los cuales la coalescencia y separación por gravitación pueden ocurrir. Los tanques de desnatado pueden ser usados como tanques atmosféricos, recipientes a presión, y tanques de aumento antes de otros equipos de tratamiento de agua de producción.

Separador API: Los separadores API siguen un proceso bajo las siguientes etapas: a) El agua aceitosa se recolecta en una tubería para aguas aceitosas; b) El caudal efluente pasará sobre los vertederos, separándose en dos corrientes iguales a lo largo de dos canales paralelos; c) El primer desnatador de aceite ajustable, se ubicará aguas abajo del vertedero, el caudal afluyente pasará a través de un deflector a fin de reducir la turbulencia a lo largo de la sección transversal del estanque de sedimentación; d) Al final, se ubicará un canal de separación aceite-agua-sólidos, donde las condiciones hidráulicas, permiten la separación por gravedad del aceite y la decantación de los sólidos suspendidos.

Posteriormente, un dispositivo de movimiento mecánico recogerá el aceite flotante en la superficie del canal de separación y depositará los sólidos decantados en una tolva de lodos. Aguas abajo del mecanismo combinado (desnatador removedor) se colocará un desnatador-recolector de aceite. A continuación, el agua efluente pasará a través de una serie de deflectores diseñados para retener aceite superficial, luego el agua libre de aceite pasará hasta una tanquilla de efluentes, desde donde será bombeada al tratamiento siguiente. Véase la Figura N° 6, ilustrativa del proceso antes mencionado.

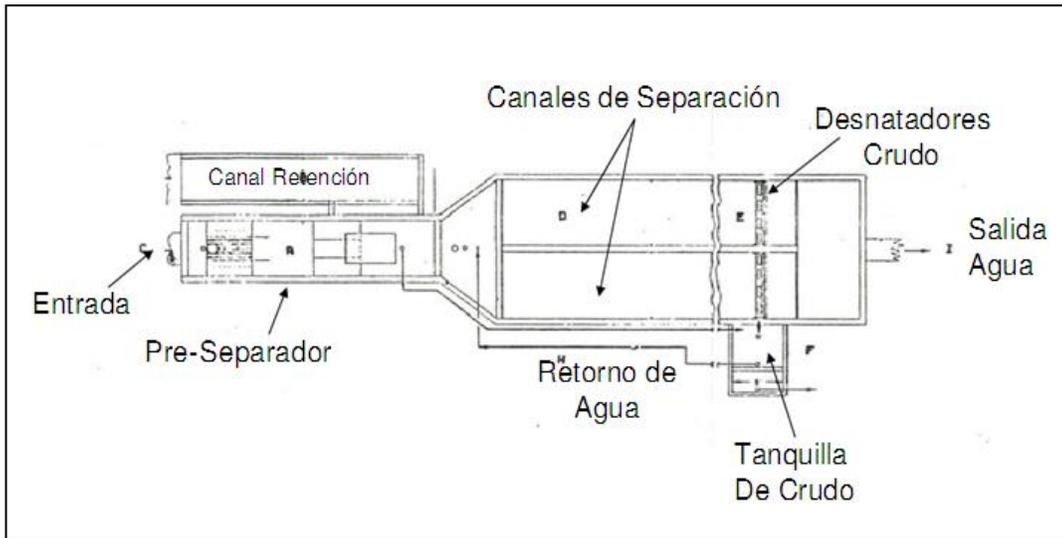


Figura 6. Separador API
Fuente: Guillermo Morales (2006)

2.2.2.2. Placas coalescentes

El uso del flujo por medio de placas paralelas ayuda a la separación gravitacional en los tanques de desnatado, y fue desarrollado como un método para modificar los separadores rectangulares horizontales de sección cruzada para tratar las gotas de crudo de menos de 150 micrones de diámetro. Varias configuraciones de coalescentes de placas han sido desarrolladas desde entonces. Estas son llamadas comúnmente interceptores de placas paralelas (PPI, por sus siglas en inglés), interceptores de placas corrugadas (CPI por sus siglas en inglés) o separadores de flujo cruzado. Todas estas dependen de la separación gravitacional para permitir que las gotas de crudo suban a la superficie de la placa donde la coalescencia y la captura ocurren. Los dos tipos de interceptores de placas paralelas principales son el interceptor de placas paralelas y el interceptor de placas corrugadas.

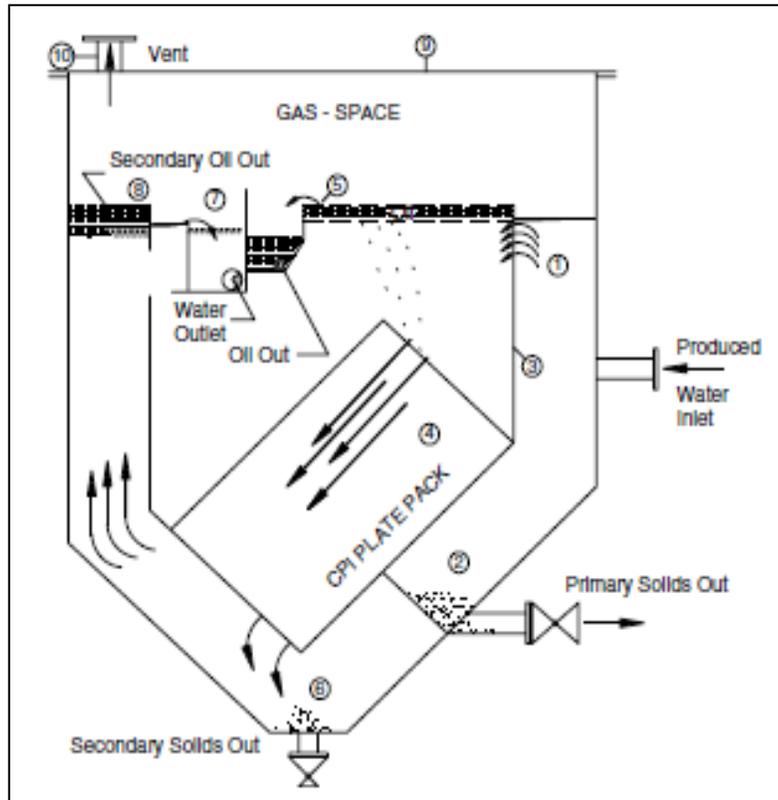


Figura 7. Patrón de flujo de interceptor de plata corrugada (CPI)
Fuente: Arnold and Steward (1999)

2.2.3. Desnatadores/Coalescentes.

Varios diseños que son mercadeados para mejorar la separación agua-crudo depende de la instalación de placas o coalescentes o paquetes dentro de desnatadoras horizontales para promover la coalescencia y captura de pequeñas gotas de crudo en una superficie mojada de crudo donde las gotas pueden acumularse. Estas gotas de crudo más grandes pueden ser recogidas directamente de la superficie mojada de crudo o puede ser usado un tipo de equipo basado en gravedad para separarlas del agua.

Los equipos coalescentes pueden estar en un recipiente aparte o como ocurre de manera más regular, instalados en un paquete coalescente contenido en un recipiente de gravedad.

Separadores coalescentes crudo/agua/sedimento: El separador coalescente de crudo/agua/sedimento es una mejora de la configuración de flujo cruzado, ya que utiliza un proceso de dos pasos para separar pequeñas gotas de crudo y sedimentos del flujo. Los paquetes coalescentes usados son de flujo cruzado por diseño en vez de ir flujo arriba o flujo abajo. La entrada de flujo del paquete distribuidor/coalescente separa equitativamente el flujo de entrada sobre toda la altura y ancho del paquete separador. El flujo a través de este paquete es medianamente turbulento, creando la oportunidad para las gotas de crudo pequeñas coalescer en gotas más grandes.

Coalescentes turbulentos de flujo libre: Los dispositivos de placas coalescentes antes mencionados, usan la separación gravitacional seguida de coalescencia para tratar el agua. Las placas coalescentes tienen la desventaja de requerir flujo laminar y placas con poco espaciamiento para poder capturar las pequeñas gotas de crudo, además son susceptibles a taparse con sólidos. Los coalescentes turbulentos de flujo libre, son un tipo de dispositivo instalado dentro o apenas aguas arriba de cualquier tanque de desnatado o coalescente para promover la coalescencia. Este tipo de equipos han sido mercadeados, y vendidos bajo el nombre “SP packs”. Estos equipos fuerzan el agua a fluir en un camino serpenteado de tuberías para crear turbulencia para promover la coalescencia suficiente.

2.2.3.1. Flotación

La flotación es un proceso que incluye la inyección de pequeñas burbujas de gas en la fase de agua. Las burbujas de gas en el agua se adhieren a las gotas de crudo y la fuerza ascendente de las burbujas de crudo es incrementada por las burbujas de gas. Posteriormente son removidas una vez suben a la superficie del agua, donde son atrapadas en la espuma resultante y desnatadas de la superficie. Resultados experimentales muestran que gotas mayores a 10 micrones pueden ser removidas para este método, y el 90% de la remoción de crudo es lograda en poco tiempo.

La mayoría de las unidades de flotación consisten en tres o cuatro celdas. Usar más celdas puede que no sea más costo eficiente para la mejora de desempeño que resulta, cada celda debe tener un tiempo mínimo de retención de 1 min para que las burbujas puedan subir a la superficie.

Las unidades de gas disuelto han sido utilizadas exitosamente en operaciones de refinería donde el aire puede ser usado como gas, donde áreas de gran magnitud están disponibles para el equipo, y donde el agua ha ser tratada es por lo general agua fresca oxigenada. En tratamientos de agua de producción es sin embargo deseable usar gas natural para excluir el oxígeno, y evitar reacciones peligrosas, y minimizar la corrosión y el crecimiento de bacteria. Esto requiere el ventilado del gas o instalación o instalación de una unidad recuperadora de vapor. Adicionalmente el contenido altos solidos disueltos en agua ha creado un problema de escala en estas unidades. Experiencia de campo con unidades de gas natural disuelto en operaciones de producción no han sido tan exitosas como las de gas dispersado.

Unidades de gas disperso.: En unidades de gas disperso, las burbujas de gas son dispersadas en el flujo total ya sea o un dispositivo hidráulico inductor o por un vortex creado por rotores mecánicos. Hay diversos diseños de unidades de gas disperso, todas requieren los medios para generar burbujas de gas de un tamaño favorable, y distribución en el flujo de agua, una región de dos fases de mezclado que causa la colisión entre burbujas de gas y las gotas de crudo, una región de flotación o separación que permite a las burbujas subir a la superficie, y los medios para desnatar la espuma aceitosa de la superficie. La burbuja de gas adherida a las gotas de crudo puede ser mejorada con el uso de químicos polielectrolíticos.

Unidades de flotación hidráulica inducida: Las unidades de flotación hidráulica inducida, inducen burbujas por medio de aspiración de gas en una zona de baja presión en un tubo Venturi. Agua limpia del efluente es bombeada a un header de recirculación que alimenta una serie de aductores Venturi, el agua que fluye a través de ellos, succionando gas del espacio de vapor que es soltado en la boquilla como un jet de pequeñas burbujas. Las burbujas ascienden causando la flotación y forman espuma que es desnatada por un dispositivo mecánico.

Unidades de flotación mecánica inducida: Las unidades de flotación mecánica inducen burbujas de gas en el sistema por una entrada de gas en un vortex generado por una a pala de batido. El rotor crea un vortex y vacío dentro del tubo de vortex. El envolvimiento asegura que el gas en el vortex se mezcle con el agua. El rotor y el inductor de corriente causan que el agua fluya formando forma de remolino. Un deflector dirige la espuma a una bandeja de desnatado como resultado.

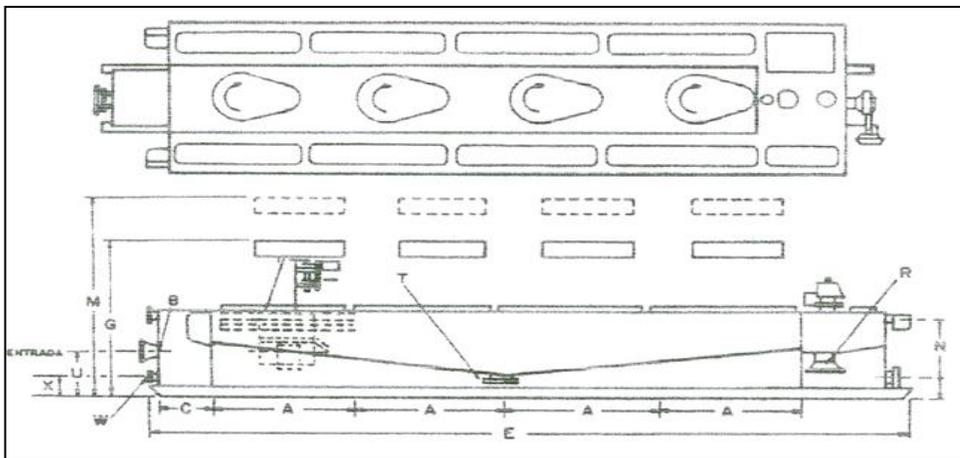


Figura 9. Unidad de flotación por inducción
Fuente: Guillermo Morales (2006)

Gas disperso - flotación hidráulica: La inducción de gas se realiza hidráulicamente sin el empleo de un mecanismo de aireación mecánico. Unidad dividida en cuatro cámaras de flotación. A medida que el agua va circulando, se va purificando. El agua limpia es recirculada por una bomba y dirigida a cada cámara por un tubo de distribución y una boquilla. Posteriormente el gas es inducido mediante una válvula aguja cerca de las boquillas. Al pasar el agua con el gas a altas velocidades por las boquillas, da lugar a la formación de pequeñas burbujas que luego arrastran las impurezas hacia la superficie y el petróleo es evacuado por un sistema de rebalse. Las unidades de flotación de gas deben ser usadas cuando:

- Las concentraciones de crudo en la entrada no son muy grandes (250–500 mg/l).
- Los requerimientos de salida del efluente no son muy exigentes (25–50 mg/l).

- Compañías de químicos están disponibles para formular el programa químico de tratamiento adecuado.
- Los costos de electricidad son bajos o moderados.
- Las unidades de flotación de gas no deben ser usados cuando:
- El tamaño y peso del equipo es una consideración prioritaria.
- El flujo de agua a ser tratado proviene de distintas fuentes de características químicas, y de crudo, significativamente distintas.
- El servicio de soporte de tratamiento de agua químico es limitado.
- Requerimientos de salida son muy exigentes.
- Costos de electricidad son altos.

2.2.3.2. Filtración

La remoción de sólidos suspendidos, al pasar el agua a través de un medio poroso, es principalmente una acción mecánica. Muchas partículas no pasan por los intersticios del filtro a causa de su tamaño. Esta acción sola, sin embargo, no puede dar clarificación completa. Los sólidos finalmente divididos son solo eliminados por la formación de películas gelatinosas. La profundidad a la cual los sólidos penetren en el lecho de arena, depende en gran parte del flujo de filtración, el grado de pre tratamiento, así como de las dimensiones y graduación del medio filtrante. Conforme pasa el tiempo, aumenta la eficiencia de un filtro operado adecuadamente. La materia floculada llena los espacios vacíos y la capa artificial produce intersticios más finos y ayuda tanto a la remoción de sólidos solubles como he sólidos suspendidos. Entre los tipos de filtros se encuentran los filtros de gravedad y los filtros de presión.

2.2.3.3. Procedimiento de selección de equipos

Es deseable traer información incluida con anterioridad a un formato que pueda ser usado por un ingeniero de diseño para seleccionar y dimensionar las piezas individuales de equipo

necesario para un sistema de tratamiento de agua total. Regulaciones federales y la mayoría de las autoridades que tienen jurisdicción requieren que el agua de producción reciba al menos algún tipo de tratamiento primario antes de ser enviada a desecho o pila de depuración.

Todo sistema de tratamiento de agua debe comenzar con hacer el dimensionamiento de las distintas piezas, para la separación de líquido, separación a tres partes etc. Se debe tomar en cuenta exigencia de espacio, y dimensionamiento propio de cada sistema, con sus posibles variantes. Con excepción de los requerimientos de espacio el ingeniero de diseño es libre de arreglar el sistema como considere adecuado, hay muchas combinaciones posibles de los equipos descritos anteriormente.

En el análisis final la elección de combinación de equipo y su tamaño debe recaer en gran medida en la experiencia de un ingeniero de diseño con experiencia. A continuación se establece una propuesta de guías para la elección del equipo, que en ningún momento deben ser substitutos de la experiencia:

- Determinar la concentración de crudo del flujo de entrada, en ausencia de otra información, 1000 a 2000 mg/l pueden ser asumidos.
- Determinar la calidad requerida de crudo disperso en el efluente final.
- Determinar la distribución del tamaño de la gota de crudo en el influente.
- Determinar el diámetro de partícula de crudo que se debe tratar para llegar a la calidad requerida del efluente.
- Si existe una gran cantidad de espacio disponible, como los casos de yacimientos en tierra firme, considerar un paquete SP y proceder al paso 10. Si la respuesta al paso 4 es menos de 30 a 50 micrones, una unidad de flotación o ciclón es necesario, y proceder al paso 6. Si la respuesta a la pregunta 4 es mayor a 30 micrones, un tanque desnatador o coalescente de placas, puede ser usado como un tratamiento de una sola sección, pero no es realmente recomendado, y proceder al paso 9.
- Determinar la calidad del influente a las celdas de flotación del efluente requerido asumiendo 90% de remoción.

- Si la calidad del influente es menor que la calidad determinada en el paso 1, determine el diámetro de partícula que debe ser tratado en un tanque de desnatado o coalescente de placas para cumplir con esta calidad.
- Determine el efluente del hidrociclón asumiendo que tiene 90% de eficiencia y determine el diámetro de partícula que debe ser tratado aguas abajo por un recipiente de desnatado.
- Determinar dimensiones del desnatador, y configuración.
- Determine eficiencia general, y eficiencia requerida por sección
- Determine dimensiones, y tipo de coalescente de placas.
- Elija tanque de desnatado, coalescente de placas o paquete SP, considerando costo y espacio disponible.
- Decida el método de manejo de desechos.

2.2.4. Estimación de costos

En los proyectos para poder realizar una estimación de los costos debe determinar la fase en que se encuentra, a partir de esta, se determina el estimado a efectuar. Se cuenta con 5 fases del proyecto:

- Fase 1, Visualización: En esta fase se identifica el proyecto, se realiza un análisis global de las alternativas propuestas, el cual puede incluir entre otros elementos, el análisis de la oportunidad de mercado, tecnologías disponibles a utilizar, estimación global de las inversiones, y los costos involucrados, entre otros.
- Fase 2, Conceptualización: En esta fase se analiza con mayor profundidad, sin entrar en detalles, las diferentes opciones que tiene el proyecto así como la viabilidad técnico económico del mismo. En esta fase se debe seleccionar la mejor opción del proyecto.

- Fase 3, Definición: Esta fase consiste en la evaluación completa del proyecto. En ella se definen completamente los alcances de la opción seleccionada en la fase anterior, y se desarrolla un plan de ejecución detallado el cual permitirá conocer el origen de los fondos y la estrategia a utilizar en caso de financiamiento.
- Fase 4, Operación.
- Fase 5, PEM: Puesta en marcha del proyecto para posteriormente analizar el cumplimiento de expectativas.

Ahora bien dependiendo del tipo de proyecto, en cada fase deben realizarse evaluaciones que correspondan a esas fases. Los tipos de evaluaciones son las siguientes:

Evaluación técnica: Tiene por objetivo analizar la factibilidad que desde el punto de vista técnico tiene el proyecto e incluye, la revisión tanto de sus datos básicos de tamaño, y localización de tecnología como de las estimaciones de inversión y costos.

Evaluación económica: En esta evaluación se deben comparar los beneficios económicos derivados del proyecto con los costos y las inversiones requeridas para la ejecución del proyecto a fin de determinar si el proyecto es atractivo para los inversionistas.

Evaluación financiera: Tiene por objeto determinar si existirán los fondos necesarios para realizar el proyecto y si el mismo será capaz de generar los fondos suficientes para cubrir los costos y recuperar utilidades.

Factor de Lang: Para la determinación del costo de una planta construida, se utiliza el factor de Lang, el cual consiste en multiplicar el costo de los equipos mayores de la planta por un factor que depende del tipo de proceso. Su fórmula es $\text{Inversión} = \text{Costo de equipos} \times \text{Factor Lang}$. Según Garret (1989), de acuerdo al tipo de proceso se asigna un valor de factor Lang, a saber: a) Sólido = 3,1, b) Sólido-Fluido = 3,63, c) Fluido = 4,74.

2.2.4.1. Modelo BOOT (Build, Own, Operate and Transfer)

En años recientes, una creciente tendencia ha emergido entre los gobiernos de muchos países solicitando inversores del sector privado para proyectos públicos. La razón primordial de esta tendencia es la escasez de fondos públicos. El modelo BOOT (Build, Operate, Transfer) es una opción para estos gobiernos para tercerizar proyectos públicos al sector privado. Con el modelo BOOT, el sector privado, diseña, financia, construye y opera las instalaciones y eventualmente después de una concesión especificada la posesión es transferida al gobierno, de esta manera el modelo BOOT puede ser visto como una técnica de desarrollo, usando la iniciativa y fondos del sector privado.

El modelo BOOT es un proyecto grande de negocios donde las empresas privadas llevan a cabo el desarrollo y operación de las instalaciones que son normalmente hechas por el gobierno, la terminación de la participación del sector privado es después de la concesión acordada, normalmente 25-40 años (Tiong, 1990), cuando es traspasada la propiedad sin ningún costo.

Los dos modelos más similares al BOOT son el BOO (Build, Own, Operate), y el BTO (Build, Transfer, Operate). En los tres casos el sector privado retiene las utilidades por operar las instalaciones. En BTO, el sector privado transfiere la propiedad apenas es construida y después de esto la opera en representación del titular. En BOO, el sector privado retiene la propiedad de las instalaciones, y obtiene utilidades operando las instalaciones por su vida útil.

Asimismo, en la utilización de contratos BOOT es preciso ser cuidadosos en la identificación de los riesgos y repartirlos adecuadamente, de tal manera que la contraparte más capaz para controlarlos, los asuma. Muchas veces los funcionarios del sector público no tiene la suficiente capacidad de valorar los riesgos y por lo tanto los asumen sin tener en cuenta consecuencias perversas que pueden aflorar y que determinan disminución de la eficiencia.

Habitualmente, las etapas de un proyecto BOOT son las siguientes: (a) estudio de factibilidad; b) selección del co-contrante; c) etapa de elaboración de la ingeniería; d) etapa de construcción y pruebas de funcionamiento; e) etapa de operación; f) conclusión del proyecto.

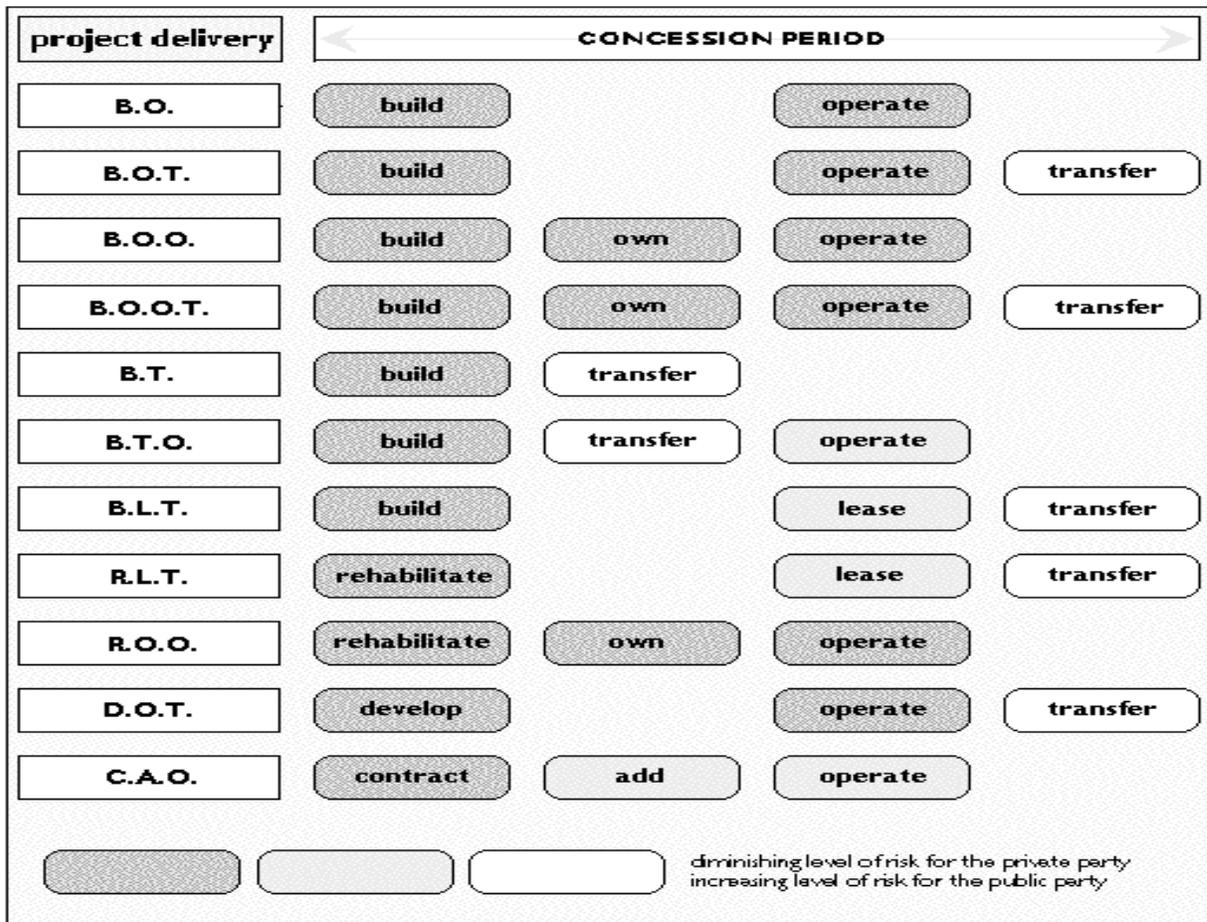


Figura 10. Modalidades y fases BOOT

Fuente: Menheere y Pollalis (1996)

Estudio de factibilidad BOOT: La primera etapa de un proyecto BOOT es aquella en la cual se determina si el proyecto a realizar es posible de llevar a cabo a un costo adecuado y proporcionado a los beneficios a obtener tanto económicos como sociales. El principal responsable por la evaluación de la factibilidad de un proyecto de esta naturaleza es el Estado o empresa dado que es el principal interesado su éxito y en definitiva quien recibirá la inversión.

Este punto hace a la viabilidad económica del proyecto. Así, será viable en la medida que el flujo de fondos esperado supere el valor del costo de construcción, incluida la financiación, otorgando a los promotores el beneficio que estimaron como tasa de retorno esperada.

De esa manera, el proyecto depende de la posibilidad de vender en precio y volumen el producto elaborado o el servicio prestado por las instalaciones en funcionamiento, lo cual trae aparejado un necesario estudio de: a) la demanda del producto o servicio, volumen de ventas y precios o tarifas proyectados; b) análisis de los productos o servicios que compiten con los generados con el proyecto: c) estudio del impacto de la obsolescencia tecnológica del proyecto.

Una vez efectuado este análisis, resulta entonces esencial determinar el precio o tarifa al cual será vendido el producto o el servicio. En este caso hay que observar que el nivel de ingreso de los usuarios o la solvencia patrimonial de los posibles clientes del proyecto y de los costos. En cuanto a estos últimos deben considerarse: los gastos de construcción, de operación, de la materia prima, de la mano de obra, impuestos, mantenimiento etcétera, todo lo cual debe ser identificado y cuantificado sumándosele el costo de financiación. Determinado el precio o la tarifa debe evaluarse si puede ser pagado por sus futuros compradores, como así también su relación con los productos o servicios competidores.

Factibilidad Técnica BOOT: Dados los riesgos involucrados en la implementación de un proyecto BOOT es necesario que la tecnología utilizada en la construcción de la instalación no sea novedosa y por tanto, haya sido utilizada con éxito en múltiples ocasiones. La utilización de tecnología no probada, genera mayores riesgos y, por tanto, costos que se traducen en la exigencia de mayores garantías por parte de los colocadores de fondos a los promotores. De esta forma, cuanto más conocida y probada sea la tecnología a utilizar, más simple y asequible será la financiación a obtener.

Ventajas del modelo BOOT

- La mayoría de la construcción y riesgo a largo plazo puede ser transferida al operador BOOT.
- El operador BOOT puede aprovechar la depreciación de las instalaciones construidas, y dado que las depreciaciones son gastos deducibles de impuestos, las utilidades del contratista son maximizadas.
- La responsabilidad por el diseño, construcción y entrega de servicio del activo es bastante alto, ya que si los objetivos de desempeño no son cumplidos, el operador BOOT, puede perder utilidades, generar más gastos etc.
- Los operadores BOOT, son experimentados con la gerencia y operación de los activos de infraestructura, y traen esas habilidades con el modelo.
- Los costos y problemas de reestructuración dentro del modelo son mínimo, sin embargo estos costos estarán dentro del precio del proyecto BOOT, para el operador.

Desventajas del modelo BOOT

- Este modelo es probable que resulte en mayores costos para el usuario final. Esto resultado de que el operador BOOT incurra en 100% del financiamiento y acepte las responsabilidades de mantenimiento.
- El manejo y monitoreo del nivel de servicio del acuerdo con el operador BOOT puede consumir mucho tiempo.
- Un proceso de selección riguroso debe llevarse a cabo para seleccionar un operador BOOT.

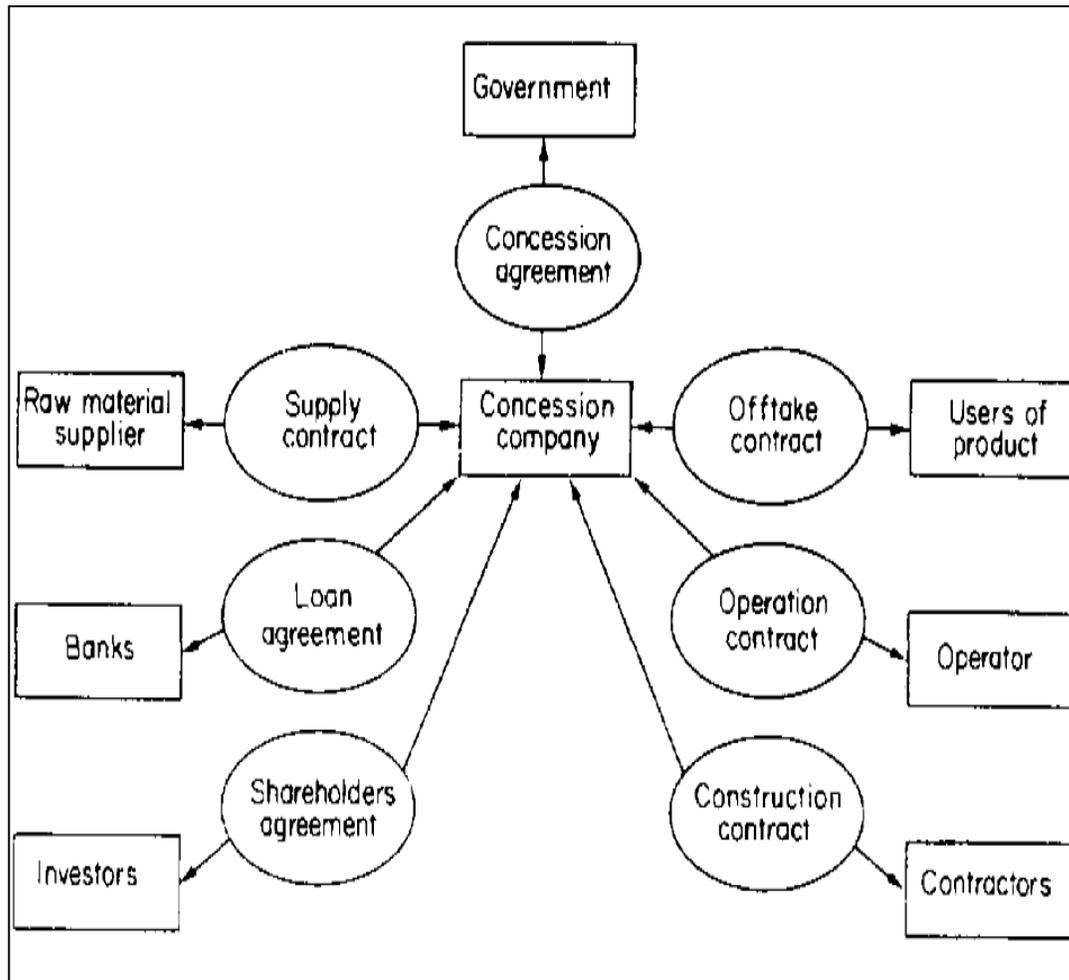


Figura 11. Proceso de Concesión BOOT
Fuente: McCarthy y Tiong (1991)

Análisis Porter: En esencia, el trabajo del estratega es comprender y enfrentar la competencia. Sin embargo, los ejecutivos suelen definir la competencia de una forma demasiado estrecha, como si fuera algo que ocurriera sólo entre los competidores directos actuales. No obstante, la competencia por las utilidades va más allá de los rivales establecidos de un sector e incluye a cuatro otras fuerzas competitivas: los clientes, los proveedores, los posibles entrantes y los productos sustitutos. La rivalidad extendida, que se genera como consecuencia de las cinco

fuerzas, define la estructura de un sector y da forma a la naturaleza de la interacción competitiva dentro de un sector.

Por muy distintos que en un comienzo puedan parecer entre sí los diferentes sectores, los impulsores subyacentes de las utilidades son los mismos. Por ejemplo, podría parecer que la industria automotriz global no tiene nada en común con el mercado internacional de las obras de arte, o con el fuertemente regulado sector salud en Europa. Pero para comprender la competencia y la rentabilidad de cada uno de estos sectores, uno debe analizar la estructura subyacente de cada sector en términos de las cinco fuerzas competitivas. Si las fuerzas son intensas, como lo son en los sectores de las líneas aéreas, textiles y hotelería, prácticamente ninguna empresa obtiene retornos atractivos sobre sus inversiones.

Si las fuerzas son benignas, como por ejemplo en los sectores de software, bebidas y artículos de aseo personal, muchas empresas son rentables. La competitividad y la rentabilidad determinan la estructura de un sector; ésta no depende de si el sector ofrece productos o servicios, si es emergente o maduro, de alta tecnología o baja tecnología, si está regulado o no lo está.

Aun cuando una multitud de factores - incluyendo las condiciones climáticas y los ciclos de negocios - pueden afectar la rentabilidad de un sector en el corto plazo, es la estructura del sector, la cual se manifiesta en las fuerzas competitivas, la que determina la rentabilidad del sector en el mediano y largo plazo.

La comprensión de las fuerzas competitivas, y sus causas subyacentes, revela los orígenes de la rentabilidad actual de un sector y brinda un marco para anticiparse a la competencia e influir en ella (y en la rentabilidad) en el largo plazo. Una estructura saludable de su sector debería ser tan importante para un estratega como la posición de su empresa.

Comprender la estructura de un sector también es clave para un posicionamiento estratégico eficaz. Como veremos, defender a la empresa de las fuerzas competitivas y moldearlas para su propio beneficio es crucial para la estrategia.

Fuerzas que dan forma a la Competencia: La configuración de las cinco fuerzas competitivas varía según el sector (véase la Figura N° 12). La fuerza competitiva o las fuerzas competitivas más fuertes determinan la rentabilidad de un sector y se transforman en los elementos más importantes de la elaboración de la estrategia. La fuerza más relevante, sin embargo, no siempre es obvia. Por ejemplo, aun cuando la rivalidad a menudo es intensa en las industrias de commodities, ése podría no ser el factor que limita la rentabilidad. Los retornos bajos en el sector de películas fotográficas, por ejemplo, son consecuencia de un producto sustituto superior, tal como aprendieron Kodak y Fuji, líderes mundiales en la producción de películas fotográficas, con la aparición de la fotografía digital. En situaciones de ese tipo, abordar el problema del producto sustituto se transforma en la prioridad estratégica número uno.

La estructura del sector es el resultado de un conjunto de características económicas y técnicas que determinan la fortaleza de cada fuerza competitiva. El análisis se puede aplicar con facilidad para entender los desafíos que enfrenta un potencial competidor nuevo.

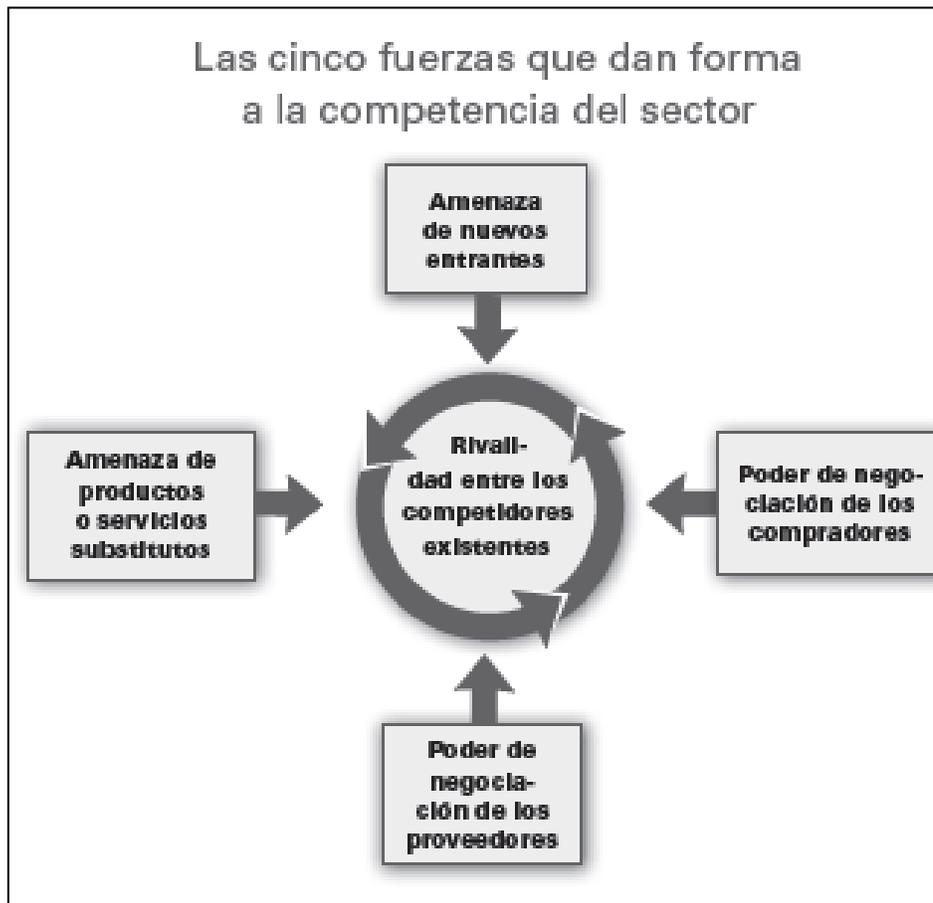


Figura 12. Fuerzas de la dinámica de Competencia
Fuente: Porter (1992)

Contexto situacional en Colombia: En una entrevista con Gerard Griot, vicepresidente de aguas de Vepica, y tutor de esta investigación, con gran experiencia en proyectos de tratamiento de agua en distintos países, se pone en evidencia la realidad particular de Colombia donde el promedio es de 7 barriles de agua por 1 de petróleo superando en gran medida el promedio global de 3 o 4 barriles de agua por barril de petróleo, cosa que afectara en gran medida el presente estudio.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En esta sección del trabajo especial de grado se exponen de manera precisa el tipo de datos que se requiere indagar para el logro de los objetivos (Chamorro y Fernández, 2005), así como la descripción de los distintos métodos y las técnicas que posibilitaron obtener la información necesaria.

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según Chamorro y Fernández (2005), el tipo de investigación se determina en base a los procesos de interpretación científica que conllevan a la solución de la problemática planteada.

Como se ha mostrado en anteriores capítulos, esta investigación busca evaluar técnica, económica y financieramente un proyecto en etapa de conceptualización, que le permitirá tomar decisiones a una empresa de proyectos de ingeniería, acerca de su definición e implementación. Se está entonces en presencia de un trabajo especial de grado dentro de la modalidad de Proyecto Factible, ya que como lo explica Chávez (2001):

“Su finalidad consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organización o grupos sociales; pudiendo referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos”.

3.2. DISEÑO Y ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Según Barrera (2010), el diseño de la investigación “Se refiere a donde y cuando se recopila información así como la amplitud de la información a recopilar, de modo que se pueda dar respuesta a la pregunta de la investigación de la forma más idónea posible.

Tomando en cuenta el grado de abstracción, el diseño del presente estudio se enmarca dentro de una investigación aplicada ya que su principal objetivo se basa en resolver problemas prácticos, con un margen de generalización limitado. La metodología empleada es cuantitativa, esto se fundamenta denotando que el objeto de estudio es externo al sujeto que lo investiga tratando de lograr la máxima objetividad. Intenta identificar leyes generales referidas a grupos de sujeto o hechos. Los instrumentos recogen datos cuantitativos, los cuales también incluyen la medición sistemática, y se emplea el análisis estadístico como característica resaltante (Barrera, 2010).

Así pues, el diseño de la investigación es no experimental con temporalización transversal ya que se recolectan datos, de Vepica y el contexto de Colombia, en un sólo momento y en un tiempo único. El propósito de este método es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado, permitiendo así contribuir a la toma de decisiones de la empresa Vepica acerca de la oferta del proyecto BOOT explicado.

3.3. UNIDAD DE ANALISIS

La unidad de análisis se refiere a las personas, departamentos y organizaciones que estuvieron a la disposición y fueron consultadas para la obtención de información con el objetivo de obtener propuestas; mientras que los estimados de costos necesarios para evaluar la factibilidad financiera, se definen como unidad de análisis los departamentos de estimación de costos, gerencia de proyectos y procura de Vepica y las empresas que prestaron su disposición para elaborar las propuestas para los equipos principales de las plantas

modularizadas tales como los Proveedores A, B, C y D, los cuales entregaron su visión técnica y económica del proyecto, permitiendo así delinear el estudio de mercado, técnico y de costos mostrado más adelante en la presente investigación.

3.4. TÉCNICAS DE RECOLECCION DE DATOS

Se denomina técnica al conjunto de instrumentos y medios a través de los cuales se efectúa el método y sólo se aplica a una ciencia. La diferencia entre método y técnica es que el método es el conjunto de pasos y etapas que debe cumplir una investigación y este se aplica a varias ciencias mientras que técnica es el conjunto de instrumentos en el cual se efectúa el método.

La técnicas utilizadas para la recolección de datos desarrollada en el presente trabajo especial de grado fue: la entrevista no estructurada, observación directa y revisión bibliográfica.

3.4.1. Entrevista no estructurada

La entrevista es una técnica de recopilación de información mediante una conversación profesional, con la que además de adquirirse información acerca de lo que se investiga, tiene importancia desde el punto de vista educativo; los resultados a lograr en la misión dependen en gran medida del nivel de comunicación entre el investigador y los participantes en la misma. Según el fin que se persigue con la entrevista, ésta puede estar o no estructurada mediante un cuestionario previamente elaborado.

En el caso del presente estudio, la entrevista fue de tipo no estructurada y se basó en el diálogo entre dos personas: El entrevistador (investigador) y el entrevistado; se realizó con el fin de obtener información de parte de éste. En este caso el instrumento se refiere a una “guía de preguntas” no escritas sino más bien planteadas según los objetivos específicos que

buscaban llevarse a cabo en este estudio y en base a retroalimentación del entrevistado. Así pues, no existió una estandarización formal, habiendo por lo tanto un amplio margen de independencia para formular las preguntas y respuestas. Dicha técnica de recolección se aplicó en los siguientes departamentos: procesos, equipos, estimación de costos, procura y gerencia de proyectos, donde se obtuvo la información acerca del tratamiento del agua de producción, funcionamiento de las plantas modularizadas, capacidades de las mismas, e información específica del manejo de crudo y de proyectos BOOT.

3.4.2. Observación directa

Según Chávez (2001), la observación es directa cuando el investigador se pone en contacto personalmente con el hecho o fenómeno que trata de investigar. A través de esta técnica se observó la recepción de cotizaciones y documentación asociada por parte de las potenciales subcontratistas como los proveedores A, B, C y D, siguiendo la siguiente estructura:

- Determinar el objeto, situación y/o caso a observar.
- Determinar los objetivos de la observación.
- Determinar la forma con que se van a registrar los datos.
- Observar cuidadosa y críticamente.
- Registrar los datos observados.

3.4.3. Revisión bibliográfica

Siendo esta, la técnica más común, se utilizó a través de la recopilación y posterior resumen de información que fue importante tener a mano como instrumento, con la finalidad (entre otras cosas) de hacer referencia teórica fiel, a preceptos y condiciones ya establecidas previamente por fuentes designadas por el investigador o por aspectos intrínsecos del sujeto estudiado.

CAPÍTULO IV

ESTUDIO DE MERCADO

El estudio de mercado mostrado a continuación consiste en buscar obtener una concepción ilustrada de la viabilidad comercial del modelo BOOT, como modalidad de servicio a implementarse en Colombia por la empresa Vepica. Se lleva a cabo el análisis de los potenciales clientes (consumidores) y se pone de manifiesto el razonamiento comparativo respecto de la capacidad y alcance de la competencia. Esta última apoyada en las referencias de un estudio entre mercado, competidores y clientes.

4.1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Se establece como producto, el bien o servicio que la empresa provee. En este caso es un producto mixto ya que bajo el modelo de negocio BOOT abordado en este estudio, se busca proveer el servicio de procura, construcción, operación y mantenimiento, de plantas modularizadas de tratamiento de aguas de producción, convirtiéndose la empresa Ambioconsult (como filial de Vepica) en la responsable del tratamiento de las mismas; a su vez, se concretaría la venta financiada de las facilidades con el objetivo del traspaso final del bien inmueble de las plantas modularizadas al cliente una vez concluido el proyecto, lo que sería el producto final.

Este producto permite al cliente la adquisición de plantas de tratamiento de aguas de producción, necesarias para la disposición de la misma a un costo financiado en conjunto a un servicio de operación de las mismas, delegando de esta manera las responsabilidades ambientales de su tratamiento y disposición a Ambioconsult. Así pues, cada planta modular consta con la capacidad instalada de tratar 50,000 barriles de agua de producción por día, y se pretende instalar tantas como sea la necesidad del cliente. Estas plantas cuentan con la capacidad de tratar el agua

de producción hasta calidad de riego de palma, con el objetivo de que el agua pueda reusarse con fines de irrigación.

4.1.2. Situación actual del tratamiento de aguas aceitosas

Hoy en día, las compañías petroleras producen un promedio de tres barriles de agua aceitosa por cada barril de petróleo que extraen de los yacimientos agotados. Se gastan más de 40 mil millones de dólares por año para hacer frente a los problemas del agua indeseada. En muchos casos, las tecnologías innovadoras para el control del agua pueden significar una reducción de los costos y un aumento en la producción de hidrocarburos (Schlumberger, 2000).

Existen dos grandes corrientes bajo las cuales se ha resuelto internacionalmente la extracción de hidrocarburos, quedando siempre en manos del Estado otorgante del permiso de explotación y pueden agruparse en dos vertientes principales: a) Contratos de concesión y b) Contratos de producción compartida. Cada uno de ellos tiene su particular esquema de asignación de rentas.

Por su parte, Colombia cuenta actualmente con un gran crecimiento en el sector de producción petrolera, alcanzando recientemente un millón de barriles diarios, con un incipiente auge de inversión y renovadas modalidades de concesión. Así pues, el actual contrato colombiano otorga al contratista el derecho de explotar los hidrocarburos que se descubran dentro del área adjudicada y este se obliga a llevar a cabo las operaciones a su costo y riesgo, con el pago de regalías, impuestos y otros rubros a la Agencia Nacional de Hidrocarburos de Colombia (en adelante ANH), véase la Figura N° 13.

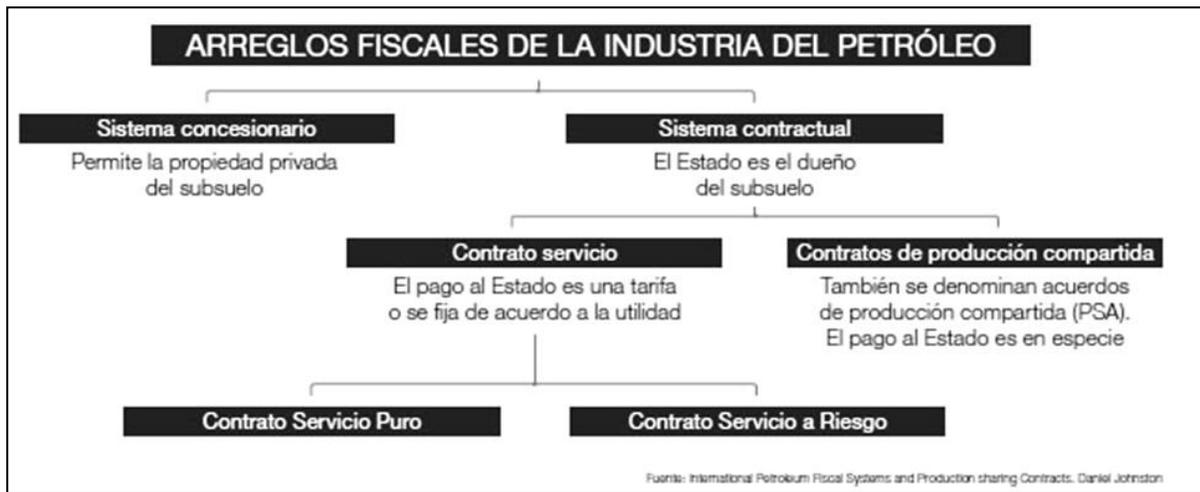


Figura 13. Arreglos Fiscales de industria del petróleo
Fuente: Sitio web Ecopetrol (2013)

4.2 DESCRIPCION DE LA SITUACION LEGAL

A pesar del auge en el sector petrolero, Colombia también ha hecho grandes avances en el tema de protección ambiental, limitando con diversas leyes, la disposición y/o vertimiento de aguas de producción.

La *Constitución Política de Colombia* en sus artículos 79 y 80 establece que es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación ambiental para garantizar el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano y planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución; debiendo prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Según lo dispuesto en los numerales 10 y 12 del artículo 31 de la ley 99 de 1993, le compete a las corporaciones autónomas regionales, fijar en el área de su jurisdicción, los límites permisibles de descarga, transporte o depósito de sustancias, productos, compuestos o cualquier

otra materia que puedan afectar el ambiente o los recursos naturales renovables y prohibir, restringir o regular la fabricación, distribución, uso, disposición o vertimiento de sustancias causantes de degradación ambiental. Estos límites, restricciones y regulaciones en ningún caso podrán ser menos estrictos que los definidos por el Ministerio del Medio Ambiente (Hoy Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial); y ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua y el suelo, lo cual comprenderá el vertimiento o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos y gaseosos, a las aguas en cualquiera de sus formas o a los suelos. Estas funciones comprenden la expedición de las respectivas licencias ambientales, permisos y concesiones.

Esto muestra en líneas generales la dirección y el énfasis que pone su constitución y varios artículos decretados, en función de la protección del ambiente y en especial del recurso hídrico, Véase el Anexo A para más información acerca del contexto legal pertinente.

4.3. DESCRIPCIÓN DE CLIENTES

Para este producto, los clientes potenciales son limitados a empresas del sector de extracción de petróleo, y cuentan con concesiones del gobierno Colombiano para este fin. En este sentido, reportes anuales de Ecopetrol formulan lo siguiente:

“La compañía nacional de petróleo en Colombia (NOC, por su sigla en inglés), y las empresas petroleras privadas hacen inversiones significativas, con alto riesgo y en el que los retornos, cuando los proyectos son exitosos, se obtienen en el mediano y el largo plazo. En el mundo petrolero, una tasa de éxito técnico exploratorio entre el 30% y el 50%, como la que presenta hoy Colombia, permite atraer recursos de inversión. Aunque Colombia no es un país petrolero, el sector sí es significativo en las finanzas públicas, como lo demuestra el hecho de que representa cerca del 14% del Producto Interno Bruto en 2010.”

Ecopetrol, Agudelo, Cuintaco, Vega, Londoño, Contreras, Téllez (2010)

Véase el Anexo B, para apreciar distinta información de los posibles clientes tomando en cuenta la cantidad de barriles de petróleo crudo extraído, contribución de barriles de petróleo de

cada empresa, contratos firmados, contribución por yacimiento y el promedio mensual de barriles de petróleo.

4.4. DESCRIPCIÓN DE COMPETIDORES

Se encontraron 64 competidores entre competidores directos e indirectos de VEPICA para este tipo de proyecto, en el sector de mercado, las siguientes graficas describen su situación, y participación en el mercado.

Tipo de disposición de agua que está en capacidad de realizar		
Tipo de disposición	N° de Empresas Producción onshore	N° de Empresas Producción offshore
Reinyección	55	29
Evaporación	29	13
Vertimiento	55	27
Riego	48	15
Re uso	47	21

Figura 15. Capacidad de ejecución en servicio de disposición de agua
Fuente: Vepica (2013)

Asimismo, en la Figura N° 16 se desglosa la experiencia relativa por sector para cada una de estas empresas. Véase el Anexo C, donde se detallan las características comparativas de empleados, facturación, tipo de clientela y alcance de atención.

➤ **Experiencia en tratamiento de agua según tipo de sector**

Sector	N° de Empresas con Experiencia Relevante
Exploración y producción	54
Transporte de hidrocarburos	15
Refinación / Petroquímica	27
Otros	32

Figura 16. Experiencia relativa por sector
Fuente: Vepica (2013)

Ya conocidas las características generales de los competidores, se caracterizan a continuación 3 empresas líderes del sector de mercado.

Competidor 1: Fundada en 1990, se especializa en el diseño, fabricación, instalación, operación y mantenimiento de sistemas innovadores para tratamiento de aguas y de aguas residuales. La empresa ofrece soluciones integrales para todo tipo de entornos. Se caracteriza por ofrecer unidades móviles de emergencia para potabilizar el agua en zonas de catástrofes, utiliza la desalinización para suministrar agua potable, trata y reutiliza las aguas residuales y produce agua desmineralizada para uso industrial.

Trabaja con proyectos llave en mano que comprenden desde el diseño y la fabricación hasta la puesta en marcha y los servicios de postventa. Los sistemas se ofrecen por medio de contratos de suministro, contratos integrales llave en mano, contratos BOT o contratos de diseño, construcción y operación (DBO), de acuerdo con las necesidades específicas de cada cliente. Asimismo, tiene un equipo de ingenieros de software, control, procesos y mecánica a través de los cuales ofrecen los siguientes módulos de servicio:

- Supervisión y soporte a distancia.
- Solución de problemas en terreno.
- Operación y mantenimiento integral.
- Suministro de repuestos, productos químicos y consumibles.

Respecto del alcance de estudio como competidor, es importante resaltar el servicio de desmineralización. En este sentido diseña, fabrica y suministra sistemas de desmineralización de agua utilizando tecnología de electrodesionización (EDI). El sistema típico incluye: a) Pre tratamiento, b) Osmosis inversa de doble paso (OI), c) Eliminación del CO₂ presente en el permeado obtenido en la OI y d) Electro des-ionización (EDI) para lograr la calidad requerida en el agua final desmineralizada.

Competidor 2: Empresa de referencia en el diseño, fabricación, operación, mantenimiento e ingeniería tanto de plantas de desalación, sistemas de potabilización y purificación de aguas de consumo y/o procesos, así como de equipos de depuración y reutilización de vertidos urbanos e industriales.

El crecimiento experimentado por la empresa en estos últimos años, ha hecho que sea considerado hoy, una de las principales empresas del sector del tratamiento del agua en España, con contratos en los cinco continentes. De esta manera, ha desarrollado una amplitud de líneas de productos que les permiten dar una solución en un amplio rango de caudales: desde Plantas Modulares y Compactas hasta plantas para grandes poblaciones cuyo diseño está dirigido al tratamiento de caudales elevados con costes de explotación mínimos.

Como antecedente, el competidor 2 construirá y operará por un período de diez años, una planta para tratar agua salobre proveniente de la extracción de petróleo en el campo de Rubiales ubicado en el término municipal de Puerto Gaitán en el Meta colombiano. El contrato, de cerca de 100 millones de dólares (unos 78 millones de euros), se ejecutará para una filial del grupo Pacific Rubiales Energy Corp. El proceso diseñado para dicho proyecto consiste básicamente en

una fase de pre-tratamiento con varios sistemas de filtración previos a la aplicación de un proceso de ósmosis inversa de alta recuperación (90%), así como un proceso de separación de lodos que permitirán disponer de aguas totalmente admisibles desde el punto de vista ambiental.

Competidor 3: Está trabajando para ayudar a municipalidades e industrias en todo el mundo para que utilicen el agua del modo más inteligente y eficiente posible, minimizando los desechos. , en este sentido ofrece un amplio portfolio de soluciones a medida y estandarizadas para agua potable, agua industrial, agua residual y transporte de agua; tecnología de última generación para el tratamiento de aguas, automatización de plantas, sistemas eléctricos y tecnología para edificios, además de los servicios de soporte necesarios como financiación, diseño y planificación, puesta en marcha, mantenimiento y soporte de emergencia para modernización.

Las ventajas competitivas del competidor 3 las tecnologías de filtración convencional de agua, filtración por membrana, desinfección por UV y controles. Su portfolio incluye aireación, tratamiento biológico, tratamiento anaeróbico, clarificación de aguas residuales, digestión, separación, alimentación de químicos, desinfección, gestión de residuales, sistemas de reutilización y reciclado, sistemas para control de olores y controles.

El paquete de soluciones que ofrece es específico para cada industria que comprende la gestión del agua integrando todos los productos y servicios necesarios para garantizar una optimización del rendimiento de la planta a largo plazo. El competidor 3 equipará la refinería de Reficar en Cartagena, Colombia, con una solución integrada de tratamiento de aguas, que constituye el núcleo de un sistema combinado de tratamiento, tanto de agua de proceso como de aguas residuales.

4.5. ESTUDIO ENTRE MERCADO, COMPETIDORES Y CLIENTES

Este tipo de estudio encuentra su origen en las escuelas de Mintzberg. Es así como la “Escuela del Posicionamiento: Formación de estrategias como un proceso analítico” es explicada

por Porter (1991), quien expresa que la esencia de la estrategia consiste en la elección de una posición muy específica, cuya plataforma se encuentra en el sistema de actividades especiales que una compañía desarrolla. Mediante la innovación y el mejoramiento continuo, resulta posible para esta escuela la integración cruzada por funciones o actividades. De acuerdo con Porter (1999), para lograr una ventaja sostenible una compañía debe integrar múltiples actividades para crear un posicionamiento único en el cual se involucren mecanismos de compensación en la estructura de interacción competitiva con los rivales.

4.5.1. Amenazas de entrada

Los nuevos entrantes en un sector introducen nuevas capacidades y un deseo de adquirir participación de mercado, lo que ejerce presión sobre los precios, costos y la tasa de inversión necesaria para competir. Los nuevos competidores pueden apalancar capacidades existentes y flujos de caja para remecer a la competencia, sobre todo cuando se diversifican desde otros mercados.

La amenaza de nuevos entrantes por lo tanto, pone límites a la rentabilidad potencial de un sector. Cuando la amenaza es alta, los actores establecidos deben mantener los precios bajos o incrementar la inversión para desalentar a los nuevos competidores. Las barreras de entrada son ventajas que tienen los actores establecidos en comparación con los nuevos entrantes. En los términos de las amenazas de entrada, no existen grandes amenazas en relación a economías de escala, costos para cambiar de proveedor, acceso a canales de distribución, o políticas gubernamentales restrictivas. Sin embargo este sector cuenta con ciertas barreras de entrada, como:

- *Ventaja de actores establecidos:* No solo por las relaciones que ya manejan con las empresas, sino competidores grandes establecidos como Siemens tendrán bajos costos ya que producen sus propios equipos de tratamiento de agua. Adicionalmente este sector toma mucho en cuenta la experiencia, y la relevancia de esta, los actores establecidos gozan de esta ventaja.

- *Requisitos de capital:* La necesidad de invertir grandes sumas de recursos financieros para poder competir es necesaria en este sector para garantizar la entrada. El capital puede ser necesario no sólo para instalaciones fijas sino también para ofrecer crédito al consumidor, acumular inventarios y financiar las pérdidas que se generan en un comienzo.
- *Beneficios de escala por parte de la demanda:* Los posibles clientes, pueden verse atraídos a utilizar las empresas más grandes, y que sus competidores están utilizando. Estos beneficios, también conocidos como efectos de red, aparecen en sectores donde la disposición de un comprador para pagar por el producto de una empresa aumenta con el número de otros compradores que también usan la empresa.

En este sentido, la amenaza de entrada no es particularmente alta pero lo suficientemente restrictivas para que otros competidores “piensen dos veces” antes de entrar al sector, adicionalmente a esto Ambioconsult, cuenta con una gran ventaja para entrar al sector, ya que posee capital suficiente, alianzas con proveedores de equipos de grandes empresas y una experiencia de gran relevancia en el sector, aunque mucha de esta experiencia sea en Venezuela y no en Colombia.

4.5.2. El poder de los proveedores

Los proveedores poderosos capturan una mayor parte del valor para sí mismos cobrando precios más altos, restringiendo la calidad o los servicios, o transfiriendo los costos a los participantes del sector. Los proveedores poderosos, incluyendo los proveedores de mano de obra, son capaces de extraer rentabilidad de una industria que es incapaz de transferir los costos a sus propios precios.

En el caso de estudio, los proveedores cuentan con un poder relativamente grande, ya que hay pocos proveedores en el sector, sin embargo en el caso de VEPICA, cuenta con buenas relaciones con la mayoría de los proveedores, con los que ya ha realizado, alianzas y diferentes

“joint ventures”. En este caso el mayor poder que tienen los proveedores en este sector, sería la capacidad de integrarse al sector y convertirse en competidores, aunque este escenario sólo logra ser realmente creíble por unos pocos proveedores que se concentran exclusivamente en el tratamiento de agua.

4.5.3. El poder de los compradores

Los clientes poderosos (el lado inverso de los proveedores poderosos) son capaces de capturar más valor si obligan a que los precios bajen, exigen mejor calidad o mejores servicios (lo que incrementa los costos) y, por lo general, hacen que los participantes del sector se enfrenten; todo esto en perjuicio de la rentabilidad del sector.

En este sector el poder de los compradores se basa en que son pocos compradores, y hay varios que son grandes compradores, no obstante, los compradores más grandes también podrían optar por contratar directamente a un proveedor, construir, instalar y operar la planta ellos mismos.

4.5.4. La amenaza de los sustitutos

Un sustituto cumple la misma función –o una similar– que el producto de un sector mediante formas distintas. Las video conferencias son un sustituto de los viajes. El plástico es un sustituto del aluminio. El e-mail es un sustituto del correo postal expreso. A veces, la amenaza de la sustitución ocurre más abajo en la cadena o es indirecta, cuando un sustituto reemplaza el producto de un sector comprador.

Las petroleras les requieren tratar grandes cantidades de agua efectivamente. Sin embargo para esto hay diversas tecnologías, calidades, y formas de lograr el tratamiento de esta agua, si se considera el producto de entrada de Ambioconsult (plantas modularizadas de tratamiento de agua de producción), por ejemplo tendría una gran cantidad de sustitutos, debido a la diversidad de

tecnologías que pueden lograr resultados similares. Sin embargo, aunque este es un producto con el que VEPICA-Ambioconsult busca penetrar el mercado, no es el único producto que ofrece, y también cuenta con la capacidad de proveer servicios para operación, ingeniería, construcción y procura de otras tecnologías, y esto como servicio no cuenta con sustituto alguno, fuera de que el cliente tuviese la capacidad de hacerlo ellos mismos.

4.5.5. Rivalidad entre competidores existentes

La rivalidad entre las empresas existentes en el sector, viene dado por que la similitud en tamaño entre la mayor parte de ellas, y que todas están interesadas en ser líderes del sector, sin embargo ninguna por si sola puede acaparar todo el mercado que se encuentra en un importante crecimiento, lo que a su vez atenúa de alguna manera esta rivalidad. Al mismo tiempo hay que considerar que pocas de las empresas existentes en el mercado se focalizan únicamente en el sector, que las barreras de salida son bastante bajas, y no presentan una rivalidad en precios, sino en tecnologías, y proyectos que manejan.

4.5.6. Conclusiones del Estudio

Se puede determinar por el análisis hecho que el sector cuenta con una rentabilidad media, en un mercado creciente pero de clientes limitados con mucho poder de negociación, de barreras de entrada suficientemente altas pero para las cuales VEPICA-Ambioconsult, cuenta con ciertas ventajas competitivas, y que el producto que ofrece la empresa se caracteriza como una necesidad y requisito legal para las empresas petroleras. Se llega a la conclusión de que los compradores tienen un poder relativamente grande, y una ventajosa capacidad de negociación con los competidores del sector. Sin embargo, para entrar eficientemente en el mercado, se debe buscar balancear los beneficios de escala, ganando buenas experiencias con varios clientes en este sector y geografía.

Aunque se puede observar la presencia de empresas más conocidas por el mercado colombiano que utilizan actualmente el modelo BOOT, sugerido en la presente propuesta, éstas

no logran suplir todo el mercado. Por lo que se considera una oportunidad de entrada al mercado colombiano, los campos petroleros más pequeños con menor producción de agua, que mantienen la misma necesidad de actualizar sus sistemas de tratamiento de agua de producción, para mantenerse dentro del marco legal colombiano.

CAPÍTULO V

ESTUDIO TÉCNICO

El presente estudio técnico toma en cuenta las consideraciones del estudio de mercado y permite obtener la base para el cálculo financiero y la evaluación económica del proyecto. Se prevé determinar la cantidad necesaria de maquinaria, equipo de producción y mano de obra calificada del proyecto, también se identifica a los proveedores y acreedores potenciales para lograr el desarrollo del producto o servicio.

5.1. TECNOLOGÍA A UTILIZAR

Para determinar la tecnología del estudio realizado se tomó en cuenta que se pretende hacer plantas modulares con el objetivo de que las plantas de tratamiento abarquen un amplio rango de calidades de agua, y de esta manera poder ser ofrecidas a varios clientes a un precio más bajo, abaratando costos de ingeniería, y estableciendo fuertes relaciones comerciales con los proveedores. Adicionalmente se toma en consideración que para el financiamiento de instituciones financieras (para establecer un modelo de negocios BOOT) es beneficioso que la tecnología sea conocida y tenga bajo riesgo de inversión y haya sido utilizada con éxito en múltiples ocasiones; de esta manera y considerando bajo el “*know how*” de ingeniería, se toma la decisión de usar: a) CPI para tratamiento primario; b) IGF, filtros cascara de nuez para tratamiento secundario y c) Osmosis inversa para tratamiento terciario.

5.2. CAPACIDAD DE PLANTAS MODULARES

Con el objetivo de determinar la capacidad de las plantas de producción, se tomó en cuenta el estudio de mercado antes mencionado, y la posición que mantiene la empresa motivadora de este estudio en dicho mercado, la misma está interesada en enfocar sus esfuerzos

para abrirse camino con los pequeños y medianos productores de petróleo, por lo que el foco de mercado de este estudio se centrara en los productores de petróleo colombianos con campos de producción de 1000 a 10000 barriles cuyas necesidades puedan ser cubiertas con 1 o 2 plantas modulares. Con base a las premisas anteriormente explicadas y el juicio como experto, Ing. Griot, como vicepresidente de la unidad de aguas de Vepica-ambioconsult, toma la decisión que las plantas modulares tengan una capacidad de 50.000 barriles por día.

Adicionalmente el Ing. Griot, tutor de esta investigación, ofrece su experiencia, explicando que para estos productores normalmente es costoso incurrir en este tipo de tecnología, por lo que diseñar plantas modulares de bajo costo podría representar un nicho comercial para Vepica.

5.3. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LAS PROPUESTAS DE LOS PROVEEDORES

A continuación se describen técnicamente las propuestas de los proveedores A, B, C y D.

5.3.1. Proveedor A

Resumen de Cotización

Resumen de precios:

- Separador de placas (CPI modelo 51S) equipo opcional: 451.300 USD.
- Flotador de gas inducido (IGF modelo 55): 836.200 USD.
- Filtro cáscara de nuez (PC modelo 120): 915.500 USD.

Tiempo de entrega: De 26 a 30 semanas luego de aceptada la OC

Términos de pago: 15% anticipo, 25% con la aprobación de planos de fabricación*, 20% con el 50% de avance de fabricación *, 40% con los equipos fabricados (EXW), notificación listos para despacho*

5.3.2. Proveedor B

Resumen de Cotización

Resumen del proceso:

- Flujo de diseño: 50.000 BWPD.
- Temperatura de operación: 80°F.
- Presión de operación: ATM.
- Entrada OIW: 10.000ppm.
- Salida libre OIW: 10ppm libre de crudo.
- Entrada TSS mg/l: 5ppm.

Alcance de la Procura: La propuesta del proveedor B incluye los requerimientos de mínimos de selección, fabricación, inspección, prueba, del material junto con su certificación y preparación para el envío del sistema de tratamiento de agua de producción.

Propuesta técnica y especificaciones

- 1 X 100% CPI
- 1 X 100% Unidad de Flotación de Gas Disuelto
- 2 x 100% Filtro de Cascara de nuez

CPI:

- Capacidad de diseño: 50.000BWPD
- Presión de diseño: ATM
- Temperatura de diseño: 145°F
- Material del recipiente: Acero al carbono
- Placas de nombre SS316
- Caja de conexiones para un recipiente separador

- Tamaño de recipiente: 24' Largo x 10' Ancho x 16' Alto.
- Peso estimado: 40.000 Lbs

Unidad de Flotación de Gas disuelto:

- Capacidad de diseño: 50.000BWPD
- Presión de diseño: ATM
- Temperatura de diseño: 145 °F
- Código de diseño: ASME
- Material del recipiente: Acero al carbono.
- Placas de nombre SS316
- Montado en plataforma
- Una caja de conexiones para plataforma.
- Tamaño: 600' Largox 144' Ancho
- Peso: 50.000 Lbs
- Dos (2) bombas eductor (Bombas centrifugas, 1 activa y otra de repuesto)

Dos filtros de cascara de nuez:

- Capacidad de diseño: 25.000 BWPD cada una
- Condiciones de diseño: 50-75 psig @ 145 °F
- Diseñado acorde a normas código ASME VIII Div.1
- Material de recipiente: Acero al carbono
- Materiales internos: 316 Acero inoxidable.
- Dimensiones del recipiente: 120' Ancho x 240' Alto
- Placas de nombre SS316
- Montado en plataforma
- Una caja de conexiones montada en plataforma

Bomba de retrolavado con motor eléctrico:

Configuración de diseño 1x100%

Material: Acero inoxidable

Dimensiones: 7' Largo x 10' Ancho x 6' Alto

Peso estimado: 5000lbs.

Precio:

→ 1 X CPI.

→ 1 X H-IGF.

→ 2 X Filtro cascara de nuez.

El costo de la procura de arriba: USD \$ 3.000.000 (el precio es +/- 20%).

5.3.3. Proveedor C

Resumen de Cotización

Precio: Cinco (5) GWT Trenes de series de osmosis inversa con capacidad de 292GPM cada tren de osmosis inverso con inyección de antiescalante químico. Precio total: \$803,860.00

Propuesta técnica: Cada tren de sistema de osmosis inversa es capaz de producir 292 GPM de agua de entrada permeada basado en un análisis de agua. El sistema de osmosis inversa está diseñado para una recuperación permeada de 80% basado en un nivel de sólidos totales disueltos de 1000ppm o menos, PH 7,5 y una temperatura de aguade 90 °F o menos. La unidad producirá a su capacidad total sin exceder la presión permisible por las membranas de osmosis inversa.

Por su parte la unidad de osmosis inversa incluirá los siguientes componentes:

→ Válvula de aire mariposa de accionamiento automático.

→ Ensamblaje de filtros.

→ Sistema de conductividad permeada.

→ Ensamblaje Bomba/motor de alta presión.

→ Membranas de osmosis inversa.

- Recipientes a presión de osmosis inversa.
- Medidores de flujo.
- Tuberías y válvulas.
- Ensamblaje de panel de control.
- Instrumentos.
- Chasis.
- Sistema de dosificación de químico anti escalante.

5.3.4. Proveedor D

Tienen la capacidad instalada más grande de membranas en los EEUU. Así como también la capacidad instalada más grande de bioreactores de membrana en Reino Unido, construyeron una de las más grandes plantas de nano filtración en el mundo y en 2009 completaron la planta de osmosis inversa más grande del sureste asiático.

Propuesta Técnica:

Bomba de alimentación de alta presión y bomba de impulso ERD:

- Equipo: Bombas de alimentación de osmosis inversa, sets de bombas de 365 gpm a 100 psi, un set por tren de osmosis inversa.
- Tipo: Multi-etapa horizontal.
- Material: Dúplex SS grado 2205.
- Eficiencia: 75% motor.
- Velocidad del motor: 3600 rpm.
- Cantidad: 3 sets.

Bomba de impulso ERD, sets de bombas de 546gpm a 55psi:

- Tipo: Multi etapa horizontal.
- Material: Dúplex SS grado 2205.

- Eficiencia: 75% motor.
- Velocidad del motor: 3600 rpm.
- Cantidad: 3 sets.

Ejecución: La serie de instancias de ejecución propuesta fue:

- Proveerá un representante calificado para supervisor la carga y descarga de elementos de membrana, sin embargo BAEWT no será responsable de ninguna herramienta, labor, equipo o materiales o servicios incidentales o requeridos que no estén específicamente incluidos en el alcance de la procura.
- Proveerá servicios de los representantes de los fabricantes para el equipo provisto por el proveedor, como sea necesario para los requerimientos específicos, si los hay.
- Confirmara con el equipo de protección para el sistema de membranas como están establecidos en la especificación del proyecto, si las hay, o como sean necesarias para proteger razonablemente el equipo durante la descarga en sitio, durante almacenaje, instalación, erección, prueba, chequeo y aceptabilidad de la prueba hasta la entrega final al dueño.
- Servicios de instalación, supervisión, inicio, prueba y entrenamiento del proveedor.
- Servicios técnicos adicionales.

Resumen de Cotización

Precio: Para el alcance de la procura descrita anteriormente entregada semi-ensamblada 5.400.000,00 USD.

5.4. ESTUDIO TÉCNICO DE PROPUESTAS (Equipos)

En la siguiente tabla se muestra una comparación directa y detallada de los proveedores C y D.

Tabla 1. Tabla comparativa - propuestas RO
Fuente: Autor

Características	Propuestas Osmosis Inversa	
	Proveedor C	Proveedor D
Precio (\$)	803.860,00	5.400.000,00
Envío	16 semanas	No especifica
Químicos	55 container de galón de inyección química anti Escalante	No incluye
Forma de pago	30% con la aceptación de la propuesta 35% después de ordenar los componentes para ensamblaje 35% cuando el sistema esté listo para el envío.	25% Orden de pedido 10% con el envío del diseño conceptual 10% con el envío del diseño en detalle 50% con la entrega del documento de envío 5% Después del envío.
Garantía	18 meses después del envío o 12 meses de operación	18 meses después del envío o 12 meses de operación
Recipientes a presión	Hecho de filamentos compuestos con material recubierto con epoxi, de acuerdo con el código ASME de recipientes a presión sección X, Apéndice AA-5.	4 lotes hechos de acero al carbón recubierto. 24 por cada tren de osmosis inversa.
Válvulas y tuberías	Tuberías de baja presión hechas de PVC no metálico shedule 80; todas las tuberías de alta presión serán de material 316L. Las válvulas asociadas serán construidas del mismo material que las tuberías asociadas.	4 lotes de válvulas y 4 lotes de tuberías. Tuberías: alta presión dúplex ss2205 shedule 40s baja presión PVC shedule 80. Válvulas: tipo válvula de enchufe (weld-neck) para clase 600 de aplicación para alta presión material SS 2205 dúplex. Válvula mariposa (full lugged) para clase 300 y menor material SS316-
Membranas	66 membranas, 6 por recipiente; CSM RE8084-Fen34 TFC con mayor resistencia al ensuciamiento.	672 membranas, 168 por cada tren de osmosis inversa, 7 por cada recipiente a presión.
Chasis	Acero al carbono recubierto.	No especifica
Panel de control ensamblaje	Consiste en: Allen Bradley Micrologix PLC con interfaz máquina-humano.	4 lotes de paneles de instrumentación, panel PLC y tuberías para la conexión con sus respectivos sensores.
Paneles de muestra	No incluye	Panel de muestra FRP con válvula de muestra para alta y baja presión.
Bomba de alta presión	Bomba de alta presión será una bomba centrífuga fabricada por Grundfos. Esta bomba es una serie CRN120-3-1. El motor es descrito como TEFC, de labor continua, 60 caballos de fuerza con electricidad de 480/60hz	3 sets para alimentar la osmosis inversa, sets de bombas de 365 gpm a 1000psi / 1 por cada RO train/ 75% eficiencia de bomba. Motor 350HP, velocidad de motor 3600rpm, suministro de energía 460V/3-fases/60HZ. Material SS 2205 Duplex
Bomba ERD de aumento de presión	No incluye	3 sets de bombas ERD de 546gpm@ 55psi, 1 set por tren de Osmosis inversa, eficiencia de bomba 75%, suministro de energía 460V-3 fases- 60HZ.
Servicio (visitas)	No incluye.	35 días hombre, para instalación, supervisión, y arranque 2 viajes al sitio incluidos.

Tabla 2. Matriz de decisión interna por rubro
Fuente: Autor

	Proveedor D	Proveedor C
Costo de equipos	1	10
10	10	100
Equipos adicionales	10	2
9	90	18
Calidad de los equipos.	10	4
8	80	32
Forma de pago	7	5
7	49	35
Garantía	5	5
6	30	30
Servicio (visitas) incluido	10	1
5	50	5
Total	309	220

Según la tabla 2, el proveedor D presente una ventaja ponderada significativa respecto al proveedor C. Por su parte, en la siguiente tabla se muestra una comparación directa y detallada de los proveedores A y B.

Tabla 3. Tabla comparativa propuestas tratamiento primario y secundario
Fuente: Autor

Características	Propuestas tratamiento primario y secundario	
	Proveedor A	Proveedor B
Precio (\$)	2.800.000,00	3.000.000,00 +- 20%
Envío	De 26 a 30 semanas luego de aceptada la orden de compra.	40 semanas después de haberse aprobado los planos, (el tiempo de entrega de los planos son 4 semanas después de aprobarse la orden de compra).
Impuestos	No se incluyen impuestos	No incluyen impuestos
Forma de pago	15% de anticipo, 25% con la aprobación de planos de fabricación 20% con el 50% de avance en la fabricación 40% con los equipos fabricados	30 días después de la fecha de recibo de las facturas por parte del cliente. Pagos por objetivos cumplidos pueden ser acordados.
Garantía	18 meses después del envío o 12 meses de operación	18 meses después del envío o 12 meses de operación
Componentes principales	1 CPI, 1 IGF, 1 Filtro cascara de nuez	1 CPI, 1 IGF, 2 Filtro cascara de nuez y una bomba de retrolavado con motor eléctrico.
Servicio (visitas)	No incluye	Proveedor B puede proveer mano de obra especializada para poner en marcha el equipo, y proveer entrenamiento completo al personal al precio actualizado, de la lista de precios de servicios. El precio de la mano de obra comienza desde el punto de partida, costo de tarifas aéreas, hoteles, comidas, y viáticos serán cargados al costo más 15%.

Tabla 4. Matriz de decisión interna por rubro

Fuente: Autor

	Proveedor A	Proveedor B
Costo de equipos 10	10	8
	100	80
Equipos adicionales 9	5	10
	45	90
Forma de pago 8	7	5
	56	40
Garantía 7	5	5
	35	35
Servicio(visitas) 6	1	10
	6	60
Envío 5	7	5
	35	25
Total	277	330

Según la tabla 4, el proveedor B presenta una propuesta ponderada relativamente superior a nivel competitivo respecto del proveedor A. En este sentido queda definido el diagrama de planta modular de la siguiente manera:

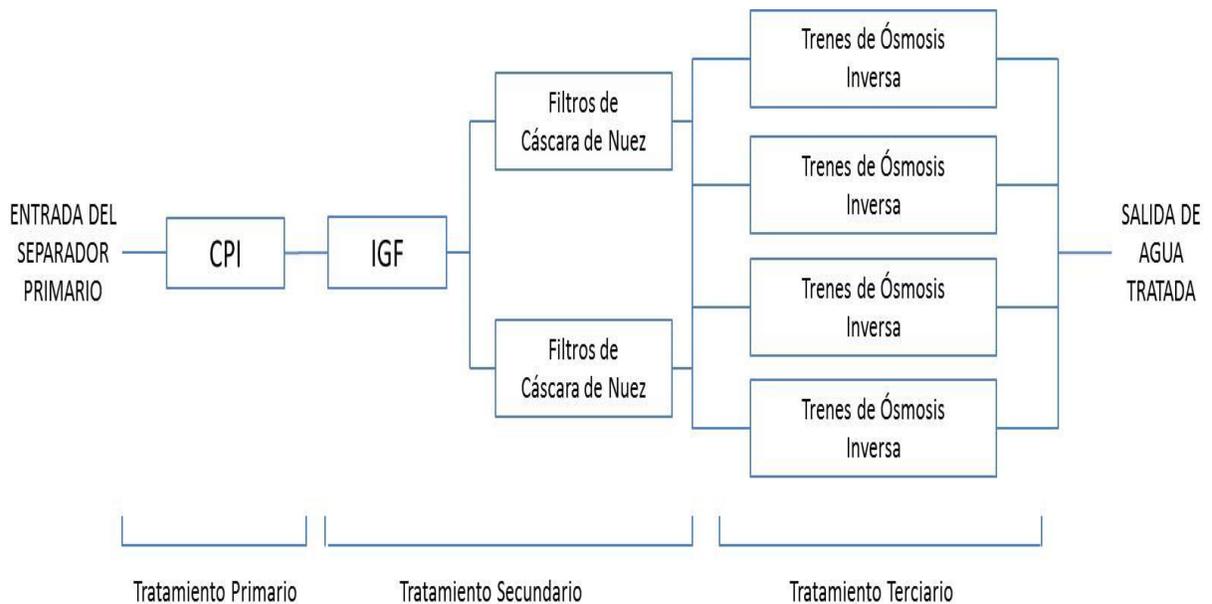


Figura 17. Diagrama de planta modular

Fuente: Madriz (2013)

CAPÍTULO VI

ESTUDIO ECONÓMICO - FINANCIERO

En esta sección del trabajo especial de grado se profundiza en el aspecto económico-financiero de la implementación del modelo BOOT para plantas modulares por parte de Vepica-Ambioconsult. Se realiza una estimación de costos Clase IV con base en el cual se desarrolla un análisis financiero preliminar que permita hacer ajustes en las siguientes fases de implementación técnica y económica del proyecto.

6.1. ESTIMADO DE COSTOS CLASE IV

En esta instancia, se enfrenta la “*Fase 2 o Conceptualización*”, que como se dejó ver el Marco Teórico de este estudio, se define con un estudio de costos de Clase IV, siendo un estimado a realizarse con ingeniería conceptual completa donde también se ha avanzado en las especificaciones del diseño básico. Además, se han concluido los estudios para la preselección, el tipo y tamaño de los equipos mayores, así como también se han preparado los requerimientos de servicios profesionales. En adelante se desglosan los factores de la estimación de costos realizada.

6.1.1. Bases del estimado

Factor de Productividad: El estimado de costos se ha desarrollado utilizando productividades Costa del Golfo, por lo que se han utilizado los siguientes factores para la tropicalización de los mismos. Véase la tabla N°5.

Tabla 5. Factor de productividad
Fuente: Manual de costos VEPICA (2010)

ACTIVIDAD	Factor de Productividad
CIVIL	2.20
CONCRETO	2.20
ACERO ESTRUCTURAL	2.00
EDIFICACIONES	1.82
EQUIPOS	1.91
TUBERIA	2.25
ELECTRICIDAD	1.99
INSTRUMENTACION	2.02
AISLAMIENTO	1.44
PINTURA	1.44

Es importante destacar que mientras el factor es mayor, indica que se requiere una mayor cantidad de horas hombre (HH) para la ejecución de los trabajos, o lo que es equivalente a decir que mientras mayor es el valor, existe una menor productividad en la realización de los trabajos. Los factores antes mostrados incluyen factores por tamaño del proyecto, período de aprendizaje, clima, improductividad debido a paros, entre otros (ver Factor de Lang en la sección teórica de esta investigación).

Tarifa de labor

La tarifa de labor considerada en el estimado de costos incluye los siguientes ítems:

- Salarios y Beneficios: Se consideró el contrato colectivo vigente.
- Supervisión (Caporal): Se consideró un costo adicional equivalente a 1 supervisor por cada 7 obreros con un recargo del 20% con respecto al costo.
- Equipos de Construcción: Incluye las herramientas menores, andamiajes, equipos de movimiento de tierra, camiones y grúas. Los costos asociados a los equipos de construcción se han estimado por cada una de las categorías principales o códigos de cuentas principales.
- Consumibles: Se ha considerado un porcentaje adicional del 6% sobre el costo de los equipos para cubrir los costos de gasolina, aceites, gases, electrodos, etc.

- Gastos de Transporte: Se ha considerado un costo equivalente a 1075 Bs/HH para cubrir los costos asociados al transporte del personal.
- Facilidades temporales del contratista de obra: Se ha considerado un porcentaje equivalente al 8% de los costos con la finalidad de cubrir los costos asociados a comedor, baños, edificio de oficina en campo, área de mantenimiento de campo, zona de almacenamiento, la movilización y la desmovilización del subcontratista.
- Administración y Gerencia del contratista de obra: Este ítem incluye los costos de la gerencia y administración del subcontratista en campo. Este ítem ha sido calculado como el 12% de los 6 puntos anteriores.
- Contingencia y Ganancia: Este se ha sido calculado como el 12% de los 7 ítems anteriores e incluye lo siguiente: a) Costos Financieros; b) Riesgos y contingencia del subcontratista; c) Costos de la oficina central del subcontratista y d) Ganancia del subcontratista.

A continuación la tabla con las tarifas consideradas en el presente estimado:

Tabla 6. Tarifas de Labor
Fuente: Manual de costos VEPICA (2010)

ACTIVIDAD	TARIFAS Bs/HH
CIVIL	22.32
CONCRETO	19.60
ACERO ESTRUCTURAL	20.50
EQUIPOS	20.28
TUBERIA	20.63
ELECTRICIDAD	19.81
INSTRUMENTACION	21.02
AISLAMIENTO	20.18
PINTURA	19.63

6.1.2. Costos de Equipos y Materiales

A continuación se lista el costo de los equipos provistos por los Proveedores B y D.

Tabla 7. Valoración de Equipos
Fuente: Autor

<i>ITEM</i>	<i>DESCRIPTION</i>	<i>QTY</i>	<i>PRICES</i>	<i>EQUIPMENT (USD)</i>
L	MISCELLANEUS & PACKAGE			\$ 8.400.000
	PLANTA DE TRATAMIENTO PRIMARIO Y SECUNDARIO Corrugated Plate Interceptor CPI (Separador de Placas) Mechanical Induced Gas Flotation Separation IGF (Flotador de Gas Inducido) Nutshell Filter NF (Filtro Cascara de Nuez)	1	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000
	PLANTA DE TRATAMIENTO OSMOSIS INVERSA Intercambiador de presión ERD montado en plataforma para trenes de osmosis inversa	1	\$ 5.400.000	\$ 5.400.000
TOTAL EQUIPMENT COST				\$ 8.400.000

Porción Nacional del costo de Equipos y Materiales: Se han utilizado porcentajes para dividir lo que se adquiere en Venezuela pagaderos en dólares (US\$ Nac), los que se pagan directamente en bolívares y los que se adquieren en dólares (US\$ FOB).

Tabla 8. Porcentajes por porción nacional
Fuente: Manual de costos VEPICA (2010)

ACTIVIDAD	MATERIALES		
	% \$ Nac	% Bs	% \$ FOB
CIVIL	10%	90%	
CONCRETO	20%	80%	
ACERO ESTRUCTURAL	30%	70%	
EDIFICACIONES	10%	90%	
EQUIPOS	35%	10%	55%
TUBERIA	60%	20%	20%
ELECTRICIDAD	50%	10%	40%
INSTRUMENTACION	30%	5%	65%
AISLAMIENTO	20%	80%	
PINTURA	10%	90%	

6.1.3. Factores en el estimado de costos

Los factores usados en el desarrollo del estimado de costos clase IV son los siguientes:

→ Servicios Profesionales: Los servicios profesionales se han calculado como un porcentaje de los costos directos, y los mismos son los siguientes:

Tabla 9. Factor de servicio profesional sobre costo directo

Fuente: Manual de costos VEPICA (2010)

ACTIVIDAD	Venezuela
Ingeniería	10.00%
Servicios de Procura	1.50%
Constructibilidad	0.50%
Gerencia de Construcción	11.00%
Gerencia del Proyecto	7.50%
Precomisionado y comisionado	2.30%
Facilidades Temporales	1.50%

- Repuestos para el arranque y dos años de operación: Se ha considerado un 3.5% de los costos de los equipos.
- Asistencia de Vendedores: Se ha considerado un 0.5% de los costos de los equipos.
- Químicos y Catalizadores: No aplica.
- Empaque, Transporte, Flete y seguro: Se ha considerado un 9% del monto total de los equipos y materiales importados.
- Costos de Aduana y Nacionalización: Se ha considerado un 15% del monto total de los equipos y materiales importados.
- Transporte Local: Se ha considerado un 2% de los costos de los equipos y materiales.
- Licencia: No aplica.
- Seguros y Fianzas del Contrato: Se ha considerado 0.8% de los costos directos, indirectos y servicios.

→ Contingencia: No ha sido considerado ningún monto para la contingencia, debido a que la misma es colocada normalmente por el cliente, para el presente estimado se recomienda una contingencia en el orden del 20%.

6.1.4. Costos Financieros del Contratista Principal

Este concepto se refiere al tiempo de los costos financieros del contratista principal desde el momento en que el contratista ejecuta/paga a sus proveedores, contratistas y personal propio y el momento en que el dueño o cliente le cancela bajo un flujo de caja pre-acordado. Se ha considerado una tasa de 22.0% anual por un periodo de 60 días para la porción en Bs. y una tasa de 8.0% anual para la porción en dólares.

6.1.5. Utilidad del contratista Principal.

Se ha considerado 10% de los costos directos, indirectos y servicios. El monto anteriormente considerado dependerá del interés del contratista principal de querer competir o no en la construcción de la planta, y el nivel de riesgo impuesto por el cliente en el modelo de contrato.

6.1.6. Impuestos Municipales

Se ha considerado un 3.5% de los costos directos, indirectos, los servicios, los costos de seguro y fianza, los costos financieros y de la utilidad.

6.1.7. Tasa de Cambio

Las tasas de cambio consideradas en el estimado de costos son de BS/US\$ 6.30 (tasa indica por el BCV el día 02/12/2013).

6.1.8. Resultados

Cabe destacar que la probabilidad de que los costos finales resulten dentro de más o menos 10% (del estimado) es del 30%. En la siguiente tabla se muestra un resumen de costos.

Tabla 10. Resumen de Costos

Fuente: Autor

	MANO DE OBRA			MATERIAL			TOTAL	
	<i>MH</i>	<i>LABOR MBs.</i>	<i>LABOR MUS\$.</i>	<i>Nat'l M US\$</i>	<i>Nat's M Bs.</i>	<i>FOB M US\$</i>	<i>EQUIV. M Bs.</i>	<i>EQUIV. M US\$</i>
DIRECT COST	67,645	1,370		710	3,277	9,354	68,049	10,801
INDIRECT FIELD COST		3,076	246	14	66	1,773	15,950	2,532
HOME OFFICE		2,477	557				5,988	951
OTHER COSTS		1,159	109	98	560	1,506	12,506	1,985
ESCALATION								
TOTAL PROJECT	67,645	8,081	912	822	3,902	12,633	102,494	16,269

Agrupado por actividades IPC los costos asociados son los siguientes

Tabla 11. Resumen de Costos IPC

Fuente: Autor

	TOTAL	
	<i>EQUIV. M Bs.</i>	<i>EQUIV. M US\$</i>
INGENIERIA	6,236	955
PROCURA	89,252	14,167
CONSTRUCCION	7,006	1,147
TOTAL PROYECTO	102,494	16,269

6.2. FINANCIAMIENTO

6.2.1. Estructura de Capital

Tomando en cuenta una inversión por gastos legales y permisos de 50.000 USD, la inversión total que requiere el proyecto asciende a la cifra de 16.319.000 USD. Se prevé que Vepica financiará como aporte propio (Cp) de Vepica, un 25% correspondiente a 4.079.750 USD. Esto cumple con lo previsto para este tipo de proyectos, en los cuales las cifras de financiamiento externo corresponden habitualmente a márgenes entre 60 y 80% del total de inversión requerida. Véase la siguiente tabla.

Tabla 12. Estructura de Capital
Fuente: Autor

Fuente de financiamiento	Inversión en USD	Estructura de Capital
Aporte Propio	4.079.750	25%
Deuda	12.239.250	75%
Total	16.319.000 USD	100%

6.2.2. Financiamiento del Proyecto

Se ha considerado para el financiamiento del proyecto, valores promedio utilizados a nivel bancario para el ofrecimiento de créditos de este tipo. En este sentido se ha considerado el Banco Interbank, el cual ofrece un período de gracia de 90 días, financiamiento de hasta 5 años por un 80% del bien. Se considera también que el banco no cobra comisión por desembolso y prevé cuotas anuales fijas. La tasa de descuento activa anual ofrecida es de 26,82%.

6.2.3. Flujo de Caja

Como se dejó ver en el marco teórico de la presente investigación, un análisis financiero tiene por objeto determinar si existirán los fondos necesarios para realizar el proyecto y si el mismo será capaz de generar los fondos suficientes para cubrir los costos y recuperar utilidades. Para el caso de estudio, fue necesario definir un cronograma estimado de ejecución del proyecto en sus etapas IPC sumado a la etapa de “*Own-Operate-Transfer*” respectiva. Asimismo, a partir de la consecución de los flujos de caja económica y financiera, se calcula el valor presente neto y la tasa interna de retorno potencial del proyecto.

Duración del proyecto: El modelo BOOT establece un periodo de 25 a 40 años, sin embargo el proyecto de plantas de tratamiento, está diseñando para trabajar en yacimientos maduros, los cuales, tienen una duración aproximada de 10 a 30 años desde su madurez. Se ha estimado entonces una duración moderada de 20 años. El primer año sería de construcción y los restantes 19 años serían los años de explotación de la maquinaria.

Venta del Servicio: Como primera consideración se supone que el valor de venta anual del servicio de tratamiento de agua es constante porque no depende de índices inflacionarios, sino del valor bajo el cual sea rentable tratar el agua de producción de un pozo, respecto del precio de venta de un barril del mismo pozo. En este caso, se ha considerado un valor del barril fijo en 100 USD quedando definido entonces un máximo valor de facturación por el servicio de tratamiento. Vale la pena acotar el concepto de ciclo del agua (de producción) que básicamente es el conjunto de pasos por los cuales se somete el agua, para ser llevada desde el fondo del pozo hasta su separación del crudo y la respectiva reinyección. El precio del valor de venta del servicio se expresa en dólares/barril, véase la siguiente tabla desarrollada por la empresa Schlumberger* donde se expresan los valores rentables considerados para cada etapa del ciclo del agua donde se resalta la franja de producción de 50000 barriles por día.

Tabla 13. Valores rentables para ciclos de agua de producción

Fuente: Schlumberger (2000)

		20.000 bpd		50.000 bpd		100.000 bpd		200.000 bpd		Promedio	
Levantamiento	Inversiones/Gastos	\$0,044	5,28%	\$0,044	7,95%	\$0,044	9,29%	\$0,044	10,25%	\$0,044	7,69%
	Consumos	\$0,050	6,38%	\$0,054	9,62%	\$0,054	11,24%	\$0,054	12,40%	\$0,054	9,30%
Separación de agua libre	Inversiones/Gastos	\$0,087	10,36%	\$0,046	8,27%	\$0,035	7,24%	\$0,030	6,82%	\$0,049	8,55%
	Consumos	\$0,002	0,30%	\$0,003	0,45%	\$0,003	0,52%	\$0,003	0,58%	\$0,003	0,43%
	Productos químicos	\$0,034	4,09%	\$0,034	6,16%	\$0,034	7,20%	\$0,034	7,94%	\$0,034	5,95%
Eliminación de restos de crudo	Inversiones/Gastos	\$0,147	17,56%	\$0,073	12,99%	\$0,056	11,64%	\$0,046	10,58%	\$0,081	13,92%
	Productos químicos	\$0,040	4,81%	\$0,041	7,25%	\$0,041	8,47%	\$0,041	9,34%	\$0,041	7,00%
Filtrado	Inversiones/Gastos	\$0,147	17,47%	\$0,068	12,18%	\$0,047	9,85%	\$0,030	6,87%	\$0,073	12,63%
	Consumos	\$0,012	1,48%	\$0,010	1,79%	\$0,010	2,09%	\$0,010	2,31%	\$0,011	1,84%
Bombeo	Inversiones/Gastos	\$0,207	24,66%	\$0,122	21,89%	\$0,091	19,06%	\$0,079	18,15%	\$0,125	21,61%
	Consumos	\$0,033	3,99%	\$0,034	6,01%	\$0,034	7,03%	\$0,034	7,75%	\$0,034	5,81%
Inyección	Inversiones/Gastos	\$0,030	3,62%	\$0,030	5,45%	\$0,030	6,37%	\$0,030	7,02%	\$0,030	5,27%
	Costo total/bbl	\$0,842	100%	\$0,559	100%	\$0,478	100%	\$0,434	100%	\$0,578	100%
	Total de productos químicos	\$0,074	8,90%	\$0,075	13,41%	\$0,075	15,67%	\$0,075	17,28%	\$0,075	12,96%
	Total de consumos	\$0,102	12,16%	\$0,010	17,87%	\$0,100	20,88%	\$0,100	23,03%	\$0,101	17,38%
	Total de pozos	\$0,074	8,89%	\$0,075	13,40%	\$0,075	15,66%	\$0,075	17,27%	\$0,075	12,95%
	Instalaciones de superficie	\$0,589	70,05%	\$0,309	55,33%	\$0,227	47,80%	\$0,184	42,41%	\$0,328	56,71%

* Schlumberger (2000). Oilfield Review, Verano de 2000.

Aquí se muestra el costo en dólares asociado a cada etapa del ciclo del agua. Cabe destacar que para cada etapa se consideran todos los gastos e inversiones realizadas para la concreción de dicha etapa, es decir, los costos mostrados asumen las etapas como procesos llave en mano, en las cuales se ha considerado el costo de la mano de obra asociada a cada actividad sucedida dentro de las fases del ciclo.

Por su parte, el ciclo está compuesto por 6 etapas, 3 de las cuales corresponden al tratamiento del agua como tal (separación, eliminación y filtrado) y corresponden con el alcance de las plantas de módulo diseñadas, con excepción del proceso de potabilización como tal. Se entiende entonces que en las plantas diseñadas por Vepica y que son objeto de estudio, el proceso ejecutado es similar al tratamiento de aguas de producción realizado por Schlumberger, sumándole un proceso final de potabilización.

Entonces como referencia, el valor de venta de tratamiento de agua/barril, no puede ser inferior a la suma de las etapas de separación, eliminación y filtrado. Ni puede ser superior al valor de tratamiento + reinyección (evitando incluir la etapa de levantamiento que es común para ambos procesos). De no cumplirse lo anteriormente mencionado, sería más rentable reinyectar el agua que venderla de forma potabilizada, lo cual, sujetaría el presente estudio a pozos en ciertas etapas de madurez, con dependencia en la presión del pozo.

Finalmente, el valor de tratamiento en las 3 etapas es de 0.275 usd/barril; mientras que el valor de las 3 etapas de tratamiento más la etapa de reinyección es de 0.461 usd/barril. Entonces el valor del proceso con la inyección es 67,64% superior al tratamiento en 3 etapas. Así pues, se ha decidido en base a lo estudiado que para el servicio de potabilización se utilizará un 60% de dicho margen, es decir, el valor de la potabilización se define en 40.58% sobre el valor de tratamiento inicial de filtrado en 3 etapas (en promedio, muy cercano a lo que sería una cuarta etapa); el valor de venta del servicio de agua tratada por barril es de $0.275 + 40.58\% = 0.3866$ usd/barril.

De esta manera se considera que para una producción de 50.000 barriles al día, es decir, 18.250.000 barriles al año, el valor anual de potabilización sería de 7.055.358,75 usd/año. También se considera una inflación anual de 2% en moneda extranjera para los gastos de O&M y 30% de impuesto sobre la renta.

Flujo de Caja de Financiamiento

Tabla 14. Flujo de Caja de Financiamiento en \$k (miles de dólares americanos)
Fuente: Autor

FLUJO DE CAJA DE FINANCIAMIENTO (Banco Interbank)						
Flujo de Caja de Financiamiento	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6
Principal	12239,2					
Amortización		15207,00	1885,7	2338,2	2899,4	3595,3
Intereses		2937,4	2572,4	2119,9	1558,7	862,9
Flujo de Caja de Financiamiento	12239,2	-4.458,1	-4.458,1	-4.458,1,	-4.458,1	-4.458,1

Flujo de Caja Económico

Tabla 15. Flujo de Caja de Económica en \$k (miles de dólares americanos)

Fuente: Autor

FLUJO DE CAJA ECONÓMICO											
Flujo de Caja Económico	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	Año 6-15	AÑO 16	AÑO 17	AÑO 18	AÑO 19	AÑO 20
Ingresos por Venta		7055	7055	7055	7055	...	7055	7055	7055	7055	7055
TOTAL DE INGRESOS VEPICA	0	7055	7055	7055	7055	...	7055	7055	7055	7055	7055
Costos IPC	16269										
Egresos por gastos de O&M		285	291	296	302	...	376	383	391	399	407
Costo inicial por gastos legales y permisos	50										
Otros impuestos		2031	2029	2028	2026		2004	2001	1999234	1997	1994
TOTAL EGRESOS VEPICA	16319	2316	2320	2324	2328	...	2380	2385	2390478	2396	2401
Flujo de Caja Económico	-16319	4739	4735	4731	4727	...	4675	4670	4665	4660	4654

Flujo de Caja Financiero

Tabla 16. Flujo de Caja de Financiero en \$k (miles de dólares americanos)

Fuente: Autor

Flujo de Caja Financiero	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	Año 7-16	AÑO 17	AÑO 18	AÑO 19	AÑO 20
Flujo de Caja de Financiamiento	12239	-4458,1	-4458,1	-4458,1	-4458,1	-4458,1					
Flujo de Caja Económico	-16319	4739	4735	4731	4727	4723	...	4670	4665	4659	4654
Flujo de Caja Financiero	-4080	281,1	277,1	273,1	269,0	265,0	...	4670	4665	4659	4654

6.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA

Habiéndose obtenido toda la data de flujos y consideraciones de costos y de financiamiento. En los siguientes puntos se muestran los indicadores financieros que permiten evaluar la viabilidad comercial del proyecto, entre ellos se analiza el costo de oportunidad de capital y los indicadores de rentabilidad.

6.3.1. Costo de Oportunidad del Capital

Tabla 17. Determinación del Costo de Oportunidad de Capital
Fuente: Autor

Tasa activa anual	26,82%
Riesgo País (Colombia)	1,85%
Costo de oportunidad (COK)	28,67%

Valor de riesgo país a Junio 2013 según JP Morgan

El costo de la deuda se determina considerando la expresión: Costo de deuda (CD) = $C_b/C_t * T_b * (1 - t_x)$

Tabla 18. Costo de Deuda (valores en dólares americanos)
Fuente: Autor

Costo deuda (CD)	14,08%
Monto del préstamo (Cb)	12.239.250
Total inversión (Ct)	16.319.000
Tasa de interés bancario (Tb)	26,82%
Tasa de impuesto a la renta (tx)	30%

Finalmente el costo de capital promedio ponderado (CCPP) se determina mediante la siguiente expresión: $CCPP = CD + C_p/C_t * COK$

Tabla 19. Costo de Capital Ponderado
Fuente: Autor

Costo de capital ponderado (CCPP)	21,25%
Costo deuda (CD)	14,08%
Costo de oportunidad (COK)	28,67%
Aporte propio (Cp)	4.079.750

6.3.2. Indicadores de Rentabilidad

Los principales indicadores son la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN) en base a los flujos de caja económico y financiero.

Tabla 20. Costo de Capital Ponderado
Fuente: Autor

Tasa interna de retorno económica (TIRE)	28,72%
Valor actual neto económico (VANE)	24971,08
Tasa interna de retorno financiera (TIRF)	32,65%
Valor actual neto financiero (VANF)	1123424,88

- Evaluación económica: El proyecto resulta ser viable desde el punto de vista económico debido a que el VANE es superior a cero y el TIRE es superior a la tasa de descuento ($K=26,82\%$).
- Evaluación financiera: El proyecto resulta ser viable desde el punto de vista financiero debido a que el VANF es superior a cero y el TIRF es superior al costo de oportunidad del inversionista para Colombia ($COK = 28,67\%$).

Otro indicador es el período de recuperación de la inversión. Tal como se observa en la tabla N° 21, el flujo de caja acumulado deja de ser deficitario entre los años 2 y 3, por lo que

el período de recuperación empieza durante el tercer año del proyecto, apenas 2 años después de su construcción y con 16 años de tendencia positiva.

Tabla 21. Período de recuperación
Fuente: Autor

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo de Caja Financiero	-4079750	281132,2807	277142,2807	273072,4807	268921,2847
Flujo de Caja Acumulado	-4079750	-3798617,719	558274,5614	550214,7614	541993,7654

6.3.3 Resumen de indicadores de rentabilidad.

Tabla 22. Tabla resumen.

Indicador		Comparación		Resultado
TIRE	28,72%	Tasa activa anual	26, 82%	Mayor = Viable
TIRF	32,65%	COK	28,67%	Mayor = Viable
VANE	24.971,08 \$	Se compara	Con 0	Mayor = Viable
VANF	1.123.424,88\$	Se compara	Con 0	Mayor = Viable

CONCLUSIONES

- Para el producto estudiado, los clientes potenciales son limitados a empresas del sector de extracción de petróleo, y cuentan con concesiones del gobierno Colombiano para este fin. Algunas de las que poseen una mayor producción de barriles diarios y por tanto son más atractivas son Ecopetrol SA, Occidental de Colombia Inc. y Petrobras Colombia Limited. El volumen de consumidores permitió determinar que la contratación de empresas para tratamiento de agua se encuentra en crecimiento constante, siendo su ubicación mayoritaria los Llanos Orientales de Colombia con un 73%. Para más información ver el anexo B del presente estudio.
- Los competidores con mayor alcance competitivo son Competidor 1, Competidor 2 y Competidor 3. Algunas de sus ventajas competitivas son el ofrecimiento de servicios de desmineralización, filtración convencional de agua, filtración por membrana, desinfección por UV y controles. Otro punto importante es su presencia en actuales plantas de tratamiento como el campo de Rubiales ubicado en el término municipal de Puerto Gaitán en el Meta colombiano o la solución integrada de tratamiento de aguas hecha para la refinería de Reficar en Cartagena.
- Para determinar la tecnología del estudio realizado se buscó abarcar un amplio rango de calidades de agua bajo la modalidad de negocios BOOT. El foco de mercado de este estudio se centró en los productores de petróleo colombianos con campos de producción de 1000 a 10000 barriles cuyas necesidades puedan ser cubiertas con 1 o 2 plantas modulares. El experto Ing. Griot, como vicepresidente de la unidad de aguas de Vepica-Ambioconsult, y tutor de la presente investigación, prestó su experiencia que valió para fijar la capacidad de las plantas modulares en 50.000 BPD.
- Se determinó que las empresas Proveedor D y Proveedor B son las idóneas para el arreglo técnico a ofrecerse. Para las plantas modulares, Proveedor B proporcionaría una unidad de CPI, una unidad de flotación de gas disuelto y dos filtros de cáscara de nuez; mientras que Proveedor D “haría lo propio” con una bomba de alta presión (3 sets para alimentar la osmosis inversa, sets de bombas de 365 gpm a 1000psi / 1 por cada ro train/ 75% eficiencia de bomba. Motor 350HP, velocidad de motor 3600rpm, suministro de energía 460V/3-fases/60HZ. Material SS 2205 Duplex) y una bomba

ERD de aumento de presión (3 sets de bombas ERD de 546gpm@ 55psi, 1 set por tren de osmosis inversa, eficiencia de bomba 75%, motor de 30 HP, velocidad de motor 3600rpm, suministro de energía 460V-3 fases- 60HZ). Para más detalle, ver la propuesta técnica descrita en el Capítulo V del presente estudio, en el cual se presenta también el diagrama de planta modular previsto.

- Este estudio permitió estimar los costos del proyecto IPC. Los valores asociados son: a) 0,955 millones de dólares americanos para la Ingeniería, a) 14 millones de dólares americanos para la Procura y c) 1,147 millones de dólares americanos para Construcción.
- Tomando en cuenta una inversión por gastos legales y permisos de 50.000 USD, la inversión total que requiere el proyecto asciende a la cifra de 16.319.000 USD. Se prevé que Vepica financiará como aporte propio (Cp) de Vepica, un 25% correspondiente a 4.079.750 USD. A su vez, se ha estimado una duración moderada del proyecto por término de 20 años.
- Se ha considerado un valor del barril fijo en 100 USD y el valor de venta del servicio de agua tratada por barril se determinó en 0,3866 dólares/barril. De esta manera se consideró que para una producción de 50.000 barriles al día ó 18.250.000 barriles al año, el valor anual de potabilización sería de 7.055.358,75 dólares/año. Los costos de Operación y Mantenimiento fueron determinados en 285 mil dólares americanos anuales con una inflación anual del 2% según la mencionada divisa americana. El impuesto sobre la renta considerado fue del 30%.
- En la evaluación económica-financiera se determina que a) el proyecto resulta ser viable desde el punto de vista económico debido a que el VANE (24.971,08\$) es superior a cero y el TIRE (28,72%) es superior a la tasa de descuento ($K=26,82\%$), b) el proyecto resulta ser viable desde el punto de vista financiero debido a que el VANF (1.123.424,88\$) es superior a cero y el TIRF (32,65%) es superior al costo de oportunidad del inversionista para Colombia ($COK = 28,67\%$).
- Por su parte, el flujo de caja acumulado deja de ser deficitario entre los años 2 y 3 de la concesión, por lo que el período de recuperación empieza durante el tercer año del proyecto, apenas 2 años después de su construcción y con 16 años de tendencia positiva.

RECOMENDACIONES

- Futuras investigaciones podrían dedicarse a la profundización de los aspectos técnicos relacionados con el diseño de plantas modulares para el tratamiento de aguas asociadas a la extracción de petróleo. Con la ingeniería de detalle, el nivel de análisis técnico y económico financiero sería más preciso.
- Debido al alcance y tiempos de la investigación, es posible que algunas variables económicas como la tasa de cambio de la divisa estadounidense haya variado. Podrían entonces realizarse nuevos estudios económicos que tomen en cuenta dichas variaciones y profundicen en los aspectos de costo con un desglose operativo más profundo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arnold, Ken; Steward, Maurice (2008). *Surface Production Operation*. Third Edition. Elsevier.
- Arnold, Ken; Steward, Maurice (1999). *Surface Production Operation*. Second Edition. Butterworth-Heinemann.
- Bailey, Bill; Romano, Christian; Roodhart, Leo (2000). *Control del agua*. Oilfield Review.
- Barberii, Efrain E. (1998). *El pozo ilustrado*. Cied.
- Barrera, Jackeline (2010). *Metodología de la Investigación. Holística: Guía para la comprensión holística de la ciencia*. Cuarta Edición. Editorial Quiron.
- Brewer C.; Orue M. (2012). *Formulación de un modelo de negocio que permita a una empresa de proyectos de ingeniería, procura, y construcción (ipc) ofertar instalaciones modularizadas para el manejo de la producción temprana de crudo extra pesado en la Faja Petrolífera del Orinoco*. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas.
- Calao Ruiz, Jorge Emilio (2007). *Caracterización ambiental de la industria petrolera, tecnologías disponibles para prevención y mitigación de impactos ambientales*. Universidad Nacional de Medellin, Colombia
- Castro, Rey (2009). *Cronología en la Contratación Petrolera en Colombia*. Universidad de la Sabana
- Chamorro, C. y Fernández, A. (2005). *Metodología de la Investigación*. Maracaibo: La Universidad del Zulia, Programa de Estudios Universitarios Supervisados.
- Chávez, M. (2001). *Sistemas metodológicos de la Investigación Documental*. Caracas. Mc. Graw Hill
- De Viana, Javier (2010). *Disposición y tratamiento del agua producida*. Arpel.
- Echevarría (2007). *Asegurando el valor en proyectos de construcción: una guía estratégica para la selección y contratación del equipo del proyecto*. Pontificia Universidad Católica del Perú
- Francis, Abey (2012). *Build Own Operate Transfer (BOOT) Model*. Disponible EN: <http://www.mbaknol.com/project-management/build-own-operate-transfer-boot-model/> (Consulta: 22/02/2014).

- Ecopetrol (2010). *Carta Petrolera N°125*. Disponible EN: http://www.ecopetrol.com.co/especiales/carta_petrolera125/especial2.htm (Consulta 26/02/2013)
- Ecopetrol (2010). *Petróleo y Gas en el Mundo*. Disponible EN: <http://www.ecopetrol.com.co/especiales/elpetroleoysumundo/petroleoenelmundo.htm> (Consulta 12/02/2014).
- Foster, James; Beson, John; Boyle, W.G. (1987). *Petroleum Engineer Handbook*. Society of Petroleum Engineers
- Garrett, Edwart (1989). *Garrett: 1000 years from Normandy*. pp. 273
- González Alonso, Silvia (2009). *Impacto de la extracción del petróleo en el agua de consumo humano y la salida en comunidades del Chaco Boliviano*. Madrid.
- Harvard Devold (2009). *Oil and gas production handbook*. ABB Oil and Gas.
- Hernández, María Teresa (2006). *Manual de trabajos de grado de especialización y Maestría y Tesis Doctorales*. UPEL.
- Instituto de desarrollo profesional y técnico Cied (1998). *Tomos de Ingeniería de Producción*. Caracas, Venezuela.
- Hurtado Barrera, Jaqueline (2010). *Metodología de la Investigación*. Ediciones Quiron S.A.
- Lenntech (2014). *Calidad del Agua para Irrigación*. Disponible EN: <http://www.lenntech.es/aplicaciones/riego/calidad/irrigacion-calidad-agua.htm> (Consulta 22/02/2014).
- Londoño, Constanza; Parra, Yanneth (2007). *Manejo de vertimientos y desechos en Colombia: una visión general*. Épsilon. Bogotá, Colombia
- Lopera Gómez, María (2011). *Desarrollo de capacidades en el uso seguro de aguas residuales para agricultura*. Reporte Nacional del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. República de Colombia.
- López, Enrique; Montes, Enrique; Collazos, María (2012). *La economía petrolera en Colombia: marco legal-contractual y principales eslabones de la cadena de producción (1920-2010)*. Banco de la República de Colombia.
- MacCarthy, S.; Tiong, R. (1991). *Financial and contractual aspects of build-operate-transfer projects*. Butterworth-Heinemann.

- Menheere, Sebastiaan; Pollalis, Spiro (1996). *Case studies on build operate transfer por*. Delft University of Technology.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010). *Política Nacional de Producción y Consumo: Hacia una cultura de consumo sostenible y transformación productiva*. República de Colombia. Disponible EN: http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/politica/polit_nal_produccion_consumo_sostenible.pdf (Consulta: 03/02/2014).
- Ministerio del Medio Ambiente y El ministerio de Desarrollo Económico (2002). *Acciones prioritarias y lineamientos para la formulación del plan nacional de manejo de aguas residuales*. Conpes: documento 3177. Bogotá, República de Colombia.
- Morales, Guillermo (2006). *Separación de Fluidos*. Caracas, Venezuela. Disponible EN: <http://es.scribd.com/doc/49497315/Tratamiento-de-agua-pdf> (Consulta: 11/02/2014)
- Murali Krishna Kuppili; Dr. Aryasri (2012). *Financial Analysis of Build-Operate-Transfer (BOT) Model: A Case Study for Semiconductor Industry*. Pacific Business Review International. Vol. 5 N° 3.
- Navas Torres, Diana; Rodríguez Rincón, Paola (2010). *Procesos para la obtención del petróleo y los impactos ambientales generados por actividades petroleras*. Universidad de Santander, Bucaramanga.
- Navas, Francisco (2010). *Separador Agua-Aceite API*. Cálculos para el Diseño. Disponible EN: <http://es.scribd.com/doc/25644047/Separador-Agua-Aceite-API> (Consulta 31/01/2014).
- PEMEX (2013). *Petróleos Mexicanos*. Disponible EN: <http://www.pemex.com/index.cfm?action=content§ionid=137&catid=12222> (Consulta: 03/03/2014)
- Porter, Michael (1991). *Towards a dynamic theory of strategy*. Strategic Management Journal. Vol. 12. pp. 95-117
- Porter, Michael E. (1992). *Las cinco fuerzas competitivas que le dan forma a la estrategia*. Harvard Business Review.
- Porter, Michael (1999). *The Microeconomic Foundations of Economic Development and Competitiveness*.

- Robert, Carl; Decoster, Eric; Guzman-Garcia, Angel; Huggins, Cynthia; Kupsch, Nathan; White, Mike (2003). *Yacimientos de Petróleo Pesado*. Oilfield Review.
- Rodríguez (2008). *Ética*. Editorial Addison Westley Longman.
- Rodríguez-Marín, José Pablo; Labraña, Carles (2010). *Titulo Clase: las modalidades del Project Finance*. Lima, Perú. Disponible EN: http://bcnmobilitat.itt.upc.edu/documents/pdf/PF3_modalidades_2011_es.pdf (Consulta: 03/02/2014).
- Scott, Jack (2012). *Producción de crudo de petrominerales creció un 5% en Diciembre*. Disponible EN: <http://www.dinero.com/negocios/articulo/produccion-crudo-petrominerales-crecio-5-diciembre/142741> (Consulta 16/02/2014).
- Schlumberger (2000). Oilfield Review.
- Villalobos, James (2012). *Las cinco fuerzas competitivas de Michel Porter*. Disponible EN: <http://coyunturaeconomica.com/marketing/cinco-fuerzas-competitivas-de-michael-porter> (Consulta 31/01/2014).

ANEXOS

ANEXO A

A continuación se encuentran varios ejemplos de artículos de leyes promulgadas y decretadas, que enmarcan la situación de vertimientos, reinyección, y re-uso del agua.

DECRETO 3930 DE 2010

Artículo 24. “Prohibiciones. No se admite vertimientos:

1. En las cabeceras de las fuentes de agua.
2. En acuíferos.
3. En los cuerpos de aguas o aguas costeras, destinadas para recreación y usos afines que impliquen contacto primario, que no permita el cumplimiento del criterio de calidad para este uso.
4. En un sector aguas arriba de las bocatomas para agua potable, en extensión que determinará, en cada caso, la autoridad ambiental competente.
5. En cuerpos de agua que la autoridad ambiental competente declare total o parcialmente protegidos, de acuerdo con los artículos 70 y 137 del *Decreto-ley 2811 de 1974*.
6. En calles, calzadas y canales o sistemas de alcantarillados para aguas lluvias, cuando quiera que existan en forma separada o tengan esta única destinación.
7. No tratados provenientes de embarcaciones, buques, naves u otros medios de transporte marítimo, fluvial o lacustre, en aguas superficiales dulces, y marinas.
8. Sin tratar, provenientes del lavado de vehículos aéreos y terrestres, del lavado de aplicadores manuales y aéreos, de recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas.
9. Que alteren las características existentes en un cuerpo de agua que lo hacen apto para todos los usos determinados en el artículo 9° del presente decreto.
10. Que ocasionen altos riesgos para la salud o para los recursos hidrobiológicos”

Artículo 27. “De la reinyección de residuos líquidos. Solo se permite la reinyección de las aguas provenientes de la exploración y explotación petrolífera, de gas natural y recursos geotérmicos, siempre y cuando no se impida el uso actual o potencial del acuífero.

El Estudio de Impacto Ambiental requerido para el otorgamiento de la licencia ambiental para las actividades de exploración y explotación petrolífera, de gas y de recursos geotérmicos, cuando a ello hubiere lugar, deberá evaluar la reinyección de las aguas provenientes de estas actividades, previendo la posible afectación al uso actual y potencial del acuífero.”

Artículo 30. “Infiltración de residuos líquidos. Previo permiso de vertimiento se permite la infiltración de residuos líquidos al suelo asociado a un acuífero. Para el otorgamiento de este permiso se deberá tener en cuenta:

1. Lo dispuesto en el Plan de Manejo Ambiental del Acuífero o en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca respectiva, o
2. Las condiciones de vulnerabilidad del acuífero asociado a la zona de infiltración, definidas por la autoridad ambiental competente.

Estos vertimientos deberán cumplir la norma de vertimiento al suelo que establezca el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.”

Artículo 36. “Suspensión de actividades. En caso de presentarse fallas en los sistemas de tratamiento, labores de mantenimiento preventivo o correctivo o emergencias o accidentes que limiten o impidan el cumplimiento de la norma de vertimiento, de inmediato el responsable de la actividad industrial, comercial o de servicios que genere vertimientos a un cuerpo de agua o al suelo, deberá suspender las actividades que generan el vertimiento, exceptuando aquellas directamente asociadas con la generación de aguas residuales domésticas.”

Si su reparación y reinicio requiere de un lapso de tiempo superior a tres (3) horas diarias se debe informar a la autoridad ambiental competente sobre la suspensión de actividades y/o la puesta en marcha del Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos previsto en el artículo 44 del presente decreto.

Artículo 41. “Requerimiento de permiso de vertimiento. Toda persona natural o jurídica cuya actividad o servicio genere vertimientos a las aguas superficiales, marinas, o al suelo, deberá solicitar y tramitar ante la autoridad ambiental competente, el respectivo permiso de vertimientos.”

Ley 373 de 1997

“ARTÍCULO 5o. REUSO OBLIGATORIO DEL AGUA. Las aguas utilizadas, sean éstas de origen superficial, subterráneo o lluvias, en cualquier actividad que genere afluentes líquidos, deberán ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo ameriten y aconsejen según el análisis socio-económico y las normas de calidad ambiental. El Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Desarrollo Económico reglamentarán en un plazo máximo de (6) seis meses, contados a partir de la vigencia de la presente ley, los casos y los tipos de proyectos en los que se deberá reutilizar el agua”

Estas leyes en conjunto enmarcan un contexto legal que obliga a las empresas petroleras a tomar muy en serio el tema del tratamiento de las aguas de producción, su tratamiento y su posterior disposición.

Observando la situación actual de manera general podemos observar, un gran auge en el sector petrolero, un modelo de concesiones que permite la inversión privada , un marco legal que influye positivamente en la incorporación de plantas de tratamiento de agua de producción que sean capaces de tratar el agua para su correcta disposición, y un factor financiero en el cual podríamos añadir los altos precios de diesel y gasolina en el país para hacer funcionar bombas de agua para reinyección o traslado del agua a sitios de disposición, cuando se cuentan con caudales de miles de barriles de agua por día.

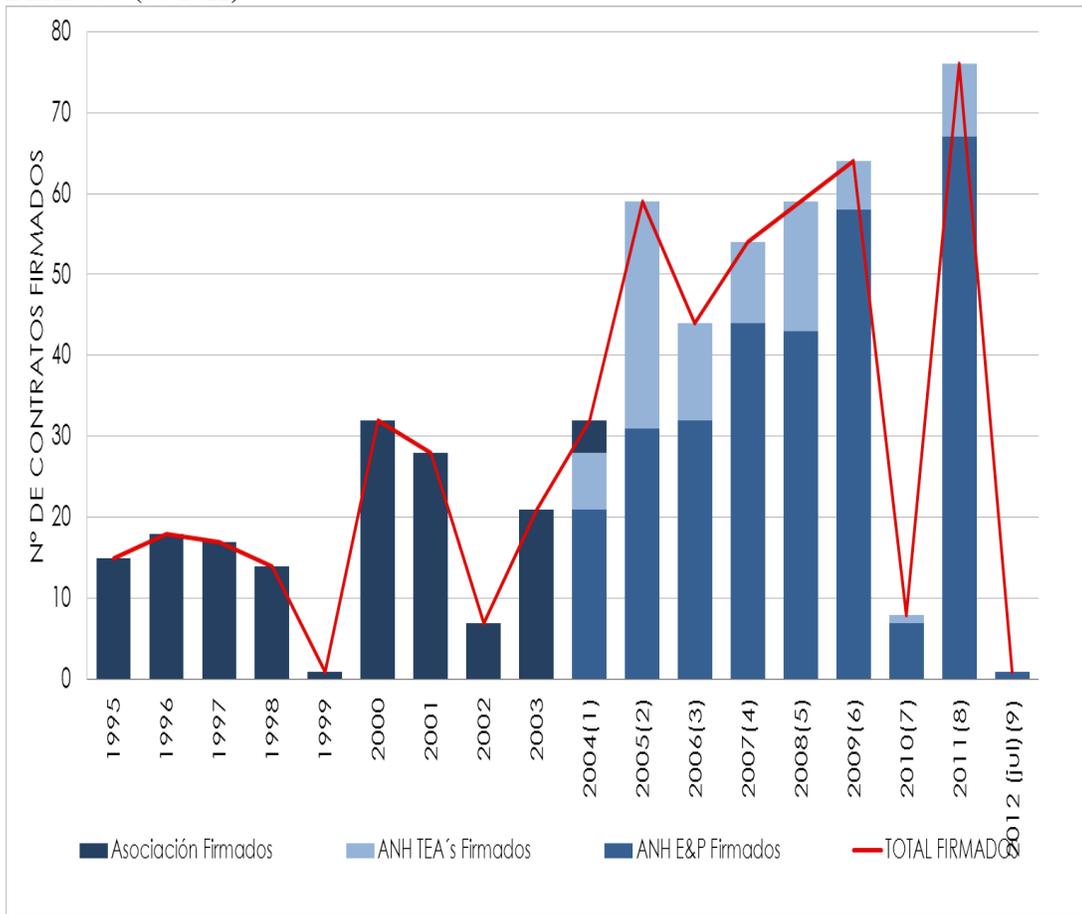
ANEXO B

A continuación algunas lista y gráficos de los potenciales clientes tomando en cuenta la cantidad de barriles de petróleo crudo extraído, contribución de barriles de petróleo de cada empresa, contratos firmados, contribución por yacimiento etc.

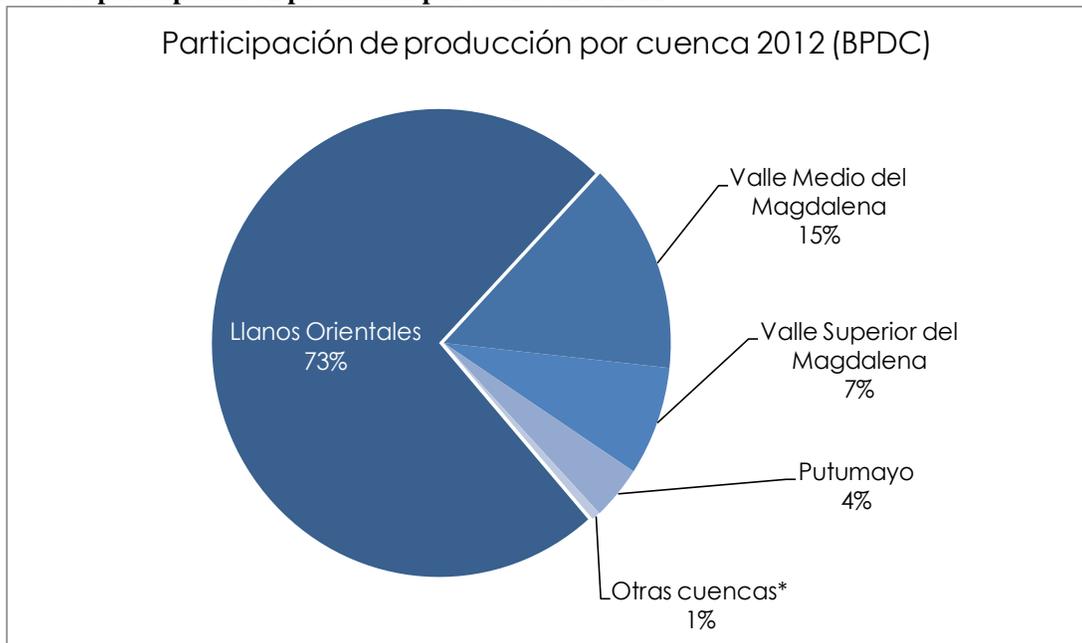
Tabla comparativa de empresas petroleras en Colombia y su producción en Barriles 2011 y 2012

Empresa	BDPC 2011	BDPC 2012*
ECOPETROL S.A.	323.703	341.684
META PETROLEUM LIMITED	201.942	216.985
OCCIDENTAL DE COLOMBIA	72.220	61.801
EQUION ENERGIA LTD.	35.209	42.785
MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	35.079	36.280
HOCOL S.A.	32.307	30.323
PETROBRAS COLOMBIA LIMITED	29.048	28.565
PETROMINERALES COLOMBIA LTD.	31.795	26.256
CANACOL ENERGY COLOMBIA S.A.	22.688	24.715
CEPCOLSA	20.943	23.284
GRAN TIERRA ENERGY COLOMBIA LTD	21.055	18.791
PERENCO COLOMBIA LIMITED	21.431	19.265
PAREX RESOURCES COLOMBIA	6.044	10.783
C&C ENERGIA	8.821	10.461
NETRA E&E COLOMBIA S.A.	10.999	9.043
NEW GRANADA ENERGY CO.	3.849	5.901
ALANGE ENERGY	3.829	4.320
EMERALD ENERGY PLC	6.495	3.368
PETROSANTANDER (COLOMBIA) INC	3.372	3.348
INTEROIL COLOMBIA E&P	2.934	2.858
PACIFIC STRATUS ENERGY	2.620	2.715
HUPECOL LLC	2.315	2.188
PETROLEOS DEL NORTE	1.268	1.262
UNION TEMPORAL OMEGA ENERGY	1.078	1.214
WINCHESTER OIL & GAS S.A.	1.100	1.075
LEWIS ENERGY COLOMBIA INC.	2.368	1.045
COLOMBIA ENERGY DEVELOPMENT CO.	1.424	1.112
MAUREL & PROM COLOMBIA B.V.	36	1.114
SOGOMY ENERGY	777	693
CLEAN ENERGY RESOURCES S.A.	299	489
UNION TEMPORAL PETROCARIBE S.A	483	501
UNION TEMPORAL II&B	376	393
AMERISUR EXPLORACION COLOMBIA	376	368
NCT ENERGY GROUP		155
DRILLING AND WORKOVER SERVICES	145	121
UNION TEMPORAL IIP	67	67
CONSORCIO CAMPOS DE PRODUCCION	48	46
P1 ENERGY DELTA CORP.		68
UNION TEMPORAL MIDAS	37	31
PETROLCO S.A.	31	28
COPP S.A.	30	25
TECPETROL DE COLOMBIA S.A		31
UNION TEMPORAL MOCAN	9	13
PETROLIFERA PETROLEUM COLOMBIA	6	9
WELL LOGGING	2	2
FENIX OIL & GAS S.A.	14	1
PETROBRAS INTERNATIONAL BV	4.935	0
COLUMBUS ENERGY SC	1.376	0
UNION TEMPORAL MORICHE	203	0
STRATUS OIL & GAS	31	0
LUKOIL OVERSEAS COLOMBIA LTD.	24	0
MOMPOS OIL COMPANY	16	0
PETROPULI	5	0
Total general	915.263	935.582

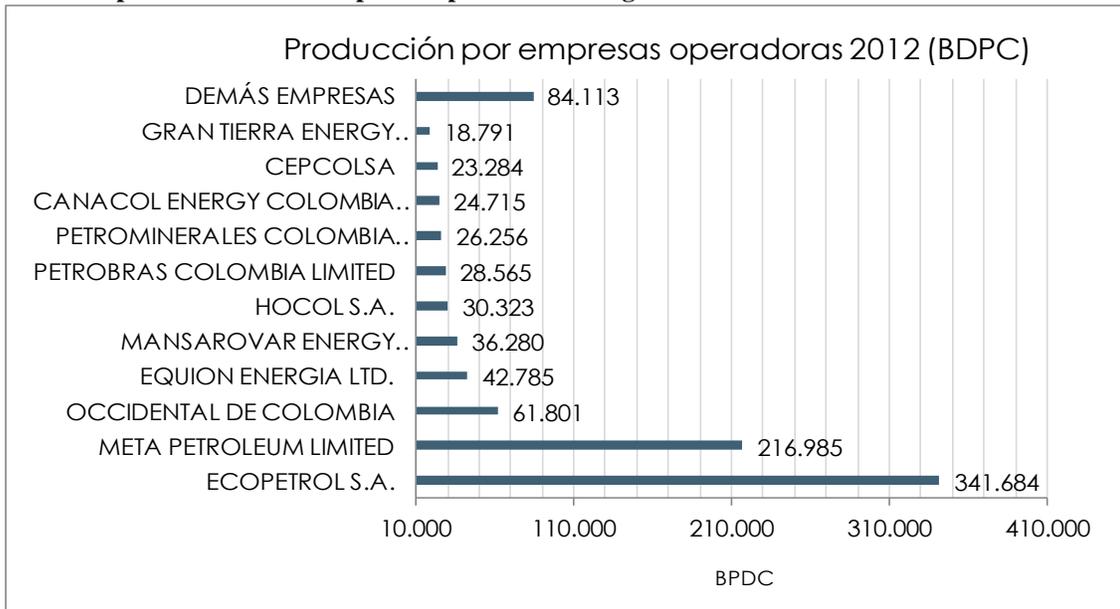
Grafico de tendencia que toma en cuenta el número de contratos, el tipo de contrato, y el año en que fueron firmados (95-2012)



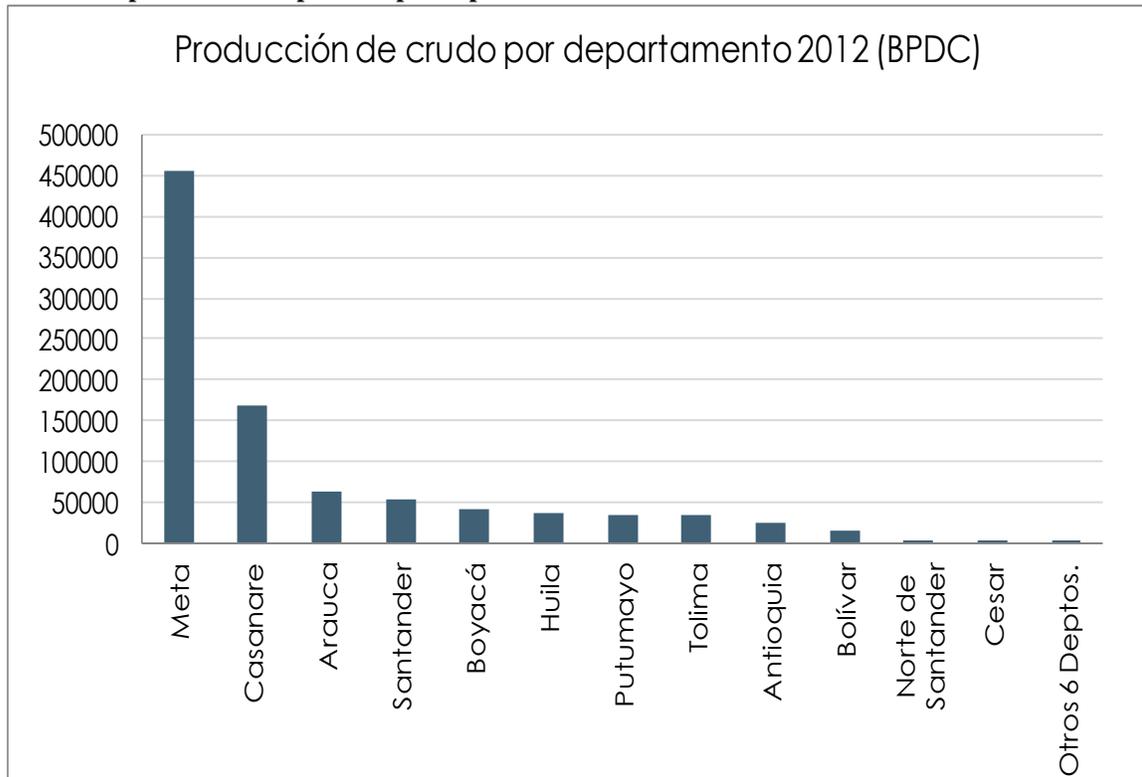
Grafica de la participación en producción por cuenca en el 2012



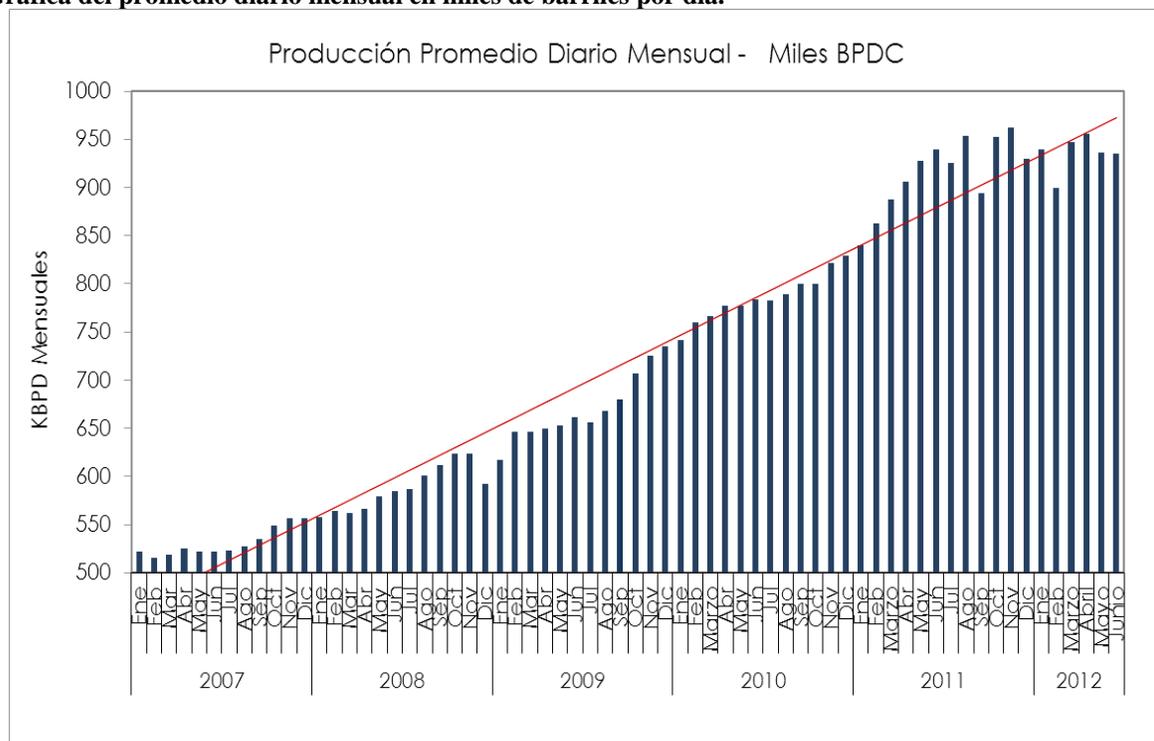
Grafica de la producción de las empresas operadoras más grandes en Colombia.



Grafica de la producción de petróleo por departamento



Grafica del promedio diario mensual en miles de barriles por día.

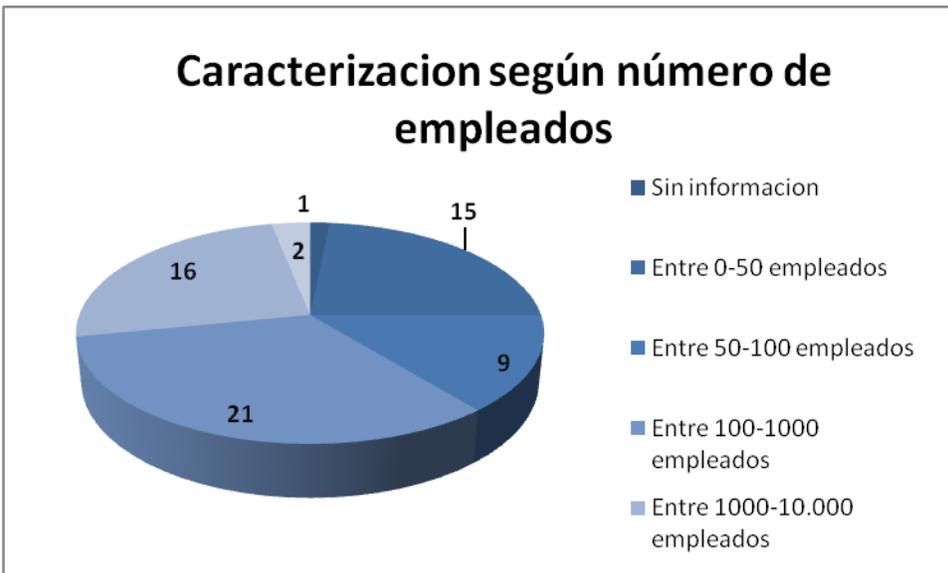
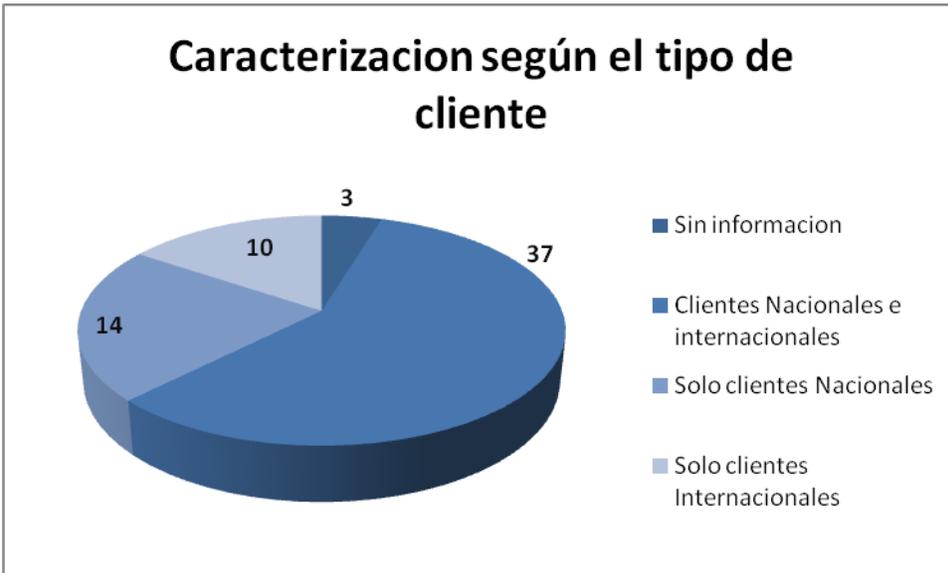


Grafica comparativa de las empresas operadoras más importantes en Colombia, su producción y el porcentaje correspondiente al total de la producción nacional.

Compañía operadora	Promedio producción diaria 2012 (Barriles diarios)	% Producción
ECOPETROL S.A.	332.311	36
METAPETROLEUM LIMITED	218.213	24
OCCIDENTAL DE COLOMBIA INC.	50.100	5
MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LIMITED	37.238	4
EQUION ENERGIA LIMITED	40.320	4
PETROBRAS COLOMBIA LIMITED	28.898	3
HOCOL S.A.	30.862	3
PETROMINERALES COLOMBIA LTD SUCURSAL COLOMBIA	27.297	3
CANACOL ENERGY COLOMBIA S.A.	28.251	3
CEPSA COLOMBIA S A CEPCOLSA	22.957	2
GRANTIERRA ENERGY COLOMBIA LTD	21.054	2
PERENCO COLOMBIA LTDA	18.870	2
PAREX RESOURCES COLOMBIA	11.651	1
VETRA E&E COLOMBIA S.A.	9.313	1
GRUPO C&C ENERGIA BARBADOS SUCURSAL COLOMBIA	8.299	1
NEW GRANADA ENERGY CO.	6.410	1
ALANGE ENERGY	5.103	1

ANEXO C

A continuación se muestra información correspondiente a un estudio de mercado realizado por Vepica, en el cual se caracterizan según sus tipos de clientes, número de empleados, y facturación en dólares a los posibles competidores del sector en el mercado colombiano.



Caracterización según número de empleados

