Revista Tecnológica ESPOL, Vol. xx, N. xx, pp-pp, (Mes, 200x)

Optimización y Actualización de la Evaluación del Análisis Técnico-Económico del Campo Armadillo en la Zona Oriental del Ecuador

Luis A. Suriaga[1], Fernando J. Sagnay[2]
[1]Tesista de Ingeniería de Petróleos, FICT, ESPOL, Guayaquil, Ecuador, alsuriaga@hotmail.com
[2]Tesista de Ingeniería de Petróleos, FICT, ESPOL, Guayaquil, Ecuador, fsagnay@hotmail.com

Resumen

El actual proyecto está enfocado a evaluar la actual rentabilidad petrolera del Campo Armadillo en el Oriente ecuatoriano, con el propósito de obtener la mejor optimización en la producción de crudo y recuperar la inversión a corto plazo mediante el análisis técnico-económico, basado en la información obtenido del mapa estructural a la base de la arena "U" Inferior y la del pozo perforado Armadillo-1 del volumen de de petróleo encontrado en los Yacimientos productores de las arenas Basal Tena y "U" Inferior. Con toda los datos de las arenas productoras se calcularon las reservas totales, el número de pozos (exploratorios, de avanzada y desarrollo) a perforarse en las estructuras del campo Armadillo (Norte, Centro y Sur), la producción diaria del Campo y la inversión total que debe hacerse dentro de Armadillo para el inicio de la fase de pre-producción y la fase de producción (estudios ambientales, facilidades de producción, obras civiles, líneas de transferencia, protección del medio ambiente, otros). Se elaboró un modelo económico del proyecto en estudio para determinar los parámetros de rentabilidad (VAN y TIR) y se seleccionó la alternativa más apropiada para efectos de este estudio.

Palabras Claves: *Petróleo, optimización, evaluación, análisis técnico-económico, Costos, Campo Armadillo, inversión.*

Abstract

The present project is focused to evaluate the present oil yield of the Field Armadillo in the Ecuadorian East, in order to obtain the best optimization in the production of crude and recovering the short term investment by means of the technical-economic analysis, is based on the information obtained from the structural map to the base of the "U" Inferior sand and the one of the perforated well Armadillo-1 of the volume of petroleum found in the producing Deposits of sands Basal Tena and "U" Inferior. With all the data of producing sands the total reserves calculated, the number of wells (exploratory, of outpost and development) to perforate in the structures of the field Armadillo (North, Center and the South), the daily production of the Field and the total investment that must become within Armadillo for the beginning of the phase of pre-production and the phase of production (environmental studies, facilities of production, works, lines of transference, protection of the environment, others). An economic model of the project in study was elaborated to determine the yield parameters (VAN and TIR) and was selected the most appropriate alternative for effects of this study.

1. Introducción

Teniendo el Ecuador un gran potencial hidrocarburífero en su zona oriental y debido al alto precio del crudo no se ha logrado beneficiar, como lo han venido haciendo las compañías privadas, debido a las condiciones en que se celebraron los contratos.

El presente proyecto de tesis hace una evaluación del análisis técnico-económico del Campo Armadillo, estimando la inversión necesaria con respecto al volumen de petróleo con el fin de obtener rentabilidad a favor del país, esto es recuperando la inversión a corto plazo para los anticipos de retorno.

Los anticipos de retorno están en función de las políticas petroleras que se efectúan en el Ecuador, que en la actualidad no son beneficiosos, debiendo revisarse los contratos actuales con las compañías que están operando los campos petroleros de tal manera que no afecte los intereses del país, licitación de campos que no han sido desarrollados a empresas privadas con contratos favorables al Ecuador y la inversión inmediata que el Estado debe hacer para exploración y desarrollo de campos con grandes reservas de crudo.

2. Generalidades

De acuerdo a la información obtenida, el Campo Armadillo fue detectado por el consorcio CEPE-TEXACO por interpretación sísmica en 1986. Para confirmar el hallazgo el departamento de Geofísica de Petroproducción elaboró un mapa estructural a la base de la Caliza "A" confirmando dos altos estructurales, llamándolos: Armadillo Norte al alto estructural norte con un área de 1544 acres y Armadillo Sur al alto estructural sur con un área de 2354 acres. Para probar la estructura Armadillo Norte, se perforó el pozo Armadillo-1, con pruebas de producción inicial de 450 B/D para Basal Tena y 857 B/D para "U" Principal. [1]

El Campo Armadillo está ubicado en la Provincia de Napo, al sur del Campo Auca, y al Este de los Campos Rumiyacu y Cononaco. [1]

La interpretación sísmica fue realizada a la base de la caliza "A", por ser un reflector muy definido en toda la cuenca, considerándose como yacimientos principales a Basal Tena con 19 pies de espesor y "U" Principal con 39 pies de espesor observados en los registros. [2] Se realizó una nueva interpretación con un nuevo mapa estructural a la base de la arena "U" Inferior detectándose una nueva estructura al que se lo llamó Armadillo Centro con un área de 1171 acres, el cual formará parte de los prospectos conocidos y entrará en un análisis breve del proyecto.

De acuerdo a la estratigrafía del Campo Armadillo se encuentran las siguientes formaciones: formación Orteguaza, Formación Tiyuyacu, Formación Tena, Formación Napo "U", Caliza A, Formación Napo "T", Formación Hollín. [3]

Dentro del alcance de este estudio del Campo Armadillo está el Análisis Técnico-Económico con el propósito de optimizar la producción de crudo y recuperar la inversión a corto plazo.

3. Caracterización de las Formaciones

Se corrieron registros de resistividad (HRI, DLL, MSFL, SP), porosidad (SDL, DSNT, FWS) y rayos gamma (CSNG, NGRT), para evaluar las zonas de interés (Basal Tena y Napo "U"). [5] La arenisca Basal Tena se ubica 9392 pies que es su tope hasta 9426 pies que es su base, se presenta en dos cuerpos permeables separados por una intercalación de 12 pies de espesor y una alta resistividad de 115 ohmm en su formación, 21.40 % de saturación de agua, un factor volumétrico de 1.1107 BY/BN y su crudo es de 13,5 ºAPI. La arenisca "U" se distingue dos cuerpos (superior e inferior) diferentes entre sí por sus características litológicas y de fluidos. La arenisca "U" Superior no se encuentra bien desarrollado, se presenta en forma de intercalaciones permeables de reducido espesor y con resistividad baja de 38 ohmm, características propias de una arena calcárea y no limpia. La arenisca "U" Inferior se presenta como un solo cuerpo potente de 44 pies y tiene como promedio una resistividad alta de 95 ohmm lo que da a entender que corresponde a una arena limpia, con porosidad promedio de 14.40 %, saturación de agua 15.80 %, factor volumétrico de 1.1070 y su crudo de 18.40 ºAPI. La arenisca "T" se presenta con un espesor bien desarrollado con 54 pies de espesor de arena y con bajos valores de resistividad menores a 9 ohmm, tratándose de un acuífero. La arena Hollín presenta dos cuerpos (superior e inferior) con espesores pequeños de arenisca con intercalaciones de capas de mayor tamaño de lutitas y caliza. La arenisca Hollín Superior tiene un espesor de 14 pies y valores bajos de resistividad es con un porcentaje alto de saturación de agua. La arenisca Hollín Inferior presenta un espesor de 196 pies y valores bajos de resistividad en la formación, es decir con alta saturación de agua. Por tanto los yacimientos "T" y Hollín se consideran acuíferos. [6] Tabla 1

Tabla 1. Evaluación de los Registros de las Arenas encontradas en el Pozo Exploratorio Armadillo-1

YACIMIENO	*INTERVALO DE A (pies)*	*ESP. SAT. (pies)*	*Ø (%)*	*SW (%)*	*RW (ohm-m)*	*SALINIDAD NaCl (ppm)*
Basal Tena	9393- 9426	19	17.34	21.40	0.09	30000
U Inferior	10372- 10418	39	14.40	15.80	0.06	42000
T Superior	10622- 10645	12	12.80	84.00	0.09	30000
T Inferior	10658- 10720	31	15.10	94.30	0.09	30000
Hollín Sup.	10846- 10900	14	12.40	82.30	0.40	5000
Hollín Inf.	10900- 11147	196	14.60	73.50	1.80	900

Se tomaron pruebas de presión (Pwf y Pwe) al pozo y los siguientes datos fueron reportados: [7]

Basal Tena	Arenisca "U"
Pwf = 1025psi	Pwf = 2473psi
Pwe = 3379psi	Pwe = 3866psi

Los contactos agua-petróleo no se definen bien en la arenisca Basal Tena porque está enmascarado por una lente impermeable de 2 pies de espesor, pero podría estar ubicado a 9421 pies; mientras que la arenisca Napo "U" presentaría un posible contacto agua-petróleo a 10415 pies. [7]

Para la estimación de reservas en este estudio, se tomó como base al nuevo mapa estructural (2005), para así evaluar el área del Campo Armadillo, el volumen de petróleo In Situ, su factor de recobro y las reservas del Campo, datos que sirvieron de base fundamental para hacer el cálculo de predicción de producción diaria de Armadillo, el tiempo de estabilización, el tiempo de estabilización de la producción y el periodo de vida útil del Campo.

4. Planificación para el desarrollo del Campo

Para este estudio se propuso la perforación de 2 pozos exploratorios, el primero situado en armadillo central (AR-C1) y el segundo en Armadillo Sur (AR-S1). Además se perforarán 15 pozos de avanzada y desarrollo en todo Armadillo (AR-N, AR-C, AR-S).

Los pozos a perforarse en AR-N servirán para delimitar su área, ya que no existe un cierre estructural definido, definiéndolo justo en el contacto agua-petróleo. De igual manera los pozos que se perforen en AR-C y AR-S servirán para delimitar sus yacimientos, pero la ventaja de estas dos áreas es que tienen un cierre estructural definido. Tabla 2

Tabla 2. Distribución de Pozos en el Campo Armadillo

POZOS	***AR- N***	***AR- C***	***AR- S***
EXPLORATORIOS	NO	AR- C1	AR- S1
AVANZADA	AR- N5 AR- N6	AR- C4	AR- S5 AR- S6
DESARROLLO	ARMADILLO-1 (perforado) AR- N2 AR- N3 AR- N4	AR- C2 AR- C3	AR- S2 AR- S3 AR- S4

Para la perforación de pozos se tiene planificado comenzar en el mes de Enero de 2008 y en donde se probarán los parámetros técnicos de los yacimientos para luego ajustarlos a los valores de petróleo In Situ y al de Reservas.

Para ubicar los pozos antes de las perforaciones, se utilizó una malla cuadrada y una distancia entre pozos de 500 metros.

Para el desarrollo del proyecto será necesario la construcción de una vía de acceso desde Armadillo hasta la Estación Cononaco (7.3km) para transportar equipo y poder desarrollar y operar el Campo. Además se construirán carreteras para acceder a los pozos dentro de Armadillo. Tabla 3

Tabla 3. Vías de Acceso al Campo Armadillo

AR- N		**AR- C**		**AR- S**	
TRAMO	**DISTANC. (km)**	**TRAMO**	**DISTANC. (km)**	**TRAMO**	**DISTANC. (km)**
AR-N1 A AR-N2	0.8	**AR-C1 A AR-C2**	0.5	**AR-S1 A AR-S2**	0.7
AR-N2 A AR-N3	0.5	**AR-C1 A AR-C4**	0.5	**AR-S2 A AR-S5**	0.6
AR-N3 A AR-N4	0.5	**AR-C1 A AR-C3**	0.5	**AR-S1 A AR-S4**	0.7
AR-N3 A AR-N5	0.5	**C. EN. A AR-C1**	1.1	**CAR. A AR-S3**	0.2
AR-N6 A CAR.	0.2			**AR-S3 A AR-S6**	0.7
TOTAL	**2.5**	**TOTAL**	**2.6**	**TOTAL**	**2.9**

Una Estación de producción se construirá en AR-S donde se recolectará todo el crudo proveniente de los pozos de todo el Campo, en conjunto con mini-estaciones en AR-C y AR-S que servirán para recolectar el crudo de sus respectivos pozos.

Las capacidades de los tanques, separadores y generadores han sido fijadas para efectos de este estudio, sin embargo podrán ser modificados por algún ente regulador. Y todo el crudo producido será transferido mediante líneas de flujo desde los pozos de los manifolds de entrada a los separadores, luego a los tanques de lavado y estabilización, para luego ser enviado por el oleoducto secundario hasta la Estación Central Cononaco para ser fiscalizado. Tabla 4

Tabla 4. Líneas de Flujo en el Campo Armadillo

AR- N		**AR- C**		**AR- S**	
TRAMO	**DISTANC. (km)**	**TRAMO**	**DISTANC. (km)**	**TRAMO**	**DISTANC. (km)**
AR-N4 A EST.	1.5	**AR-C1 A EST.**	0.3	**AR-S1 A EST.**	0.5
AR-N3 A EST.	1.0	**AR-C2 A EST.**	0.8	**AR-S2 A EST.**	1.2
AR-N5 A EST.	1.5	**AR-C3 A EST.**	0.3	**AR-S3 A EST.**	0.5
AR-N6 A EST.	0.5	**AR-C4 A EST.**	0.9	**AR-S4 A EST.**	1.0
AR-N1 A EST.	0.8			**AR-S5 A EST.**	1.8
				AR-S6 A EST.	1.2
TOTAL	**5.3**	**TOTAL**	**2.3**	**TOTAL**	**6.2**

Para el desarrollo del proyecto será necesario personal técnico, operativo y administrativo calificado para operar el Campo armadillo. El número de personas para laborar serán 44.

Además en el Campo se realizarán estudios de impacto y manejo ambiental, tomando todos los cuidados posibles, especialmente en el manejo de lodos y químicos a utilizarse durante la perforación. Se procederá también a la reforestación de toda el área desbrozada, y se considerará una planta de tratamiento, evitando así la contaminación del medio ambiente.

Será necesario un cronograma de actividades que irá desde su estudio ambiental hasta la fase final del proyecto a realizarse.

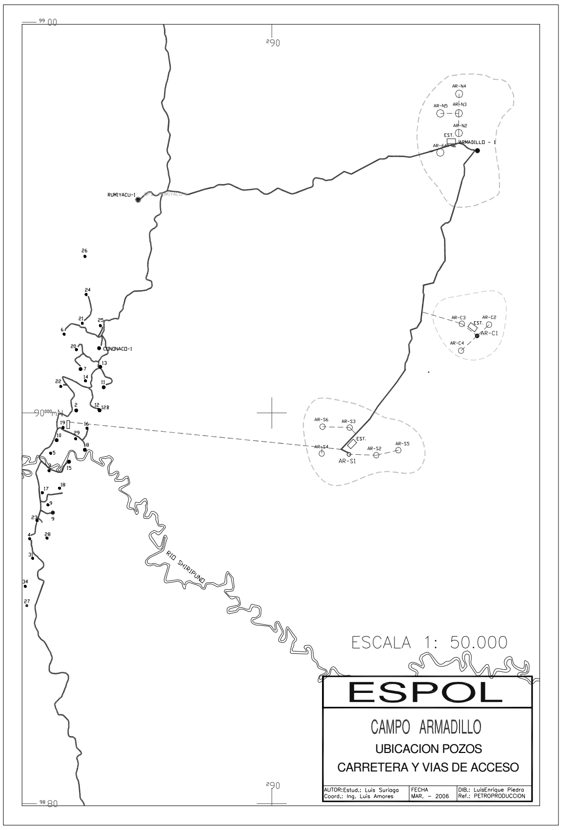

Figura 1. Ubicación de Pozos en el Campo Armadillo

5. Costos de Inversión Estimado del Estudio

Para poder desarrollar el Campo será necesario hacer inversiones, que de acuerdo al régimen contable de hidrocarburos se dividen en: Inversiones de Preproducción e Inversiones de Producción. Las inversiones de Preproducción se realizarán hasta la fecha de inicio de la producción comercial y se amortizarán hasta un periodo de 5 años. Las inversiones de Producción se realizarán desde el inicio de la producción. Estas inversiones en el Campo Armadillo se amortizarán en un periodo de 10 años.

Dentro de las inversiones se encuentran los costos estimados para la perforación de un pozo exploratorio en las estructuras de Armadillo Central y Armadillo Sur cuyo costo por pozo perforado estará estimado en USD. 2871000. Los costos para la perforación de un pozo de avanzada o desarrollo en armadillo ascenderían aproximadamente a USD. 1837000, los costos estimados de la estación de producción principal que será ubicado en Armadillo Sur tendrá un costo aproximado de USD. 2341016 y el costo estimado de cada mini-estación estarán en USD. 2340439 para AR-N y USD. 2009810 para AR-C. Los costos estimados de las líneas de transferencia del crudo en todo el Campo Armadillo hasta su evacuación en Cononaco están estimados en USD. 7626102. También se menciona los costos de obras civiles en el Campo Armadillo para la construcción de un pequeño campamento para el personal que va a operar con un estimado de USD. 1765000. El total de inversión total está estimado en USD. 5333737.

También entran en este análisis los costos de operación del Campo Armadillo donde se propone una tasa de producción inicial de 8484 B/D, y que de acuerdo al Régimen contable de la Ley de Hidrocarburos se calcularon los costos operacionales de cada año para los 21 años de vida útil del Campo.

Dentro de los costos de operación están los costos directos con un estimado de USD. 4681462, los costos indirectos con un estimado de USD. 696020 y los gastos operacionales con un estimado de USD. 238700

6. Análisis Económico

Para realizar el análisis económico del Campo Armadillo, se elaboró un modelo económico. Para utilizar el modelo fue necesario e indispensable recopilar y procesar diferente parámetros técnicos que se nombran a continuación: parámetros fijos y parámetros variables, los cuales serán procesados para estimar los ingresos al Estado mediante la TIR y su VPN, para posteriormente calcular el tiempo de recuperación de la inversión y decidir cual de las alternativas es la mas apropiada para realizar la inversión.

7. Conclusiones

El Campo Armadillo requerirá de sísmica 3D con el propósito de minimizar riesgos y de esta manera poder delimitar mejor el campo con la elaboración de nuevos mapas estructurales.

Las arenas productoras principales de las reservas recuperables de los yacimientos del Campo Armadillo son: Basal Tena y "U" y que las restantes arenas encontradas en el pozo tienen un alto corte de agua por lo que se descartan para su producción.

Las reservas de petróleo que se calcularon en este proyecto corresponden a los volúmenes de las tres áreas del campo Armadillo que se estimaron en 37.60 MMBLS.

Se determinó el número de pozos que se van a perforar dentro de cada área, que serán 15 los proyectados durante la etapa de preproducción (2007-2009) y de la forma como vaya desarrollando el Campo.

La predicción de producción diaria inicial de 8493 B/D con una declinación del 12 % y un tiempo de estabilización de la producción de 2 años, y vida útil de 20 años.

El proyecto a efectuarse en el Campo Armadillo requerirá de inversiones de Preproducción con un periodo de amortización de 5 años e inversiones de Producción con un periodo de amortización de 10 años. El total de inversiones para poner a funcionar el proyecto costaría alrededor de USD. 53337360.

Los costos de operación (costos directos, costos indirectos, gastos operacionales) anuales del Campo Armadillo desde el inicio de producción en el año 2010 hasta el año 2019 serán de USD. 2755288, y a partir del año 2020 hasta el año 2029 serán de USD. 2645288.

Respecto al valor del crudo referencial de 29 ºAPI, se considerará positivo si el precio de este referencial sea mayor a 7 dólares. Las alternativas propuestas resultaron positivas en el Campo Armadillo, estimándose una buena rentabilidad.

Tanto los ingresos para el Estado como para Petroecuador son excelentes siempre y cuando la producción del Campo Armadillo esté cerca de los parámetros y resultados de este proyecto de Tesis.

El tiempo de recuperación de la inversión será menor a 1.5 años

8. Agradecimientos

Los agradecimientos principalmente al Ing. Ricardo Gallegos por su extensa ayuda y colaboración en el desarrollo de esta Tesis, al Ing. Luis Amores por toda la ayuda prestada para poder estar en Petroproducción, Ing. Gloria Uguña y a Enrique que colaboraron en el desarrollo del tema de tesis, y a todo la gente que aportó con un grano de arena para poder realizar mi trabajo.

9. Referencias

[1] VARGAS Joaquín, Recomendación para la Perforación del Pozo Exploratorio Armadillo Sur-1, Petroproducción, Quito-Ecuador, 1995

[2] AMORES Luis, Evaluación del Análisis Técnico-Económico del Área Armadillo, Petroproducción, Quito-Ecuador, 1996

[3] PETRPRODUCCIÓN, Plan de Desarrollo del pozo Armadillo-1, Quito-Ecuador, 1995

[4] PETRPRODUCCIÓN, Informe Geológico Final del Pozo Exploratorio Armadillo-1, Quito-Ecuador, 1994

[5] PETROPRODUCCIÓN, Informe de Comisión, Quito-Ecuador, 1995

[6] GUERRERO Olga, Esquema Geológico y Cálculo de Reservas, Petroproducción, Quito-Ecuador, 1995

[7] PETROPRODUCCIÓN, Estudio de Ingeniería de Yacimientos, Campo Armadillo, Quito-Ecuador, 2004