

UNA SIMULACIÓN PARA OPTIMIZAR ECONÓMICAMENTE LA EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO

Autora: Dra. María Eugenia Pósleman de Sicoli

Facultad de Ingeniería UNCuyo

Sinopsis

En este trabajo se desarrolla un modelo simple, adecuado a la situación en que se desenvuelven los tomadores de decisión dentro del área hidrocarburífera, considerando los ingresos, los egresos y la tasa de interés de referencia.

Los componentes básicos son:

- Campo bajo análisis: Provincia de Mendoza
- Estudio de Ingresos y Costos de la actividad focalizándolo en el año 1999 y sus derivaciones en los siguientes períodos
- Cómputo de las Reservas de Petróleo como un stock existente en el año 1999
- Costo de reposición de reservas es u\$s 25,79/m³/año
- Planteo de casos y conclusiones

El modelo propuesto consiste en calcular, en n años de extracciones de petróleo (hasta agotar las reservas o mantener las mínimas de acuerdo con un óptimo técnico preestablecido) el ingreso total y el costo total derivado de las mismas, con el objeto de comparar diferentes escenarios de comportamiento de las variables intervinientes.

El criterio adoptado como medida de comparación es el VAN, y la optimización financiera se logra cuando se maximiza el VAN a una tasa i de referencia con respecto al tamaño del proyecto (medido por la capacidad de producir); a la variación de los precios; a la localización (que implica elegir la mejor ubicación espacial), y a la temporalidad (que implica elegir el inicio y terminación del emprendimiento)

El procedimiento utilizado constituye una herramienta de análisis accesible que posibilita al emprendedor el conocimiento de las variables y su comportamiento, las que debe tener en cuenta como un semáforo indicativo de los focos de atención a tener presentes en el momento de tomar sus decisiones.

Introducción

El modelo a desarrollar consiste en calcular, en n años de extracciones de petróleo (hasta agotar las reservas o mantener las mínimas de acuerdo con un óptimo técnico preestablecido) el ingreso total y el costo total derivado de las mismas, con el objeto de comparar diferentes escenarios de comportamiento de las variables intervinientes.

El criterio adoptado como medida de comparación es el VAN, y la optimización financiera se logra cuando se maximiza el VAN a una tasa i de referencia con respecto al tamaño del proyecto (medido por la capacidad de producir); a la variación de los precios; a la localización (que implica elegir la mejor ubicación espacial), y a la temporalidad (que implica elegir el inicio y terminación del emprendimiento)¹

Se han planteado escenarios a los efectos de lograr los resultados de la maximización con la técnica de simulación.

Simulación es una técnica numérica para experimentación de conductas, involucra ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos, que describen el comportamiento de un negocio o sistema económico en períodos de tiempo reales.

La razón fundamental para usar Simulación es la incesante pregunta sobre qué es lo que va a suceder en el futuro....se requiere conocer el futuro.

¹ GINESTAR, Ángel, “Pautas para identificar, formular y evaluar proyectos”, OEA Proyecto, Asociación Argentina de Evaluación, CICAP-Uruguay (Centro Interamericano de Capacitación y Cooperación), B. Aires, agosto 2001

Un modelo de “simulación” busca imitar el comportamiento del sistema que se investiga estudiando las iteraciones entre sus componentes y se define como una abstracción de la realidad que puede ser usado con propósitos de predicción y control

La simulación es una técnica flexible y la elaboración de un modelo de simulación puede consumir mucho tiempo y ser costosa, en particular cuando se intenta optimizar el sistema modelado.-

Se elaboran modelos de simulación para analizar el comportamiento de sistemas como función del tiempo².

Por otra parte los análisis de “optimización y de viabilidad financiera” de un proyecto se pueden realizar aplicando los criterios VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno) que buscan maximizar el $VAN_{(i)}$ (siendo i la tasa pertinente, de oportunidad o costo de oportunidad del capital) al comparar diversas posibilidades productivo-financieras.

Este valor puede ser positivo o negativo. Se maximiza cuando el valor negativo es el más pequeño posible o cuando el valor positivo es el más grande. Al maximizar se comparan posibilidades entre sí.

En el análisis realizado en este trabajo se desarrolla un modelo simple, adecuado a la situación en que se desenvuelven los tomadores de decisión, considerando primariamente los ingresos, los egresos y la tasa de interés de referencia.

² TAHA, Hamdy A., “*Investigación de operaciones*”, 2ª ed. (Alfaomega, México, 1991)

Desarrollo

Para el desarrollo de este trabajo se consideraron las siguientes pautas:

- Campo bajo análisis: Provincia de Mendoza
- Estudio de Ingresos y Costos de la actividad focalizándolo en el año 1999
- Cómputo de las Reservas de Petróleo como un stock existente en el año 1999³
- Costo de reposición de reservas que es u\$s 25,79/m3/año⁴
- Planteo de casos.

Ingresos

En el tratamiento del ingreso se tuvieron en cuenta las distintas variantes de extracciones planteadas que se pueden resumir en los siguientes casos, con una restricción temporal que se especifica cada caso, variaciones en los precios y en la tasa de interés pertinente:

En el Cuadro N° 1 se mencionan los diferentes casos analizados y luego se grafica cada uno.

³No hay nuevos descubrimientos ni tecnologías alternativas que permitan incrementar las Reservas.

⁴ Resulta del promedio del costo de reposición de reservas en Argentina entre los años '93 y '98

Cuadro N° 1 Casos a analizar

Casos	Precos constantes en el tiempo
I	Cantidad extraída igual en c/período Tasa de oportunidad = 8% Reservas = 0 en el período 10
II	Mayor cantidad extraída en los primeros períodos y descendiendo en los siguientes Tasa de oportunidad = 8% Reservas = 0 en el período 10
III	Menor cantidad extraída en los primeros períodos y aumentando en los siguientes Tasa de oportunidad = 8% Reservas = 0 en el período 10
IV	Cantidad extraída igual en c/período Tasa de oportunidad = 8% Reservas = 0 en el período 20 (duplicando los años de extracción)
V	Mayor cantidad extraída en los primeros períodos y descendiendo en los siguientes Tasa de oportunidad = 2% Reservas = 0 en el período 10
VI	Mayor cantidad extraída en los primeros períodos y descendiendo en los siguientes Tasa de oportunidad = crece 0,25 por año (varía entre el 2% y el 9%) Reservas = 0 en el período 10
Casos	Precios variables en el tiempo
VII	Mayor cantidad extraída en los primeros períodos descendiendo en los siguientes Precio se incrementa 10% por año Tasa de oportunidad = 8% Reservas = 0 en el período 10
VIII	Mayor cantidad extraída en los primeros períodos y descendiendo en los siguientes Precio se incrementa inicialmente a u\$s 50.- el barril (u\$s 315.- el m3) y luego decrece a u\$s 210.- el m3 y se estabiliza Tasa de oportunidad = 8% Reservas = 0 en el período 10
IX	Mayor cantidad extraída en los primeros períodos y descendiendo en los siguientes Precio se incrementa inicialmente a u\$s 50.- el barril (u\$s 315.- el m3) y luego decrece a u\$s 210.- el m3 y se estabiliza Tasa de oportunidad = 8% Reservas = 0 en el período 5
X	Mayor cantidad extraída en los primeros períodos y descendiendo en los siguientes Precio se incrementa inicialmente a u\$s 50.- el barril (u\$s 315.- el m3) y luego decrece a u\$s 210.- el m3 y se estabiliza Tasa de oportunidad = 8% Reservas = 0 en el período 20
XI	Cantidad extraída igual en c/período Precio se incrementa a u\$s 50.- el barril (u\$s 315.- el m3) y luego decrece hasta u\$s 20.- el barril (u\$s 120.- el m3) Tasa de oportunidad = 8% Reservas = 0 en el período 10
XII	Mayor cantidad extraída en los primeros períodos y descendiendo en los siguientes Precio se incrementa inicialmente a u\$s 50.- el barril (u\$s 315.- el m3) y luego decrece hasta u\$s 20.- el barril (u\$s 120.- el m3) Tasa de oportunidad = 8% Reservas = 0 en el período 10
XIII	Cantidad extraída igual en c/período Precio constante Tasa de oportunidad = 8% Reservas constantes por reposición año a año de lo extraído

Gráficamente es así:

Gráfico N° 16 Precios constantes en el tiempo – Casos I, II, III, IV, V y VI
Caso especial XIII

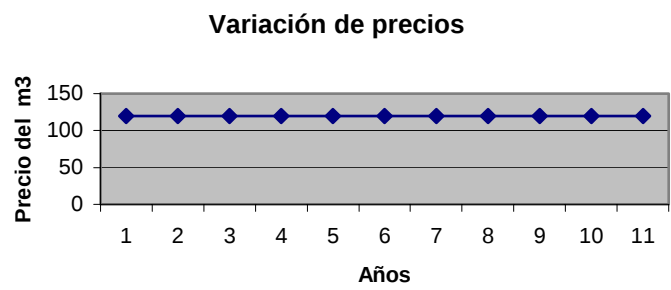


Gráfico N° 17 Precios variables en el tiempo – Casos VII

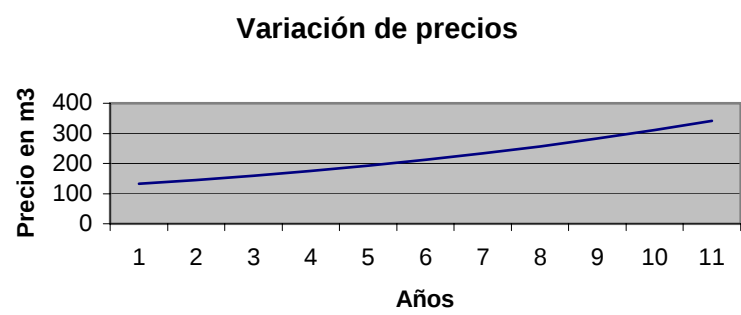
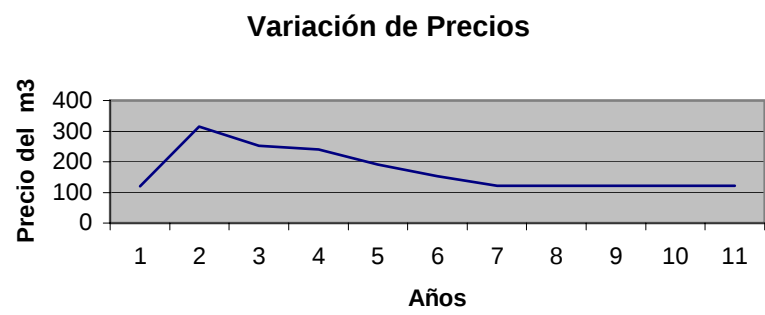


Gráfico N° 18 Precios variables en el tiempo – Caso VIII, IX, X y XI



Gráfico N° 19 Precios variables en el tiempo – Caso XII



Para contraponer al ingreso ahora se considera el cálculo del costo de producción.

Costos

Para el elaborar los costos se hizo un cálculo teniendo en cuenta el costo de la energía necesaria para extraer el crudo y se utilizó una expresión convencional⁵, que muestra el comportamiento del costo en el tiempo:

$$C_t = c * Q_t / R_t$$

donde C_t es el costo en el período y depende de las reservas remanentes
 c es una constante
 Q_t representa las extracciones en cada período
 R_t son las reservas remanentes

Para obtener el valor de c se tomaron los datos de 75 pozos analizados en el trabajo “Estudio de Rentabilidad en la Etapa de Producción del Crudo”⁶

- producción de un yacimiento al Sur-Oeste de la provincia de Mendoza equivalente a 200.169,72 barriles
- sobre ella incide una energía necesaria para extraerla de 12.938, 659 kwh

El procedimiento efectuado se muestra a continuación:

1ª Transformación de barriles a m3 (por ser más generalizado su uso técnico, no así en las informaciones estadísticas corrientes)

$$Q_t = \text{producción} = 31.826,98548 \text{ m}^3$$

$R_t = \text{reserva} = 318.269,8548 \text{ m}^3$ que surge de dividir la producción por $r = 10\%$ que es el factor de recuperación primaria en un Yacimiento⁷

2ª Cálculo del costo de la energía anual (necesaria para esa extracción)

$$\text{energía/hora} = 12.938,659 \text{ kwh}$$

$$\text{energía/día} = 310.527,816 \text{ kwd} \quad (1)$$

$$\text{tarifa} = 0.03 \text{ u\$s/hora}$$

$$\text{tarifa} = 0.72 \text{ u\$s/día} \quad (2)$$

- $C_t = \text{costo energía día} = (1) * (2) = 223.580,02752 \text{ u\$s}$

3ª Con los datos de C_t , Q_t y R_t se calculó el valor de c que se aplicará en todos los casos planteados y cuyo valor es:

$$c = \underline{816.067.100,448 \text{ en cada año}}$$

A los efectos de una aplicación concreta al Yacimiento “Provincia de Mendoza” se elaboraron los Cuadros de Cálculo con esos datos base⁸ y los necesarios para trabajar con Ingreso Total, Costo Total e Ingreso Neto tomando como referencia las reservas existentes en la provincia en el año 1999.

El costo unitario reflejado en el cociente c/R_t en todos los casos es creciente, lo que es el comportamiento lógico: a menor cantidad por extraer se requiere mayor esfuerzo o sea mayor cantidad

⁵ CONRAD, Jon M., “Resource Economics”, Cambridge University Press, United States of America, 1999

⁶ Este trabajo se realizó con subsidio de la Secyt UNCuyo, con colaboración de la Cátedra de Econometría de la Facultad de Ciencias Económicas, año 1.999

⁷ Se consideró solamente, a los efectos de la determinación del costo, recuperación primaria, que estima una extracción del 10% de lo que está en el subsuelo.

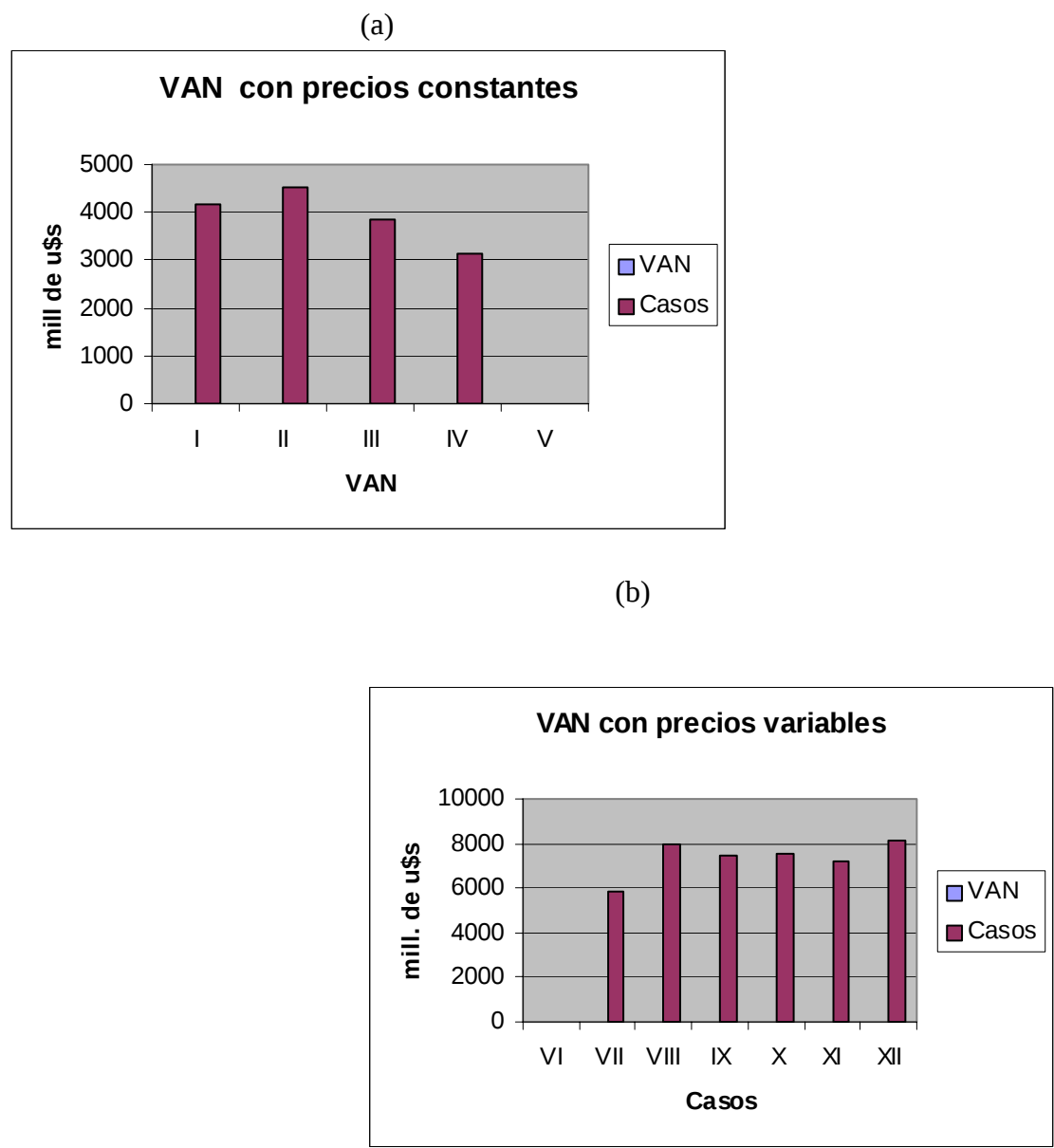
⁸ Op.Cit

de energía. Pero en el caso de Ct, costo total, ese comportamiento no siempre es así. Sólo se da cuando la cantidad extraída es la misma en cada período: **disminuye la reserva y el costo total aumenta.**(Ver en Base de Cálculos al final del trabajo) En las situaciones en las que se plantea aumento o disminución de la cantidad extraída el costo total se comporta en el mismo sentido de la extracción.

Los resultados obtenidos se grafican a continuación de acuerdo con el escenario de precios y tasas establecido.

En el Gráfico 20 se muestran los resultados del VAN de acuerdo con las pautas planteadas.

Gráfico N° 20



(Ver Base de Cálculos al final del trabajo)

Bajo los supuestos asumidos se puede decir que el mejor resultado se da en el CASO II, cuando no hay variación de precios en el tiempo. Los casos V y VI muestran mayor VAN, pero eso se debe a la disminución de la tasa alternativa. Lo que sí se puede ver entre el caso V y el II de referencia es la poca respuesta del VAN a la gran disminución de la tasa, ya que si ésta desciende 75% (del 8 al 2%) el VAN sólo se incrementa un 30%.

Para completar este análisis se sensibilizó el VAN respecto de las tasas según los escenarios previstos y los resultados corroboran esta conclusión como se muestra a continuación:

Variación	100%	50%
tasas	(4% a 8%)	(8% a 12%)
Variación VAN		
CASOS		

I	11%	10%
II	4%	3%
III	15%	15%
IV	20%	18%

VII	5%	5%
VIII	5%	5%
IX	3%	3%
X	19%	23%
XI	10%	9%
XII	5%	5%

Por otra parte cuando existe variación de precios el escenario de mayor VAN es el visto en el caso XII, que muestra precios en suba durante un año y luego descenso de los mismos a los precios de la década del '90 y suponiendo una mayor cantidad extraída en los períodos iniciales para ir descendiendo año a año. Esto demuestra la gran sensibilidad de los proyectos a las variaciones en precios ligado también a lo que sucede con los costos de producción.

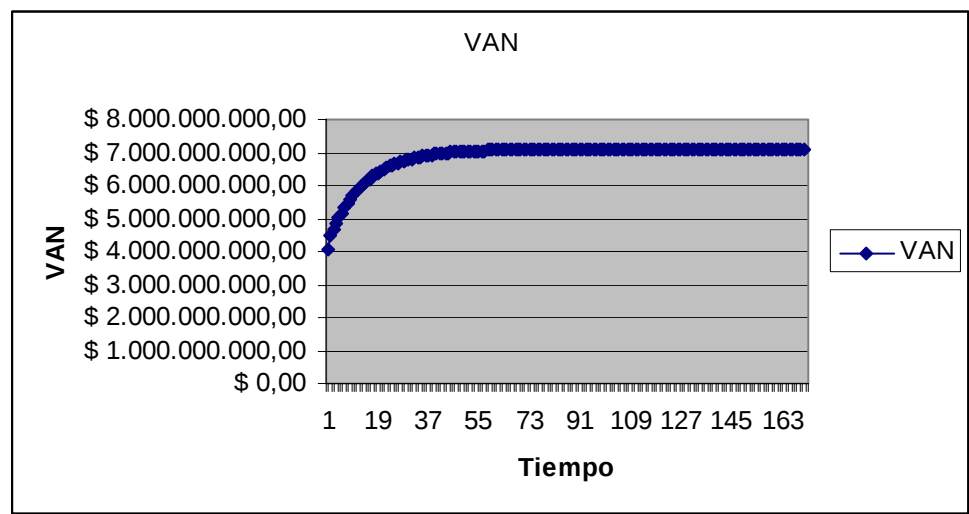
En el caso de duplicar o reducir a la mitad los períodos programados de extracción el Valor Actual Neto sufre una disminución bastante significativa.

De todas maneras las posibilidades de extracción están muy relacionadas con la infraestructura existente que será en definitiva la determinante técnica final.

El caso XIII es un poco más complejo en el sentido de que agrega, en el cómputo de los costos las erogaciones necesarias para reponer reservas. Es una convención entre las petroleras que la cantidad extraída obliga a reponer reservas. Este escenario muestra un intento de determinar en qué momento, y con esa restricción, las extracciones hacen máximo el beneficio de las empresas. De acuerdo con los cálculos efectuados, considerando el costo de reposición de reservas como un promedio de lo informado por datos estadísticos relevados de Carta Petrolera, se ve que el VAN crece a tasa decreciente y que el CMg se iguala con el IMg actualizados en el período 24. Se puede decir entonces que ese es el momento óptimo de extracción, si se tiene en cuenta que la situación se mantiene invariante con el transcurso del tiempo.

Gráficamente la trayectoria del VAN período a período se muestra de la siguiente manera:

Gráfico N° 21 Evolución del VAN en el Tiempo (Caso XIII)



Conclusiones

Como conclusión se puede decir que el procedimiento utilizado constituye una herramienta de análisis accesible que posibilita al emprendedor el conocimiento de las variables y su comportamiento, las que debe tener en cuenta como un semáforo indicativo de los focos de atención a tener presentes cotidianamente. Con esta información se les posibilitarán las actividades de revisión periódica de sus decisiones y las implicancias que las mismas tendrán dentro de su empresa, tanto desde el punto de vista micro como macroeconómico dentro de un sistema globalizado como se plantea en la actualidad.

BASE DE CÁLCULOS

DATOS:
Reserva en 1999: 64.459.000 m3
Producción: 6.445.900 m3 anuales
Precio (P) = 120 promedio de 1999 en m3 (caso de precios constantes)
c (constante del costo): 816.067.100

Caso I - Cantidad extraída igual en cada período

t	%	Qt	Pt	I Total	Rt	Ct	I Neto	VAN	I Total	Neto/I	c/Rt
0	0,1	6445900	120	773508000	64459000	81606710,04	691901290	\$4.154.225.411	0,894497911		12,66025071
1	0,1	6445900	120	773508000	58013100	90674122,27	682833877,7		0,882775456		14,06694523
2	0,1	6445900	120	773508000	51567200	102008387,6	671499612,4		0,868122388		15,82531339
3	0,1	6445900	120	773508000	45121300	116581014,3	656926985,7		0,84928273		18,08607244
4	0,1	6445900	120	773508000	38675400	136011183,4	637496816,6		0,824163185		21,10041785
5	0,1	6445900	120	773508000	32229500	163213420,1	610294579,9		0,788995822		25,32050142
6	0,1	6445900	120	773508000	25783600	204016775,1	569491224,9		0,736244777		31,65062677
7	0,1	6445900	120	773508000	19337700	272022366,8	501485633,2		0,648326369		42,2008357
8	0,1	6445900	120	773508000	12891800	408033550,2	365474449,8		0,472489554		63,30125354
9	0	0	120	0	6445900	0	0		0		126,6025071
10	0	0	120	0	6445900	0	0		0		126,6025071

Caso II - Mayor cantidad extraída en los primero períodos

t	%	Qt	Pt	I Total	Rt	Ct	I Neto	VAN	c/Rt
0	0,31342631	20203146,52	120	2424377582	64459000	255776900	2168600682	4..509.747.541	12,66025071
1	0,188055786	12121887,91	120	1454626549	44255853,48	223524644,5	1231101905		18,43975511
2	0,112833472	7273132,746	120	872775929,5	32133965,57	184706874,6	688069054,9		25,39577938
3	0,067700083	4363879,648	120	523665557,7	24860832,83	143246150,9	380419406,8		32,82541281
4	0,04062005	2618327,789	120	314199334,6	20496953,18	104246282,2	209953052,4		39,81406862
5	0,02437203	1570996,673	120	188519600,8	17878625,39	71707901,01	116811699,8		45,64484587
6	0,014623218	942598,0039	120	113111760,5	16307628,72	47169532,32	65942228,14		50,04204563
7	0,008773931	565558,8023	120	67867056,28	15365030,72	30037943,98	37829112,29		53,11197326
8	0,005264358	339335,2814	120	40720233,77	14799471,91	18711502,73	22008731,03		55,14163649
9	0	0	120	0	14460136,63	0	0		56,43564243
10	0	0	120	0	14460136,63	0	0		56,43564243
	0,775669237								

Caso III - Menor cantidad extraída los primeros períodos

t	%	Qt	Pt	I Total	Rt	Ct	I Neto	VAN
0	0	0	120	0	64459000	0	0	\$ 3.864.468.814
1	0,03968376	2557975,486	120	306957058,3	64459000	32384610,96	274572447,3	
2	0,099	6381441	120	765772920	61901024,51	84129206,17	681643713,8	
3	0,11724753	7557658,536	120	906919024,4	55519583,51	111087945,9	795831078,5	
4	0,12353095	7962681,506	120	955521780,7	47961924,98	135484186,9	820037593,8	
5	0,1236	7967132,4	120	956055888	39999243,47	162545940,2	793509947,8	
6	0,12371539	7974570,324	120	956948438,9	32032111,07	203164395,5	753784043,4	
7	0,12402237	7994357,948	120	959322953,7	24057540,75	271180357,9	688142595,8	
8	0,1242	8005807,8	120	960696936	16063182,8	406723651,2	553973284,8	
9	0,125	8057375	120	966885000	8057375	816067100,4	150817899,6	
10	0	0	120	0	0	0	0	

Caso IV Duplicando los años de extracción

t	%	Qt	Pt	I Total	Rt	Ct	I Neto	VAN	I Neto/I Total
0	0,05	3222950	120	386754000	64459000	40803355,02	345950645	\$ 3.139.086.813	0,894497911
1	0,05	3222950	120	386754000	61236050	42950900,02	343803100		0,888945169
2	0,05	3222950	120	386754000	58013100	45337061,14	341416938,9		0,882775456
3	0,05	3222950	120	386754000	54790150	48003947,09	338750052,9		0,875879895
4	0,05	3222950	120	386754000	51567200	51004193,78	335749806,2		0,868122388
5	0,05	3222950	120	386754000	48344250	54404473,36	332349526,6		0,859330548
6	0,05	3222950	120	386754000	45121300	58290507,17	328463492,8		0,84928273
7	0,05	3222950	120	386754000	41898350	62774392,34	323979607,7		0,837689093
8	0,05	3222950	120	386754000	38675400	68005591,7	318748408,3		0,824163185
9	0,05	3222950	120	386754000	35452450	74187918,22	312566081,8		0,80817802
10	0,05	3222950	120	386754000	32229500	81606710,04	305147290		0,788995822
11	0,05	3222950	120	386754000	29006550	90674122,27	296079877,7		0,765550913
12	0,05	3222950	120	386754000	25783600	102008387,6	284745612,4		0,736244777
13	0,05	3222950	120	386754000	22560650	116581014,3	270172985,7		0,698565459
14	0,05	3222950	120	386754000	19337700	136011183,4	250742816,6		0,648326369
15	0,05	3222950	120	386754000	16114750	163213420,1	223540579,9		0,577991643
16	0,05	3222950	120	386754000	12891800	204016775,1	182737224,9		0,472489554
17	0,05	3222950	120	386754000	9668850	272022366,8	114731633,2		0,296652738
18	0,05	3222950	120	386754000	6445900	408033550,2	-21279550,22		-0,055020892
19	0	0	120	0	3222950	0	0		
20	0	0	120	0	3222950	0	0		
		61236050							

Caso V Tasa de oportunidad es del 0,02 anual

t	%	Qt	Pt	I Total	Rt	Ct	I Neto	VAN
0	0,31342631	20203146,52	120	2424377582	64459000	255776900	2168600682	\$ 4.805.427.224
1	0,188055786	12121887,91	120	1454626549	44255853,48	223524644,5	1231101905	
2	0,112833472	7273132,746	120	872775929,5	32133965,57	184706874,6	688069054,9	
3	0,067700083	4363879,648	120	523665557,7	24860832,83	143246150,9	380419406,8	
4	0,04062005	2618327,789	120	314199334,6	20496953,18	104246282,2	209953052,4	
5	0,02437203	1570996,673	120	188519600,8	17878625,39	71707901,01	116811699,8	
6	0,014623218	942598,0039	120	113111760,5	16307628,72	47169532,32	65942228,14	
7	0,008773931	565558,8023	120	67867056,28	15365030,72	30037943,98	37829112,29	
8	0,005264358	339335,2814	120	40720233,77	14799471,91	18711502,73	22008731,03	
9	0	0	120	0	14460136,63	0	0	
10	0	0	120	0	14460136,63	0	0	
	0,775669237							

Caso VI - Como el caso V, pero con un incremento de tasa periódica del 0,25

[illegible]

Caso VII -Mayor cantidad extraída en los primero períodos pero el precio se incrementa 0,01 por año.

t	%	Qt	Pt	I Total	Rt	Ct	I Neto	VAN
0	0,31342631	20203146,52	132	2666815340	64459000	255776900	2411038440	\$ 5.858.405.828
1	0,188055786	12121887,91	145,2	1760098124	44255853,48	223524644,5	1536573480	
2	0,112833472	7273132,746	159,72	1161664762	32133965,57	184706874,6	976957887,5	
3	0,067700083	4363879,648	175,692	766698743	24860832,83	143246150,9	623452592,1	
4	0,04062005	2618327,789	193,2612	506021170,4	20496953,18	104246282,2	401774888,2	
5	0,02437203	1570996,673	212,58732	333973972,5	17878625,39	71707901,01	262266071,5	
6	0,014623218	942598,0039	233,846052	220422821,8	16307628,72	47169532,32	173253289,5	
7	0,008773931	565558,8023	257,2306572	145479062,4	15365030,72	30037943,98	115441118,4	
8	0,005264358	339335,2814	282,9537229	96016181,19	14799471,91	18711502,73	77304678,45	
9	0	0	311,2490952	0	14460136,63	0	0	
10	0	0	342,3740047	0	14460136,63	0	0	
	0,775669237							

Caso VIII - Mayor cantidad extraída en los primero períodos, con variación desigual en precios, aumento a u\$s 50 el B el primer año en el segundo a u\$s 33 el B y se estabiliza en los períodos siguientes.

t	%	Qt	Pt	I Total	Rt	Ct	I Neto	VAN
0	0,31342631	20203146,52	120	2424377582	64459000	255776900	2168600682	\$ 7.940.493.521
1	0,188055786	12121887,91	315	3818394692	44255853,48	223524644,5	3594870047	
2	0,112833472	7273132,746	210	1527357877	32133965,57	184706874,6	1342651002	
3	0,067700083	4363879,648	210	916414726	24860832,83	143246150,9	773168575,1	
4	0,04062005	2618327,789	210	549848835,6	20496953,18	104246282,2	445602553,3	
5	0,02437203	1570996,673	210	329909301,4	17878625,39	71707901,01	258201400,3	
6	0,014623218	942598,0039	210	197945580,8	16307628,72	47169532,32	150776048,5	
7	0,008773931	565558,8023	210	118767348,5	15365030,72	30037943,98	88729404,5	
8	0,005264358	339335,2814	210	71260409,09	14799471,91	18711502,73	52548906,36	
9	0	0	210	0	14460136,63	0	0	
10	0	0	210	0	14460136,63	0	0	

Caso IX - - Mayor cantidad extraída en los primero períodos, con variación desigual en precios, aumento a u\$s 50 el B el primer año en el segundo a u\$s 33 el B y se estabiliza en los períodos siguientes, plazo de extinción 5 años

t	%	Qt	Pt	I Total	Rt	Ct	I Neto	VAN
								\$ 7,431,632,115
0	0.5014821	32325034.4	120	3879004131	64459000	409243040	3469761091	
1	0.18053355	11637012.4	315	3665658904	32133965.57	295530999	3370127904	
2	0.06499208	4189324.46	210	879758137	20496953.18	166794051	712964085.4	
3	0.02339715	1508156.81	210	316712929	16307628.72	75471251	241241677.6	
4	0.00526436	339335.281	210	71260409.1	14799471.91	18711502	52548906.36	
5	0	0	210	0	14460136.63	0	0	

Caso X - - Mayor cantidad extraída en los primero períodos, con variación desigual en precios, aumento a u\$s 50 el B el primer año en el segundo a u\$s 33 el B y se estabiliza en los períodos siguientes, plazo de extinción 20 años

t	%	Qt	Pt	I Total	Rt	Ct	I Neto	VAN
								\$ 7,514,843,803.
0	0.1696543	10935748.6	120	1312289826	64459000	138449318.4	1173840508	
1	0.1696543	10935748.9	120	1312289865	53523251.45	166736971.9	1145552893	
2	0.1069690	6895119.25	315	2171962563	42587502.57	132125145.5	2039837418	
3	0.1069690	6895119.06	315	2171962503	35692383.32	157649315.9	2014313187	
4	0.0693579	4470741.67	210	938855750.1	28797264.27	126693464.9	812162285.2	
5	0.0693579	4470741.94	210	938855806.9	24326522.6	149977268.4	788878538.5	
6	0.0467912	3016115.12	210	633384174.8	19855780.66	123961498.2	509422676.6	
7	0.0467912	3016115.02	210	633384154.7	16839665.55	146163962.4	487220192.4	
8	0.0332512	2143339.19	210	450101229.6	13823550.52	126531066.9	323570162.6	
9	0.0332512	2143338.87	210	450101163.4	11680211.33	149749716.8	300351446.6	
10	0.0251271	1619673.63	210	340131462.4	9536872.462	138594950.2	201536512.3	
11	0.0251271	1619673.31	210	340131395.7	7917198.831	166948201.3	173183194.4	
12	0.0202527	1305474.3	210	274149602.2	6297525.518	169170354.4	104979247.8	
13	0.0202527	1305474.36	210	274149616.3	4992051.222	213410205.7	60739410.55	
14	0.0173281	1116954.7	210	234560486	3686576.859	247251044.6	-12690558.61	
15	0.0173281	1116954.99	210	234560548.6	2569622.164	354725389.4	-120164840.8	
16	0.0155733	1003842.93	210	210807016.3	1452667.171	563930410	-353123393.7	
17	0.0077866	250960.803	210	105403537.3	448824.2357	912610499.1	-807206961.8	
18	0.0038933	125480.402	210	52701768.64	0			
19	0.0019466		210	26350884.32	0			
20	1.0066637			0	0			

Caso XI Cantidad extraída igual en cada período, con variación desigual en precios aumento a u\$s 50 el B el primer año a partir del segundo empieza a decrecer hasta llegar a los valores de los años 90.

t	%	Qt	Pt	I Total	Rt	Ct	I Neto	VAN
0	0,1	6445900	120	773508000	64459000	81606710	691901290	\$ 7.172.169.648
1	0,1	6445900	315	2030458500	58013100	90674122	1939784378	
2	0,1	6445900	252	1624366800	51567200	102008387	1522358412	
3	0,1	6445900	239,4	1543148460	45121300	116581014	1426567446	
4	0,1	6445900	191,52	1234518768	38675400	136011183	1098507585	
5	0,1	6445900	153,216	987615014,4	32229500	163213420	824401594,3	
6	0,1	6445900	122,5728	790092011,5	25783600	204016775	586075236,4	
7	0,1	6445900	122,5728	790092011,5	19337700	272022366	518069644,7	
8	0,1	6445900	122,5728	790092011,5	12891800	408033550	382058461,3	
9	0	0	122,5728	0	6445900	0	0	
10	0	0	122,5728	0	6445900	0	0	

Caso XII Mayor cantidad extraída en los primero períodos, con variación desigual en precios aumento a u\$s 50 el B el primer año a partir del segundo empieza a decrecer hasta llegar a los valores de los años 90.

t	%	Qt	Pt	I Total	Rt	Ct	I Neto	VAN
0	0,31342631	20203146,52	120	2424377582	64459000	255776900	2168600682	\$ 8.111.144.019
1	0,188055786	12121887,91	315	3818394692	44255853,48	223524644,5	3594870047	
2	0,112833472	7273132,746	252	1832829452	32133965,57	184706874,6	1648122577	
3	0,067700083	4363879,648	239,4	1044712788	24860832,83	143246150,9	901466636,7	
4	0,04062005	2618327,789	191,52	501462138,1	20496953,18	104246282,2	397215855,8	
5	0,02437203	1570996,673	153,216	240701826,3	17878625,39	71707901,01	168993925,3	
6	0,014623218	942598,0039	122,5728	115536876,6	16307628,72	47169532,32	68367344,29	
7	0,008773931	565558,8023	122,5728	69322125,96	15365030,72	30037943,98	39284181,98	
8	0,005264358	339335,2814	122,5728	41593275,58	14799471,91	18711502,73	22881772,84	
9	0	0	122,5728	0	14460136,63	0	0	
10	0	0	122,5728	0	14460136,6c3	0	0	

Caso XIII Con reposición de Reservas igual a cada extracción, precios constantes

t	%	Qt	Pt	I	Total	Rt	Ct	I Neto		VAN	.08	VAITotal	VACTotal	IMg	CMg
0	0.	644590	12	77350800	6445900	24784647	52566152								
0	1	0	0	0	0	1	9					773508000	247846471	57296889	18358998
0	0.	644590	12	77350800	6445900	24784647	52566152								
1	1	0	0	0	0	1	9					716211111	229487473	102175522	32738954
0	0.	644590	12	77350800	6445900	24784647	52566152								
2	1	0	0	0	0	1	9					614035589	196748520	126594341	40563201
0	0.	644590	12	77350800	6445900	24784647	52566152								
3	1	0	0	0	0	1	9					487441248	156185318	129157379	41384447
0	0.	644590	12	77350800	6445900	24784647	52566152								
4	1	0	0	0	0	1	9					358283869	114800871	114441888	36669327
0	0.	644590	12	77350800	6445900	24784647	52566152								
5	1	0	0	0	0	1	9					243841981	78131544.1	90180171	28895418
0	0.	644590	12	77350800	6445900	24784647	52566152								
6	1	0	0	0	0	1	9					153661810	49236126	64001620	20507319
0	0.	644590	12	77350800	6445900	24784647	52566152								
7	1	0	0	0	0	1	9					89660190.3	28728806.6	41219579	13207526
0	0.	644590	12	77350800	6445900	24784647	52566152								
8	1	0	0	0	0	1	9					48440611	15521280.3	24208245	7756776
0	0.	644590	12	77350800	6445900	24784647	52566152								
9	1	0	0	0	0	1	9					24232365.6	7764504.44	13008092	4168037
1	0.	644590	12	77350800	6445900	24784647	52566152								
0	1	0	0	0	0	1	9					11224274	3596467.9	6410375	2054004
1	0.	644590	12	77350800	6445900	24784647	52566152			\$					
1	1	0	0	0	0	1	9	11años		4,052,893,176.57		4813898.71	1542463.43	2902233	929930
1	0.	644590	12	77350800	6445900	24784647	52566152	12		\$					
2	1	0	0	0	0	1	9	años		4,487,087,821.70		1911665.41	612533.452	1208750	387306
1	0.	644590	12	77350800	6445900	24784647	52566152	13		\$					
3	1	0	0	0	0	1	9	años		4,680,372,474.98		702915.403	225227.279	463600	148546
1	0.	644590	12	77350800	6445900	24784647	52566152	14		\$					
4	1	0	0	0	0	1	9	años		4,859,339,746.53		239315.31	76681.114	163873	52508
1	0.	644590	12	77350800	6445900	24784647	52566152	15		\$					
5	1	0	0	0	0	1	9	años		5,025,050,183.16		75442.1664	24173.0851	53421	17117
1	0.	644590	12	77350800	6445900	24784647	52566152	16		\$					
6	1	0	0	0	0	1	9	años		5,178,485,772.62		22020.8492	7055.89312	16069	5149
1	0.	644590	12	77350800	6445900	24784647	52566152	17		\$					
7	1	0	0	0	0	1	9	años		5,320,555,762.87		5951.55183	1906.98883	4462	1430
1	0.	644590	12	77350800	6445900	24784647	52566152	18		\$					
8	1	0	0	0	0	1	9	años		5,452,102,050.14		1489.37007	477.222104	1144	367
1	0.	644590	12	77350800	6445900	24784647	52566152	19		\$					
9	1	0	0	0	0	1	9	años		5,573,904,167.97		345.105012	110.578119	271	87
2	0.	644590	12	77350800	6445900	24784647	52566152	20		\$					
0	1	0	0	0	0	1	9	años		5,686,683,906.71		74.0416618	23.7243372	59	19
2							52566152	21		\$					
1							9	años		5,791,109,590.73		14.7088017	4.71297593	12	4
2							52566152	22		\$					
2							9	años		5,887,800,038.90		2.70554444	0.86690718	2	1
2							52566152	23		\$					
3							9	años		5,977,328,231.64		0.46079557	0.14764754	0	0
2							52566152	24		\$					
4							9	años		6,060,224,706.41		0.07266716	0.02328392	0	0
2							52566152	25		\$					
5							9	años		6,136,980,701.56		0.01061071	0.00339987	0	0
2							52566152	26		\$					
6							9	años		6,208,051,067.44		0.00143459	0.00045967	0	0
2							52566152	27		\$					
7							9	años		6,273,856,961.78		0.00017959	5.7544E-05	0	0
2							52566152	28		\$					
8							9	años		6,334,788,345.42		2.0817E-05	6.6702E-06	0	0
2							52566152	29		\$					
9							9	años		6,391,206,293.24		2.2342E-06	7.1589E-07	2.0122E-06	0
3							52566152	30		\$					
0							9	años		6,443,445,133.81		2.2203E-07	7.1144E-08	2.016E-07	0

Bibliografía

1. Carta Petrolera de Revista Mercado, Montamat & Asociados, Información Energética, periodicidad mensual, 1995/2000.
2. CONRAD, Jon M., “*Resource economics*”, Cambridge University Press, 1999.
3. CRAFT y HAWKINS, “*Applied Petroleum reservoir engineering*”. New York, Prentice-Hall, 1959.
4. CRAFT y HAWKINS, “*Ingeniería aplicada a Yacimientos Petrolíferos*”. New York: Prentice-Hall, 1959.
5. DAKE, L. P., “*Fundamentals of reservoir engineering*”. 3ª Edición. Amsterdam: Elsevier, 1978.
6. Dirección de Energía y Minería <http://energía.mecon.gov.ar>
7. El abecé del Petróleo y del Gas; iapg (INSTITUTO ARGENTINO DEL PETRÓLEO Y DEL GAS), 1º edic., mayo 2000.
8. ENERGÍA MENDOZA (E.M.S.E - Clientes especiales s/ CIU)
9. Entrevistas :
 Ing. Mario Sánchez Ing.
 Ing. Hilario Garbulinsky
 Ing. Horacio Castro
 Ing. Rubio
10. FISHER, Anthony C., *Resource and environmental economics*, Press Syndicate of the University of Cambridge, 1981.
- 11.
12. FRICK, Tomas, “*Petroleum production Handbook*”. New York, Mc Graw-Hill 1962.
13. GINESTAR, Ángel, “*Pautas para identificar, formular y evaluar proyectos*”, OEA Proyecto, Asociación Argentina de Evaluación, CICAP-Uruguay (Centro Interamericano de Capacitación y Cooperación), B. Aires, agosto 2001.
14. <http://www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/07Energ/120PetrolGas.htm#Problemas> ambientales en el uso del petróleo y el gas natural.
15. International New Financing Report. Duff & Phelps Credit Rating Co. Province of Mendoza, January 1998.