

1  
2ej



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería

## EVALUACION ECONOMICA DE PROYECTOS DE EXPLOTACION DE YACIMIENTOS

### T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO PETROLERO

P R E S E N T A :

ANUAR ROGELIO ABRAHAM NAVARRO



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE INGENIERIA

Dirección  
60-I-87

UNIVERSIDAD NACIONAL

Señor ABRAHAM NAVARRO ANUAR ROGELIO.  
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección, propuso el Profr. Ing.- Francisco Garaicochea Petrirena, para que lo desarrolle como - - tesis para su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO - - PETROLERO.

"EVALUACION ECONOMICA DE PROYECTOS DE EXPLOTACION DE YACIMIENTOS"

- I OBJETIVO.
- II INTRODUCCION.
- III ELEMENTOS DE EVALUACION EN LA INDUSTRIA PETROLERA.
- IV CONCEPTOS ECONOMICOS BASICOS.
- V ASPECTOS FUNDAMENTALES EN LA EVALUACION DE PROYECTOS.
- VI INDICES ECONOMICOS USUALES EN LA EVALUACION DE PROYECTOS DE INGENIERIA DE YACIMIENTOS.
- VII PROGRAMA DE COMPUTO PARA EVALUAR LA RECUPERACION DIFERENCIAL EN LA EXPLOTACION DE YACIMIENTOS.
- VIII EVALUACION ECONOMICA DE LA INYECCION CICLICA CON NITROGENO PARA YACIMIENTOS DE GAS Y CONDENSADO.
- IX CONCLUSIONES.
- BIBLIOGRAFIA.
- APENDICE: RELACION DE COSTOS EN PROYECTOS DE EXPLOTACION DEL PETROLEO.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar -- Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como - - requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así - como de la disposición de la Coordinación de la Administración - Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria, D.F., abril 15 de 1986.

EL DIRECTOR

Dr. Octavio A. Rascón Chávez

OARCH'MRV'gtg

## I N D I C E

	PAG.
I. OBJETIVO. ....	1
II. INTRODUCCION. ....	2
II.1 Consideraciones sobre la economía en la ingeniería.....	2
II.2 Aspectos generales de un análisis económico. ....	4
II.3 Prioridad entre las alternativas de inversión. ....	5
III. ELEMENTOS DE EVALUACION EN LA INDUSTRIA PETROLERA. ....	8
III.1 Propósitos de la evaluación. ....	10
III.2 Factores que influyen en la evaluación.....	13
III.3 Datos básicos para el análisis económico.....	15
IV. CONCEPTOS ECONOMICOS BASICOS. ....	25
Interés.....	25
Tasa de interés .....	25
Principal.....	25
Interés simple.....	26
Monto. ....	26
Interés compuesto.....	26
Valor actual o presente.....	27
Anualidades.....	28
Factor de recuperación del capital.....	31
Valor actual de una anualidad.....	31
Participación. ....	32
Gasto.....	33
Costo.....	33
Costos funcionales.....	33

	PAG.
Costos operacionales. ....	33
Costo total.....	33
Costo fijo.....	34
Costos variables.....	34
Precio.....	34
Ingresos.....	34
Beneficio.....	34
Inversión.....	34
V. ASPECTOS FUNDAMENTALES EN LA EVALUACION DE PROYECTOS.....	36
V.1 Efectos del valor actual sobre el análisis del proyecto... 36	36
V.2 Efecto de la inflación.....	37
V.3 Tasa de rendimiento.....	39
V.4 Período de inversión grande.....	46
VI. INDICES ECONOMICOS USUALES EN LA EVALUACION DE PROYECTOS DE INGENIERIA DE YACIMIENTOS.....	69
VI.1 Introducción.....	69
VI.2 Indices económicos.....	71
VI.3 Ejemplos de aplicación.....	..
VII. PROGRAMA DE COMPUTO PARA EVALUAR LA RECUPERACION DIFERENCIAL EN LA EXPLOTACION DE YACIMIENTOS.....	99
VII.1 Introducción al programa de cómputo.....	99
VII.2 Diagrama de flujo.....	105
VII.3 Codificación.....	108
VII.4 Impresión de resultados.....	111

VIII. EVALUACION ECONOMICA DE LA INYECCION CON NITROGENO PARA YACIMIENTOS DE GAS Y CONDENSADO.....	118
VIII.1 Yacimientos de gas y condensado.....	118
VIII.2 Análisis económico.....	120
VIII.2.1 Predicciones del comportamiento del yacimiento:	121
VIII.2.1.1 Descripción del yacimiento:.....	122
VIII.2.1.2 Propiedades de los fluidos del..... yacimiento.	122
VIII.2.1.3 Heterogeneidad del yacimiento. ....	124
VIII.2.1.4 Métodos para efectuar el cálculo del comportamiento del yacimiento..	126
VIII.2.2 Predicciones económicas.....	127
VIII.2.2.1 Generación de nitrógeno.....	127
VIII.2.2.2 Factores que afectan el costo en proyectos de inyección con nitrógeno	128
VIII.2.2.3 Separación del nitrógeno producido.	131
VIII.2.2.3.1 Pretratamiento.....	133
VIII.2.2.3.2 Caja de enfriamiento para separa el nitrógeno.....	133
VIII.2.2.3.3 Recompresión.....	134
VIII.2.2.4 Factores que afectan el costo de la separación de nitrógeno.....	134
VIII.2.2.5 Comparación de predicciones económicas	137

	PAG.
IX. CONCLUSIONES.....	138
BIBLIOGRAFIA.....	141
APENDICE: RELACION DE COSTOS EN PROYECTOS DE EXPLOTACION DEL PETROLEO.....	144

## I.- Objetivo.

El análisis económico en la explotación de los yacimientos petrolíferos, tiene como objetivo primordial obtener una eficiencia máxima en la explotación de los mismos. Al hablar de eficiencia máxima significa, en este caso, la máxima recuperación al mínimo costo.

Para lograr este objetivo, el Ingeniero Petrolero debe realizar -- dos actividades fundamentales:

1. Analizar la factibilidad técnica de los proyectos.
2. Cuantificar los proyectos económicamente, para demostrar que - la alternativa sugerida es la que produce mayor ganancia.

## II.- Introducción.

### II.1 CONSIDERACIONES SOBRE LA ECONOMIA EN LA INGENIERIA

El ingeniero que presta sus servicios a la Industria Petrolera en un nivel Técnico, debe tener en cuenta que sus recomendaciones y estudios deben estar sujetos a un criterio económico, ya que parte de sus funciones es contribuir a que los recursos de la empresa sean usados en la alternativa de inversión (dentro de las posibles), que rinda mayores beneficios. Por lo tanto, en todo estudio ingenieril de un proyecto es preciso distinguir dos aspectos estrictamente relacionados entre sí:

1. La fase Técnica del proyecto
2. La fase Económica

Esta diferenciación no pretende separar completamente ambas consideraciones, ya que no se puede hablar de un proyecto Técnico indepen -- dientemente de un proyecto económico.

#### 1. Fase Técnica

En la Fase Técnica el ingeniero aplica los conocimientos de las le -- yes físicas así como matemáticos, de acuerdo a su especialidad, para -- desarrollar un determinado proyecto. Ahora bien, la solución del pro -- blema Técnico con frecuencia requiere consideraciones de tipo económi -- co, por ejemplo, la alternativa de usar motores eléctricos o de combus -- tión interna, implica el estudio de ciertas ventajas o desventajas eco -- nómicas. Pero una vez establecidos uno y otro aspectos del problema, -- el proyecto constará de una parte Técnica, perfectamente reconocible, -- en la que estarán comprendidos ciertos factores económicos y la parte -- económica propiamente dicha.

## 2. Fase Económica

Dentro de esta fase, se distinguen tres aspectos, algo diferentes entre sí, aunque conjuntamente necesarios para la completa apreciación del aspecto económico de un proyecto. Estos son:

2.1. Análisis Económico.- El análisis económico consiste en un balance de ingresos y egresos a fin de determinar el rendimiento del proyecto.

2.2. Análisis Financiero.- En el análisis financiero se indica la forma de costear el proyecto y se analizan las fuentes de capital necesario para este propósito.

2.3. Análisis de Imponderables.- En él se consideran los factores que, afectando el proyecto, no pueden expresarse en unidades monetarias y, por ser opuestos a los factores perceptibles, se les denomina factores subjetivos, irreductibles, intangibles, etc. y están sujetos al criterio del evaluador.

Es necesario recordar que estos tres aspectos de la economía ingenieril se elaboran en orden y niveles diferentes. En otras palabras, el análisis económico generalmente lo realiza el ingeniero una vez que ha terminado la fase técnica. El análisis financiero y el de imponderables, aunque varían grandemente en forma, de una empresa a otra, se elaboran solamente cuando se ha hecho el análisis anterior y en un nivel administrativo. Esto es debido a que departamentos especializados, como el de Finanzas, tienen una perspectiva global de las necesidades y disponibilidad de capital de la empresa, mientras que al ingeniero en un nivel técnico no le es indispensable tal información

## II.2 ASPECTOS GENERALES DE UN ANALISIS ECONOMICO

En la figura 2.1 se ilustra gráficamente la historia financiera de un proyecto nuevo. El eje vertical se utiliza para representar la ganancia e inversión acumulativa y el horizontal corresponde al tiempo.

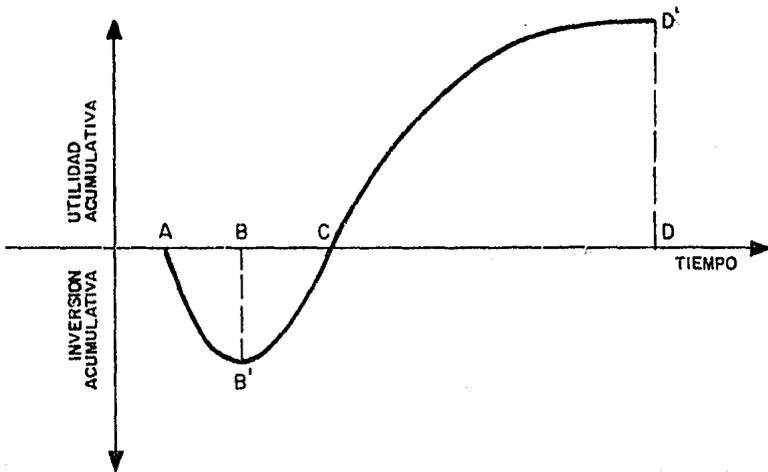


Figura 2.1

En A se inicia la inversión y concluye en B; a partir de este punto el proyecto empieza a rendir frutos y se va recuperando la inversión, quedando totalmente restituida en C, donde se empiezan a obtener ganancias. Finalmente se abandona el proyecto en D.

Resumiendo, se distinguen cinco elementos en la historia financiera de un proyecto:

AB= Período de inversión

BC= Período de recuperación, cancelación.

BD= Vida productiva del proyecto.

CD= Período de utilidades (vida fructífera del proyecto).

BB<sup>±</sup> Capital total invertido.

DD<sup>±</sup> Ganancia total.

Los factores enlistados anteriormente proporcionan la respuesta —  
precisa a las siguientes preguntas:

¿Cuál es el costo del proyecto?

BB'

¿Cuánto tiempo pasará antes de recuperar el capital total invertido?

AB + BC

¿Cuál será la utilidad final?

DD'

¿Cuánto tiempo tomará obtener esta utilidad?

AD

### II.3. PRIORIDAD ENTRE LAS ALTERNATIVAS DE INVERSION

El conocimiento de los factores previamente mencionados es esencial en el análisis económico de todo proyecto, pero no es suficiente.

Por ejemplo si se observan los proyectos presentados en la figura 2.2, a simple vista se podría pensar que el proyecto A es más conveniente que el proyecto B, debido a que con la misma inversión se obtiene mayor ganancia, sin embargo este factor no garantiza la superioridad de A sobre B. En el proyecto B se gana menos, pero la inversión se recupera más rápidamente.

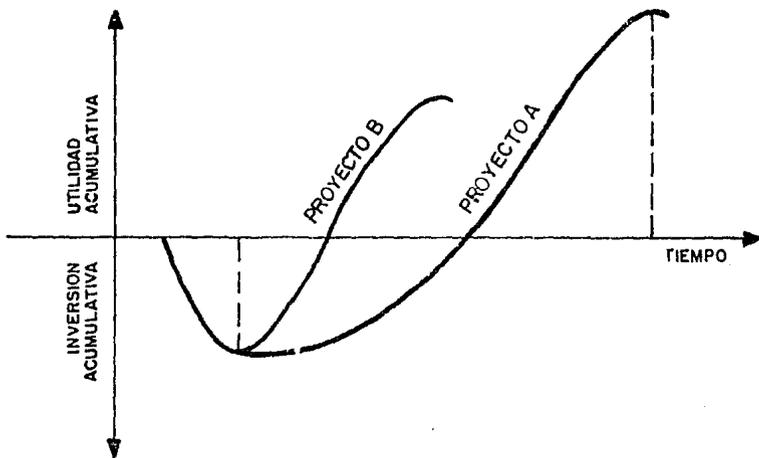


Figura 2.2

Cuando el analista, en este caso el ingeniero, elabora el estudio de un proyecto está facilitando a la administración de la empresa los medios de contestar tres preguntas básicas inherentes a toda decisión. -- Estas preguntas son:

- 1.- ¿ Por qué realizar el proyecto?
- 2.- ¿ Por qué llevarlo a cabo ahora?
- 3.- ¿ Por qué hacerlo de este modo?

La primera de estas interrogantes plantea el porqué económico del proyecto, es decir, la justificación de su desempeño en cuanto al rendimiento económico que producirá. La segunda pregunta trata del elemento tiempo; la oportunidad de su relación con las condiciones actuales y futuras de mercado, disponibilidad de fondos para la inversión, etc. y la tercera pondera la propia técnica del proyecto, comparada con otras alternativas que pudieran existir para su realización.

Existe otra pregunta indispensable para la aprobación de un proyecto y que puede emanar de la respuesta dada a las anteriores:

4.- ¿ Por qué realizar este proyecto en vez de otros?

Aquí se presenta la alternativa de ejecución entre varios proyectos y la respuesta que a ella puede darse determina un orden de preferencia entre todos los proyectos que la empresa contempla para su ejecución.

Generalmente, es difícil que el ingeniero que realiza un estudio -- técnico-económico pueda establecer el orden de prioridad de un proyecto, pues él está al tanto de éste y no de los demás. Normalmente, existe -- una autoridad central en la empresa que determina la prioridad entre todos los proyectos en base a ciertos criterios de evaluación adoptados -- por la empresa y que se obtienen en el análisis económico del proyecto. Por lo tanto, es conveniente que el ingeniero tenga en mente este procedimiento comparativo a que se someten los proyectos, pues le proporciona -- una mejor comprensión del significado y aplicación de los factores -- por él obtenidos.

### III. ELEMENTOS DE EVALUACION EN LA INDUSTRIA PETROLERA

La evaluación en la Industria Petrolera es un tema que incluye muchas variables, por lo que es difícil definirla de una manera simple. Sin embargo puede ser descrita de manera ordenada, detallada y planeando además un análisis de la información disponible con la finalidad de determinar la solución más favorable del proyecto bajo análisis. Aunque ésta no es una definición completa, proporciona un criterio general en el que se especifica que la evaluación debe ser ejecutada de manera profesional.

Es necesario hacer una distinción entre la evaluación formal y la informal que a menudo se ejecuta de un día a otro. Cada vez que alguna persona realiza alguna compra, al menos subconscientemente hace alguna forma de evaluación. En la mayoría de los casos dicha evaluación difícilmente puede ser llamada científica.

Probablemente las fallas más comunes de las evaluaciones elaboradas por ingenieros sin experiencia es su poca o nula importancia en los aspectos económicos encontrados al efectuar cálculos de Ingeniería de Yacimientos.

Los cálculos realizados por el Ingeniero son por lo tanto un medio de obtener la mejor alternativa para obtener los mayores beneficios.

El método del Ingeniero es deseable mientras se minimice el elemento emocional. Dicho método es descrito de manera ordenada, detallada y planeando la manera de proceder en la solución del proyecto. Este procedimiento puede ser sintetizado de la siguiente manera:

- 1.- Estudiar el proyecto para determinar sus diferentes aspectos, comprender su naturaleza y alcance.

- 2.- Dividir el proyecto en sus numerosas fases, estableciendo la relativa importancia de cada una y las relaciones entre ellas,
- 3.- Sintetizar los elementos conocidos y los desconocidos.
- 4.- Estar al corriente con todos los hechos pertinentes que han sido establecidos por la experiencia o bien investigados.
- 5.- Resolver las fases componentes separadamente y atacarlas juntas progresivamente, para poder resolver el proyecto original.

Por lo tanto este procedimiento consiste en empezar con hechos conocidos y principios establecidos, y debe permitir un razonamiento lógico e ingenieril para proceder de una manera ordenada, evitando las equivocaciones de una actitud personal y/o de consideraciones políticas.

El evaluador tiene la obvia responsabilidad de observar que los intereses de su empresa estén protegidos en todo momento. Lo interesante en primer término sería la interpretación y presentación de datos. -- Es decir, se tendría que analizar si las alternativas presentadas son las más probables o bien si son las más convenientes para la empresa.

### III.1. PROPOSITOS DE LA EVALUACION

La evaluación en la Industria Petrolera, se realiza generalmente -- por alguna de las siguientes razones:

- 1) Guía para la toma de decisiones.
- 2) Futura perforación y desarrollo de acuerdo a la política de explotación.
- 3) Contabilidad e impuestos.

En todas las evaluaciones, deben establecerse las reservas probadas de hidrocarburos y su posible valor en dólares. Asimismo es necesario estimar el probable ritmo de recuperación y su valor actual en dólares.

Lo anterior significa que la evaluación del Ingeniero no sólo debería ser realizada en las áreas de yacimientos, operación o producción, sino que también debe estar familiarizado en cuestiones de impuesto y - otros factores que afectan la economía de los hidrocarburos.

Es indispensable tomar en cuenta el pasado económico y realizar un estudio detallado de la tendencia económica, para llegar a tener mayor confiabilidad en la evaluación realizada. A pesar de que las predicciones son estimaciones sujetas a variaciones, realizadas por gente competente, generalmente resultan satisfactorias.

#### 1) GUIA PARA LA TOMA DE DECISIONES.-

Durante el análisis de un determinado proyecto se debe realizar una evaluación para la toma de decisiones, agregando los factores de seguridad basados en el juicio y experiencia del personal que interviene en -

la toma de decisiones.

Consecuentemente la evaluación dependerá de la veracidad de los datos, por lo cual éstos deben estar basados en la mejor información disponible, con sus limitaciones claramente establecidas.

Sin embargo el uso excesivo de factores de seguridad, puede distorsionar completamente los hechos que servirán como base para la toma de decisiones.

El primer propósito de la evaluación en los niveles directivos, no es únicamente que se presenten hechos, sino que éstos proporcionen un medio de comparar los atractivos relativos de las diferentes alternativas de inversión.

Aunque las reservas y otros datos de Ingeniería de Yacimientos proporcionan la base para las conclusiones; en el análisis final deben ser considerados únicamente como medios para lograr un fin.

Ahora bien, es importante efectuar estudios de Ingeniería de Yacimientos en campos ya probados, de manera que se puedan producir más -- eficientemente Los trabajos y estudios ya terminados deben ser económicamente justificables. También se deben realizar estudios sobre la posibilidad de instalar plantas para tratamiento, extracción, procesamiento de gas producido, etc., así como la aplicación de métodos de recuperación secundaria o mejorada.

Los estudios de Ingeniería de yacimientos así como los geológicos, son necesarios para definir las probabilidades de descubrir yacimientos de diferentes dimensiones.

- 2) FUTURA PERFORACION Y DESARROLLO DE ACUERDO A LA POLITICA DE EXPLOTACION.-

Entre las evaluaciones más críticas, se encuentran las concernientes a localizaciones no perforadas para el futuro desarrollo de campos ó pozos exploratorios, debido a que la mayor inversión generalmente -- corresponde a la perforación y terminación de un pozo exploratorio.

Desafortunadamente las evaluaciones ejecutadas con anterioridad - al desarrollo de un nuevo campo son las menos exactas, debido a que los datos disponibles son relativamente escasos y tienen un alto grado de incertidumbre. En cualquier evaluación la precisión es función directa de la cantidad de los datos confiables disponibles y se debe confiar - en gran parte en los principios de probabilidad y estadística.

Los principales factores a considerar son los costos de perforación y producción, estudios geofísicos tales como sísmico y magnético, mapas geológicos estructurales y características propias de las zonas potenciales.

### 3) CONTABILIDAD E IMPUESTOS.

Las evaluaciones relativas a contabilidad, impuestos y estado de cuenta, son generalmente concisas porque se refieren sólo a las reservas totales, a su valor total y al valor de cada uno de los intereses - involucrados.

### III.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EVALUACION.

El número y la relativa importancia de los factores involucrados -- en alguna evaluación específica, depende del buen criterio del evaluador. En todos los casos estos factores pueden ser subdivididos dentro de dos clasificaciones generales.

- 1) Factores económicos.
- 2) Factores característicos de los yacimientos.

- 1) Factores económicos.
  - 1.1) Política Económica General.

El valor de una propiedad, produciendo utilidades, depende con toda certeza del entorno económico en el cual se llevan a cabo las transacciones comerciales. La demanda de un producto o bien de sus derivados, depende de la relativa prosperidad de acuerdo a las leyes de la oferta y la demanda. Esto, por consecuencia, controla los precios y el valor relativo de la propiedad. La producción de petróleo no ofrece excepción a estos principios.

#### 1.2) Costos de Perforación, Desarrollo y Producción.

Es evidente que para obtener una utilidad se debe considerar la inversión necesaria. Después de determinar los costos, se debe analizar si un proyecto es demasiado largo o demasiado corto para convenir a los intereses de la compañía, aunque el proyecto sea económicamente favorable. En los costos también se deben considerar los riesgos inherentes a todo proyecto.

#### 1.3) Valor del dinero.

El valor real de una cantidad de dinero invertida en un proyecto depende de varios factores como son: su posición con respecto al impuesto, el tiempo necesario para que produzca ganancias, el costo de usarla,

y su poder de compra actual y a futuro. De estos, el impuesto es probablemente el factor más importante. La mayoría de las transacciones financieras se realizan sin el debido estudio de los aspectos pertinentes a los impuestos. Por lo tanto, en la elaboración del análisis económico de un proyecto, es importante incluir el impuesto a que estará sujeto el capital manejado por la empresa, ya sea durante la inversión o bien durante la etapa de ganancias del proyecto.

Aunque es difícil decidir que impuesto debe aplicarse a cada proyecto, por lo general se toma información sobre el impuesto total pagado por la empresa en el año anterior y se aplica a todos los años del proyecto en forma proporcional.

## 2) Factores característicos de los yacimientos.

### 2.1) Reservas

El analizar un proyecto de Ingeniería de Yacimientos, depende principalmente de la cantidad de reservas disponibles. Este paso de la evaluación, junto con el del ritmo de producción, incorpora el mayor esfuerzo de ingeniería. Debido a que no existe una manera verdaderamente confiable de calcular las reservas, los descubrimientos realizados deben provenir de la aplicación rigurosa de los métodos de ingeniería ya probados y establecidos.

Lo anterior significa no sólo el aplicar uno o varios métodos de los disponibles, sino también verificar los resultados para comprobar que sean consistentes con otros datos. Por estas razones la exactitud de las reservas calculadas se encuentra en proporción directa a la cantidad de los datos disponibles.

Las reservas se analizan mejor dividiéndolas en probadas y no probadas. Las reservas probadas abarcan todas las zonas abiertas a producción, mientras que las reservas probables incluyen todas las otras zonas que probablemente producirán.

Las reservas probadas son más interesantes debido principalmente a su producción de hidrocarburos, así como a los datos de prueba que se pueden obtener para confirmar dichas reservas.

Las reservas probables pueden clasificarse adicionalmente como posibles o potenciales, lo cual depende de la cantidad de datos disponibles.

Una zona en la cual se dispone de registros geofísicos, análisis de núcleos, descripciones geológicas de muestras y de pruebas de perforación, puede ser evaluada con mayor exactitud que otras (generalmente campos viejos), donde los únicos datos disponibles son anotaciones hechas por el perforados que muestran que se obtuvo producción de hidrocarburos, más el tiempo registrado de perforación.

Es a menudo necesario dar un pequeño crédito a las reservas potenciales, donde la evidencia sostenida es también escasa.

Algunas reservas son listadas sólo como factores de más y anotadas como tales en el informe del proyecto. Dichas reservas son a menudo las principales fuentes de desacuerdo entre dos evaluaciones, debido a que es difícil decidir con exactitud lo que constituye una real evidencia de reservas.

### III.3 DATOS BASICOS PARA EL ANALISIS ECONOMICO.

#### INVERSIONES

Bajo el punto de vista financiero, el capital necesario para la realización de un proyecto se puede dividir en dos grandes categorías:

- a) Capital fijo o inmovilizado del proyecto, que es el capital necesario para realizar las instalaciones requeridas.

- b) Capital de trabajo, que es el capital requerido para la etapa de funcionamiento.

El capital fijo representa el valor monetario de los activos permanentes, que son el conjunto de bienes que se adquieren una sola vez durante la instalación del proyecto y se usan a lo largo de su vida útil. Algunos economistas utilizan el término inversión inicial como sinónimo de activo permanente, por lo tanto la inversión en un proyecto se puede definir como el capital invertido en la adquisición de los activos permanentes.

Se pueden considerar inversiones de la Industria Petrolera, los siguientes puntos:

- 1) El costo por afectación de daños a terceros.
- 2) Los gastos directos de exploración, levantamientos topográficos y otros similares.
- 3) Una cuota razonable de los gastos indirectos hechos en las operaciones de los campos, aplicables a los trabajos de desarrollo en las diversas fases de la industria.
- 4) Cualquier otra erogación que constituya inversión de carácter permanente.

Es conveniente analizar cuidadosamente los puntos anteriores y ordenarlos de una forma más adecuada para su aplicación en el análisis económico. Todos los criterios de evaluación que se obtienen por medio del análisis económico, tienen por origen la inversión, la cual se compara de diferentes maneras con la ganancia que la misma produce. Por lo tanto, se considera más conveniente para el análisis la siguiente clasificación de la inversión:

- 1) El costo por afectación de daños a terceros.
- 2) Los gastos en trabajos geológicos y geofísicos, las carreteras de acceso y las construcciones en los campos de exploración, la perforación de pozos estructurales y exploratorios, y los gastos de levantamientos topográficos relacionados con la exploración.
- 3) Los gastos de la perforación de pozos de desarrollo, que resulten productores, incluyendo la mano de obra y otros gastos intangibles de perforación. (Los pozos secos se pueden considerar como inversión o gastos, a juicio de la empresa).
- 4) El costo de los bienes destinados al uso de la empresa tales como inmuebles, equipos, maquinarias, vehículos, embarcaciones y los realizados con el propósito de explotar los hidrocarburos como ductos, baterías de recolección, compresoras, terminales de embarque, tanques, carreteras y similares.

En la clasificación anterior se descarta el renglón de " una cuota razonable de los gastos indirectos", debido a diferencias de criterios existentes, que dificultan su generalización.

Sin embargo, se puede afirmar que la tendencia general es incluir la menor parte posible de los costos indirectos.

Asimismo, los gastos exploratorios pueden ser eliminados de esta categoría y ser incluidos en egresos. Con relación al punto 2, solo los gastos de pozos exploratorios o estructurales que resultaran productores, son capitalizados; el resto es cargado a gastos.

En resumen, la inversión en un proyecto comprende los egresos — realizados en la adquisición y construcción de equipos e instalaciones

necesarias para producir los hidrocarburos.

Es conveniente diferenciar las diversas partidas de la inversión de acuerdo con la clasificación dada anteriormente, ya que la recuperación de tales egresos se hace de diferentes maneras, como se verá más adelante. Algunas empresas incluyen el capital de trabajo como inversión para los efectos de evaluación. Esta consideración tiene cierto fundamento, ya que sí existe un intervalo apreciable entre el tiempo de instalación de un proyecto y el tiempo en que comienza a producir ingresos, el capital de trabajo de la empresa aumentará proporcionalmente y podría verse como un incremento en la inversión. Sin embargo, la determinación de esta cifra es algo complicada, ya que en ella entran factores económicos que no siempre están al alcance del ingeniero a un nivel técnico.

#### INGRESOS.

El punto de partida para la determinación del beneficio económico de un proyecto son los ingresos y ganancias producidas por este. En un proyecto de explotación de yacimientos los ingresos provienen de la venta de los hidrocarburos (petróleo y gas natural). A los ingresos anteriores se les conoce con el nombre de Ingresos por Operaciones.

El procedimiento seguido para determinar los ingresos por la venta de hidrocarburos consiste en asignar un valor monetario a la unidad de volumen del hidrocarburo y multiplicarlo por la totalidad de hidrocarburos a producirse, según se predijo en la parte técnica del estudio. Este valor monetario o precio por unidad de volumen, merece especial atención, pues en todo proyecto se trata con precios futuros los cuales son extremadamente difíciles de estimar.

Por regla general, se toman las cotizaciones del hidrocarburo, efectivas para el momento en que se realiza el estudio como aplicables

en el futuro. Esta práctica, obviamente cae en un error, pues los precios del crudo y del gas natural experimentan fluctuaciones. No obstante, cualquier otro método que intente pronosticar el comportamiento de los precios adolecerá del mismo defecto.

Otra manera algo generalizada de hacerlo es trazar curvas de las cotizaciones pasadas en función a la fecha de cotización y extrapolar dicha curva para los diversos años en que se realice el proyecto.

Tal método podría ofrecer mayor aproximación a lo real que el mencionado, pero no garantiza la veracidad de los resultados.

Es de hacer notar, por lo tanto, que cualquier método utilizado para pronosticar el comportamiento de los precios, está sujeto a desviaciones que pueden ser fuente de apreciables errores. Sólo se puede recomendar el estudio de cada caso en particular, a fin de estimar el precio adecuado en el futuro.

En cuanto a los Ingresos por Servicios, se consideran principalmente los producidos por transporte, ya sea marítimo o por ducto, y por otros servicios afines. Estos ingresos están asimismo sometidos a fluctuaciones que no se toman en consideración para un proyecto, pues en el desarrollo de un campo petrolífero por ejemplo, no se puede contar de antemano con los ingresos que producirá la posible utilización, por empresas ajenas, del ducto instalado.

En el renglón ingresos, por lo tanto, se deben considerar los ingresos por operaciones, tomando en cuenta las limitaciones existentes en la predicción de los precios de los hidrocarburos.

#### EGRESOS.

Para realizar la producción de hidrocarburos, así como su distribu-

ción y venta se requiere lógicamente de ciertos egresos. En la evaluación de un proyecto, estos egresos se estiman asignando precios a los distintos elementos requeridos, para lo cual se les desglosa en diferentes renglones de manera parecida a la empleada con propósitos de contabilidad. Existe la diferencia, sin embargo, de que en esta se pretende establecer lo que ya ha ocurrido y facilitar procedimientos para comprobar la eficiencia administrativa de la empresa, mientras que en el análisis económico los egresos se consideran a priori como datos del proyecto. Por lo tanto, no interesan todas las divisiones y subdivisiones que se hacen en la contabilidad habitual, pero si la estructura general de la contabilidad de costos pues conduce a un mismo objetivo.

En la práctica, el ingeniero que estudia un proyecto obtiene del Departamento de Contabilidad de la empresa los gastos y costos ocasionados por instalaciones similares a las que él estudia, así como los costos de administración u otra erogación pertinente. Estas cifras son, generalmente, las del último período fiscal anterior y están referidas a la unidad de contabilidad adoptada por la empresa.

Cuando se estudian proyectos que por su naturaleza incluyen costos hasta entonces desconocidos en la empresa o bien al analizar nuevos proyectos, es decir, en los casos donde no existen precedentes, la estimación de los costos debe basarse en:

- 1) Operaciones y proyectos análogos de la misma empresa
- 2) Comparación con los costos de empresas ya establecidas
- 3) Estimar de la manera más estricta el valor monetario de cada uno de los recursos que se utilizarían en el proyecto.

A continuación se indican las principales categorías en que se agrupan los egresos de la industria petrolera en general:

1) Pagos a compañías por la prestación de servicios en las operaciones de exploración y desarrollo de campos petroleros. Dentro de éstos se pueden citar principalmente:

- a) Estudios referentes a magnetometría, sismología, gravimetría y otros.
- b) Toma de registros geofísicos, tanto en la perforación de pozos exploratorios como de desarrollo.
- c) Pruebas del conjunto de control superficial durante la perforación.
- d) Inspección de tuberías.
- e) Apriete computarizado de roscas durante la introducción de tuberías de revestimiento.
- f) Operaciones de cementación de pozos.
- g) Anclaje del equipo y sarta de producción.
- h) Inducción durante la etapa de terminación de pozos (con nitrógeno, ácido, etc.).
- i) Estudios sobre la simulación y el comportamiento de yacimientos petroleros.

2) Gastos de Operación.

Incluye las erogaciones causadas en las diversas operaciones de la industria, siendo las principales:

- a) Producción.
- b) Transporte, tanto marítimo como por ductes.

En todas ellas, el concepto más importante lo constituye la mano de obra, la cual incluye desde el personal especializado hasta la mano de obra no clasificada y su total comprende no sólo los sueldos y jornales base sino también los pagos por concepto de vacaciones, horas extraordinarias, etc. Además, se incluyen en los gastos de operación el costo de energía y combustible; los gastos en materias primas y otros suminis

tros necesarios en las diversas operaciones; el costo de los trabajos de reacondicionamiento y estimulación de pozos, así como las reparaciones de rutina que se hagan en el equipo instalado; y, en fin, todas las erogaciones que se relacionan directamente con las operaciones mencionadas y otras que pueden existir. Por esta razón, se les acostumbra llamar también, costos directos.

### 3) Depreciación.

Teóricamente, para mantener a una industria en su nivel productivo es necesario reemplazar cualquier instalación o equipo una vez alcanza do el final de su vida útil, es decir, cuando los activos permanentes renovables (máquinas, edificios, etc.) quedan inutilizados debido al desgaste y al deterioro. Para este fin, es práctica común cargar a los gastos de operación una partida anual equivalente a la pérdida de valor de los activos en ese año; este procedimiento se llama depreciación o amortización.

Las operaciones de la industria petrolera, como toda industria extractiva, se relacionan con un recurso no renovable y por lo tanto el concepto de reemplazar a los activos no es estrictamente aplicable a ciertas instalaciones necesarias para su explotación, como son las centrales de recolección, los pozos, etc. Sin embargo, a pesar de que la depreciación de estos activos no tiene por objeto renovar a los ya existentes debido a que los hidrocarburos explotados se están agotando irremediablemente, se asume que serán reemplazados por otros, es decir que se invertirá en nuevas fuentes de suministro, a fin de mantener la capacidad productiva de la industria por lo menos en un nivel constante. Si esta renovación no se lleva a cabo, si no se reinvierte la depreciación en nuevas exploraciones e instalaciones de explotación, la industria sufre una descapitalización. A medida que ésta se acentúa, la industria perezce.

El método de depreciación generalmente usado es el de Línea Recta, que consiste en dividir el costo inicial del activo entre los años de su vida útil y usar el cociente como depreciación anual.

#### 4) Gastos Generales y Administrativos.

Muchas de las erogaciones incurridas en las operaciones de la industria petrolera no pueden ser atribuidas directamente a la unidad contable. Estos costos y gastos llamados generales y administrativos, pero más comúnmente costos indirectos, varían grandemente con la naturaleza y el tamaño de las operaciones, la organización de la empresa, etc. Los costos indirectos pueden atribuirse principalmente a los departamentos auxiliares de la empresa los cuales se denominan departamentos de Servicios como son: Ejecutivo, Legal, Mantenimiento, Contabilidad, Relaciones Industriales, Planeación, Personal, Hospitales, etc. Estos son los departamentos que no contribuyen a producir la renta de la empresa y sin embargo son útiles para el mejor funcionamiento de la misma. También se incluyen los desembolsos por concepto de seguros pagados, pérdidas de petróleo y otras substancias, bienestar y beneficios para los empleados, así como otras obligaciones contraactuales, etc. Es obvio que para un solo proyecto no se puede computar el monto de estas erogaciones, por lo cual, se toma la parte que del total desembolsado por la empresa durante el ejercicio fiscal, le corresponde al proyecto.

La manera de distribuir los costos indirectos entre las diversas operaciones varía de una empresa a otra y con la naturaleza del propio costo. Algunas empresas distribuyen estos costos en base al costo de la mano de obra en cada unidad contable, en base al total de costos directos de la misma, en base a las unidades producidas, etc. o en base a una combinación de estas alternativas.

## CONSIDERACIONES SOBRE EL PRONOSTICO DE LOS EGRESOS

Como se ha indicado, es indispensable que el ingeniero que estudia un proyecto tenga a mano los costos y gastos que este ocasionará, ya sean suministrados por el departamento de contabilidad o estimados por él mismo. Ahora bien, estos egresos se computan en partidas globales durante el ejercicio fiscal en la unidad contable. Sabiendo la producción durante el mismo periodo se pueden expresar los egresos en términos de unidades monetarias por unidad de volumen producida, lo cual se denomina costo unitario y es generalmente expresado en dólares por barril para los costos de producción de petróleo.

#### IV.- CONCEPTOS ECONOMICOS BASICOS

##### INTERES.

Desde cierto punto de vista, el interés es una cantidad de dinero recibida como resultado de invertir determinados fondos prestándolos. En este caso, el interés constituye una ganancia a beneficio.

De otro punto de vista, el interés es una cantidad de dinero pagada como resultado de pedir fondos prestados, es así que el interés constituye un costo. En general el término interés se utiliza para referirse a la renta obtenida por el uso del dinero.

##### TASA DE INTERES.

Es la razón entre la ganancia producida por una inversión y la inversión misma.

La tasa de interés que produce una suma de dinero, generalmente se expresa como el porcentaje de la suma que se debe pagar por la utilización del dinero durante un año. También se formulan tasas de interés para periodos diferentes de un año, conocidos como periodos de interés.

Por lo tanto el interés y la tasa de interés están asociados a un periodo de tiempo dado.

Por ejemplo, una tasa de interés de 8%, significa que en un periodo  $x$  se pagarán 8 pesos por cada 100.

##### PRINCIPAL.

Es la suma de dinero colocada a interés.

## INTERES SIMPLE.

El interés por pagar cuando se cancela un préstamo es proporcional al tiempo de duración del mismo. El interés que se gana puede determinarse de la siguiente manera:

Si  $P$  es el principal,  $n$  el período de interés e  $i$  la tasa de interés, entonces;

$$I = P n i \dots\dots\dots 4.1$$

Por ejemplo, se toman \$ 1,000.00 prestados a una tasa de interés simple de 6% al año. Al final del año, el interés sería:

$$I = (1000) (1) (0.06)$$

$$I = \$ 60.00$$

## MENTO.

Es la suma del interés más el principal, es decir es el dinero que se debe pagar al final del período de interés. Considerando el ejemplo anterior, el principal mas el interés sería \$ 1060.00 - que se deben pagar al final del año.

## INTERES COMPUESTO.

Al hacer un préstamo por un período de tiempo que comprenda varios períodos de interés, se estipula que el interés ganado se acumule al final de cada período de interés, es así que el interés se ha convertido o compuesto en principal.

Si  $P$  es el principal,  $i$  la tasa de interés, entonces el interés al finalizar el primer período es  $Pi$  y el monto al terminar este pri-

mer período será  $P + Pi$  o factorizando  $P(1 + i)$ ; observando que -- para calcular el monto se multiplica el principal  $P$  por el factor  $(1 + i)$ .

El principal al comenzar el segundo período es ahora  $P(1 + i)$  y el monto al terminar este período se calcula multiplicando el principal  $P(1 + i)$  por  $(1 + i)$  y obtenemos:

$$P(1 + i)^2$$

Análogamente, el monto al final de tres períodos es:

$$P(1 + i)^3$$

Y en general, el monto al terminar  $n$  períodos es:

$$F = P(1 + i)^n \dots \dots \dots 4.2$$

En que el factor  $(1 + i)^n$  se llama factor de capitalización de un sólo pago.

Ejemplo:

Se invierten \$ 1000.00 al 6% de interés capitalizable --- anualmente al comenzar el año 1, el monto capitalizado al final del cuarto año será:

$$F = \$ 1,000.00 (1 + 0.06)^4$$

$$F = \$ 1,000.00 (1.2625)$$

$$F = \$ 1,262.4770$$

#### VALOR ACTUAL O PRESENTE.

Despejando  $P$  de la ecuación 4.2 la cual da el monto de una imposición o pago único.

$$P = F \left[ \frac{1}{(1 + i)^n} \right] \dots\dots\dots 4.3$$

Lo que indica que lo que dentro de n años es F, hoy es P. Se denomina valor actual o presente de F (Capital utilizable dentro de n años), a P.

El factor  $\frac{1}{(1 + i)^n}$  es llamado factor del valor actual de un pago o imposición.

**ANUALIDADES.**

Se llama anualidad a una serie de pagos iguales (imposiciones) que se hacen al final de períodos anuales sucesivos de interés, durante un tiempo determinado, para formar un capital o amortizar una deuda.

La suma de los montos de los varios pagos se puede calcular con el factor de capitalización de un sólo pago, para cada uno por separado y sumando luego los montos como se muestra en la tabla 4.1, donde se efectúa el cálculo del monto de una serie de cinco imposiciones de \$ 100.00 hechas al final de cada año al 6% de interés compuesto anual.

Tabla 4.1

Fin del año	Pago de fin de año multiplicado por el factor de capitalización.	Cantidad capitalizable después de 5 años.	Cantidad capitalizada Total
1	\$ 100 (1.06) <sup>4</sup>	\$ 126.00	
2	\$ 100 (1.06) <sup>3</sup>	\$ 119.00	
3	\$ 100 (1.06) <sup>2</sup>	\$ 113.00	
4	\$ 100 (1.06) <sup>1</sup>	\$ 106.00	
5	\$ 100 (1.06) <sup>0</sup>	\$ 100.00	\$ 564.00

La aplicación del método ilustrado sería laboriosa para calcular - el monto capitalizado, si se trata de una serie larga de anualidades, por lo cual se simplifica mediante la siguiente expresión:

$$F = A (1) + A (1+i) + \dots + A (1+i)^{n-2} + A(1+i)^{n-1} \dots 4.4$$

En la que A representa cada uno de los n pagos iguales de la serie y que se llama anualidad, o sea en la tabla 4.1 los \$ 100.00.

Esto se debe a que el monto futuro F es igual a la suma de los montos separados futuros para cada anualidad A.

Multiplicando la ecuación 4.4 por (1+i) se tiene:

$$F (1+i) = A(1+i) + A(1+i)^2 + \dots + A (1+i)^{n-1} + A(1+i)^n \dots 4.5$$

Restando la ecuación 4.4 de 4.5:

$$F (1+i) - F = A (1+i)^n - A$$

Despejando F:

$$F = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] \dots \dots \dots 4.6$$

El factor  $\frac{(1+i)^n - 1}{i}$  se llama factor de capitalización de

una serie de pagos iguales y permite calcular el monto F de una serie de anualidades iguales de valor A.

Por ejemplo, el monto capitalizado por las cinco imposiciones de a \$ 100.00 antes dichas es:

$$F = \$ 100 \left[ \frac{(1 + 0.06)^5 - 1}{0.06} \right]$$

$$= \$ 100 (5.637)$$

$$F = 563.70$$

Lo cual concuerda con el resultado obtenido en la tabla 4.1

Si de la ecuación 4.6 se despeja A se obtiene:

$$A = F \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] \dots\dots\dots 4.7$$

Donde el factor  $\frac{i}{(1+i)^n - 1}$ , se llama factor de amortización --

constante o factor de amortización en serie de pagos iguales. Este factor permite encontrar el valor necesario de A de cada pago a -- fin de año, para acumular un monto futuro F.

Ejemplo:

¿ Qué anualidad es necesario pagar para liquidar un préstamo de \$ 100,000.00 en 10 años, con el 6% anual como tasa de interés?

Debido a que \$ 100,000.00 es el capital tomado en préstamo (Principal), de acuerdo a la ecuación 4.2 dentro de -- 10 años deberá convertirse en:

$$F = \$ 100,000.00 (1 + 0.06)^{10}$$

$$F = \$ 179,080.00$$

que es el capital que se tiene que pagar mediante entregas A, por lo tanto de la ecuación 4.7:

$$A = \$ 179,080.00 \left[ \frac{0.06}{(1.06)^{10} - 1} \right]$$

$$A = \$ 13,586.42$$

FACTOR DE RECUPERACION DEL CAPITAL.

Substituyendo en la ecuación 4.7 el valor de

$F = P (1 + i)^n$ , resulta:

$$A = P (1 + i)^n \left[ \frac{i}{(1 + i)^n - 1} \right] \dots\dots\dots 4.8$$

El factor de recuperación del capital es  $\frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$  y sirve

para encontrar los pagos A de fin de año o renta constante, que su ministrará una suma de valor actual P.

Ejemplo:

Si se invierten \$ 1000.00 al 5% de interés compuesto capitalizable anualmente suministrarán ocho pagos de fin de año de ;

$$A = \$ 1000.00 \left[ \frac{0.05 (1 + 0.05)^8}{(1 + 0.05)^8 - 1} \right]$$

$$= \$ 1000.00 (0.1548)$$

$$A = \$ 154.7644$$

VALOR ACTUAL DE UNA ANUALIDAD.

Despejando P de la ecuación 4.8

$$P = A \left[ \frac{(1 + i)^n - 1}{i (1 + i)^n} \right] \dots\dots\dots 4.9$$

El factor  $\frac{(1 + i)^n - 1}{i (1 + i)^n}$  se llama factor de valor actual de ---

una serie de pagos iguales y puede emplearse para calcular el valor actual P de una serie de pagos anuales iguales de valor A.

Ejemplo.

El valor actual de una serie de 10 pagos anuales de ---

\$ 154,7644 al 5% compuesto anual, será;

$$P = \$ 154,7644 \left[ \frac{(1 + 0,05)^8 - 1}{0,05 (1 + 0,05)^8} \right]$$

$$P = \$ 1000,00$$

De las expresiones enunciadas con anterioridad (4,2- 4,9), se puede encontrar que algunos factores son recíprocos de otros, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4.2

Factor de Capitalización de un solo pago.	Factor del Valor Actual de un pago o imposición
$(1 + i)^n$	$\frac{1}{(1 + i)^n}$
Factor de Capitalización de una serie de pagos iguales	Factor de amortización en serie de pagos iguales
$\frac{(1 + i)^n - 1}{i}$	$\frac{i}{(1 + i)^n - 1}$
Factor de Recuperación de capital	Factor del Valor Actual de una serie de pagos iguales
$\frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$	$\frac{(1 + i)^n - 1}{i (1 + i)^n}$

#### PARTICIPACION

Es la cantidad de dinero a que tiene derecho el comprador de un equipo cuando los gastos de operación efectivos son mayores que los que se proporcionan en el catálogo.

## GASTO

Representa un egreso, sólo se refiere a salidas de dinero particulares y no como el costo, constituido por la suma de gastos.

## COSTO

Se habla de costo cuando se considera la suma de todos los gastos efectuados en la producción de un bien (equipo materiales), o servicio (de compresión del gas, bombeo de aceite, servicio de administración, estudios, proyectos).

## COSTOS FUNCIONALES

Reúnen todos los costos que pueden ser atribuidos a una función específica dentro del trabajo de conjunto de la empresa. Dentro de la Industria Petrolera serían entre otros: el costo de Geología, el costo de perforación, el costo de producción, el costo de refinación, el costo de transporte, el costo de petroquímica, el costo de la función de administración, el costo de prensa y propaganda.

Estos costos permitirán delimitar la responsabilidad económica a cada departamento, indicando si hay reestructuraciones posibles para un mejor desempeño.

## COSTOS OPERACIONALES

Son todos aquellos gastos que por su característica principal de operaciones pueden reagruparse como el costo de limpieza de tubería, costo de pintado de la tubería o de instalaciones, costo de transporte de determinados materiales, costo de almacenamiento, costo de carga, costo de instalación de aparatos, costo de colocación e introducción de tubería de perforación y de ademe en un pozo petrolero, etc.

## COSTO TOTAL

Agrupar todos los costos y gastos efectuados para un trabajo o para la fabricación de algún material.

Costo total; Costo fijo más costo variable

#### COSTO FIJO

Son los costos que se efectúan una sola vez y son independientes del trabajo al que se le cargue, se realice o no.

Dentro de estos costos están las inversiones, la depreciación, los muebles, los inmuebles y el pago de primas de seguros.

#### COSTOS VARIABLES

Estos costos son aquellos que entran en vigor solo cuando empiza la función de producción de la empresa o de algún trabajo.

Cuando empieza a producir el trabajo en cuestión, se generan los gastos de personal, energía, consumo de materias primas, combustible, lubricante.

Es conveniente gravar con un cierto margen de ganancias a los costos variables a fin de permitir a la empresa autofinanciar sus inversiones tomando en cuenta gastos imprevistos que pudieran ponerla en diffcil situación económica.

#### PRECIO

Es el valor de una cosa expresada en dinero

Valor= Función (utilidad y rareza).

Normalmente el precio es superior al costo total de manera -- que permite un porcentaje de ganancia.

#### INGRESOS

Son todas aquellas cantidades en dinero que recibe una empresa, por la venta de sus bienes y servicios producidos, así como las aportaciones y subsidios de particulares o de instituciones.

Los subsidios tienen por objeto o bien bajar el precio de venta o mantener los beneficios dentro de un margen razonable que permita subsistir a una empresa.

#### BENEFICIOS

Son las cantidades que persisten al restarle a los ingresos - totales el costo total,

$$\text{Beneficio} = \text{Ingreso} - \text{Costo}$$

#### INVERSION

Es el conjunto de operaciones que tienen por finalidad aumentar los bienes de producción, actuando de manera directa sobre la producción futura.

Los bienes de producción o de capital son el conjunto de bienes que se emplean en el proceso para aumentar la productividad del trabajo.

$$\text{Inversión} = \text{Aumento de capital fijo.}$$

V ASPECTOS FUNDAMENTALES EN LA EVALUACION DE PROYECTOS.  
 V.1 EFECTO DEL VALOR ACTUAL SOBRE EL ANALISIS DEL PROYECTO

En la discusión que se presentó en la introducción, tomando como referencia la Figura 2.1, no se hizo ninguna consideración respecto al descuento, es decir sobre el valor actual de futuros ingresos o egresos.

Para simplificar, supóngase que el período de inversión (AB) de la Fig. 2.1 es pequeño, es decir menor de un año, por lo cual el problema de descuento sobre este período es despreciable.

Con el fin de resumir y comparar las inversiones de capital, así como las utilidades de un proyecto, se acostumbra expresar todas las inversiones e ingresos en sus valores equivalentes a un mismo instante de tiempo. Un tiempo base conveniente es el punto B (Fig. 2.1), en el cual se comienza a tener un ingreso neto positivo en el proyecto.

La figura 5.1 ilustra las curvas de la utilidad acumulativa contra el tiempo que se pueden obtener para un proyecto en cuatro diferentes casos, llamados ingresos sin descuento e ingresos con descuento (valor actual) a tasas de 1, 5 y 10% anuales respectivamente.

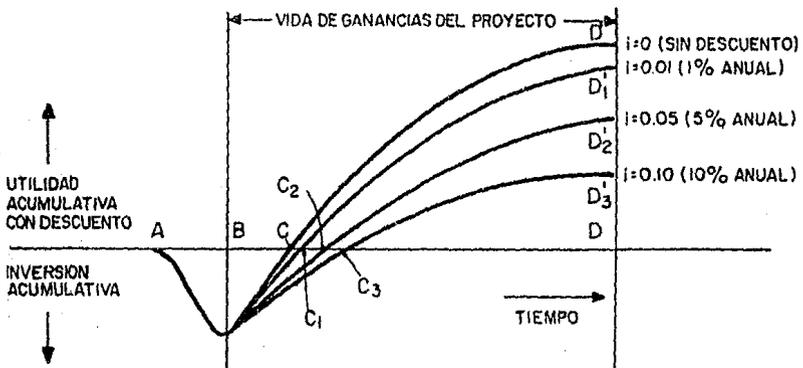


FIG. 5.1

La manera en la cual las curvas aparecen en la gráfica es fácil de entender si se recuerda que para ingresos futuros con descuento, el ingreso en el año  $n$  ha sido multiplicado por el factor del valor actual  $(1/(1+i)^n)$ , el cual siempre menor que 1 y decrece conforme  $i$  se incrementa.

De la Fig. 5.1 se observa que a medida que aumente la tasa de interés, la utilidad con descuento (valor actual) disminuirá y el Período de Recuperación con descuento (valor actual) aumentará.

La tasa de interés que se debe utilizar para la reducción a valor actual se selecciona de la siguiente manera: si el capital requerido para la inversión se ha obtenido mediante un préstamo, el sentido común indica usar la tasa de interés asignada al préstamo; si la compañía genera su propio capital, como frecuentemente sucede en la Industria Petrolera, debe tomarse la tasa de interés equivalente al poder de ganancia de las inversiones de capital de la compañía.

## V.2 EFEECTO DE LA INFLACION.

### V.2.1 SOBRE LAS INVERSIONES

Supóngase que la inflación se esta originando a una Tasa  $f$  (expresada en decimal) por año. Esto significa que una suma de dinero  $P$ , - tendrá dentro de un año, un poder de compra de sólo  $P/(1+f)$  o  $P(1-f)$ , dependiendo de la definición de  $f$ . La definición escogida no afecta el presente trabajo, ya que si la tasa de inflación es pequeña, las dos expresiones son aproximadamente iguales.

Bajo estas circunstancias, el poder de compra dentro de un año, de una suma de dinero  $P$  invertida hoy a una tasa de interés  $i$ , es  $P(1+i)(1-f)$ , o aproximadamente:

$$\text{Poder de compra} = P(1+i-f) \quad (5.1)$$

ya que  $i$   $f$  es pequeño comparado con  $(i-f)$

Para ilustrar lo que esta condición implica, si  $f$  es 0.03 (3% anual), entonces  $if$  es menor del 10% de  $(i-f)$ , siempre y cuando  $i$  sea mayor de 0.043 o sea la tasa de interés sea mayor del 4.3% anual.

En general, se puede decir que la inflación puede ser tomada en cuenta en los cálculos de una inversión, por el simple hecho de usar la tasa de interés menos la tasa de inflación en lugar de la tasa de interés.

#### V.2.2 SOBRE EL VALOR ACTUAL

Supóngase que \$ 100 fueron invertidos a una tasa de interés anual del 10%, pero la inflación se estuvo originando a una tasa del 3% anual. Entonces la suma de \$ 100 dentro de un año sería de \$ 110, pero el poder de compra en valor actual de los \$ 110 sería de solo \$ 107, de acuerdo a la ecuación 5.1. Es decir la suma de \$ 100 invertida ahora tendría un poder de compra de \$ 107 (valor actual) dentro de un año.

Pero \$ 110 pagados dentro de un año, también tendrán un poder de compra de \$ 107 (valor actual); así desde el punto de vista del poder de compra en el tiempo en que el dinero será pagado, el valor actual de \$ 110 pagables dentro de un año es \$ 100. Es decir:

$$P = \frac{\$ 110}{(1+.1)^1} = \$ 100$$

y en general:

$$P = \frac{F}{(1+i)^n}$$

Esto muestra que la inflación no afecta los cálculos del valor actual o presente.

### V.3 TASA DE RENDIMIENTO

Para entender la definición de la tasa de rendimiento, considérese de nuevo la Fig. 5.1.

A medida que la tasa de interés  $i$  se incrementa arriba del 10% - - anual, el punto  $D'$  se aproxima a  $D$  y para algún valor  $R$  de la tasa de interés el punto  $D'$  coincidirá con  $D$ . como se muestra en la Fig. 5.2.

Este valor  $R$  se define como la tasa de rendimiento del proyecto. -- Se puede decir entonces que  $R$  es la tasa de interés realizada sobre la inversión de capital.

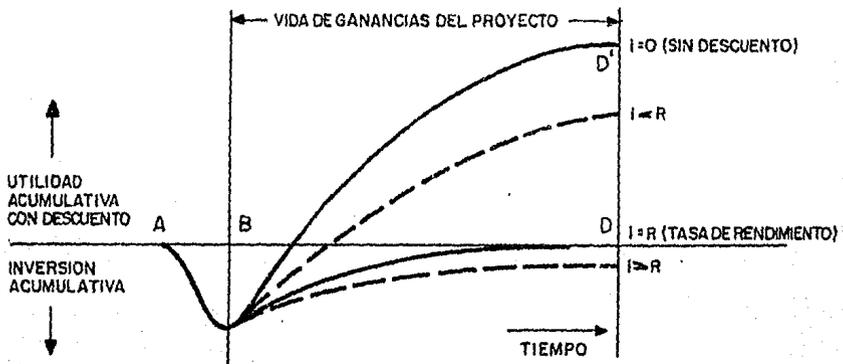


FIG. 5.2

La tasa de rendimiento es un índice de rentabilidad ampliamente -- aceptado. En otras palabras R se define como la tasa de interés que reduce a cero el valor presente de una serie de ingresos y egresos.

La tasa de rendimiento R, se utiliza como criterio para escoger un proyecto entre varios, pero no proporciona suficiente información. Por ejemplo, no da idea acerca de la cantidad de dinero involucrada de manera que la inversión de capital y la utilidad final deberán ser reportadas. Tampoco da idea acerca de la duración de los períodos (inversión, recuperación, utilidades, etc.)

La información anterior es esencial para llevar a cabo un proyecto, al igual que lo es el criterio ordenado así como la tasa de rendimiento para tomar decisiones finales sobre cuales proyectos llevar a cabo y -- cuales rechazar.

Se concluye entonces que la toma de decisiones para poder seleccionar entre varios proyectos requiere como información mínima los siguientes seis factores:

- 1) Capital total invertido
- 2) Período de inversión
- 3) Utilidades
- 4) Período de recuperación
- 5) Período de ganancia
- 6) Tasa de rendimiento

Ejemplo:

Se ha estimado que el costo de capital de un cierto proyecto serían \$ 31,000, que la vida de ganancias del proyecto será de 6 años y que los ingresos netos en estos 6 años serán \$ 5,000, \$ 12,000, \$ 13,000, - - \$ 12,000, \$ 12,000 y \$ 8,000 respectivamente.

Calcular:

- a) El por ciento de utilidad y el tiempo de pago sin descuento
- b) Los valores reducidos a valor actual (con descuento) usando -- una tasa de interés del 10% por año; y
- c) La tasa de rendimiento.

Solución:

Para hacer más real el ejemplo, supóngase que los ingresos no se han tenido exactamente al final de cada período sino en el transcurso de ellos, de manera que los factores del valor actual se calcularán con respecto a los puntos medios de esos períodos.

De la tabla 5.1, la utilidad total sin descuento es:

$$\$ 62,000 - \$ 31,000 = \$ 31,000$$

Por lo cual el por ciento de la utilidad sin descuento es:

$$\frac{\$ 31,000}{31,000} \times 100 = 100\%$$

Por otro lado, la utilidad total con descuento es:

$$\$ 46,554 = \$ 31,000 = \$ 15,554$$

y el por ciento de la utilidad con descuento es:

$$\frac{\$ 15,554}{31,000} \times 100 = 50.20\%$$

Con los datos de la tabla 5.1 se construye la Fig. 5.3, de donde se obtienen los períodos de recuperación.

El período de recuperación sin descuento es de 3.1 años y con descuento de 3.65 años.

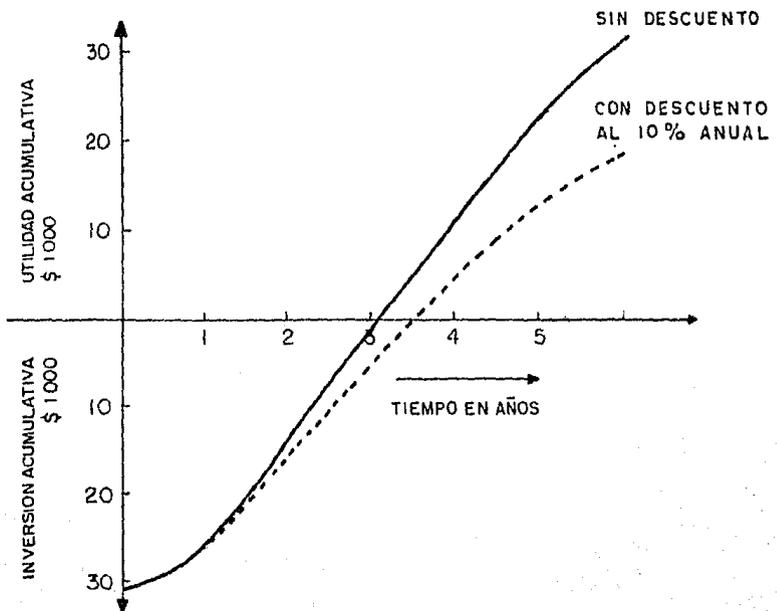


FIG. 5.3

TABLA 5.1.

VALOR ACTUAL DE LOS INGRESOS NETOS, INGRESOS ACUMULATIVOS Y UTILIDADES ACUMULATIVAS EN LOS AÑOS INDICADOS. (LOS FACTORES DEL VALOR ACTUAL SE CALCULAN CONSIDERANDO LOS PUNTOS MEDIOS DE CADA PERIODO)

SIN DESCUENTO				CON DESCUENTO (VALOR ACTUAL) $i=10\%$ ANUAL			
AÑO	INGRESO NETO	INGRESO NETO ACUMULATIVO	UTILIDAD	FACTOR DEL VALOR ACTUAL $(1/(1+i)^n)$	INGRESO NETO	INGRESO NETO ACUMULATIVO	UTILIDAD
1	5,000	5,000	- 26,000	$1/(1.1)^{0.5} = .9535$	4,768	4,768	- 26,232
2	12,000	17,000	- 14,000	$1/(1.1)^{1.5} = .8668$	10,402	15,170	- 15,830
3	13,000	30,000	- 1,000	$1/(1.1)^{2.5} = .7880$	10,244	25,414	- 5,586
4	12,000	42,000	+ 11,000	$1/(1.1)^{3.5} = .7160$	8,592	34,006	+ 3,006
5	12,000	54,000	+ 23,000	$1/(1.1)^{4.5} = .6510$	7,812	41,818	+ 10,818
6	8,000	62,000	+ 31,000	$1/(1.1)^{5.5} = .5920$	4,736	46,554	+ 15,554

Una manera conveniente de encontrar la tasa de rendimiento es graficar el ingreso neto acumulativo con descuento a distintas tasas de interés. El punto en el cual esta curva es intersectada por el costo del proyecto definirá la tasa de rendimiento. La tabla 5.2 y la Figura 5.4 ilustran el procedimiento.

Tabla 5.2

INGRESO NETO ACUMULATIVO COMO UNA FUNCION DE LA TASA DE DESCUENTO

AÑO	TASA DE DESCUENTO						
	INGRESO NETO	10% ANUAL FACTOR DE DESCUENTO	INGRESO NETO	20% ANUAL FACTOR DE DESCUENTO	INGRESO NETO	30% ANUAL FACTOR DE DESCUENTO	INGRESO NETO
1	\$ 5,000	0.9535	\$ 4,768	0.9130	\$ 4,565	0.8771	\$ 4,386
2	12,000	0.8668	10,402	0.761	9,132	0.675	8,100
3	13,000	0.788	10,244	0.634	8,242	0.519	6,747
4	12,000	0.716	8,592	0.529	6,348	0.400	4,800
5	12,000	0.651	7,812	0.441	5,292	0.307	3,684
6	8,000	0.592	4,736	0.367	2,936	0.236	1,888
TOTAL	\$ 62,000		\$ 46,554		\$ 36,515		\$ 29,605

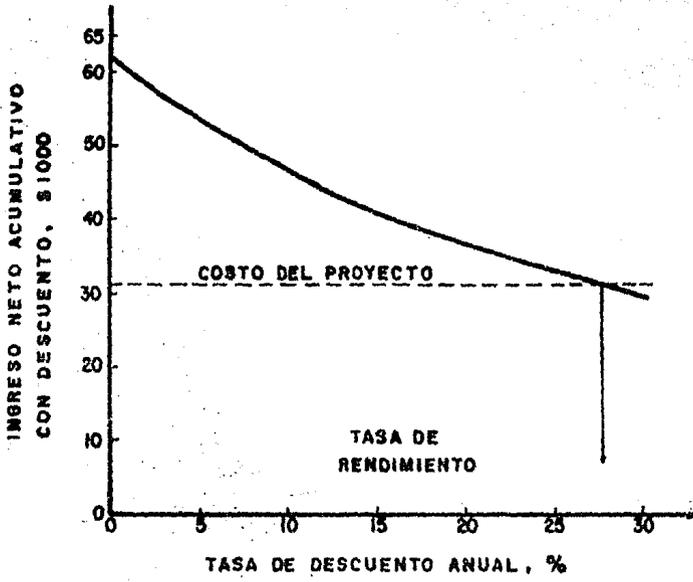


FIG. 5.4

#### V.4 PERIODO DE INVERSION GRANDE

En lo visto con anterioridad, se supuso que la inversión necesaria para llevar a cabo un proyecto ocurre en un período corto de tiempo -- (menor de un año); pero frecuentemente, en proyectos de gran escala, la inversión se lleva a cabo en un período considerablemente largo y entonces surge el problema de determinar el punto de partida más conveniente para el análisis económico del proyecto.

Existen 3 posibilidades para elegir dicho punto de partida (fig. -- 2.5)

- 1) El tiempo en el cual ocurre la primera inversión (punto A)
- 2) El tiempo en el cual el proyecto obtiene su primer ingreso neto positivo (punto B)
- 3) El tiempo en el cual la inversión es recuperada y el proyecto comienza a obtener utilidades (punto C)

Utilizar el punto C no sería práctico puesto que el período de recuperación EC es una función de la tasa de interés, de modo que el uso de C podría involucrar un punto de partida que variaría con la tasa de interés, pudiendo ser que el proyecto nunca generara utilidad alguna.

El uso de B es también susceptible de criticarse.

Podría darse el caso de no llegar un día en que el ingreso excediera la inversión. Proyectos de este tipo son comunes en la Industria Petrolera, como por ejemplo una exploración infructuosa.

Esto parece indicar que A debe ser tomado como punto de partida, pero antes de llegar a una conclusión definitiva, se examinará la importancia de seleccionarlo adecuadamente.

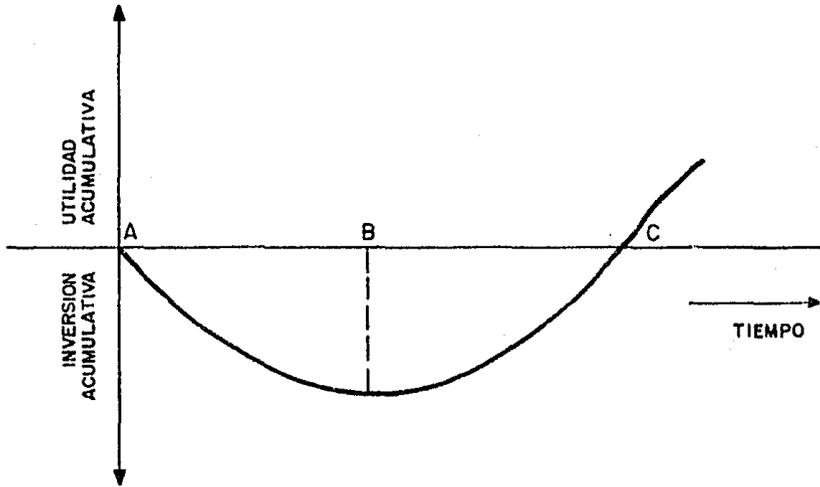


FIG. 5.5

El capital total invertido es independiente del punto de partida y su conversión a valor actual puede ser determinada en cualquier momento, una vez que la Tasa de interés ha sido estimada. De igual manera, el período de inversión, las utilidades, el período de recuperación y la vida de ganancias del proyecto, son también independientes del punto de partida.

Sin embargo, la tasa de rendimiento depende del punto de partida - usado en el cálculo, lo cual se frustra en el siguiente ejemplo: supóngase que \$ 1 es invertido hoy en un proyecto que al cabo del primer año pro

duce \$ 1 de ingreso neto y al cabo del segundo año produce también \$1 de ingreso neto. Este ejemplo es mostrado gráficamente en la figura 5.6, donde la parte (a) muestra los ingresos y egresos anuales y la parte (b) es dibujada para conformar el modelo de la figura II.1.

Si A es tomado como punto de partida, la Tasa de rendimiento R se deriva de la ecuación:

$$1 = \frac{1}{1+R} + \frac{1}{(1+R)^2}$$

Donde el primer miembro es el valor actual de la inversión y el segundo es el valor actual de los ingresos netos, utilizando R como la tasa de interés.

Esta ecuación lleva a un valor de R de 0.618 o 61.8% anual.

Por otro lado, se se toma B como punto de partida, la inversión se habría efectuado hace un año, así que el valor actual de la inversión - en el punto B, sería  $1(1+i)$ , donde i es la Tasa de interés.

Esta cantidad debe ser igual al valor actual de los ingresos netos con descuento utilizando la tasa de rendimiento R. La ecuación para R sería entonces:

$$1 + i = 1 + \frac{1}{1 + R}$$

Si  $i$  es tomada como 0.1 (10% anual), se obtendría un valor de  $R$  de 9 o 900% anual.

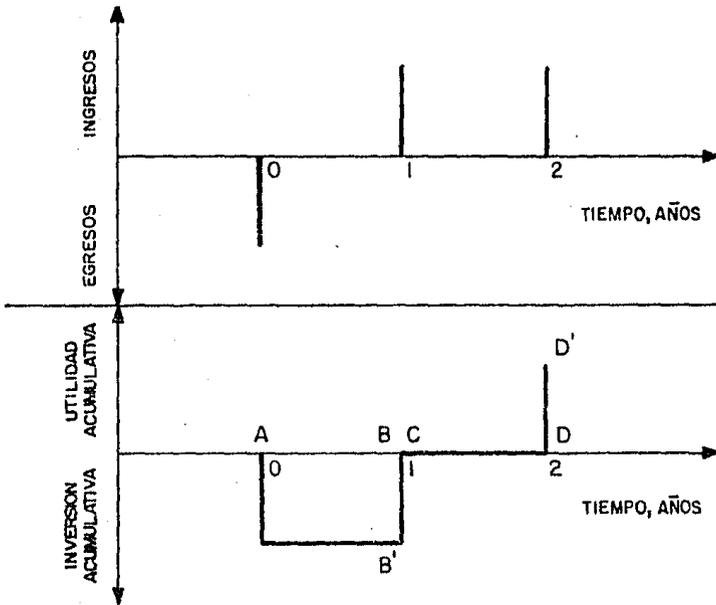


FIG. 5.6  
PERIODO DE INVERSION GRANDE

Ejemplo que ilustra la influencia del punto de partida en el cálculo de la tasa de rendimiento.

Se concluye entonces, que la elección del punto de partida puede - afectar el cálculo de la tasa de rendimiento de una manera considerable.

Si A fuera tomado como el punto de partida del proyecto, todas las inversiones de capital afectarían el cálculo de la tasa de rendimiento. Lo interesante sería analizar si es esta, la manera correcta de evaluar el proyecto.

Supóngase que una compañía desea comprar una máquina cuyo costo es de \$ 2,200 y después de estinar las utilidades que rendirá dicha máquina, se calcula que la tasa de rendimiento es de 20% anual. Es evidente que no existirá diferencia alguna si los \$ 2,200 se toman de un capital en cuenta corriente o de uno en cuenta de ahorros, en donde se ha ganado - \$ 200 al año durante los últimos nueve años con una tasa de interés del 4% anual. En consecuencia, si el valor actual de la inversión total de capital en dos proyectos es la misma y si la historia de ganancias de - estos dos proyectos también la misma, entonces los dos proyectos tendrán la misma tasa de rendimiento.

El período de inversión no influye prácticamente, excepto para determinar el valor actual del capital total invertido.

Parecería lógico, por lo tanto, utilizar el punto B como punto de - partida del proyecto y acumular todas los egresos anteriores a este pun to, de manera de poder obtener el valor actual del capital total inver- tido y entonces calcular la tasa de rendimiento como se explicó en la - sección 5.3.

## V.5 ACELERACION DE PROYECTOS

La aceleración de un proyecto se puede definir como un proyecto -- aplicado a otro redituable ya existente, con el fin de adelantar la obtención de los ingresos netos futuros. Una suposición básica que se hace es que el proyecto acelerado no causa alteración en los ingresos netos acumulativos sin descuento que se esperan obtener del proyecto original.

La definición anterior es por supuesto una simplificación extrema. Desde el punto de vista de producción, en la Industria Petrolera, la suposición anterior implica no sólo que ningún cambio ocurre en la producción acumulativa final, sino también que los pozos más viejos no son más costosos de operar que los recientes, puesto que el resultado de acelerar un proyecto en un campo productor es que la vida de operación de cada pozo se reduce. En la práctica ninguna de las condiciones anteriores se cumple realmente.

Muchos proyectos, por ejemplo la perforación de pozos adicionales se justifica suponiendo que no ocurrirá ningún incremento en la recuperación final del campo, pero tal suposición se hace generalmente porque es algo conservadora y porque es virtualmente imposible asignar un valor a cualquier incremento que pueda resultar en la producción acumulativa de hidrocarburos.

Hay otro punto que casi nunca es tomado en consideración, pero que representa uno de los factores a favor de la aceleración de un proyecto.

Es el caso particular de campos donde las condiciones son muy corrosivas y se pueden esperar serios problemas en las tuberías de producción y posiblemente en las tuberías de revestimiento durante una vida de producción extensa.

Las restricciones de la suposición utilizada en la definición, se justifican por la razón de que si un proyecto parece redituable, al analizarlo sobre las bases de dicha suposición, con toda seguridad será redituable en la realidad, con la condición de que no se tengan fallas técnicas.

La experiencia ha demostrado que las predicciones hechas utilizando la definición citada, son aproximaciones suficientemente buenas.

La historia típica de la utilidad acumulativa-inversión acumulativa de la aceleración de un proyecto se muestra en la Figura 5.7, en la cual  $C_a$  es el costo de acelerar el proyecto. Debe notarse que la utilidad del proyecto original excede a la del proyecto acelerado en una cantidad igual a  $C_a$ .

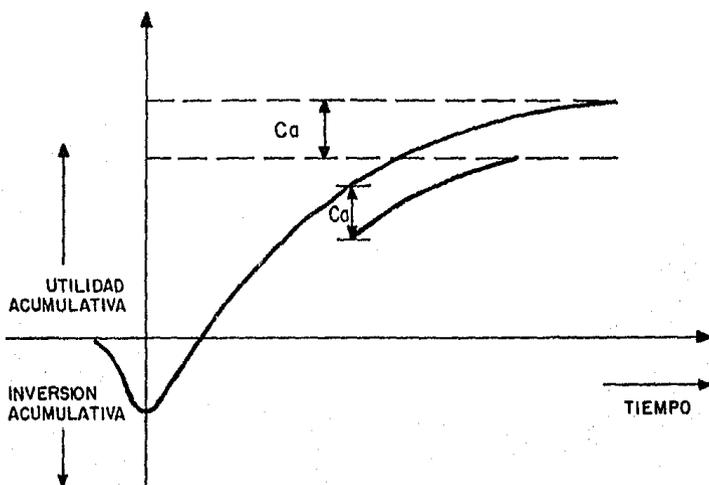


FIG. 5.7

La aceleración de un proyecto se justifica económicamente por el hecho de que el "ingreso acelerado" es ganado en menos tiempo y por lo tanto los factores de descuento lo afectan en menor grado que a los ingresos del proyecto original.

Si la diferencia entre el ingreso neto acumulativo con descuento - del proyecto acelerado y el ingreso neto acumulativo con descuento del - proyecto original es mayor o igual que el costo de acelerar el proyecto, entonces la aceleración, será recomendable.

Lo anterior se ilustra en la Figura 5.8, en la cual  $Y_2$  es el ingreso neto acumulativo con descuento del proyecto acelerado,  $Y_1$  es el ingreso neto acumulativo con descuento del proyecto original y  $C_a$  es el costo de acelerar el proyecto.

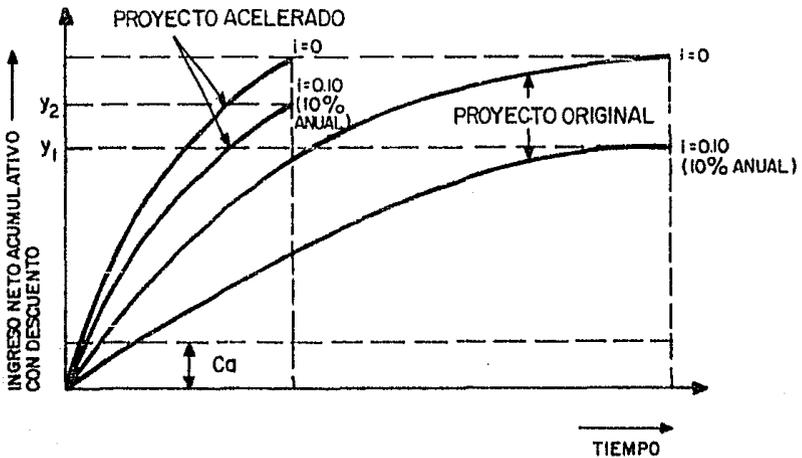


FIG. 5.8

Si  $Y_2 - Y_1 \geq C_a$ , entonces la aceleración es recomendable.

De acuerdo con lo tratado en las secciones anteriores, es evidente que no existe dificultad en asignar valores al capital invertido, al período de inversión, a la utilidad (o por ciento de utilidad), y a la vida futura (comparada quizás con la vida futura del proyecto no acelerado) para la aceleración de un proyecto.

Sin embargo se puede hacer una distinción entre el período de restitución y el período de cancelación.

El período de restitución puede ser definido como el tiempo en el cual el proyecto acelerado ha devuelto su costo.

El período de cancelación es el tiempo en el cual la diferencia entre el ingreso neto acumulativo del proyecto acelerado y el ingreso neto acumulativo del proyecto original es igual al costo de capital de acelerar el proyecto.

En la figura 5.9 OA es el período de restitución y OB es el período de cancelación. Ambos períodos pueden ser calculados sobre cualquiera de las dos bases, con descuento o sin descuento.

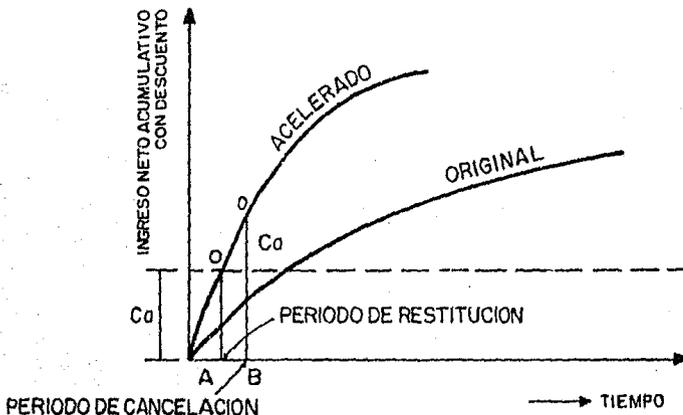


FIG. 5.9

El método usual para determinar la tasa de rendimiento de un proyecto acelerado, consiste en aplicar una Tasa de interés  $i$  a ambos proyectos, el acelerado y el original. Esta tasa de interés se convierte en la tasa de rendimiento  $R$  cuando la diferencia entre el valor actual de los ingresos netos acumulativos, descontados a la Tasa  $R$ , es  $C_a$ .

En general este procedimiento proporcionará dos respuestas o ninguna, como se observa en la Figura 5.10. Cuando  $i$  es cero, la diferencia entre los ingresos netos acumulativos es cero. Conforme  $i$  aumenta, la diferencia entre los ingresos netos acumulativos también aumentará; pero debe empezar a disminuir cuando  $i$  llegue a ser muy grande. Si  $i$  es infinitamente grande la diferencia será cero, debido a que los factores de descuento serán cero.

Así pues la diferencia en valor actual puede que nunca alcance el valor de  $C_a$ ; o bien si esta diferencia toma el valor de  $C_a$  al incrementarse  $i$ , lo tomará por segunda vez conforme  $i$  continúe aumentando.

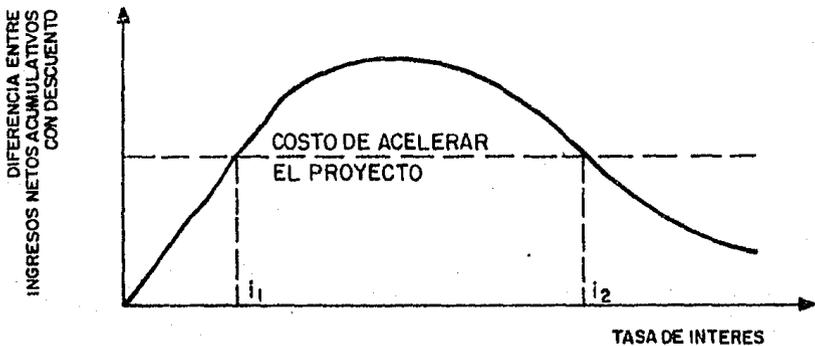


FIG. 5.10

El significado real de la Figura 5.10 es que define los límites -- dentro de los cuales debe estar el poder de ganancia ( $i$ ) de la compañía, para que la aceleración del proyecto sea redituable. Si el poder de ganancia fuera menor que  $i_1$  o mayor que  $i_2$ , el proyecto no sería redituable.

Existe un método mediante el cual la tasa de rendimiento adquiere un solo valor. Supóngase que  $i$  es el poder de ganancia de las inversiones de capital corriente de la compañía. El método consiste en construir las gráficas de los ingresos netos acumulativos para ambos proyectos, -- acelerado y no acelerado, descontados a la Tasa  $i$  (Figura 5.11.a). A -- continuación se construye la curva diferencia (Figura 5.11.b). Con relación a esta figura, en el punto B la diferencia entre los ingresos netos acumulativos con descuento es igual a la diferencia final, es decir a -- partir del punto B no hay necesidad de preocuparse acerca de confrontar el proyecto acelerado y el proyecto original. Cualquier dinero ganado -- con la aceleración del proyecto, al invertirlo en las actividades generales de la compañía, deberá compensar el ingreso que no se obtenga durante el período de ganancias (CD) del proyecto original.

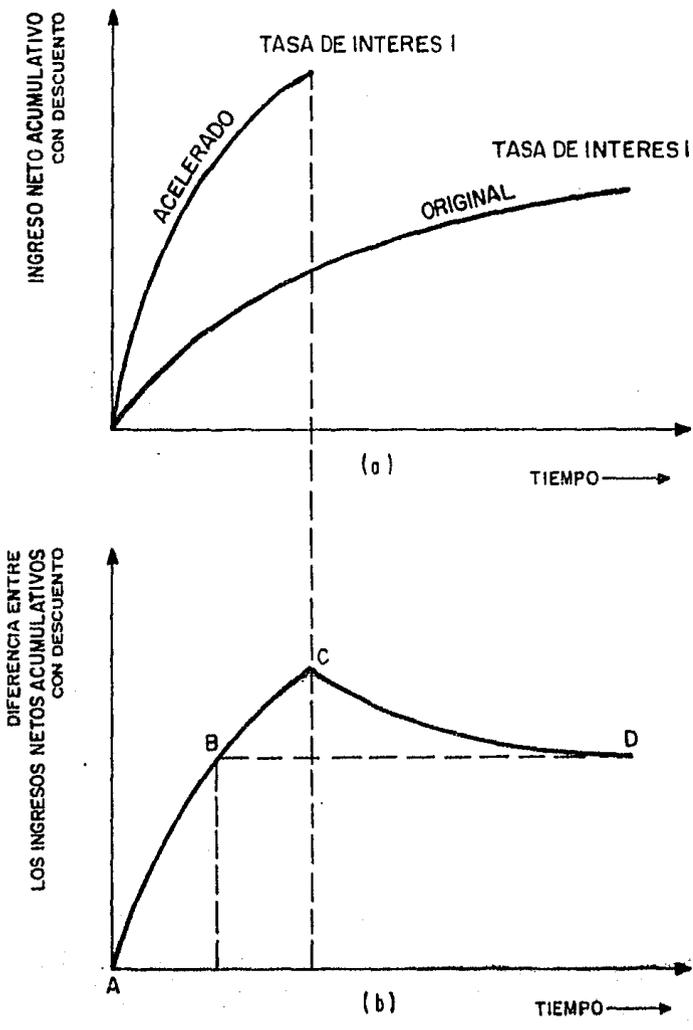


FIG. 5.II

De este modo la tasa de rendimiento puede estar basada solamente - en el período AB y definirse como la Tasa de interés que cuando se aplica a los ingresos netos, debidos a la aceleración del proyecto durante - el período AB, produzca un ingreso neto acumulativo con descuento igual al costo de acelerar el proyecto. Para la aceleración de proyectos con vida de más de 10 años, el mayor de los dos valores obtenidos al calcular la Tasa de rendimiento por el primer método, es casi igual al determinado por el segundo método, pero para proyectos cortos el resultado del - segundo método se encuentra entre los dos obtenidos del primero.

En proyectos acelerados no se puede confiar totalmente en la tasa de ganancia como criterio de decisión; por tal motivo se recomienda manejarla con cierto cuidado.

A continuación se ilustran algunas de las ideas relativas a la aceleración de proyectos por medio de un ejemplo.

Ejemplo:

Se ha estimado que los ingresos netos para un cierto proyecto serán como - se muestra en la Tabla 5.3, en la cual también se incluyen los ingresos - netos que se esperan obtener si se acelera dicho proyecto

TABLA 5.3

AÑO	PROYECTO ORIGINAL	PROYECTO ACELERADO
1	4,000	7,000
2	5,000	15,000
3	4,000	6,000
4	6,000	2,000
5	3,000	
6	3,000	
7	2,000	
8	1,000	
9	1,000	
10	1,000	
TOTAL	30,000	30,000

El costo de capital para llevar a cabo la aceleración del proyecto es de - \$ 3,000.00

Calcular:

- 1) Utilidad con descuento
- 2) Periodos de restitución y cancelación.
- 3) Dibujar la curva diferencia entre los ingresos netos acumulativos con descuento para ambos proyectos, acelerado y no acelerado.
- 4) La tasa de rendimiento si el poder de ganancia de la compañía es del

10% anual.

Solución: Para hacer más real el ejemplo, los factores de descuento se calcularán con respecto a los puntos medios de cada período.

TABLA 5.4

AÑO	FACTOR DE DESCUENTO 10% ANUAL	INGRESO NETO ANUAL CON DESCUENTO		INGRESO ACUMULATIVO CON DESCUENTO		DIFERENCIA ENTRE LOS INGRESOS NETOS ACUMULATIVOS
		PROYECTO ORIGINAL	PROYECTO ACELERADO	PROYECTO ORIGINAL	PROYECTO ACELERADO	
1	0.9535	3814	6675	3814	6675	2861
2	0.8668	4334	13002	8148	19677	11529
3	0.7880	3152	4728	11300	24405	13105
4	0.7164	4298	1433	15598	25838	10240
5	0.6512	1954		17552	25838	8286
6	0.5920	1776		19328	25838	6510
7	0.5382	1076		20404	25838	5434
8	0.4893	489		20893	25838	4945
9	0.4448	445		21338	25838	4500
10	0.4044	404		21742	25838	4096

En la Tabla 5.4 los ingresos netos para ambos proyectos, acelerado y no -- acelerado, son descontados al poder de ganancia de la compañía del 10% -- anual. La diferencia final entre los ingresos netos acumulativos es de -- \$ 4,096.00, de modo que la utilidad con descuento es:

$$\$ 4,096.00 - \$ 3,000.00 = 1,096.00$$

$$\text{o bien: } \frac{\$ 1,096.00}{\$ 3,000.00} \times 100 = 36.53\%$$

Con los datos de la Tabla 5.4 se construyen las figuras 5.12 y 5.13. En la primera se tienen los ingresos netos acumulativos para ambos proyectos, acelerado y original en función del tiempo. Aquí se determina que el período de restitución del proyecto acelerado es 0.45 años o 5.5 meses. La segunda muestra la diferencia entre los ingresos negos acumulativos y se puede leer que el período de cancelación es aproximadamente un año. También se obtiene que el período que debe considerarse (AB en la figura 5.11) para determinar la tasa de rendimiento, resulta de 1.15 años.

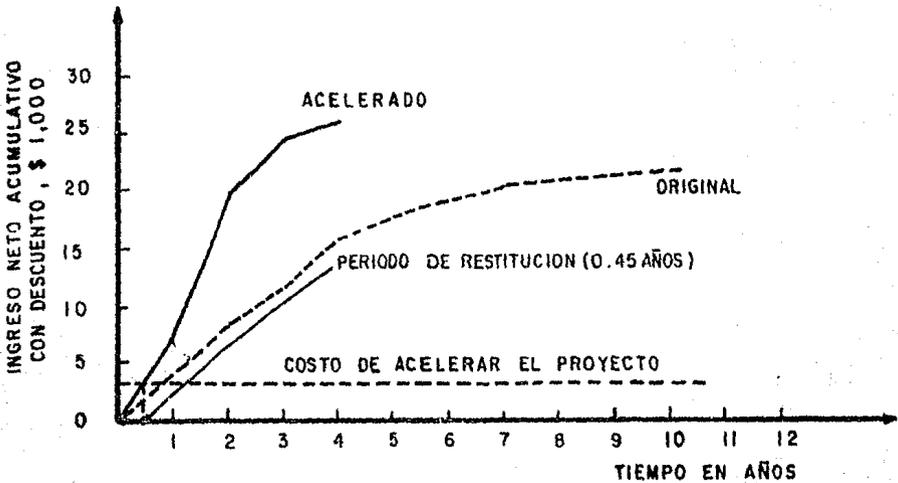


FIG. 5.12

Para calcular la tasa de rendimiento utilizando el primer método, se elabora la Tabla 5.5 y la figura 5.14, de donde se deduce que la aceleración será redituable siempre y cuando el poder de ganancia de la compañía se encuentre situado entre 6 y 255% anual.

Por último, aplicando el segundo método y con ayuda de la Tabla 5.6 y la figura 5.15, se determina que la tasa de rendimiento es del 83%, valor que difiere notablemente de los obtenidos en la figura 5.14.

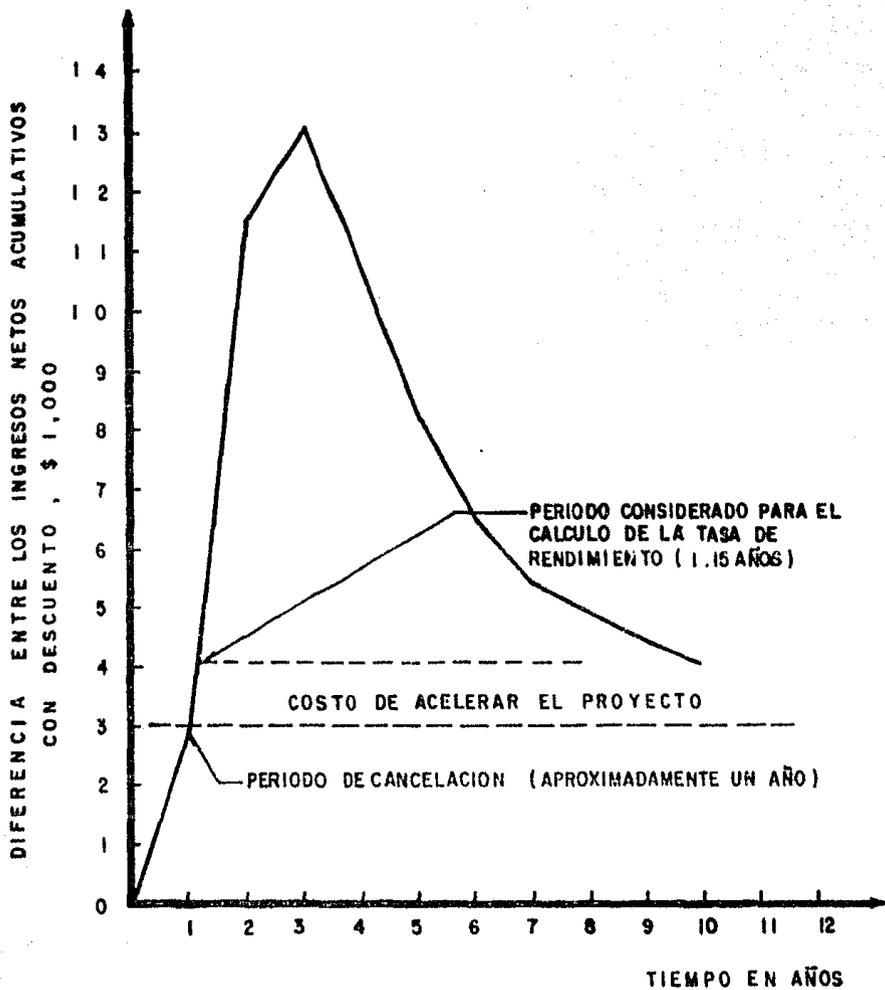


FIG. 5. 13

Tabla 5.5

AÑO	30% ANUAL			50% ANUAL			100% ANUAL			200% ANUAL			400% ANUAL		
	FACTOR DE DESC.	INGRESO ANUAL CON DESCUENTO		FACTOR DE DESC.	INGRESO ANUAL CON DESCUENTO		FACTOR DE DESC.	INGRESO ANUAL CON DESCUENTO		FACTOR DE DESC.	INGRESO ANUAL CON DESCUENTO		FACTOR DE DESC.	INGRESO ANUAL CON DESCUENTO	
		ORIG.	ACEL.												
1	.877	3508	6139	.816	3264	5712	.707	2828	4949	.577	2308	4039	.447	1788	3129
2	.675	3375	10125	.544	2720	8160	.354	1770	5310	.192	960	2880	.089	445	1335
3	.519	2076	3114	.363	1452	2178	.177	708	1062	.064	256	384	.018	72	108
4	.400	2400	800	.242	1452	484	.088	528	176	.021	126	42	.004	24	8
5	.307	921		.161	483		.044	132		.007	21		.001	3	
6	.236	708		.108	324		.022	66		.002	6		.000	0	
7	.182	364		.072	144		.011	22		.001	2		.000	0	
8	.140	140		.048	48		.006	6		.000	0		.000	0	
9	.108	108		.032	32		.003	3		.000	0		.000	0	
10	.083	83		.021	21		.001	1		.000	0		.000	0	
TOTAL		13683	20178		9940	16534		6064	11497		3679	7345		2332	4580
DIFERENCIA ENTRE EL PROYECTO ACCELERADO MENOS EL ORIGINAL		6495			6594			5433			3,666			2,248	

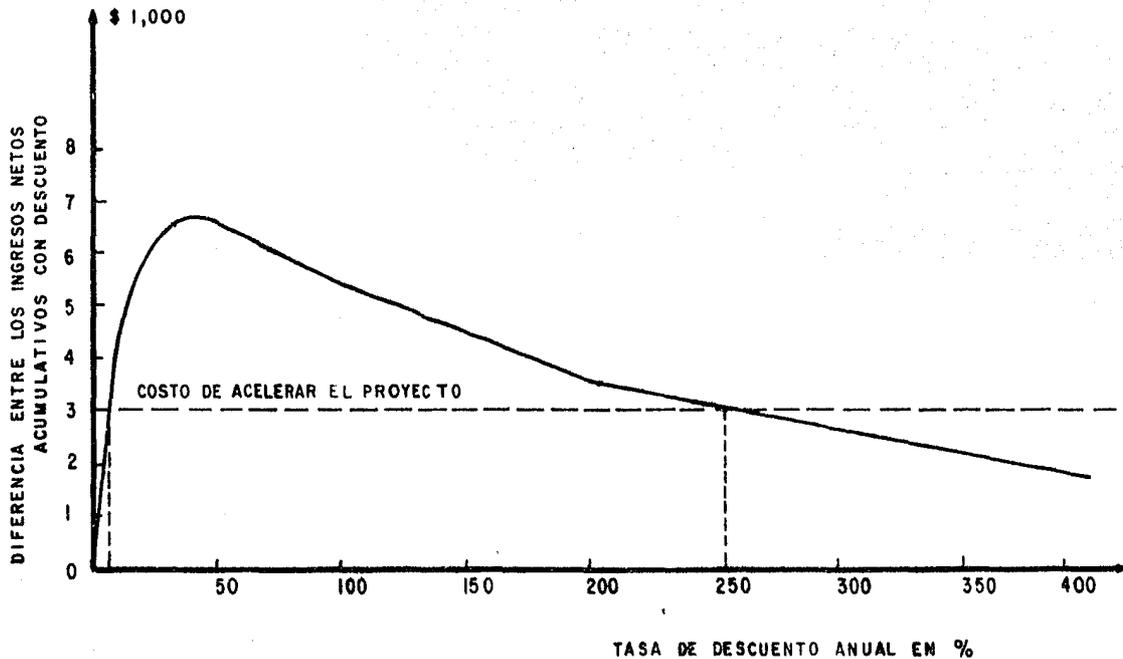


FIG. 5.14

T A B L A 5.6

AÑO	INGRESO NETO SIN DESCUENTO		20% ANUAL			50% ANUAL		
			FACTOR DE DESCUENTO	INGRESO ANUAL CON DESCUENTO		FACTOR DE DESCUENTO	INGRESO ANUAL CON DESCUENTO	
	ORIG.	ACEL.			ORIG.		ACEL.	
1	4000	7000	0.913	3652	6391	0.816	3264	5712
1-1.15	750*	2250*	0.822+	617	1850	0.647	485	1456
TOTAL	4750	9250		4269	8241		3749	7168
DIF. &	4500			3972			3419	

AÑO	80% ANUAL			100% ANUAL		
	FACTOR DE DESCUENTO	INGRESO ANUAL CON DESCUENTO		FACTOR DE DESCUENTO	INGRESO ANUAL CON DESCUENTO	
		ORIG.	ACEL.		ORIG.	ACEL.
1	0.745	2980	5215	0.707	2828	4949
1-1.15	0.532	399	1197	0.475	356	1069
TOTAL		3379	6412		3184	6018
DIF.		3033			2834	

AÑO	150% ANUAL		
	FACTOR DE DESCUENTO	INGRESO ANUAL CON DESCUENTO	
		ORIG.	ACEL.
1	0.632	2528	4424
1-1.15	0.373	280	839
TOTAL		2808	5263
DIF.	2455		

& Diferencia de ingreso entre el proyecto acelerado y el proyecto original

\* Estos valores representan el 15% del ingreso neto correspondiente al segundo año.

+ Este factor se obtiene en el punto medio de 1.15 años; es decir  $0.822 = 1 / ((1.2)^{1.075})$

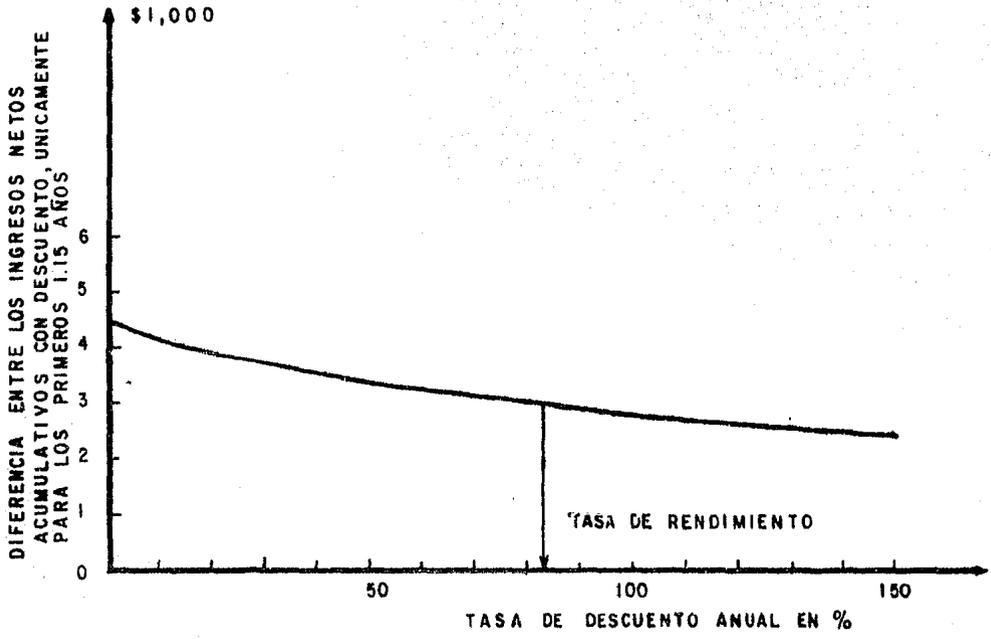


FIG. 5.15

## VI.- INDICES ECONOMICOS USUALES EN LA EVALUACION DE PROYECTOS DE INGENIERIA DE YACIMIENTOS

### VI.1. INTRODUCCION

En los estudios de Ingeniería de Yacimientos, la principal preocupación ha sido la predicción del comportamiento del Yacimiento, considerando al mismo tiempo dos situaciones diferentes:

- 1) Que exista declinación de la presión.
- 2) Que se tengan condiciones de mantenimiento de presión.

Dichos comportamientos han sido trasladados a un tiempo base, a fin de poder observar la diferencia en la recuperación como una función del tiempo. Desde luego que cualquier incremento en la recuperación, no sería posible si no se efectúa un gasto de capital. Procediendo bajo la ley económica natural de la oferta y la demanda, es de importancia en la Ingeniería de Yacimientos escoger aquellos proyectos en los cuales la inversión de capital es más eficiente; es decir proyectos que presentan la más alta ganancia sobre la inversión. Esto define a un proyecto propuesto de Ingeniería de Yacimientos como una inversión o, en otras palabras, la compra de un derecho para obtener una utilidad.

Ahora bien, es importante considerar los criterios usados para evaluar una inversión, los cuales se trataron anteriormente y se presentan de nuevo a grandes rasgos:

- 1) Información y Descripción del Proyecto

- a) Debe prepararse un esquema completo del proceso necesario para llevar a cabo el proyecto, junto con la predicción -- del tiempo requerido para obtener resultados.
- b) Presentar los costos totales requeridos para la instala- - ción y mantenimiento.

Lo anterior debe comprobarse por datos adecuados, presentados de - manera concisa.

2) Período de Pago.

Debe estar basado en la estimación de costos y utilidades. Es el tiempo que debe pasar para que el proyecto proporcione un - ingreso igual al costo.

3) Tasa de Rendimiento.

Es la tasa de interés que equilibra el valor actual de una se- rie de ingresos y egresos. En otras palabras, la tasa de ren- dimiento es la tasa máxima de interés con la cual se podría -- trabajar en un proyecto y aún salir sin ganar ni perder.

4) Vida Económica.

Es el tiempo durante el cual el proyecto rendirá utilidades.

A continuación se presentan los índices económicos más usuales uti- lizados en la evaluación económica de proyectos de Ingeniería de Yaci- - mientos. Su determinación se ilustrará más adelante mediante algunos - ejemplos de aplicación.

## VI.2 INDICES ECONOMICOS.

- 1) Utilidad después del impuesto sin descuento.

Es el nuevo dinero real que fué generado por la inversión de capital, durante la vida del proyecto. Este factor tiene significado como tal, pero carece de la modificación del tiempo.

- 2) Utilidad después del impuesto con descuento, o sea reducida a valor actual.

Este factor es el valor actual del nuevo dinero generado por la inversión de capital. Es una medida de una apreciación en bruto del capital, considerando que está sujeto a una tasa de interés  $i$  anual.

- 3) Flujo de efectivo sin descuento.

Es el total de dinero regresado a la inversión, sin modificación del tiempo.

- 4) Flujo de efectivo con descuento, o sea reducido a valor actual.

Es el total de dinero en valor actual, considerando una tasa de interés  $i$  anual.

- 5) Ingreso anual promedio.

Es el promedio anual de nuevo dinero generado por año como un porcentaje de la inversión de capital. Es un índice útil con el que la inversión puede ser comparada con un préstamo de capital. Su desventaja como se verá en los ejemplos posteriores,

es que varía ampliamente con el ingreso anual. Sin embargo, - usado con el período de recuperación y con el estado crediticio es un criterio conveniente. En algunos casos, se calcula utilizando el ingreso de flujo de efectivo en lugar de la utilidad después del impuesto.

6) Estado crediticio.

Es la cantidad de nuevo dinero generado por unidad de dinero - invertido. Este índice no debe ser usado solo. Por ejemplo, un proyecto puede generar dos dólares por dolar invertido en - dos años contra otro en diez años; ambos tendrían el mismo estado crediticio.

7) Período de recuperación.

Es el tiempo, generalmente en años, en el cual el total de dinero (utilidad después de impuestos más depreciación) regresaría el dinero invertido. Este índice tampoco debe ser usado - solo.

Es obvio que se debe poner mucha atención en analizar la fuente de los datos utilizados en calcular el rédito, tales como: costos de producción, depreciación, precio del petróleo y el gas, etc.

Por último, antes de llevar a cabo el análisis económico de un proyecto en particular, es necesario tomar en consideración algunos factores adicionales.

Como se sabe, todo artículo de consumo se rige por la ley de la oferta y la demanda, razón por la cual es conveniente en el caso del petróleo, el manejar como variable su precio de venta durante los años de vida del proyecto. Esto origina que surja un nuevo concepto, al cual se le conoce como "escalamiento" y que consiste en asignar un valor al precio de venta del hidrocarburo en cada uno de los años de vida del proyecto.

Ahora bien, este escalamiento puede ser positivo o negativo de acuerdo a la tendencia de la ley de la oferta y la demanda que rija al petróleo al momento de efectuar el análisis y tomando también en consideración la variación del precio del petróleo en los últimos años. En el momento de efectuar este trabajo (1985), la situación que prevalece para el petróleo a nivel mundial es una disminución brusca en el precio del petróleo. Esto obedece al alto precio impuesto por los países exportadores de petróleo y a una baja en la demanda debida a la utilización de otras fuentes de energía, campañas de ahorro de energéticos, etc., originando así un aumento en la oferta. Lo anterior trae consigo que las utilidades e inversiones en proyectos de explotación de Yacimientos disminuyan.

Sin embargo, el fenómeno anterior tiende a invertirse en el futuro, es decir aumentará el precio del petróleo debido en primer lugar a que el petróleo es un recurso no renovable y además cada vez es necesario perforar a profundidades mayores para obtenerlo.

Esto traerá consigo que la oferta disminuya y aumente la demanda. - Asimismo, sería necesario invertir en nuevos proyectos de explotación - de Yacimientos.

Se prevé que el proceso descrito tendrá un comportamiento cíclico; es decir, el precio de venta de los hidrocarburos aumentará, o bien disminuirá de acuerdo a la ley de la oferta y la demanda, independientemente de otros aspectos de carácter económico.

En lo referente a los costos de producción y de operación, se observa que se encuentran afectados directamente por la inflación, por lo cual tampoco es conveniente utilizar un valor constante durante los años de vida del proyecto. Para los ejemplos descritos a continuación, se utiliza un escalamiento de \$ 1.00/año para el precio de venta del hidrocarburo, el cual será negativo para los primeros cinco años de vida del proyecto y positivo para los años posteriores. En el caso de los costos de producción y de operación, se utiliza la tasa de inflación correspondiente a los países industrializados, que es del 6% anual.

### VI.3. EJEMPLOS DE APLICACION

Ejemplo 1:

Se pondrá en operación un proyecto hipotético de inyección de gas. Calcular la evaluación económica diferencial incluyendo los siguientes índices:

a) Utilidad después del impuesto, con y sin descuento.

- b) Flujo de efectivo, con y sin descuento.
- c) Ingreso anual promedio
- d) Estado crediticio.
- e) Período de recuperación
- f) Tasa de rendimiento de la inversión.

La vida de este proyecto es de 3.44 años.

Un compresor de 880 HP, con costo de \$ 1'750,000.00 suministrará - el gas. Considere depreciación por el método de la línea recta sobre - la vida del proyecto y utilice la siguiente información en los cálculos:

Año	Producción por mantenimiento de Presión (barriles)	Producción sin mantenimiento de Presión (barriles)
1	365,000	173,000
2	365,000	165,000
3	277,000	164,000
4	185,000	2,000

Precio de venta del crudo	\$ 25.00/bl (año base 1985)
Costo de producción	\$ 7.00/bl
Costo de operación de la planta	\$ 1.4542/HP-día
Impuesto	50%
Tasa de descuento	10% anual
Tasa de inflación	6% anual
Escalamiento	\$ 1./anual

Costos de operación anuales:

$$880 \text{ HP} \times \$ \frac{1.4542}{\text{HP-día}} \times \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} = \$ \frac{467.100}{\text{año}}$$

Para 0.44 años el costo será:

$$0.44 \text{ años} \times \$ \frac{467,100}{\text{año}} = \$ 206,000$$

Con la información anterior se elabora la tabla 6.1

Es necesario recordar, de acuerdo a lo explicado relativo a escalamiento e inflación, que para calcular el ingreso total, el precio de venta del crudo disminuirá \$ 1.00/barril a partir del segundo año. Para el cálculo de los costos de producción y de operación, después del primer año se incrementarán los costos base en un 6% anual.

Con los datos calculados en las columnas 18 y 19, se construye la figura 6.1, en donde se determina que el período de recuperación sin descuento es de 1.025 años, mientras que con descuento de 1.15 años.

Por último y con ayuda de la tabla 6.2 se construye la figura 6.2 para determinar la tasa de rendimiento, obteniéndose un valor del 77.5% anual.

T A B L A 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ANO	PRODUCCION CON INYECCION DE GAS MANTENIMIENTO DE PRESION (barriles)	PRODUCCION SIN INYECCION DE GAS DECLINACION DE LA PRESION (barriles)	PRODUCCION DIFERENCIAL (barriles)	INGRESO TOTAL (\$)	COSTOS DE PRODUCCION CONSIDERANDO TASA DE INFLACION DEL 6% ANUAL (\$)	COSTOS DE OPERACION CONSIDERANDO TASA DE INFLACION DEL 6% ANUAL (\$)	DEPRECIACION Y METODO DE LA LINEA RECTA (\$)	COSTOS TOTALES (\$)	UTILIDAD SUJETA A IMPUESTO (\$)	IMPUESTO QUE CAUSA LA UTILIDAD (\$)
DATO	DATO	DATO	(2) - (3)	(4) X PRECIO BARRIL ESCALADO AL AÑO CON	(4) X COSTO PRODUCCION	COSTO OPERACION	$\frac{\$1,750}{4}$	(6)+(7)+(8)	(5) - (9)	(10) X .50
1	365.0	173.0	192.0	4800	1344.0	467.1	437.5	2248.6	2551.4	1275.7
2	365.0	165.0	200.0	4800	1484.0	495.1	437.5	2416.6	2383.4	1191.7
3	277.0	164.0	113.0	2593	888.8	524.8	437.5	1851.1	747.9	373.9
4	185.0	2.0	183.0	4026	1525.7	556.3	437.5	2519.5	1506.5	753.2
	1192.0	504.0	688.0	16225	5242.5	2043.4	1750.0	9035.8	7189.2	3594.6

NOTA: Todos los resultados (barriles y \$) se encuentran en miles.

12	13	14	15	16	17	18	19	20
UTILIDAD NETA DESPUES DEL IMPUESTO	FLUJO DE EFEC TIVO SIN DES- CUENTO	UTILIDAD NETA CON DESCUENTO	FLUJO DEFECTI- VO CON DESCUEN TO	UTILIDAD NETA ACUMULATIVA		FLUJO DE EFECTIVO ACUMULATIVO		INGRESO ANUAL PROMEDIO
				SIN DESC.	CON DESC.	SIN DESC.	CON DESC.	
(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(%)
(11) - (11)	(12) + (8)	(12) x $\frac{1}{(1+i)^n}$	(13) x $\frac{1}{(1+i)}$	$\sum_{i=1}^n$ (12) i	$\sum_{i=1}^n$ (14) i	$\sum_{i=1}^n$ (13) i	$\sum_{i=1}^n$ (15) i	$\frac{(16)}{n \times 1,570}$
1275.7	1713.2	1159.7	1557.5	1275.7	1159.7	1713.2	1557.5	72.90
1191.7	1629.2	984.9	1346.4	2467.4	2144.6	3342.4	2903.9	70.50
373.9	811.4	281.0	609.7	2841.3	2425.5	4153.8	3513.5	54.12
753.2	1190.7	514.5	813.3	3594.6	2940.0	5344.6	4326.8	51.35
3594.6	5344.6	2940.0	4326.8	3594.6	2940.00	5344.6	4326.8	51.35

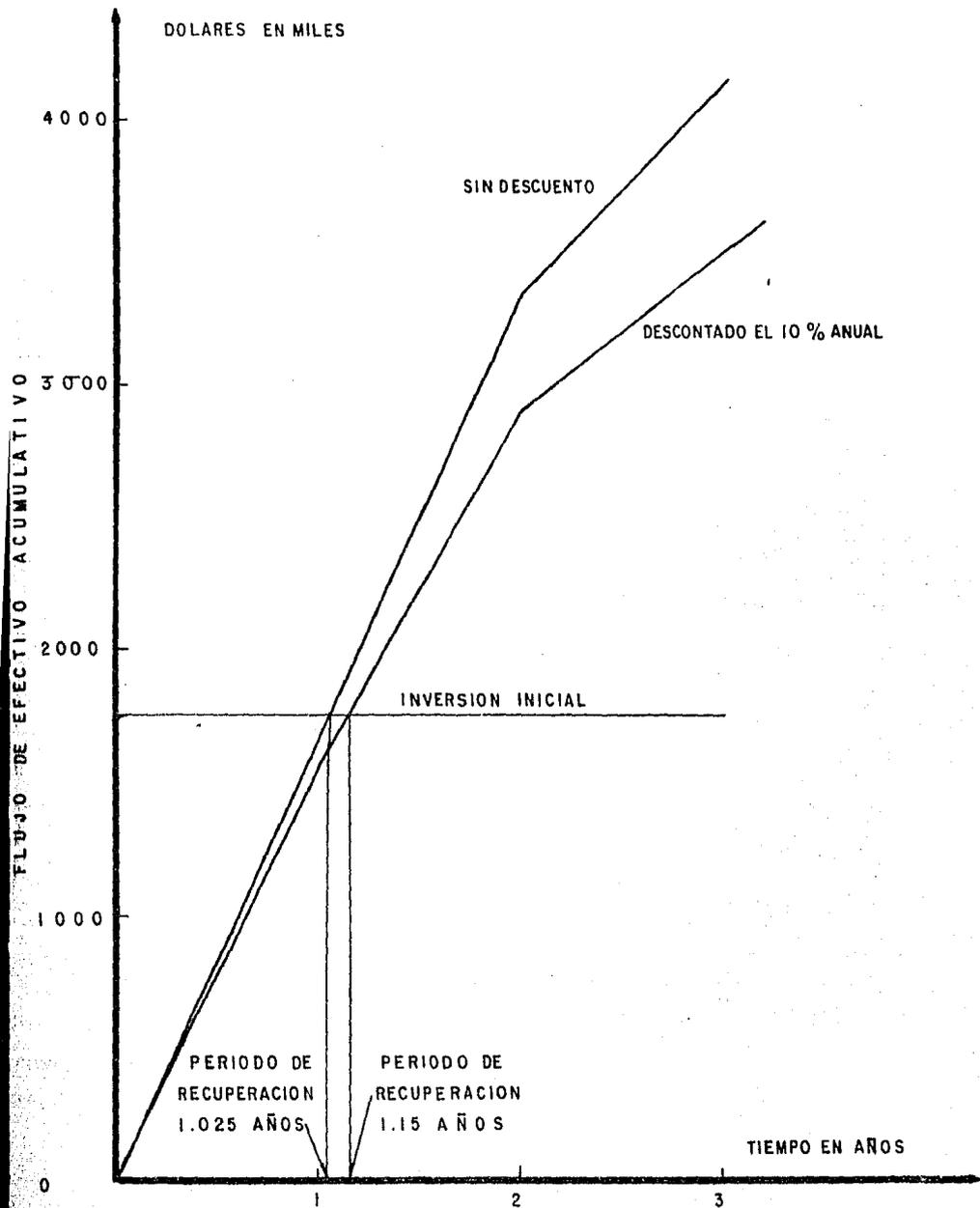


FIGURA 6.1- FLUJO DE EFECTIVO ACUMULATIVO CONTRA TIEMPO

TABLA 6.2 CALCULO DE LA TASA DE RENDIMIENTO

AÑO	FLUJO DE EFECTIVO SIN DESCUENTO	FLUJO DE EFECTIVO CON DESCUENTO				
		10%	20%	40%	60%	80%
1	1713.2	1557.4	1427.7	1223.7	1070.7	951.8
2	1629.2	1346.4	1131.4	831.2	636.4	502.8
3	811.4	609.6	469.6	295.7	198.0	139.1
4	1190.7	813.3	574.2	310.0	181.7	113.4
<b>TOTALES</b>	<b>5344.6</b>	<b>4326.7</b>	<b>3602.9</b>	<b>2660.6</b>	<b>2086.8</b>	<b>1707.1</b>

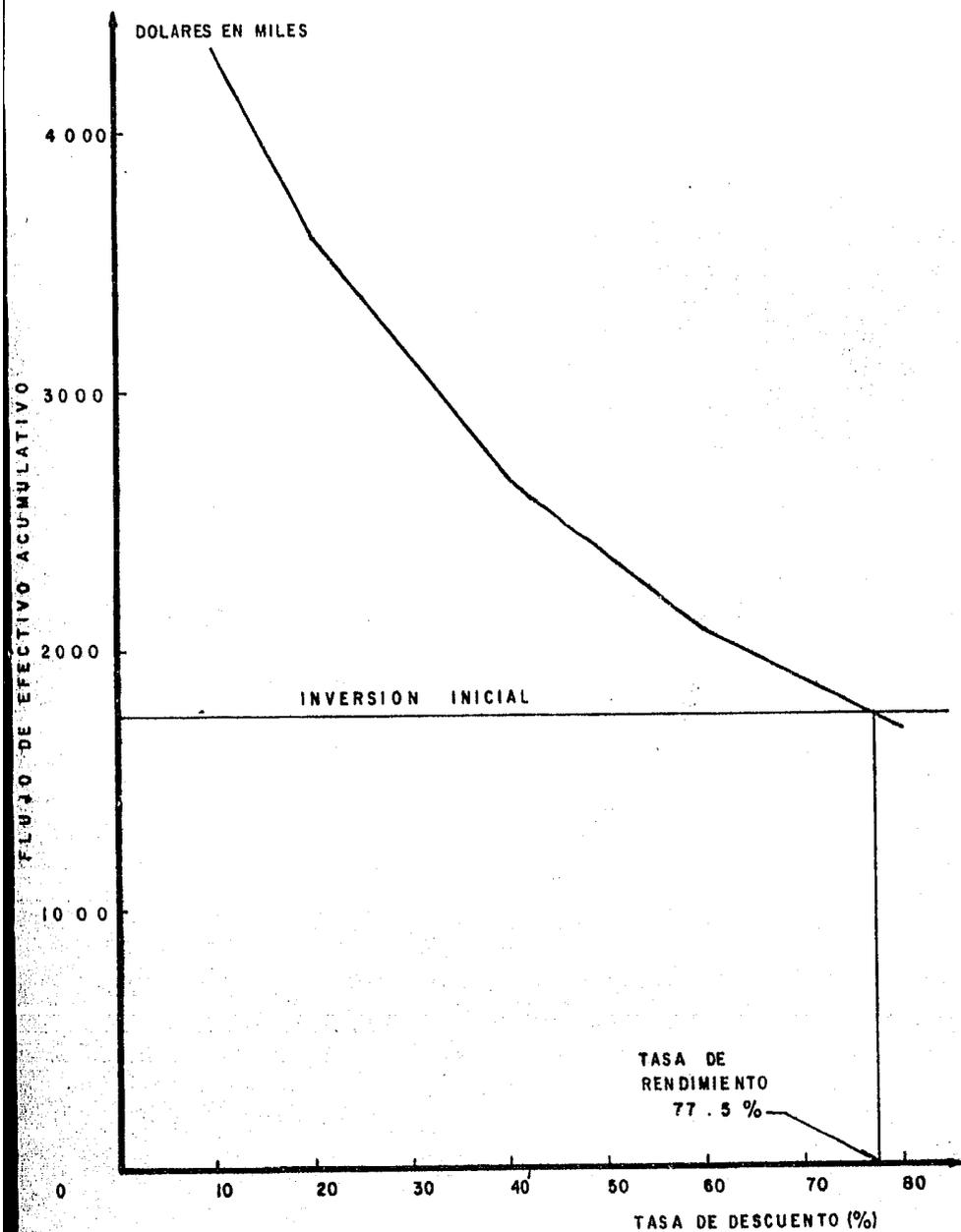


FIGURA 6.2 - CALCULO DE LA TASA DE RENDIMIENTO.

A CONTINUACION SE PRESENTA EL RESUMEN DE LOS INDICES ECONOMICOS CALCULADOS AL EFECTUAR EL ESTUDIO ECONOMICO DEL PROYECTO DE MANTENER LA PRESION MEDIANTE LA INYECCION DE GAS

1) Recuperación diferencial:	688,000 barriles	
	Sin descuento	Con descuento
2) Utilidad después del impuesto:	\$ 3,594,578.9	\$ 2,940,021.0
3) Flujo de efectivo:	\$ 5,344,578.9	\$ 4,326,837.2
4) Ingreso anual promedio:	51.35%	
5) Estado crediticio:	$\frac{3594578.9}{1750000.00} = 2.05$	
6) Período de recuperación:	1.15 años	
7) Tasa de rendimiento:	77.7 % anual	

Ejemplo 2:

Se desea analizar un proyecto de inyección de agua.

La base para la evaluación es la recuperación diferencial de petróleo por mantenimiento de presión y por declinación de la misma. Calcular los siguientes índices:

- a) Utilidad después del impuesto
- b) Flujo de efectivo
- c) Ingreso anual promedio
- d) Estado crediticio
- e) Tiempo de recuperación
- f) Tasa de rendimiento de la inversión

La vida del proyecto es de nueve años, y la inversión necesaria para llevarlo a cabo es de \$ 2'522,000.00. Calcule la depreciación por el método de la línea recta y utilice la siguiente información en los cálculos:

Año	Producción por mantenimiento de presión (barriles)	Producción sin mantenimiento de presión (barriles)
1	160,000	160,000
2	438,000	136,000
3	310,000	116,000
4	217,000	99,000
5	152,000	84,000
6	106,000	71,000
7	74,000	61,000

8	52,000	45,000
9	36,000	20,000
Precio de venta del crudo		\$ 25.00/bl
Costo de producción		\$ 7.00/bl
Costo de operación		\$ 179,000/año
Impuesto		50%
Tasa de descuento		10% anual
Tasa de inflación		6% anual
Escalamiento		\$ 1.00/añual

De manera similar al ejemplo anterior se construye la tabla 6.3, - en donde se observa que la utilidad neta después del impuesto es negativa a partir del sexto año debido a que los costos totales son mayores - que el ingreso total.

Por esta razón también resulta conveniente analizar el proyecto pa- ra un período de vida de 5 años y a continuación comparar resultados.

En la tabla 6.3 la utilidad neta acumulativa sin descuento para el año 5 no incluye la depreciación total de la inversión inicial, por lo - cual resulta necesario construir una nueva tabla para analizar el pro- yecto para un período de vida de 5 años. De este modo, el valor de la utilidad neta acumulativa final será la utilidad neta que se obtendría estando la inversión inicial depreciada en su totalidad.

TABLA 6.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AÑO	PRODUCCION CON INYECCION DE AGUA  MANTENIMIENTO DE PRESION (barriles)	PRODUCCION SIN INYECCION DE AGUA  DECLINACION DE LA PRESION (barriles)	PRODUCCION DIFERENCIAL  (barriles)	INGRESO TOTAL  (\$)	COSTOS DE PRODUCCION CONSIDERANDO TASA DE INFLACION DEL 6% ANUAL  (\$)	COSTOS DE OPERACION CONSIDERANDO TASA DE INFLACION DEL 6% ANUAL  (\$)	DEPRECIACION METODO DE LA LINEA RECTA  (\$)	COSTOS TOTALES  (\$)	UTILIDAD SUJETA A IMPUESTO  (\$)
D A T O	D A T O	D A T O	(2) - (3)	(4) X PRECIO BARRIL ESCALADO AL AÑO CONSIDERADO	COSTO (4) X PRODUCCION	COSTO OPERACION	\$ 2,522,000 9	(6)+(7)+(8)	(5)-(9)
1	160.0	160.0	0.0	3.0	0.0	179.0	280.2	459.2	-459.2
2	438.0	136.0	302.0	7428.0	2240.8	189.7	280.2	2710.8	4537.2
3	310.0	117.0	193.0	4439.0	1518.0	201.1	280.2	1999.3	2439.7
4	217.0	99.0	118.0	2596.0	983.8	213.2	280.2	1477.2	1118.8
5	152.0	84.0	68.0	1428.0	600.9	226.0	280.2	1107.1	320.9
6	106.0	71.0	35.0	770.0	327.9	239.5	280.2	847.6	-77.6
7	74.0	61.0	13.0	299.0	129.1	253.9	280.2	663.2	-364.2
8	52.0	45.0	7.0	168.0	73.7	269.1	280.2	623.0	-455.0
9	36.0	20.0	16.0	400.0	178.5	285.3	280.2	744.0	-344.0
TOTALES	1545.0	793.0	752.0	17348.0	6052.7	2056.9	2522.0	10631.6	6716.4

NOTA: Todos los resultados (barriles y \$) se encuentran en miles.

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
IMPUESTO QUE CAUSA LA UTILIDAD	UTILIDAD NETA DESPUES DEL IMPUESTO	FLUJO DE EFECTIVO SIN DESCUENTO	UTILIDAD NETA CON DESCUENTO	FLUJO DE EFECTIVO CON DESCUENTO	UTILIDAD NETA ACUMULATIVA		FLUJO DE EFECTIVO ACUMULATIVO		INGRESO ANUAL PROMEDIO
					SIN DES.	CON DES.	SIN DES.	CON DESC.	
(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(%)
(10) x .50	(10) - (11)	(12) + (8)	(12) x $\frac{1}{(1+i)^n}$	(13) x $\frac{1}{(1+i)^n}$	$\sum_{i=1}^n (12) i$	$\sum_{i=1}^n (14) i$	$\sum_{i=1}^n (13) i$	$\sum_{i=1}^n (15) i$	$\frac{(16)}{n \times 2,622}$
-229.6	-229.6	50.6	-208.7	46.0	-229.6	-208.7	50.6	46.0	-9.10
2268.6	2268.6	2548.8	1874.9	2106.5	2039.0	1661.1	2599.4	2152.5	40.42
1219.8	1219.8	1500.1	916.5	1127.0	3258.8	2582.6	4099.5	3279.5	43.07
559.4	559.4	839.6	382.1	573.5	3818.2	2964.7	4939.1	3853.0	37.85
160.4	160.4	440.6	99.6	273.6	3978.7	3064.3	5379.8	4126.6	31.55
-38.8	-38.8	241.4	-21.9	136.3	3939.8	3042.4	5621.2	4262.8	26.04
-182.1	-182.1	98.1	-93.5	50.3	3757.7	2948.9	5719.3	4313.2	21.29
-227.5	-227.5	52.7	-106.1	24.6	3530.2	2842.8	5772.0	4337.8	17.50
-172.0	-172.0	108.2	-73.0	45.9	3358.2	2769.9	5880.2	4383.7	14.80
3358.2	3358.2	5880.2	2,769.9	4383.7	358.2	2769.9	5880.2	4383.7	14.80

El análisis del proyecto para el período de vida de 5 años se presenta en el ejemplo 3.

Al graficar el flujo de efectivo acumulativo contra el tiempo - - (fig. 6.3), se determina que el período de recuperación sin descuento - es de 1.96 años y con descuento de 2.33 años.

Finalmente, mediante la tabla 6.4 y la figura 6.4 se obtiene una - tasa de rendimiento del 35% anual.

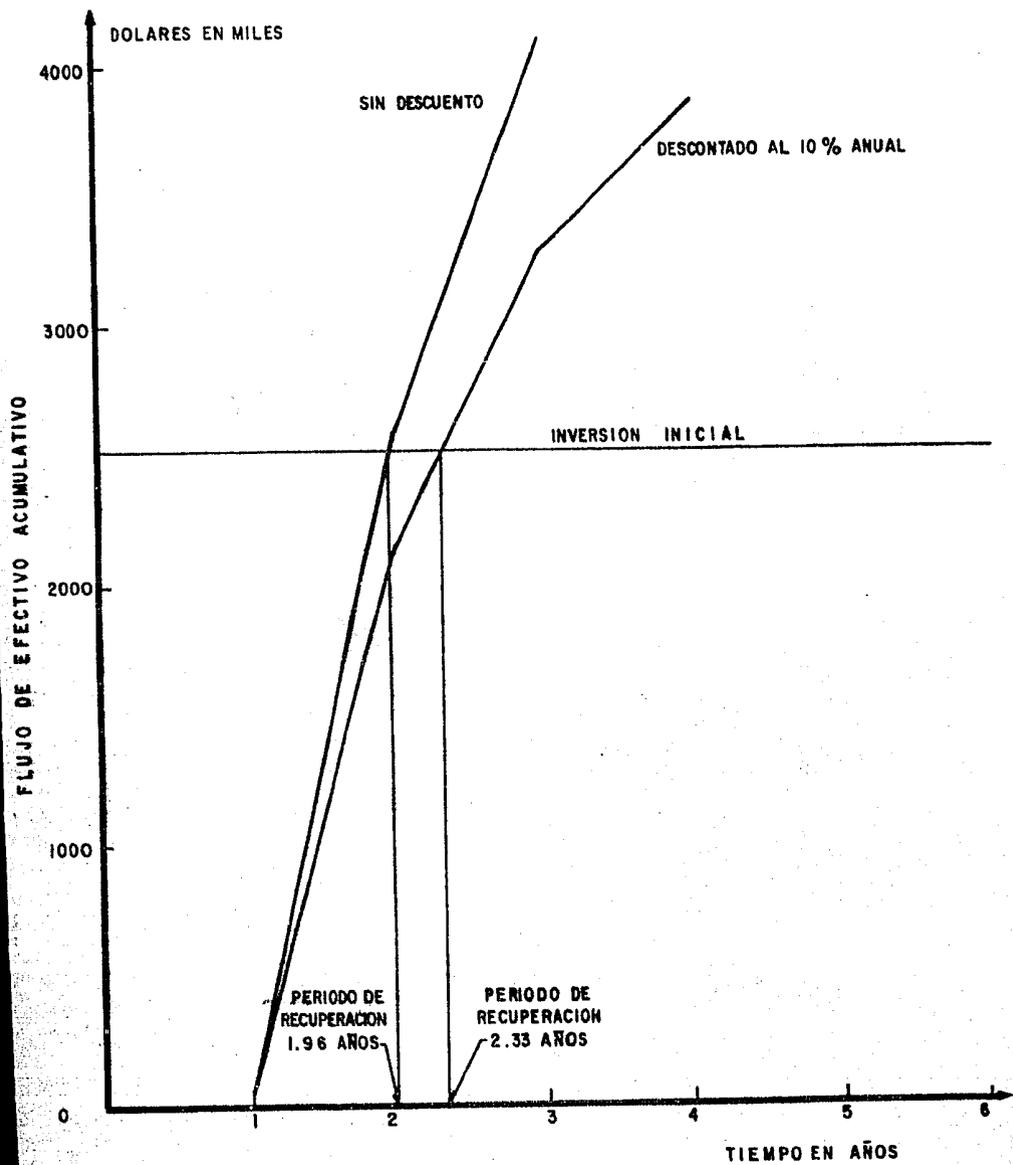


FIGURA 6.3 - FLUJO DE EFECTIVO ACUMULATIVO CONTRA TIEMPO.

TABLA 6.4 CALCULO DE LA TASA DE RENDIMIENTO

AÑO	FLUJO DE EFECTIVO SIN DESCUENTO	FLUJO DE EFECTIVO CON DESCUENTO		
		10%	20%	40%
1	50.6	46.0	42.2	36.1
2	2548.8	2106.5	1770.0	1300.4
3	1500.1	1127.0	868.1	546.7
4	839.6	573.5	404.9	218.6
5	440.6	273.6	177.1	81.9
6	241.4	136.3	80.8	32.1
7	98.1	50.3	27.4	9.3
8	52.7	24.6	12.3	3.6
9	108.2	45.9	21.0	5.2
	5880.2	4383.7	3403.8	2233.9

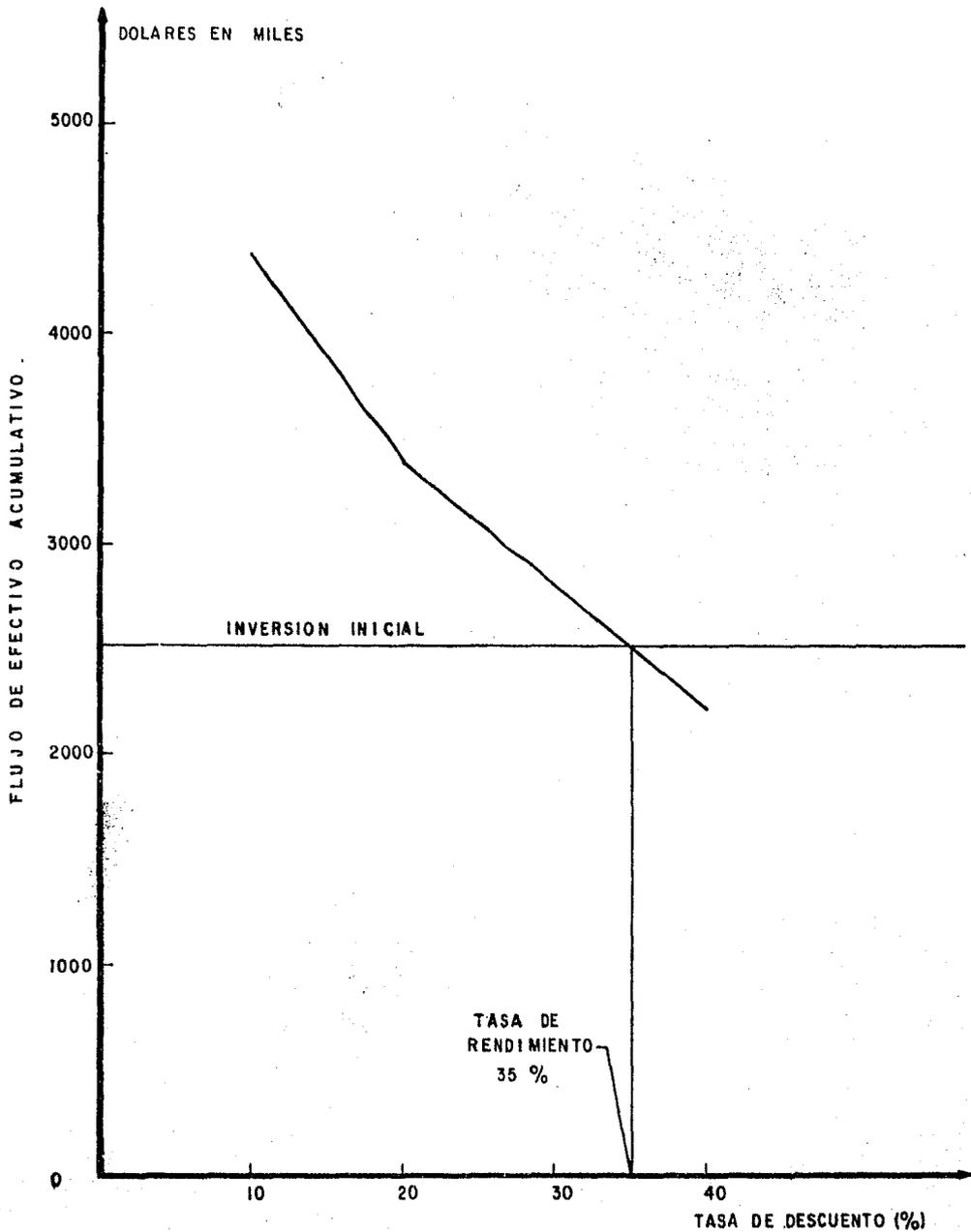


FIGURA. 6.4.- CALCULO DE LA TASA DE RENDIMIENTO .

RESUMEN:

1) Recuperación diferencial:	752.0 bl	
	Sin descuento	Con descuento
2) Utilidad después del impuesto:	\$ 3,358,186.6	\$ 2,769,855.2
3) Flujo de efectivo:	\$ 5,880,186.6	\$ 4,551,478.5
4) Ingreso anual promedio:	14.80%	
5) Estado crediticio	$\frac{\$ 3,358,186.6}{\$ 2,522,000.00} = 1.33$	
6) Período de recuperación:	2.33 años	
7) Tasa de rendimiento	35% anual	

### Ejemplo 3:

Cálculo de la evaluación económica diferencial del ejemplo anterior para un período de vida del proyecto de 5 años.

Con los datos del ejemplo 2 considerados únicamente hasta el año 5 se calcula la tabla 6.5. A continuación se grafica el flujo de efectivo acumulativo contra el tiempo (fig. 6.5) y se determina que el período de recuperación sin descuento es de 1.88 años y con descuento de 2.15 años.

Al calcular la tabla 6.6 y con ayuda de la figura 6.6 se obtiene una tasa de rendimiento del 38% anual.

TABLA 6.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ANO	PRODUCCION CON INYECCION DE AGUA  MANTENIMIENTO DE PRESION  (barriles)	PRODUCCION SIN INYECCION DE AGUA  DECLINACION DE LA PRESION  (barriles)	PRODUCCION DIFERENCIAL   (barriles)	INGRESO TOTAL   (\$)	COSTOS DE PRODUCCION CONSIDERANDO TASA DE INFLACION DEL 6% ANUAL   (\$)	COSTOS DE OPERACION CONSIDERANDO TASA DE INFLACION DEL 6% ANUAL   (\$)	DEPRECIACION METODO DE LA LINEA RECTA   (\$)	COSTOS TOTALES   (\$)	UTILIDAD SUJETA A IMPUESTO   (\$)
D A T O	D A T O	D A T O	(2) - (3)	(4) X PRECIO BARRIL ESCALADO AL AÑO CONSIDERADO	(11) X COSTO PRODUCCION	C O S T O O P E R A C I O N	$\frac{\$ 2,522}{4}$	(6)+(7)+(8)	(5)-(9)
1	160.0	160.0	0.0	0.0	0.0	179.0	504.4	683.4	-683.4
2	438.0	136.0	302.0	7248.0	2240.8	189.7	504.4	2935.0	4313.0
3	310.0	117.0	193.0	4439.0	1518.0	201.1	504.4	2223.0	2215.5
4	217.0	99.0	118.0	2596.0	983.8	213.2	504.4	1701.4	894.6
5	152.0	84.0	68.0	1428.0	600.9	226.0	504.4	1331.3	96.7
TOTALES	1277.0	596.0	681.0	15711.0	5343.5	1009.0	2522.0	8874.6	6836.4

NOTA: Todos los resultados (barriles y \$) se encuentran en miles.

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
IMPUESTO QUE CAUSA LA UTILIDAD	UTILIDAD NETA DESPUES DEL IMPUESTO	FLUJO DE EFECTIVO SIN DESCUENTO	UTILIDAD NETA CON DESCUENTO	FLUJO DE EFECTIVO CON DESCUENTO	UTILIDAD NETA ACUMULATIVA		FLUJO DE EFECTIVO ACUMULATIVO		INGRESO ANUAL PROMEDIO
					SIN DESC.	CON DESC.	SIN DES.	CON DESC.	
(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(%)
(10) x .50	(10) - (11)	(12) + (8)	(12) x $\frac{1}{(1+i)^n}$	(13) x $\frac{1}{(1+i)^n}$	$\sum_{i=1}^n$ (12)	$\sum_{i=1}^n$ (14)	$\sum_{i=1}^n$ (13)	$\sum_{i=1}^n$ (15)	$\frac{(16)}{n \times 2.522}$
-341.7	-341.7	162.7	-310.6	147.9	-341.7	-310.6	162.7	147.9	-13.55
2156.5	2156.5	2660.9	1782.2	2199.1	1814.8	1471.6	2823.6	2347.0	35.98
1107.7	1107.7	1612.1	832.3	1211.2	2922.6	2303.9	4435.8	3558.2	38.63
447.3	447.3	951.7	305.5	650.0	3369.9	2609.4	5387.5	4208.3	33.40
48.3	48.3	552.7	30.0	343.2	3418.2	2639.4	5940.2	4551.5	27.11
3418.2	3418.2	5940.2	2639.4	4551.5	3418.2	2639.4	5940.2	4551.5	27.11

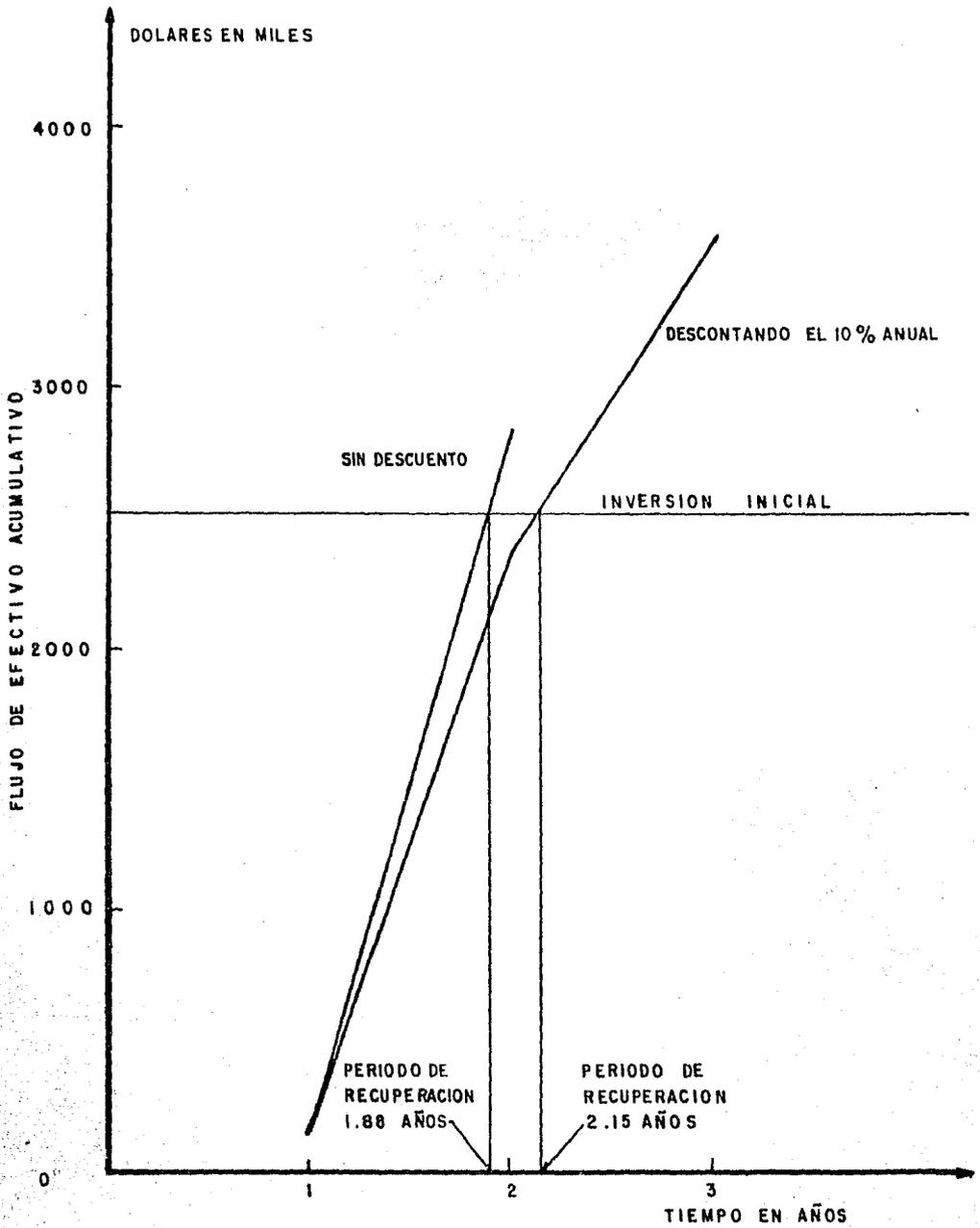


FIGURA.6.5- FLUJO DE EFECTIVO ACUMULATIVO CONTRA TIEMPO .

Tabla 6.6 Cálculo de la tasa de rendimiento

AÑO	FLUJO DE EFECTIVO SIN DESCUENTO	FLUJO DE EFECTIVO CON DESCUENTO		
		10%	20%	40%
1	162.7	147.9	135.6	116.2
2	2660.9	2199.1	1847.8	1357.6
3	1612.1	1211.2	932.9	587.5
4	951.7	650.0	459.0	247.7
5	552.7	343.2	222.1	102.8
TOTALES	5940.2	4551.5	3597.4	2411.8

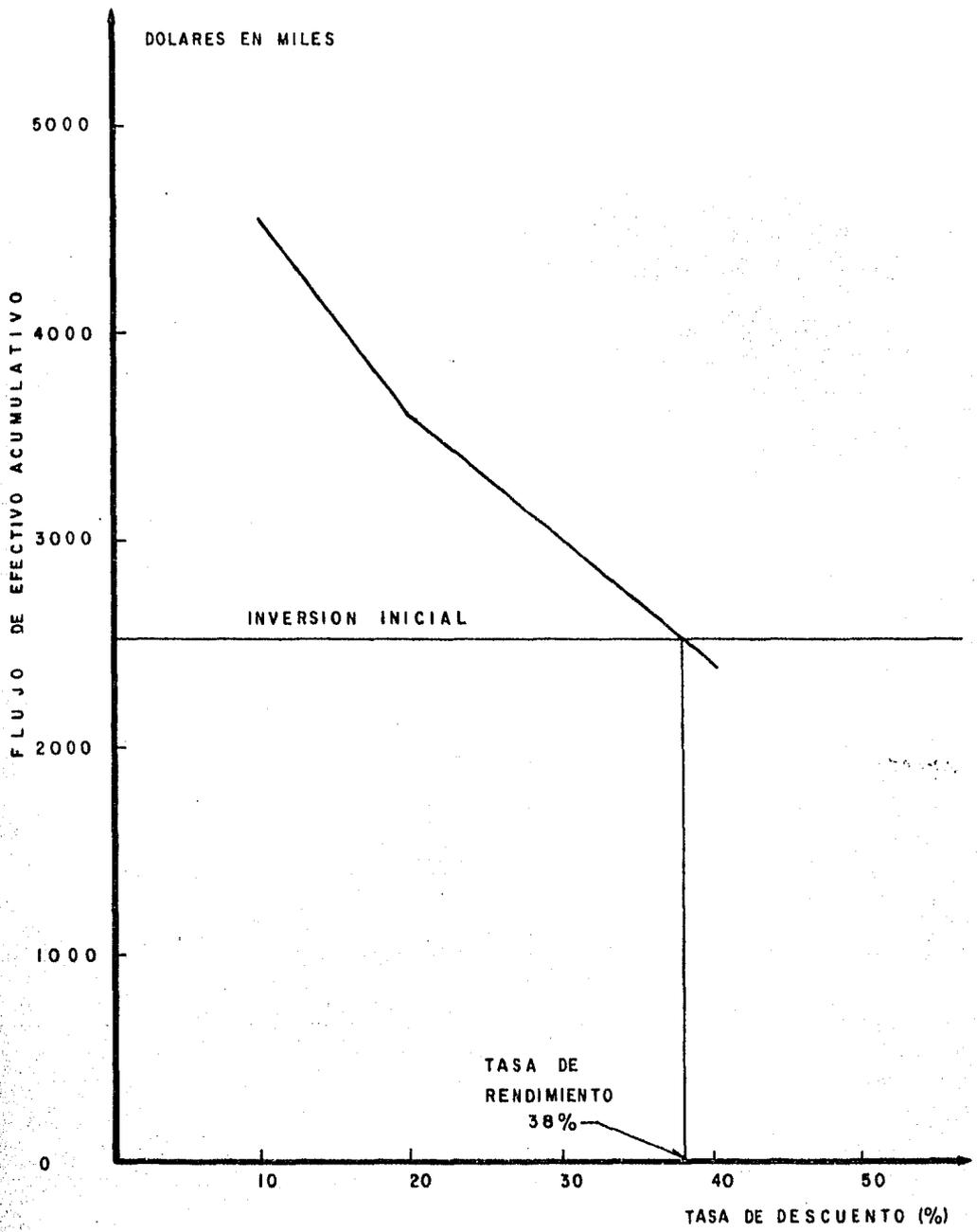


FIGURA .6.6.- CALCULO DE LA TASA DE RENDIMIENTO .

SE PRESENTA A CONTINUACION UNA COMPARACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS AL EFECTUAR EL ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO DE MANTENER LA PRESION MEDIANTE LA INYECCION DE AGUA PARA UN PERIODO DE VIDA DE 9 AÑOS (EJEMPLO 2) Y PARA UNO DE 5 (EJEMPLO 3)

	VIDA DE 9 AÑOS		VIDA DE 5 AÑOS	
	Sin descuento	Con descuento	Sin descuento	Con descuento
1) Recuperación diferencial:	752.0 barriles		681.0 barriles	
2) Utilidad después del impuesto:	\$ 3,358,186.6	\$ 2,769,855.2	\$ 3,418,209.3	\$ 2,639,405.7
3) Flujo de efectivo:	\$ 5,880,186.6	\$ 4,383,661.7	\$ 5,940,209.3	\$ 4,551,478.5
4) Ingreso anual promedio:	14.80%		27.11%	
5) Estado crediticio:	$\frac{3,358,186.6}{2,522,000.00} = 1.33$		$\frac{3,418,209.3}{2,522,000.00} = 1.36$	
6) Periodo de recuperación:	2.33 años		2.15 años	
7) Tasa de rendimiento:	35% anual		38% anual	

## VII.- PROGRAMA DE COMPUTO PARA EVALUAR LA RECUPERACION DIFERENCIAL EN LA EXPLOTACION DE YACIMIENTOS.

### VII.1 INTRODUCCION AL PROGRAMA DE COMPUTO

Elaborar un programa de cómputo, que permita realizar un determinado proceso sistemático, es esencial dentro de cualquier área profesional.

En un análisis económico, basado en la recuperación diferencial de proyectos de explotación de yacimientos, donde es necesario determinar y calcular una gran variedad de índices económicos, un programa de cómputo que facilitara dichos cálculos sería de gran utilidad, ya que se ahorraría esfuerzo y tiempo, así como la eliminación de los errores humanos más frecuentes ( mal manejo de datos, truncamiento de decimales, inadecuada presentación de resultados, etc.).

En este capítulo se presenta el desarrollo de un programa de cómputo que se denomina "EVECYAC" y que resuelve estas necesidades. En adelante, será referido el programa de cómputo, únicamente por su nombre "EVECYAC", y donde aparezca esta palabra se estará hablando del proceso de cómputo.

Como se explicó, un programa de cómputo resulta indispensable hoy en día, pero debe ser accesible y fácil de entender así como de usar.

De no ser así, en lugar de ayuda será un problema más. Si es un programa rígido ( en donde los datos deban tener un cierto orden, posición, número de dígitos limitado, etc.) su empleo sería restringido e impráctico.

EVECYAC es un programa de cómputo que realiza la evaluación económica diferencial de proyectos de explotación de yacimientos, escrito en lenguaje Basic y accesible a ser instalado en cualquier sistema de -

cómputo que maneje dicho lenguaje.

EVECYAC fue corrido y probado dentro del sistema Hewlett Packard 9825B, y para procesarlo en cualquier otro sistema de cómputo, solo es necesario cambiar las instrucciones de proceso para el sistema en cuestión.

Para facilitar el empleo de EVECYAC, se encuentra escrito de manera conversacional, a manera de tener un diálogo máquina-usuario directamente en pantalla. Si se desea emplear tarjetas perforadas sólo se requiere colocar los valores en orden, aunque esto elimina la enorme ventaja de poder "dialogar" con la máquina.

Cuando se corre EVECYAC en forma conversacional, cualquier usuario puede alimentarle los datos, aunque se encuentre totalmente ajeno al análisis económico.

Lo único que necesita, son los nombres de los datos pedidos, sus valores, y comprobar que las unidades sean correctas.

Una característica de EVECYAC, es que requiere de pocos datos, los que se suministran en el siguiente orden:

- 1.- Número de años del proyecto.
- 2.- Ingreso bruto por barril (\$/bl)
- 3.- Costo de producción por barril (\$/bl)
- 4.- Costo de operación (\$/bl)
- 5.- Costo de la inversión inicial del proyecto (\$)
- 6.- Impuesto (%)
- 7.- Tasa de interés (%)
- 8.- Escalamiento ( \$/bl)
- 9.- Tasa de inflación (%)

EVECYAC está diseñado para manejar un escalamiento tanto negativo como positivo. Debido a que el petróleo presenta en la actualidad una tendencia a la baja en su precio, EVECYAC escala el precio base del hidrocarburo, dependiendo del tiempo de vida de cada proyecto, en forma negativa durante los primeros cinco años y en forma positiva para los cinco posteriores, invirtiéndose el proceso en caso de ser necesario.

Respecto a los costos de producción y de operación, EVECYAC afecta el costo base a partir del segundo año, de acuerdo a la Tasa de inflación considerada.

Para correr el programa en el Sistema Hewlett Packard 9825B, es necesario seguir los siguientes pasos:

- a) Encender la máquina.
- b) Cargar la cinta magnética donde se grabó el programa.
- c) Localizar la pista donde está el programa, Trk 0 (Track 0 = pista 0).
- d) Localizar el archivo donde está el programa, fdf 22 (found file 22 = encuentre archivo 22).
- e) Cargar el archivo donde está el programa, ldf 22 (load file 22= cargue archivo 22).

En este momento, se encuentra el usuario en posibilidad de correr el programa, o bien de hacerle modificaciones. A continuación se muestra la forma en que se lleva a cabo una corrida.

Se tecllea RUN, y aparecerá en pantalla:

"Evaluación Económica Diferencial de Proyectos de Explotación de Yacimientos".

Dato solicitado	Respuesta	Observación
Número de años ?	4	Tecllear CONTINUE
Ingreso bruto por barril (\$/bl)	25	" "

Dato solicitado	Respuesta	Observación	
Costo de producción por barril (\$/bl)	10.2283	Teclar	CONTINUE
Costo de operación anual (\$/bl)?	467,100	"	"
Costo del proyecto (\$)	1,750,000	"	"
Impuesto (%)	50	"	"
Tasa de interés (%)	10	"	"
Escalamiento (\$/bl)	1	"	"
Tasa de inflación (%)	6	"	"

Nota 1: El costo del proyecto (\$), es el costo necesario para llevar a cabo el Mantenimiento de Presión.

A continuación aparecen los datos tecleados:

Número de años:	4
Ingreso bruto por barril (\$/bl):	25
Costo de producción por barril (\$/bl):	10.2283
Costo de operación anual (\$/bl):	467,100
Costo del proyecto (\$):	1,750,000
Impuesto (%):	50
Tasa de interés (%):	10
Escalamiento (\$/bl):	1
Tasa de inflación (%):	6

Continúa el proceso con la introducción de datos de producción -- con y sin mantenimiento de presión.

\*\*\* Proporcione los datos de producción con

\*\*\* Mantenimiento de presión

Dato solicitado	Respuesta	Observación
Producción con mant.de presión (año 1)	365	Teclar: CONTINUE
" " " " (año 2)	365	" "
" " " " (año 3)	277	" "
" " " " (año 4)	185	" "

\*\*\* Proporcione los datos de producción sin

\*\*\* Mantenimiento de presión

Dato solicitado	Respuesta	Observación
Producción sin mant. de presión(año 1)	173	Teclar CONTINUE
" " " " (año 2)	165	" "
" " " " (año 3)	164	" "
" " " " (año 4)	2	" "

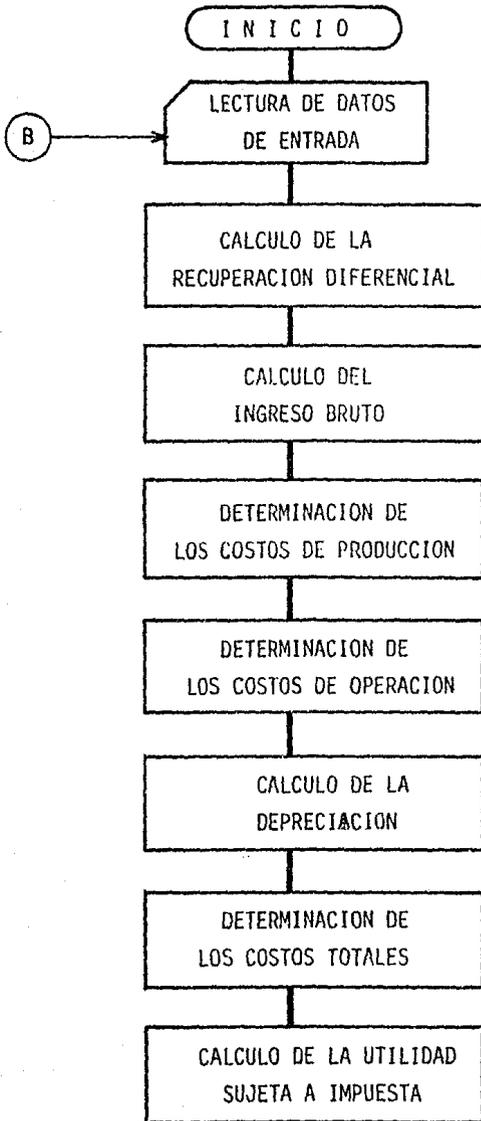
Nota 2: Debido a que los datos de producción son valores muy altos, se encuentran divididos entre 1000, con lo cual se facilita la -- lectura de los cálculos efectuados en el programa. Es decir, - éstos se encuentran expresados en miles.

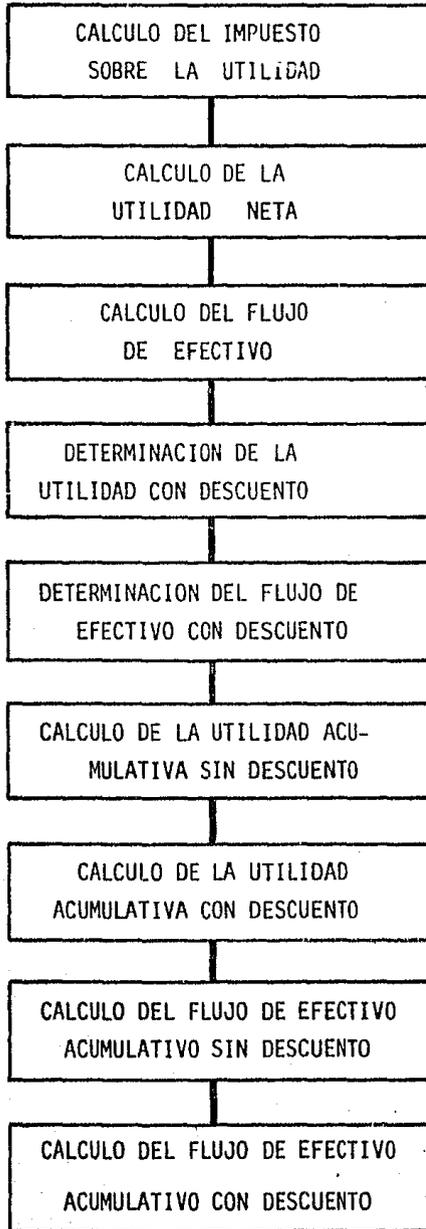
Al efectuar una corrida de EVECAYAC, una vez que han sido introducidos los datos, se generarán columnas de resultados en el siguiente - orden:

- 1) Año
- 2) Producción con mant. de presión
- 3) Producción sin mant. de presión
- 4) Recuperación diferencia
- 5) Ingreso bruto
- 6) Costo de producción
- 7) Costos de operación
- 8) Depreciación

- 9) Costos totales
- 10) Utilidad sujeta a impuesto
- 11) Impuesto sobre utilidad
- 12) Utilidad neta
- 13) Flujo de efectivo
- 14) Utilidad neta con descuento
- 15) Flujo de efectivo con descuento
- 16) Utilidad neta acumulativa sin descuento
- 17) Utilidad neta acumulativa con descuento
- 18) Flujo de efectivo acumulativo sin descuento
- 19) Flujo de efectivo acumulativo con descuento
- 20) Ingreso anual promedio

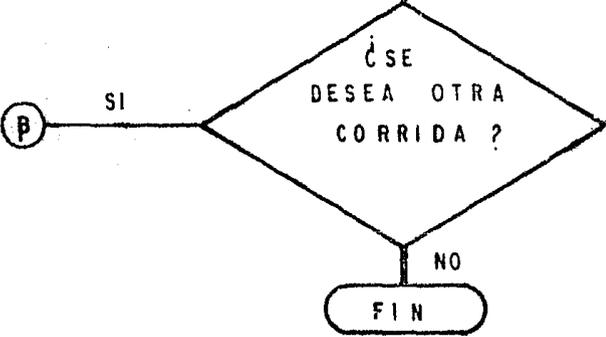
VII.2 DIAGRAMA DE FLUJO





DETERMINACION DEL  
INGRESO ANUAL PROMEDIO

IMPRESION DE  
RESULTADOS



### VII.3 CODIFICACION.

```

01: ent "NUMERO DE AÑOS?",N
11: ent "INGRESO BRUTO POR BARRIL ($/b1)?",A
21: ent "COSTO DE PRODUCCION POR BARRIL ($/b1)?",B
31: ent "COSTO DE OPERACION ($/b1)?",C
41: ent "INVERSION INICIAL ($)?",D
51: ent "IMPUESTO (%)?",E
61: ent "TASA DE INTERES (%)?",O
71: dim M[N],D[N],P[N],I[N],C[N],T[N],U[N],W[N],B[N],Z*[2]
81: dim S[N],N[N],F[N],K[N],L[N],A[N],R[N],G[N],E[N],Z[N]
91: wrt 6," ***PROPORCIONE LOS DATOS DE PRODUCCION CON"
10: wrt 6," ***MANTENIMIENTO DE PRESION."
11: 0->r1
12: for I=1 to N
13: ent M[I];r1+M[I]->r1;next I
14: wrt 6," ";wrt 6," "
15: wrt 6," ***PROPORCIONE LOS DATOS DE PRODUCCION SIN"
16: wrt 6," ***MANTENIMIENTO DE PRESION"
17: 0->r2
18: for I=1 to N
19: ent D[I];r2+D[I]->r2;next I
20: A->r45;B->r46;C->r47
21: % "* DIFERENCIA EN LA PRODUCCION*"
22: 0->r3
23: for I=1 to N
24: M[I]-D[I]->P[I];r3+P[I]->r3;next I
25: % "* INGRESO BRUTO Y COSTO DE PRODUCCION"
26: 0->r4;0->r5
27: for I=1 to N
28: if I=1;B->B[I];gto +4
29: if I<=5;A-1->A;gto +2
30: A+1->A
31: B*1.06->B;B+B[I-1]->B[I]
32: P[I]*A->I[I];I[I]+r4->r4;P[I]*B->C[I];C[I]+r5->r5;next I
33: D/N->M;0->r6;0->r80
34: % "COSTOS TOTALES DEDUCIBLES"
35: for I=1 to N
36: if I=1;C->W[I];gto +2
37: C*1.06->C->W[I]
38: M+C+C[I]->T[I];r6+T[I]->r6
39: W[I]+r80->r80;next I
40: % "UTILIDAD SUJETA A IMPUESTOS"
41: 0->r7
42: for I=1 to N
43: I[I]-T[I]->U[I];r7+U[I]->r7;next I
44: % "IMPUESTO SOBRE LA UTILIDAD"
45: 0->r8
46: for I=1 to N
47: E*U[I]/100->S[I];r8+S[I]->r8;next I
48: % "UTILIDAD NETA DESPUES DEL IMPUESTO"

```

```

49: 0->r9
50: for I=1 to N
51: U[I]-S[I]->N[I];r9+N[I]->r9;next I
52: % "FLUJO DE EFECTIVO SIN DESCUENTO"
53: 0->r10
54: for I=1 to N
55: N[I]+M->F[I];r10+F[I]->r10;next I
56: % "UTILIDAD NETA Y FLUJO DE EFECTIVO CON DESCUENTO"
57: 0->r11->r12
58: for I=1 to N
59: N[I]*(1/(1+D/100) I)->K[I];F[I]*(1/(1+D/100) I)->L[I]
60: r11+K[I]->r11;r12+L[I]->r12;next I
61: % "UTILIDAD NETA ACUMULADA"
62: N[1]->A[1];0->r13
63: for I=2 to N
64: A[I-1]+N[I]->A[I];r13+A[I]->r13;next I
65: % "UTILIDAD NETA ACM. CON DESCUENTO"
66: K[1]->Q[1];F[1]->E[1];L[1]->Z[1]
67: for I=2 to N
68: Q[I-1]+K[I]->Q[I];E[I-1]+F[I]->E[I];Z[I-1]+L[I]->Z[I];next I
69: for I=1 to N; r77+Q[I]->r77;r78+E[I]->r78;r79+Z[I]->r79;
next I
70: % "INGRESO ANUAL PROMEDIO"
71: 0->r14
72: for I=1 to N
73: 100*A[I]/(I*D)->R[I];r14+R[I]->r14;next I
74: fmt 1,2x,"***DATOS: ***";wrt 6.1
75: fmt 2,15x,"PRECIO DE VENTA DEL CRUDO = ",f7.2," dls/bl";
wrt 6.2,r45
76: fmt 1,15x,"COSTO DE PRODUCCION ",6x,"= ",f8.4," dls/bl";
wrt 6.1,r46
77: fmt 1,15x,"COSTO DE OPERACION",8x,"= ",f10.2," dls/año";
wrt 6.1,r47*1000
78: fmt 1,15x,"INVERSION INICIAL ",7x,"= ",f10.2," dls="
79: wrt 6.1,D*1000
80: fmt 1,15x,"IMPUESTO",18x,"= ",f6.2," %";wrt 6.1,E
81: fmt 1,15x,"TASA DE INTERES",11x,"= ",f5.2," %";wrt 6.1,0
82: fmt 1,15x,"FACTOR DE ESCALAMIENTO = ",f1.00," dls/año";
wrt 6.1
83: fmt 1,15x,"TASA DE INFLACION ",8x,"= ",f6.00," %/año",/;
wrt 6.1
84: fmt 1,2x,"*** RESULTADOS: ***",/;wrt 6.1
85: fmt 1,21x,"NOTA: TODOS LOS RESULTADOS (bls y $) SE";wrt 6.1
86: fmt 2,20x,"ENCUENTRAN EN MILES.",/;wrt 6.2
87: fmt 1,2x,"AND",5x,"PROD. CON",5x,"PROD. SIN",5x,"REC.DIF.",5x,
"INGRESO",z
88: fmt 2,5x,"COSTO DE"
89: wrt 6.1;wrt 6.2
90: fmt 3,10x,"MANT.DE ",5x,"MANT. DE ",19x,"BRUTO ",4x,"PROD."
91: wrt 6.3
92: fmt 4,10x,"PRESION ",5x,"PRESION ";wrt 6.4
93: fmt 2,f4.0,6x,f6.1,7x,f6.1,7x,f6.1,7x,f6.1,6x,f6.1

```

```

94: fmt 1,11x,"[b1.]",8x,"[b1.]",8x,"[b1.]",9x,"[€]",9x,"[€]";
    wrt 6.1
95: for I=1 to N
96: wrt 6.2,I-1,M[I],D[I],P[I],I[I],C[I]
97: next I
98: fmt 1,10x,"-----",7x,"-----",7x,"-----",7x,"-----",6x,
    "-----"
99: wrt 6.1
100: fmt 1,8x,f8.1,5x,f8.1,5x,f8.1,5x,f8.1,4x,f8.1
101: wrt 6.1,r1,r2,r3,r4,r5
102: fmt 1,2/,2x,"ANO",5x,"COSTO DE",5x,"DEPRE-",7x,"COSTOS  ",
    5x,"UTILIDAD",z
103: fmt 2,4x,"IMPUESTO";wrt 6.1;wrt 6.2
104: fmt 3,10x,"OPER.  ",5x,"CIACION",6x,"TOTALES ",5x,
    "SUJETA  ",z
105: fmt 4,4x,"S/UTILIDAD";wrt 6.3;wrt 6.4
106: wrt 6," A IMP."
107: fmt 1,12x,"[€]",10x,"[€]",10x,"[€]",10x,"[€]",10x,"[€]";
    wrt 6.1
108: fmt 1,f4.0,6x,f6.1,7x,f6.1,7x,f6.1,7x,f6.1,6x,f6.1
109: for I=1 to N
110: wrt 6.1,I-1,W[I],M,T[I],U[I],S[I];next I
111: fmt 1,10x,"-----",7x,"-----",7x,"-----",7x,"-----",6x,
    "-----"
112: wrt 6.1
113: fmt 1,8x,f8.1,5x,f8.1,5x,f8.1,5x,f8.1,4x,f8.1
114: wrt 6.1,r80,D,r6,r7,r8
115: fmt 1,2/,2x,"ANO",5x,"UTILIDAD",5x,"FLUJO DE",5x,"UTILIDAD",
    5x,"FLUJO",z
116: fmt 2," EF.",3x,"UTIL.ACUM.";wrt 6.1;wrt 6.2
117: fmt 3,10x,"NETA  ",5x,"EFFECTIVO",5x,"C/DESC. ",5x,
    "C/DESC. ",z
118: fmt 4,3x,"S/DESC.";wrt 6.3;wrt 6.4
119: fmt 1,12x,"[€]",10x,"[€]",10x,"[€]",10x,"[€]",10x,"[€]";
    wrt 6.1
120: fmt 1,f4.0,6x,f6.1,7x,f6.1,7x,f6.1,7x,f6.1,6x,f6.1
121: for I=1 to N
122: wrt 6.1,I-1,N[I],F[I],K[I],L[I],A[I];next I
123: fmt 1,10x,"-----",7x,"-----",7x,"-----",7x,"-----",6x,
    "-----"
124: wrt 6.1
125: fmt 1,8x,f8.1,5x,f8.1,5x,f8.1,5x,f8.1,4x,f8.1
126: wrt 6.1,r9,r10,r11,r12,ACN]
127: fmt 1,2/,2x,"ANO",5x,"UTIL.ACUM.",3x,"FLUJO EF.",4x,
    "FLUJO EF.",z
128: fmt 2,4x,"INGRESO ANUAL";wrt 6.1;wrt 6.2
129: fmt 1,10x,"C/DESC.",6x,"ACUM.",8x,"ACUM.",8x,"PROMEDIO";
    wrt 6.1
130: fmt 1,23x,"S/DESC.",6x,"C/DESC.";wrt 6.1
131: fmt 1,12x,"[€]",10x,"[€]",10x,"[€]",10x,"[€]",10x,"[€]";wrt 6.1
132: fmt 1,f4.0,6x,f7.1,6x,f7.1,6x,f7.1,5x,f7.2
133: for I=1 to N

```

```

134: wrt 6.1, I-1, Q[I], E[I], Z[I], R[I]; next I
135: fmt 1, 10x, "-----", 7x, "-----", 7x, "-----", 7x, "-----"
136: wrt 6.1
137: fmt 1, 9x, f8.1, 5x, f8.1, 5x, f8.1, 4x, f8.2
138: wrt 6.1, Q[N], E[N], Z[N], R[N]
139: fmt 1, /, /, 5x, "RESUMEN:", /, 5x, "====="; wrt 6.1
140: fmt 1, 2x, "1) RECUPERACION DIFERENCIAL : ", 2x, f9.1, " bl.";
wrt 6.1, r3
141: fmt 1, /, 37x, "SIN DESCUENTO CON DESCUENTO"; wrt 6.1
142: fmt 1, 2x, "2) UTILIDAD DESPUES DEL IMPUESTO : ", " $", f9.1,
6x, " $", f9.1, /
143: wrt 6.1, 1000*r9, 1000*r11
144: fmt 1, 2x, "3) FLUJO DE EFECTIVO : ", 11x, " $", f9.1, 6x, " $",
f9.1, /
145: wrt 6.1, 1000*r10, 1000*r12
146: fmt 1, 2x, "4) INGRESO ANUAL PROMEDIO : ", 8x, f5.2, " %", /;
wrt 6.1, R[N]
147: fmt 1, 2x, "5) ESTADO CREDITICIO : ", 14x, f4.2, /; wrt 6.1, r9/D
148: fmt 1, 5x, "NOTA:", /, 5x, "=====", /, 9x, "PARA OBTENER EL PERIODO
DE RECUPE", z
149: fmt 2, "RACION, GRAFIQUE EL FLUJO DE -"; wrt 6.1; wrt 6.2
150: fmt 1, 5x, "EFECTIVO ACUMULATIVO CONTRA EL TIEMPO."; wrt 6.1
151: fmt 1, 9x, "PARA CALCULAR LA TASA DE RENDIMIENTO, ELABORE
LA TABLA DE FLU-"
152: fmt 2, 5x, "JO DE EFECTIVO A DIFERENTES TASAS DE INTERES Y
GRAFIQUE."
153: wrt 6.1; wrt 6.2
154: fmt 1, 9x, "EN AMBAS GRAFICAS INDIQUE LA INVERSION INICIAL;
LA INTERSEC-"
155: fmt 2, 5x, "CION DE ESTA CON LA CURVA, PROPORCIONARA EL
PERIODO DE RECU", z
156: fmt 3, "PERA-"; wrt 6.1; wrt 6.2; wrt 6.3
157: fmt 1, 5x, "CION O LA TASA DE RENDIMIENTO SEGUN SEA EL CASO.";
wrt 6.1
158: ent "DESEA REALIZAR OTRO CALCULO(S/N) ?"; Z#
159: if Z#="S"; goto 0
160: end
*11441

```

#### VII.4 IMPRESION DE RESULTADOS.

A continuación se presentan unas corridas de EVECYNAC, utilizando los datos de los ejemplos vistos en el capítulo VI.

Ejemplo 1:

\*\*\*DATOS: \*\*\*

PRECIO DE VENTA DEL CRUDO	=	25.00 dls/bl
COSTO DE PRODUCCION	=	7.00 dls/bl
COSTO DE OPERACION	=	467100.00 dls/año
INVERSION INICIAL	=	1750000.00 dls
IMPUESTO	=	50.00 %
TASA DE INTERES	=	10.00 %
FACTOR DE ESCALAMIENTO	=	1.00 dls/año
TASA DE INFLACION	=	6.00 %/año

\*\*\*RESULTADOS: \*\*\*

NOTA: TODOS LOS RESULTADOS (bls. y \$) SE ENCUENTRAN EN MILES.

ANO	PROD.CON MANT. DE PRESION	PROD.SIN MANT. DE PRESION	REC.DIF.	INGRESO BRUTO	COSTO DE PROD.
	[bl.]	[bl.]	[bl.]	[\$]	[\$]
0	365.0	173.0	192.0	4800.0	1344.0
1	365.0	165.0	200.0	4800.0	1484.0
2	277.0	164.0	113.0	2599.0	888.8
3	185.0	2.0	183.0	4026.0	1525.7
	-----	-----	-----	-----	-----
	1192.0	504.0	688.0	16225.0	5245.5

ANO	COSTO DE OPER.	DEPRE- CIACION	COSTOS TOTALES	UTILIDAD SUJETA A IMP.	IMPUESTO S/UTILIDAD
	[\$]	[\$]	[\$]	[\$]	[\$]
0	467.1	437.5	2248.6	2551.4	1275.7
1	495.1	437.5	2416.6	2383.4	1191.7
2	524.8	437.5	1851.1	747.9	373.9
3	556.3	437.5	2519.5	1506.5	753.2
	-----	-----	-----	-----	-----
	2043.4	1750.0	9035.8	7189.2	3594.6

ANO	UTILIDAD NETA	FLUJO DE EFECTIVO	UTILIDAD C/DESC.	FLUJO EF. C/DESC.	UTIL.ACUM. S/DESC.
	[\$]	[\$]	[\$]	[\$]	[\$]
0	1275.7	1713.2	1159.7	1557.5	1275.7
1	1191.7	1629.2	984.9	1346.4	2467.4
2	373.9	811.4	281.0	609.7	2841.3
3	753.2	1190.7	514.5	813.3	3594.6
	-----	-----	-----	-----	-----
	3594.6	5344.6	2940.0	4326.8	3594.6

AÑO	UTIL. ACUM. C/DESC.	FLUJO EF. ACUM. S/DESC.	FLUJO EF. ACUM. C/DESC.	INGRESO ANUAL PROMEDIO
	[\$]	[\$]	[\$]	[%]
0	1159.7	1713.2	1557.5	72.90
1	2144.6	3342.4	2903.9	70.50
2	2425.5	4153.8	3513.5	54.12
3	2940.0	5344.6	4326.8	51.35
	-----	-----	-----	-----
	2940.0	5344.6	4326.8	51.35

RESUMEN:

=====

- |                                    |                              |                              |
|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1) RECUPERACION DIFERENCIAL :      | 688.0 bl.                    |                              |
|                                    |                              |                              |
| 2) UTILIDAD DESPUES DEL IMPUESTO : | SIN DESCUENTO<br>\$3594578.9 | CON DESCUENTO<br>\$2940021.0 |
| 3) FLUJO DE EFECTIVO :             | \$5344578.9                  | \$4326837.2                  |
| 4) INGRESO ANUAL PROMEDIO :        | 51.35%                       |                              |
| 5) ESTADO CREDITICIO:              | 2.05                         |                              |

NOTA:

=====

PARA OBTENER EL PERIODO DE RECUPERACION, GRAFIQUE EL FLUJO DE EFECTIVO ACUMULATIVO CONTRA EL TIEMPO.

PARA CALCULAR LA TASA DE RENDIMIENTO, ELABORE LA TABLA DE FLUJO DE EFECTIVO A DIFERENTES TASAS DE INTERES Y GRAFIQUE.

EN AMBAS GRAFICAS INDIQUE LA INVERSION INICIAL; LA INTERSECCION DE ESTA CON LA CURVA, PROPORCIONARA EL PERIODO DE RECUPERACION O LA TASA DE REDIMIENTO SEGUN SEA EL CASO.

Ejemplo 2:

\*\*\*DATOS: \*\*\*

PRECIO DE VENTA DEL CRUDO	=	25.00	dls/bl
COSTO DE PRODUCCION	=	7.00	dls/bl
COSTO DE OPERACION	=	179000.00	dls/año
INVERSION INICIAL	=	2522000.00	dls
IMPUESTO	=	50.00	%
TASA DE INTERES	=	10.00	%
FACTOR DE ESCALAMIENTO	=	1.00	dls/año
TASA DE INFLACION	=	6.00	%/año

\*\*\*RESULTADOS: \*\*\*

NOTA: TODOS LOS RESULTADOS (bls. y \$) SE ENCUENTRAN EN MILES.

AÑO	PROD. CON MANT. DE PRESION [ \$ ]	PROD. SIN MANT. DE PRESION [ bl. ]	REC. DIF. [ bl. ]	INGRESO BRUTO [ \$ ]	COSTO DE PROD. [ \$ ]
0	160.0	160.0	0.0	0.0	0.0
1	438.0	136.0	302.0	7248.0	2240.8
2	310.0	117.0	193.0	4439.0	1518.0
3	217.0	99.0	118.0	2596.0	983.8
4	152.0	84.0	68.0	1428.0	600.9
5	106.0	71.0	35.0	770.0	327.9
6	74.0	61.0	13.0	299.0	129.1
7	52.0	45.0	7.0	168.0	73.7
8	36.0	20.0	16.0	400.0	178.5
	-----	-----	-----	-----	-----
	1545.0	793.0	752.0	17348.0	6052.7

AÑO	COSTO DE OPER. [ \$ ]	DEPRE- CIACION [ \$ ]	COSTOS TOTALES [ \$ ]	UTILIDAD SUJETA A IMP. [ \$ ]	IMPUESTO S/UTILIDAD [ \$ ]
0	179.0	280.2	459.2	-459.2	-229.6
1	189.7	280.2	2710.8	4537.2	2268.6
2	201.1	280.2	1999.3	2439.7	1219.8
3	213.2	280.2	1477.2	1118.8	559.4
4	226.0	280.2	1107.1	320.9	160.4
5	239.5	280.2	847.6	-77.6	-38.8
6	253.9	280.2	663.2	-364.2	-182.1
7	269.1	280.2	623.0	-455.0	-227.5
8	285.3	280.2	744.0	-344.0	-172.0
	-----	-----	-----	-----	-----
	2056.9	2522.0	10631.6	6716.4	3358.2

AÑO	UTILIDAD NETA	FLUJO DE EFECTIVO	UTILIDAD C/DESC.	FLUJO EF. C/DESC.	UTIL. ACUM. S/DESC.
	[\$]	[\$]	[\$]	[\$]	[\$]
0	-229.6	50.6	-208.7	46.0	-229.6
1	2268.6	2548.8	1874.9	2106.5	2039.0
2	1219.8	1500.1	916.5	1127.0	3258.8
3	559.4	839.6	382.1	573.5	3818.2
4	160.4	440.6	99.6	273.6	3978.7
5	-38.8	241.4	-21.9	136.3	3939.8
6	-182.1	98.1	-93.5	50.3	3757.7
7	-227.5	52.7	-106.1	24.6	3530.2
8	-172.0	108.2	-73.0	45.9	3358.2
	3358.2	5880.2	2769.9	4383.7	3358.2

AÑO	UTIL. ACUM. C/DESC.	FLUJO EF. ACUM. S/DESC.	FLUJO EF. ACUM. C/DESC.	INGRESO ANUAL PROMEDIO
	[\$]	[\$]	[\$]	[%]
0	-208.7	50.6	46.0	-9.10
1	1666.1	2599.4	2152.5	40.42
2	2582.6	4099.5	3279.5	43.07
3	2964.7	4939.1	3853.0	37.85
4	3064.3	5379.8	4126.6	31.55
5	3042.4	5261.2	4262.8	26.04
6	2948.9	5719.3	4313.2	21.29
7	-2842.8	5772.0	4337.8	17.50
	2769.9	5880.2	4383.7	14.80

**RESUMEN:**

- =====
- |                                    |             |   |
|------------------------------------|-------------|---|
| 1) RECUPERACION DIFERENCIAL :      | 752.0 bl.   |   |
| 2) UTILIDAD DESPUES DEL IMPUESTO : | \$3358186.6 | SIN DESCUENTO<br>CON DESCUENTO<br>\$2769855.2 |
| 3) FLUJO DE EFECTIVO :             | \$5880186.6 | \$4383661.7                                   |
| 4) INGRESO ANUAL PROMEDIO:         | 14.80%      |   |
| 5) ESTADO CREDITICIO :             | 1.33        |   |

**NOTA:**

=====

PARA OBTENER EL PERIODO DE RECUPERACION, GRAFIQUE EL FLUJO DE EFECTIVO ACUMULATIVO CONTRA EL TIEMPO.

PARA CALCULAR LA TASA DE RENDIMIENTO, ELABORE LA TABLA DE FLUJO DE EFECTIVO A DIFERENTES TASAS DE INTERES Y GRAFIQUE.

EN AMBAS GRAFICAS INDIQUE LA INVERSION INICIAL; LA INTERSECCION DE ESTA CON LA CURVA, PROPORCIONARA EL PERIODO DE RECUPERACION O LA TASA DE RENDIMIENTO SEGUN SEA EL CASO.

## Ejemplo 3:

## \*\*\*DATOS: \*\*\*

PRECIO DE VENTA DEL CRUDO	=	25.00 dls/bl
COSTO DE PRODUCCION	=	7.00 dls/bl
COSTO DE OPERACION	=	179000.00 dls/año
INVERSION INICIAL	=	2522000.00 dls
IMPUESTO	=	50.00 %
TASA DE INTERES	=	10.00 %
FACTOR DE ESCALAMIENTO	=	1.00 dls/año
TASA DE INFLACION	=	6.00 %/año

## \*\*\*RESULTADOS: \*\*\*

NOTA: TODOS LOS RESULTADOS (bls. y \$) SE ENCUENTRAN EN MILES.

ANO	PROD. CON MANT. DE PRESION	PROD. SIN MANT. DE PRESION	REC. DIF.	INGRESO BRUTO	COSTO DE PROD.
	[bl.]	[bl.]	[bl.]	[\$]	[\$]
0	160.0	160.0	0.0	0.0	0.0
1	438.0	136.0	302.0	7248.0	2240.8
2	310.0	117.0	193.0	4439.0	1518.0
3	217.0	99.0	118.0	2596.0	983.8
4	152.0	84.0	68.0	1428.0	600.9
	-----	-----	-----	-----	-----
	1277.0	596.0	681.0	15711.0	5343.5

ANO	COSTO DE OPER.	DEPRE- CIACION	COSTOS TOTALES	UTILIDAD SUJETA A IMP.	IMPUESTO S/UTILIDAD
	[\$]	[\$]	[\$]	[\$]	[\$]
0	179.0	504.4	683.4	-683.3	-341.7
1	189.7	504.4	2935.0	4313.0	2156.5
2	201.1	504.4	2223.5	2215.5	1107.7
3	213.2	504.4	1701.4	894.6	447.3
4	226.0	504.4	1331.3	96.7	48.3
	-----	-----	-----	-----	-----
	1009.0	2522.0	8874.6	6836.4	3418.2

ANO	UTILIDAD NETA	FLUJO DE EFECTIVO	UTILIDAD C/DESC.	FLUJO EF. C/DESC.	UTIL. ACUM. S/DESC.
	[\$]	[\$]	[\$]	[\$]	[\$]
0	-341.7	162.7	-310.6	147.9	-341.7
1	2156.5	2260.9	1782.2	2199.1	1814.8
2	1107.7	1612.1	832.3	1211.2	2922.6
3	447.3	951.7	305.5	650.0	3369.9
4	48.3	552.7	30.0	343.2	3418.2
	-----	-----	-----	-----	-----
	3418.2	5940.2	2639.4	4551.5	3418.2

ANO	UTIL.ACUM. C/DESC.	FLUJO EF. ACUM. S/DESC.	FLUJO EF. ACUM. C/DESC.	INGRESO ANUAL PROMEDIO
	[\$]	[\$]	[\$]	[%]
0	-310.6	162.7	147.9	-13.55
1	1471.6	2823.6	2347.0	35.98
2	2303.9	4435.8	3558.2	38.63
3	2609.4	5387.5	4208.3	33.40
4	2639.4	5940.2	4551.5	27.11
	-----	-----	-----	-----
	2639.4	5940.2	4551.5	27.11

RESUMEN:

=====

1) RECUPERACION DIFERENCIAL :	681.0 bl.	
	SIN DESCUENTO	CON DESCUENTO
2) UTILIDAD DESPUES DEL IMPUESTO :	\$3418209.3	\$2639405.7
3) FLUJO DE EFECTIVO:	\$5940209.3	\$4551478.5
4) INGRESO ANUAL PROMEDIO :	27.11%	
5) ESTADO CREDITICIO:	1.36	

NOTA:

====

PARA OBTENER EL PERIODO DE RECUPERACION, GRAFIQUE EL FLUJO DE-EFECTIVO ACUMULATIVO CONTRA EL TIEMPO.

PARA CALCULAR LA TASA DE RENDIMIENTO, ELABORE LA TABLA DE FLUJO DE EFECTIVO A DIFERENTES TASAS DE INTERES Y GRAFIQUE.

EN AMBAS GRAFICAS INDIQUE LA INVERSION INICIAL; LA INTERSECCION DE ESTA CON LA CURVA, PROPORCIONARA EL PERIODO DE RECUPERACION O LA TASA DE RENDIMIENTO SEGUN SEA EL CASO.

## VIII. EVALUACION ECONOMICA DE LA INYECCION CON NITROGENO PARA YACIMIEN- TOS DE GAS Y CONDENSADO.

### VIII.1 YACIMIENTOS DE GAS Y CONDENSADO.

En la figura 8.1 se presenta un diagrama de gases de los fluidos-- de un yacimiento de gas y condensado; caso que se presenta cuando la--- temperatura del yacimiento cae entre la temperatura crítica y la cri--- condeterma de la mezcla de hidrocarburos. El punto crítico generalmen--- te cae a la izquierda de la cricondenbara y las líneas de calidad se car--- gan predominantemente hacia la línea de puntos de burbuja. Si la pre--- sión del yacimiento es superior a la presión del rocío de la mezcla, --- los fluidos se encuentran inicialmente en estado gaseoso. Los fluidos-- que penetran al pozo, en su camino hasta el tanque de almacenamiento, -- sufren una fuerte reducción, tanto en temperatura como en presión y pe--- netran rápidamente en la región de dos fases para llegar a la superficie con relaciones gas-aceite que varían, aproximadamente entre los 1,000 y 10,000 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, variando el contenido de licuables en el gas según las con--- diciones y el número de etapas de separación, pero siendo generalmente--- entre 50 y 70 Bls/10<sup>6</sup> pies<sup>3</sup>. El líquido recuperable es en general de - coloración ligera, con densidades que varían entre 0.8 y 0.75 gr/cm<sup>3</sup>.

Cuando en el yacimiento se produce una reducción isotérmica de la - presión y se cruza la presión de rocío, se entra a la región de dos fa--- ses, ocurriendo la llamada condensación retrograda de las fracciones pe

sadas e intermedias, que se depositan como líquido en los poros de la roca; los hidrocarburos así depositados no logran fluir hacia los pozos, ya que raramente se alcanza la saturación crítica de líquido. El efecto dañino de permitir la condensación retrógrada, tiene el agravante de que lo que se deposita son las fracciones más pesadas de la mezcla y, por lo tanto, no sólo se pierde la parte de mayor valor en el yacimiento, sino que el fluido que se continúa extrayendo se empobrece en cuanto a su contenido de tales fracciones.

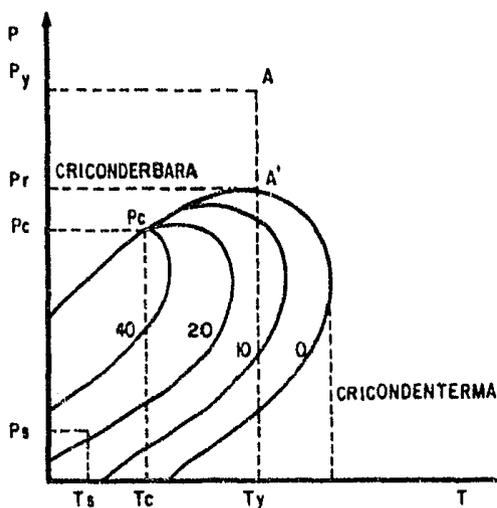


FIG. 8.1 . DIAGRAMA DE FASES DE UN YACIMIENTO DE GAS Y CONDENSADO

De lo anterior se desprende la enorme importancia de explotar los yacimientos de gas y condensado bajo programas de mantenimiento de presión, con el objeto de evitar que en el yacimiento se entre a la región de dos fases y así evitar los problemas ya mencionados.

## VIII.2 ANALISIS ECONOMICO

Los yacimientos de gas y condensado hasta hace algún tiempo fueron explotados bajo programas de mantenimiento de presión total o parcial, mediante la inyección de gas natural seco. La tecnología para llevar a cabo lo anterior se encuentra disponible, así como debidamente probada. Sin embargo, el incremento en el valor del gas natural, así como la escasez del mismo, han hecho generalmente incosteable, utilizar el gas -- que está listo para la venta, en proyectos de inyección para yacimientos de gas y condensado con el propósito de mantener la presión.

Debido a lo anterior, en la actualidad se realizan estudios sobre la factibilidad económica de utilizar nitrógeno, producido criogenicamente, como un sustituto del gas natural, para mantener la presión del yacimiento, en yacimientos de gas y condensado.

Existen muchos factores que afectan la economía en un proyecto de inyección de un gas. Por lo general, los tres factores más importantes son:

- 1) Precios
- 2) Contenido de líquidos ac.s. del gas producido

3) El grado de heterogeneidad del yacimiento.

Para realizar la evaluación económica de inyectar nitrógeno a un yacimiento de gas y condensado es necesario que las predicciones, tanto del comportamiento del yacimiento, como económicas se realicen considerando tres diferentes métodos:

- 1) Abatimiento de presión (sin inyección)
- 2) Mantenimiento de presión con inyección de nitrógeno.
- 3) Mantenimiento de presión con inyección de gas residual

Los resultados tanto del comportamiento como económicos, deben presentarse para los casos que produzcan el máximo ingreso en valor actual.

Asimismo, las evaluaciones económicas deben realizarse considerando dos casos:

- a) Que los precios y costos permanezcan constantes durante la vida de los proyectos.
- b) Que los precios y costos tengan escalamiento a una tasa  $i$  anual.

#### PROCEDIMIENTO DEL ANALISIS

Se divide en dos partes importantes:

- 1) Predicciones del comportamiento del yacimiento.
- 2) Predicciones económicas.

#### VIII.2.1 PREDICCIONES DEL COMPORTAMIENTO DEL YACIMIENTO

#### VIII.2.1.1 DESCRIPCION DEL YACIMIENTO

Para realizar una evaluación económica de la inyección de nitrógeno en un yacimiento de gas y condensado, es necesario obtener predicciones del comportamiento del yacimiento. Para lograr lo anterior, es necesario llevar a cabo estudios de Ingeniería de Yacimientos que permitan las propiedades básicas del yacimiento como son:

- 1) Profundidad promedio
- 2) Presión inicial
- 3) Temperatura
- 4) Area total
- 5) Espesor promedio
- 6) Porosidad promedio
- 7) Saturación promedio de agua
- 8) Volumen de roca
- 9) Volumen poroso de hidrocarburos

#### VIII.2.1.2 PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS DEL YACIMIENTO.

Mediante una muestra representativa de la mezcla de hidrocarburos de un yacimiento de gas y condensado, se debe efectuar un análisis de los fluidos que permita conocer su composición, producción de líquidos, propiedades físicas y características retrógradas como una función de la presión, a la temperatura del yacimiento.

Para llevar a cabo lo anterior se puede utilizar una celda PVT --

(Presión-Volumen-Temperatura); o bien un simulador composicional computarizado, para así obtener el estudio del comportamiento de los fluidos al abatirles la presión.

Los resultados se presentan generalmente de la siguiente manera:

Composición en por ciento Mol:

- 1) Nitrógeno
- 2) Bióxido de carbono
- 3) Metano
- 4) Etano
- 5) Propano
- 6) iso-butano
- 7) n-butano
- 8) iso-Pentano
- 9) n-Pentano
- 10) Hexano
- 11) Heptano y más pesado
- 12) Densidad del heptano y más pesados a condiciones estandar
- 13) Peso molecular del heptano y más pesados
- 14) Presión de rocío
- 15) Temperatura del yacimiento
- 16) Contenido de líquidos a c.s. en el tanque de almacenamiento --  
(utilizando simulador)
- 17) Máximo volumen de líquido retrogrado en por ciento.

### VIII.2.1.3 HETEROGENEIDAD DEL YACIMIENTO

Para describir la heterogeneidad del yacimiento, se puede utilizar un método que refleja la relación máxima-mínima de permeabilidad. El mecanismo de obtener una distribución de permeabilidad por este método, consiste en agrupar y promediar los datos básicos de análisis de núcleos para obtener una permeabilidad promedio como una función del volumen poroso acumulativo. Esta relación se grafica en papel semi-logaritmo (fig. VIII.2) y se ajusta una recta a través de la porción de línea recta de los datos. La relación de las máximas y mínimas permeabilidades obtenidas en la intersección de esta línea con los puntos de 0 y 100% de volumen poroso se usa como un índice de la heterogeneidad del yacimiento.-- Esta técnica reduce las anomalías asociadas con los límites altos y bajos de la distribución de permeabilidad.

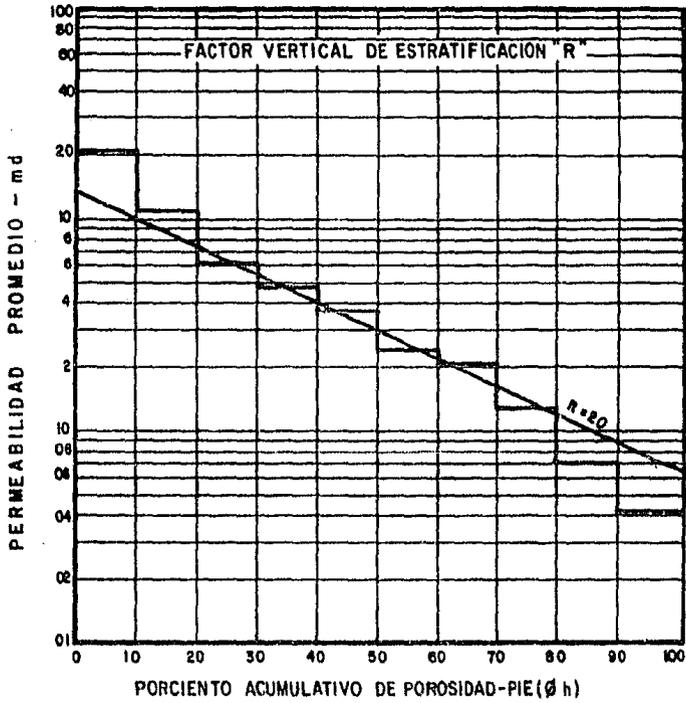


FIGURA 8.2.-FACTOR VERTICAL DE ESTRATIGRAFICACION.

#### VIII.2.1.4 METODOS PARA EFECTUAR EL CALCULO DEL COMPORTAMIENTO DEL YACIMIENTO.

El objetivo es evaluar el potencial económico de un proceso, así como algunos de los factores que influyen en la economía del mismo. Para esto se pueden utilizar modelos computarizados de balance de materiales, ya que esto permite efectuar cálculos repetitivos del comportamiento, variando las propiedades del fluido, grados de heterogeneidad y el tiempo en el cual se inicia el depresionamiento del yacimiento al suspender la inyección de gas.

Es conveniente, que el modelo de balance de materiales calcule los gastos de los fluidos del pozo, la fracción del gas seco producido, los gastos de gas en el separador, gastos de gas para ventas, así como de gas residual y condensados producidos en la planta, volúmenes inyectados y la presión del yacimiento como una función del tiempo.

Cuando la investigación se enfoca a la evaluación y diseño de un proyecto específico, se deberá usar un modelo más sofisticado.

Las predicciones del comportamiento para la mezcla de fluidos del yacimiento, deben realizarse como ya se dijo considerando tres diferentes métodos de explotación.

- 1) Abatimiento de presión (sin inyección)
- 2) Mantenimiento de presión con inyección de nitrógeno.
- 3) Mantenimiento de presión con inyección de gas residual.

## VIII.2.2 PREDICCIONES ECONOMICAS

Los factores económicos necesarios para realizar las evaluaciones económicas de las predicciones, se dividen en dos categorías. Estas categorías son aquellos puntos peculiares para inyección de nitrógeno y los parámetros económicos básicos comunes a todas las operaciones de inyección de gas. Estos se discutirán posteriormente.

### VIII.2.2.1 GENERACION DE NITROGENO

La producción de nitrógeno, mediante la separación criogénica de los componentes del aire, ha estado en uso desde principios de siglo y constituye el método más económico de producir nitrógeno puro.

Se puede, por un lado, comprar el equipo generador de nitrógeno y hacerlo parte de las instalaciones; o bien comprar el nitrógeno directamente de un contratista. Generalmente es más económico comprar el nitrógeno de un contratista, debido a que no se requiere desembolso inicial de capital.

El concepto fundamental en la generación de nitrógeno es enfriar el aire a su temperatura de licuación y entonces destilarlo. Para proporcionar bajas temperaturas, se debe utilizar un ciclo de refrigeración, el cual consiste de: un compresor de aire, un cambiador de calor y una turbina de expansión. La columna de destilación completa el cuarto componente mayor del ciclo. Se usan compresoras reciprocantes o centrífugas para comprimir el nitrógeno a las presiones de inyección.

VIII.2.2.2 FACTORES QUE AFECTAN EL COSTO EN PROYECTOS DE INYECCION CON NITROGENO.

Muchos factores afectan el costo de nitrógeno. Debido a que alguno de estos factores puede tener un efecto elevado sobre los costos de nitrógeno, es importante que cuando un proyecto específico se lleve a cabo se evalúen los costos del mismo, tomando en consideración las condiciones particulares del proyecto.

El factor que tiene el efecto mayor sobre el costo de nitrógeno, es el costo de la energía necesaria para producirlo y comprimirlo.

Las compresoras de aire, para los generadores de nitrógeno pueden ser operados con motores eléctricos, turbinas de gas, o motores de gas o diesel. Los generadores grandes de nitrógeno, usados para operaciones de inyección, requieren aproximadamente 15 a 15.5 BHP-HR por 1,000 pies<sup>3</sup> de nitrógeno puro a 5,000 lb/pg<sup>2</sup>.

La figura 8.3 muestra los costos de los componentes básicos en un proyecto de inyección de nitrógeno.

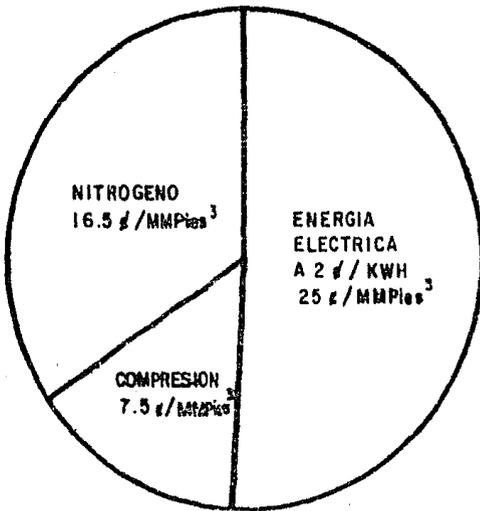


FIG. 8.3.-COSTOS DE LOS COMPONENTES BASICOS EN UN PROYECTO DE INYECCION DE NITROGENO .

La constitución especial del equipo de separación criogénica del - aire, resulta en una elevada economía de escalamiento. La figura 8.4 - muestra la importancia del tamaño de la planta en la determinación de - los costos de nitrógeno. Se nota que el costo de energía, como se dis- cutió, debe ser agregado para evaluar su costo total.

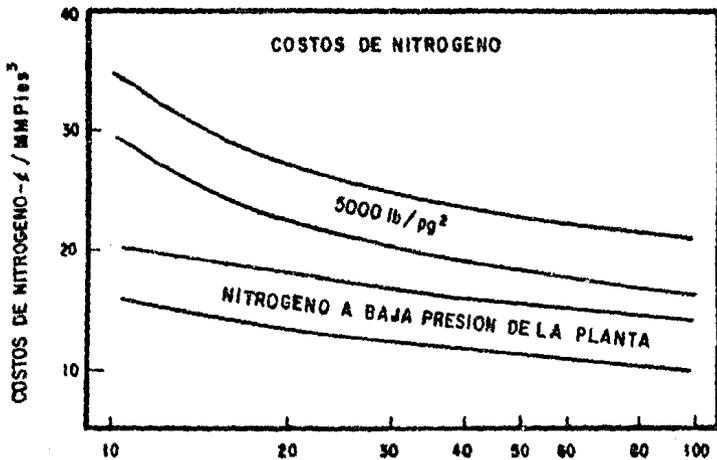


FIG. 8.4.- COSTOS DE NITROGENO A LA SALIDA DE LA PLANTA A - BAJA PRESION Y A 5000 lb/pg².

El último factor que afecta el costo del nitrógeno es la ubicación. La ubicación tiene un efecto pronunciado sobre algunos puntos como son: la facilidad de acceso para la construcción de la planta, el personal de operación y mantenimiento y protección del equipo contra el medio ambiente.

El consumo de energía específica varía con la altitud. El efecto de estos puntos es variado, por lo cual cada ubicación posible debe ser analizada en forma particular. Debido a que la mayoría de las aplicaciones a campos petroleros se encuentran en ubicaciones lejanas, es importante que los usuarios potenciales evalúen este componente del costo cuidadosamente.

La figura - 8.4 - muestra aproximadamente los costos de nitrógeno a baja presión y a  $5,000 \text{ lb/pg}^2$  para plantas electrificadas. Cuando se usa esta figura, es importante tener en mente los siguientes parámetros:

- a) Energía. Excluida de las curvas de costos.
- b) Pureza. 99.995% de nitrógeno, extraído todo el vapor de agua.
- c) Ritmo de producción. Al 100% de capacidad.
- d) Costo base. Octubre de 1978.

### VIII.2.2.3 SEPARACION DEL NITROGENO PRODUCIDO

Al igual que la generación de nitrógeno en la separación del mismo, a partir de una corriente de gas producida, después de su surgencia, se emplea una tecnología criogénica especializada.

A continuación se describirá brevemente el proceso básico de separación de nitrógeno, así como los factores que afectan su costo.

A diferencia de la producción de nitrógeno, la separación del mismo es usualmente llevada a cabo en forma más económica si el operador de campo posee y opera el equipo de separación de nitrógeno, aunque esta puede ser llevada a cabo como un proceso de servicio suministrado -- por contratistas exteriores.

La primera razón para esto, es que la planta de separación de nitrógeno debe estar completamente integrada dentro de las instalaciones existentes o planeadas de procesamiento de gas para que los costos sean completamente efectivos.

Mucho del pretratamiento necesario en la alimentación para la separación del nitrógeno, se requiere frecuentemente en sistemas de recuperación de propano y etano.

Además las temperaturas extremadamente bajas requeridas para la separación de nitrógeno significan que la recuperación de propano y etano pueda ser llevada a cabo dentro de la misma unidad de separación.

El proceso básico en la separación, es la destilación del nitrógeno a partir de la corriente de alimentación de hidrocarburos rica en metano. Debido a que esto se efectúa a temperaturas criogénicas, las impurezas volátiles menores, tales como agua, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S e hidrocarburos pesados, deben ser eliminadas en primer lugar. También debido a que la -

destilación debe efectuarse abajo de la presión crítica (480 kg/pg<sup>2</sup> para nitrógeno) la recompresión del producto a la presión de la línea es generalmente necesaria.

El equipo de separación de nitrógeno tiene tres fases principales:

#### VIII.2.2.3.1) PRETRATAMIENTO

Los requerimientos de eliminación de ácido sulfhídrico y de agua son similares a los de plantas de gas licuado. El nivel de dióxido de carbono que puede ser tolerado en la caja de enfriamiento para separar el nitrógeno, depende de la composición de los hidrocarburos en la corriente de alimentación. El nivel es generalmente más bajo que el requerido para plantas de gas licuado.

#### VIII.2.2.3.2) CAJA DE ENFRIAMIENTO PARA SEPARAR EL NITROGENO.

En esta unidad, la corriente de alimentación se enfría abajo de la temperatura de licuación de la mezcla de gas antes de entrar a la columna de destilación, donde es destilada contra un reflujo de nitrógeno líquido.

En las plantas de separación de nitrógeno diseñadas para proyectos de recirculación normalmente se usa una columna de destilación doble, para permitir manejar en la caja de enfriamiento un amplio rango de concentraciones de nitrógeno. Un turbo expansor utiliza parte de la energía de la corriente del proceso, para proporcionar refrigeración al mismo. Normalmente se usa una bomba de metano líquido para minimizar los requere

rimientos de recomprimir el producto.

El producto así como las corrientes de desecho son recalentadas a temperaturas apropiadas antes de salir de la caja de enfriamiento. Una unidad eficiente de separación de nitrógeno recuperará 99% de metano y esencialmente todos los hidrocarburos pesados.

#### VIII.2.2.3.3) Recompresión

La presión de la corriente de gas producido conforme sale de la caja de enfriamiento, varía de acuerdo a la concentración de nitrógeno en la corriente de alimentación del gas. Conforme se incrementa la concentración de nitrógeno en la alimentación, la presión a la cual el gas natural se produce puede también ser incrementada.

#### VIII.2.2.4. FACTORES QUE AFECTAN EL COSTO DE LA SEPARACION DE NITROGENO

Como en el caso de la generación de nitrógeno, el costo de las plantas de separación depende de su tamaño.

La composición en la alimentación, puede tener también un efecto pronunciado en el costo de separación. Debido a las muy bajas temperaturas criogénicas involucradas, sólo pequeñas cantidades de  $H_2$ , S,  $CO_2$ , agua o hidrocarburos pesados pueden ser tolerados en la caja de enfriamiento.

Debido a que la cantidad de etano y propano puede afectar el nivel tolerable de estos componentes, el diseño del sistema de pretratamiento

variará en cada caso.

Otro factor que afecta el costo de separación es la presión del gas de alimentación. La separación se realiza más eficientemente con una alimentación de aproximadamente  $500 \text{ lb/pg}^2$  de presión; sin embargo, hay otros aspectos que deberán ser analizados cuando la corriente del gas de alimentación esté disponible a alguna otra presión. Si el gas de alimentación se encuentra a alta presión existen métodos mediante los cuales la energía adicional disponible puede ser usada para incrementar la presión del gas natural producido. De otra manera, si el gas de alimentación esta disponible a baja presión, deberán considerarse otros procesos antes de tomar una decisión final.

La presión que se requiere del gas producido también afecta el costo. En la mayoría de los casos la presión es determinada por condiciones existentes o planeados de ductos; sin embargo, en casos donde se desee recircular el nitrógeno separado, el costo del sistema total incluye ambos: la recompresión del gas producido y la recompresión del nitrógeno, debiendo ser analizados durante la vida del proyecto para asegurar que los costos sean mínimos.

La separación de nitrógeno puede ser más eficiente cuando se permite que aproximadamente un 3% de nitrógeno permanezca en la corriente del gas producido. Sin embargo, es posible obtener un ahorro significativo al retardar el comienzo de la separación de nitrógeno. Lo anterior puede efectuarse al mezclar el gas producido conteniendo nitrógeno

con otras corrientes, restringiendo la producción de los pozos con altos valores de nitrógeno, usando el gas producido con altas concentraciones de nitrógeno como combustible, o negociando contratos para venta de gas con menos restricciones. Cualquier demora en el comienzo de la separación de nitrógeno aumentará el ingreso neto total en valor actual del proyecto.

Otro factor que afecta los costos de separación es si el proceso será o no integrado con otros requerimientos de procesamiento de gas.

Aunque el costo total de la caja de enfriamiento para separar el nitrógeno se incrementará cuando otros requerimientos de proceso le sean agregados, el costo de todo el procesamiento de gas disminuirá marcadamente.

El último factor que tiene influencia en el costo de separación, es el costo de energía. Debido a que los requerimientos totales de caballos de fuerza para la separación dependen de los factores mencionados, no es posible proporcionar una cuantificación general del total de potencia requerida para una planta de separación. Los usos primarios de potencia son: precompresión del producto (si es necesaria), la potencia requerida para el pretratamiento, la potencia requerida para las bombas de metano y la potencia necesaria para comprimir el gas a la presión del gasoducto.

#### VIII. 2.2.5 COMPARACION DE PREDICCIONES ECONOMICAS.

Al evaluar diversos métodos de explotación de un yacimiento, las comparaciones deberán ser hechas entre el diseño óptimo de cada método. De acuerdo a lo expuesto en el capítulo VI, se pueden emplear los índices económicos definidos en dicho capítulo como criterios de optimización. Ahora bien, es importante realizar las evaluaciones económicas con y sin escalamiento en los precios y los costos.

En la mayoría de los casos investigados, se ha encontrado que se obtiene un mayor ingreso neto en valor actual con la inyección del nitrógeno que con la inyección de gas residual. Por lo general ambos programas de inyección generan más ingreso neto que el correspondiente al abatimiento de presión, considerando algún escalamiento o bien sin escalamiento.

De lo expuesto en este capítulo, se concluye que los yacimientos de Gas y Condensado deben ser evaluados, para determinar si el mantenimiento de presión mediante la inyección de nitrógeno, es económicamente más favorable para explotar el yacimiento que algún otro método o métodos de explotación.

## C O N C L U S I O N E S

- 1.- El ingeniero que estudio un proyecto debe desarrollar la fase técnica y el análisis económico del mismo, ya que frecuentemente enfoca la aplicación de sus conocimientos al aspecto técnico, olvidándose de los factores económicos que pueden afectar la vida del proyecto.
- 2.- Se debe considerar el procedimiento selectivo a que son sometidos los proyectos elaborados en una empresa, ya que la selección de un proyecto dependerá de los factores obtenidos en el análisis económico.
- 3.- El procedimiento adecuado para desarrollar un proyecto de manera ordenada consiste en la aplicación formal del método del ingeniero.
- 4.- Uno de los factores que siempre se debe considerar en el análisis económico es el impuesto, tanto en la etapa de inversión como en la de ganancias, para tener una mejor estimación en las evaluaciones.
- 5.- El personal encargado de la toma de decisiones debe agregar los factores de seguridad adecuados de acuerdo a su experiencia, procurando evitar el uso excesivo de ellos para no alterar drásticamente la evaluación económica.
- 6.- En cualquier evaluación que se vaya a realizar es muy importante la cantidad de datos confiables disponibles; es decir, mientras --

mayor cantidad de datos confiables se tenga, mejor estimación se logrará en la evaluación.

- 7.- La industria del petróleo se rige por la ley de la oferta y la demanda, que es la que controla los precios de los hidrocarburos y en consecuencia hace fluctuar el valor de todas las industrias relacionadas con el petróleo; es por esto que se debe hacer una estimación cuidadosa de los precios futuros de los hidrocarburos, los cuales deben considerarse como variables.
- 8.- Los costos de operación y producción también deben considerarse como variables durante la vida de un proyecto, puesto que están afectados por la inflación.
- 9.- Es muy importante que el ingeniero conozca el significado de los conceptos básicos que se utilizarán en el análisis económico de un proyecto; así como los índices económicos utilizados en la evaluación de proyectos de ingeniería de yacimientos para determinar la factibilidad de los mismos.
- 10.- Durante el análisis de un proyecto es fundamental expresar todos los ingresos y egresos en valor actual; si esto no se lleva a cabo, pudiera ocurrir que un proyecto aparentemente redituable no lo fuera en realidad.
- 11.- El cálculo de la tasa de rendimiento reviste gran importancia puesto que indica si la tasa de interés que se va aplicar para reducir a valor actual los ingresos y egresos, es conveniente a los --

Intereses de la empresa.

- 2.- En un proyecto redituable ya existente, es conveniente analizar la posibilidad de acelerarlo para adelantar la obtención de ingresos netos futuros.
- 13.- La aplicación de programas de cómputo para la evaluación económica de Proyectos de Explotación de Yacimientos, reviste de gran importancia, debido a que se logra un considerable ahorro de tiempo, - una buena precisión y una adecuada presentación de resultados. Además se pueden realizar diversas corridas sobre un proyecto en particular para obtener diferentes alternativas que sirvan para la toma de decisiones. Por otro lado el uso de programas de cómputo -- evita el error humano.
- 14.- En estudios realizados en los últimos años, se ha encontrado que - resulta más económico explotar un yacimiento de gas y condensado - mediante la inyección de nitrógeno que utilizar otros métodos de - explotación.

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- Nind T.E.W.  
"PRINCIPLES OF OIL WELL PRODUCTION".  
Mc Graw-Hill Book Company. 1964.
- 2.- Solórzano Luzbel Napoleon.  
"PRINCIPIOS DE ANALISIS ECONOMICO DE  
PROYECTOS DE EXPLOTACION DEL PETROLEO"  
Instituto Mexicano del Petróleo. 1968.
- 3.- Thuesen H. G.-Fabrycky W.J.- Thuesen C.J.  
"ECONOMIA DEL PROYECTO EN INGENIERIA".  
Prentice / Hall Internacional. 1974.
- 4.- Rafael S. Macía Jerez.  
"ANALISIS ECONOMICO".  
Primer Congreso Venezolano del Petróleo. 1962.
- 5.- Baldwin Robert H.  
"HOW TO ASSESS INVESTMENT PROPOSALS"  
Harvard Business Review.  
Vol. 37 No. 3. May-June 1958.
- 6.- Reul Ray I.  
"PROFITABILITY INDEX FOR INVESTMENTS".  
Harvard Business Review.  
Vol. 35 No. 4. July-August 1957.
- 7.- Dean Joal.  
"MEASURING THE PRODUCTIVITY OF CAPITAL".  
Harvard Business Review.  
January-February 1954.
- 8.- Mc Lean John G.  
"HOW TO EVALUATE NEW CAPITAL INVESTMENTS".  
Op. cit. November-December 1958.

- 9.- Woody L.D. Jr.- Capshaw T.D.  
"INVESTMENT EVALUATION BY PRESENT VALUE PROFILE".  
AIME Paper No. 1339G.
- 10.- Wansbrough R.S.  
"AN APPROACH TO THE EVALUATION OF OIL PRODUCTION CAPITAL  
INVESTMENT RISKS".  
AIME Paper No. 1337G.
- 11.- Burelo Lorenzana E.R.  
"COSTOS E INGRESOS DE LA PRODUCCION DE ACEITE  
DISTRITO DE POZA RICA".  
Revista de Ingenieria Petrolera. Diciembre de 1974.
- 12.- Burelo Lorenzana E.R.  
"COSTO DEL METRO CUBICO DE ACEITE PRACTICA  
Y APLICACION".  
Revista de Ingenieria Petrolera. Febrero de 1978.
- 13.- Adams Neal-Frederick Marsha.  
"HOW TO ESTIMATE WELL COSTS".  
Oil&Gas Journal. Dec. 6 1982.
- 14.- Adams Neal-Frederick Marsha.  
"RIG, MUD, RENTAL TOOLS ACCOUNT".  
Oil&Gas Journal. Dec. 13 1982.
- 15.- Adams Neal-Frederick Marsha  
"TANGIBLE DRILLING EXPENSES COMPLETE".  
Oil&Gas Journal. Dec. 27 1982.
- 16.- William D.Ch.-Buchanan Francisco.  
"ECONOMIC EVALUATION OF CYCLING GAS-CONDENSATE  
RESERVOIRS WITH NITROGEN".  
Society of Petroleum Engineers of Aime. 1978.
- 17.- T. Méndez L.-J. Teyssier S.  
"CARACTERIZACION DE FLUIDOS DE HACIMIENTOS PETROLEROS".  
Revista del Instituto Mexicano del Petróleo.  
Vol. XI No. 4. Octubre 1979.

- 18.- Garaicochea Petirena Francisco.  
"COMPORTAMIENTO DE YACIMIENTOS".  
Apuntes Facultad de Ingeniería. U.N.A.M.
  
- 19.- Galván J. - Lory A.- Nolasco J.E. - Nava Y.  
"TRATAMIENTO DEL AGUA DE INYECCION".  
Instituto Mexicano del Petróleo. 1982.

## A P E N D I C E

### A.I.- COSTOS DE LA PRODUCCION DE LOS HIDROCARBUROS.

Una parte fundamental dentro de la Ingeniería de Yacimientos consiste en realizar el análisis económico de los costos necesarios para producir los hidrocarburos. Este análisis de la producción de aceite y gas debe abarcar la Exploración, Explotación y Transporte de los hidrocarburos a una terminal de embarque o a una planta de destilación primaria.

### A.II.- CLASIFICACION GENERAL DE COSTOS DE EXPLOTACION DE HIDROCARBUROS.

#### 1.- Gastos por grupos.

1.1.- Exploración

1.2.- Perforación y Terminación de pozos.

1.3.- Producción

1.4.- Transporte de aceite y gas.

1.5.- Mantenimiento de pozos

1.6.- Depreciación

1.7.- Administración general.

#### 2.- Gastos de Operación y Mantenimiento.

2.1.- Gastos de operación.- Comprende los costos variables como -- son los salarios tanto de labor directa como indirecta (hospital, guardería, comisiones, etc.).

- 2.2.- Materiales.- Están aquellos utilizados en la totalidad de los diferentes departamentos de la empresa, incluyendo los de perforación y terminación de pozos.
- 2.3.- Combustibles y aceites. Son todos los hidrocarburos utilizados para la operación y lubricación de vehículos, máquinas y herramientas.
- 2.4.- Cargos generales.- Incluye los gastos de los inmuebles y los de administración (sin salarios) como son: mejorar las condiciones de trabajo, estadísticas, supervisión y control.
- 2.5.- Depreciación Planta móvil.- Se refiere al equipo móvil de transporte y de perforación.
- 2.6.- Depreciación Planta fija.- Son las construcciones, estaciones de recolección de hidrocarburos y las instalaciones fijas.

### 3.- GASTOS POR CONCEPTOS.

- 3.1- Salarios.- Corresponden a los gastos generados por pago de sueldos. Se deben incluir aguinaldos, indemnizaciones por accidentes, seguro de vida y jubilaciones.
- 3.2.- Labor indirecta.- Son las prestaciones contractuales en beneficio del personal, incluye los servicios médicos, guardería infantil, gastos de viajes de enfermos, gastos funerarios, delegados sindicales, subsidios, viajes, viáticos, concesiones por luz, hielo, agua, ayuda por renta de casa, clubes y asociaciones de servicio para cursos de capacitación a

trabajadores.

3.3.- Perforación indirecta.- Son los gastos generados por la operación y mantenimiento de los equipos de perforación con su transporte respectivo, sin incluir los salarios, la depreciación del equipo ni los materiales y herramientas de uso común para otras operaciones.

Incluye los conceptos de cementación de tuberías de ademe, - materiales solamente, materiales para lodo, barrenas y coronas de muestreo, combustibles líquidos al precio del mercado y del gas al costo de recopilación y compresión, lubricantes empleados en la perforación, análisis de núcleos y fluidos - de la terminación, registros diversos durante la perforación, prima de seguro sobre equipo de perforación, telecomunicaciones, levantamiento del pozo (en el caso de perforación marina se usará para gastos de localizaciones y rectificaciones para fijar boyas en lugares precisos).

Camino o vías al pozo, construcción de "peras", presa de -- agua, presas de desperdicios, tuberías para agua y lodo, - traslado y anclaje de equipo perforador en caso de perforación marina junto con la depreciación de plataformas fijas - en el mar para pozos de desarrollo.

3.4.- Terminación indirecta.- Comprende la cementación de tuberías de ademe para la terminación, tubería de producción y - sus accesorios, árbol de válvulas, registros diversos durante la terminación, perforación y disparos de tuberías, mate-

riales utilizados en los disparos, lodo y sus materiales con barrenas para terminación, telecomunicaciones, así como los gastos de desmantelamiento y limpieza.

- 3.5.- Producción de Aceite.- Abarca los cargos de instalación de sistemas artificiales de producción, tuberías de recolección de gas, tuberías de alta presión a los pozos, separadores, -tanques de balance y almacenamiento, motores y bombas, deshidratadores, inyector de desemulsificante, rectificadores de presión, enfriadores, compresoras, válvulas, telecomunicaciones y los costos de operación y mantenimiento de los sistemas artificiales de producción, de los motores y bombas y de los mecanismos de medición y control; los gastos para protección anticorrosiva y los reactivos químicos para la deshidratación.
- 3.6.- Transporte de aceite y gas.- Comprende los gastos efectuados en la instalación de oleoductos, gasoductos, estaciones de bombeo y telecomunicaciones y los costos de operación y mantenimiento de los motores, bombas y de los mecanismos de medición y control; protección anticorrosiva (pintura, productos químicos, ánodos de sacrificio) y la limpieza de ductos.
- 3.7.- Materiales.- Comprende la compra de refacciones para equipo como son: tuberías, válvulas, instrumentos de medición y control, empaquetaduras, etc. Incluye también materiales para la construcción.

- 3.8.- Combustibles y aceites.- Son todos los hidrocarburos utilizados para la operación y lubricación de vehículos, máquinas y herramientas.
- 3.9.- Transporte.- Comprende los gastos de transporte efectuados en los siguientes conceptos: tuberías, equipo, herramientas, refacciones, combustibles, agua potable, lodos y materiales para el lodo.  
El transporte incluye gastos de camiones, barcos, helicópteros y aviones.
- 3.10.- Construcciones.- Son los gastos efectuados en la construcción de oficinas, casetas y casas habitación.
- 3.11.- Depreciación.- Incluye la totalidad del equipo e instalaciones de la empresa.
- 3.12.- Servicios distribuibles.- Comprende los gastos de electricidad y líneas de agua.
- 3.13.- Contratistas.- Son los generados por obras y trabajos hechos por contrato.

#### A.III.- CLASIFICACION DE COSTOS POR GRUPOS.

##### 1.- EXPLORACION.

##### 1.1.- COSTOS FIJOS

##### 1.1.1.- EQUIPO GEOLOGICO

##### 1.1.1.1.- Brújula

##### 1.1.1.2.- Cinta metálica

- 1.1.1.3.- Martillo
  - 1.1.1.4.- Nivel
  - 1.1.1.5.- Estadales
  - 1.1.1.6.- Balizas
  - 1.1.1.7.- Planchuelas
  - 1.1.1.8.- Alidadas
  - 1.1.1.9.- Microscopio.
- 1.1.2.- EQUIPO DE MAGNETOMETRIA
- 1.1.2.1.- Unidad de cómputo.
  - 1.1.2.2.- Magnetómetro
- 1.1.3.- EQUIPO DE GRAVIMETRIA
- 1.1.3.1.- Gravímetro
- 1.1.4.- EQUIPO SISMOLOGICO
- Con dinamita:
- 1.1.4.1.- Sismógrafo
  - 1.1.4.2.- Geófonos (cables y conexiones)
  - 1.1.4.3.- Perforadora (manual o mecánica)
  - 1.1.4.4.- Equipo de disparo
- Con vibradores:
- 1.1.4.5.- Sismógrafo
  - 1.1.4.6.- Geófonos (cables y conexiones)
  - 1.1.4.7.- Vibrosismos (4 unidades en camión)

### 1.1.5.- DEPRECIACION DEL EQUIPO

### 1.1.6.- TELECOMUNICACIONES

## 1.2.- COSTOS VARIABLES

CONCEPTO	GASTOS REALIZADOS EN
1.2.1 Estudio geológico	Reactivos químicos, papelería.
1.2.2.- Estudio magnético	Número de vuelos y altura de vuelo, número de estaciones, número de líneas.
1.2.3.- Estudio gravimétrico	Número de estaciones, número de líneas.
1.2.4.- Estudio sismológico Con dinamita:	Abrir brechas, perforación de pozos someros, puntos de tiro, procedimiento e interpretación de puntos de tiro
Con vibradores:	Abrir brechas, puntos de tiro, procesamiento e interpretación de puntos de tiro.
1.2.5.- Administración general	(Salarios, prestaciones, hospital, - - transporte, cargos generales, etc.)

## 2.- PERFORACION Y TERMINACION DE POZOS.

### 2.1.- COSTOS FIJOS

#### 2.1.1.- EQUIPO DE PERFORACION

2.1.1.1.- Terrestre (torre o mastil)

2.1.1.2.- Marino (plataformas fijas, semisumergibles y autoelevables)

2.1.1.3.- Lacustre (barcazas)

2.1.2.- PREPARACION DE LA LOCALIZACION

2.1.2.1.- Obtención de permisos

2.1.2.2.- Levantamientos topográficos

2.1.2.3.- Caminos o vías de acceso al pozo

2.1.2.4.- Preparación física de la localización (construcción de "peras", presas de agua, de desperdicios, etc.)

2.1.2.5.- Limpieza del terreno (posterior a la localización).

2.1.3.- EQUIPO TUBULAR

2.1.3.1.- Tubería conductora

2.1.2.2.- Tubería superficial

2.1.2.3.- Tubería intermedia

2.1.2.4.- Primera tubería corta (Liner)

2.1.2.5.- Segunda tubería corta (Liner)

2.1.2.6.- Tubería de producción

2.1.2.7.- Accesorios para las tuberías de revestimiento -- (raspadores, centradores, collarines)

2.1.2.8.- Tubería de explotación.

2.1.4.- EQUIPO SUPERFICIAL DE POZO

2.1.4.1.- Cabezales de tubería de revestimiento

- 2.1.4.2.- Colgadores de tubería de revestimiento.
- 2.1.4.3.- Cabezal de tubería de producción.
- 2.1.4.4.- Colgador de tubería de producción.
- 2.1.4.5.- Válvulas laterales
- 2.1.4.6.- Arbol de válvulas
- 2.1.4.7.- Conexiones auxiliares
- 2.1.4.8.- Porta-estrangulador
- 2.1.4.9.- Estrangulador

#### 2.1.5.- EQUIPO DE TERMINACION

- 2.1.5.1.- Empacadores (permanentes o recuperables)
- 2.1.5.2.- Unidades selladoras
- 2.1.5.3.- Niple de asiento
- 2.1.5.4.- Válvula de circulación o camisa deslizable
- 2.1.5.5.- Junta de seguridad
- 2.1.5.6.- Camisa de expansión
- 2.1.5.7.- Válvula de tormenta
- 2.1.5.8.- Pistolas para disparos de producción (perforación de T.R.)

#### 2.1.6.- PRIMA DE SEGURO PARA EL EQUIPO DE PERFORACION

#### 2.1.7.- INSTALACION Y DESMANTELAMIENTO DEL EQUIPO

#### 2.1.8.- DEPRECIACION

## 2.1.9.- TELECOMUNICACIONES

### 2.2.- COSTOS VARIABLES

CONCEPTO	GASTOS REALIZADOS EN
2.2.1. Equipo de perforación	Operación y Mantenimiento
2.2.1.1. Torre o mástil de perforación.	Protección con pintura anticorrosiva.
2.2.1.2. Motores del equipo y bombas de lodo	Combustibles, electricidad lubricantes, refacciones para motores - como intercambiadores de calor y - para bombas como válvulas, pistones, empaques, etc.
2.2.1.3. Tuberías y líneas de equipo	Mangueras, conexiones, válvulas, - sellos.
2.2.1.4. Bombas centrífugas, agitadores de las presas de lodo, eliminador de sólidos y temblorina	Refacciones para las bombas y para los motores de los agitadores, mallas para la temblorina y el eliminador de sólidos.
2.2.1.5. Malacate, consola de perforador, tablero SCR, poleas de la corona	Refacciones y lubricación.
2.2.2. Barrenas	Número de barrenas empleadas durante la perforación.
2.2.3. Fluidos de perforación, de terminación, empacadores	Materiales.
2.2.4. Cementación de tuberías de revestimiento, cementaciones forzadas y tapones	Pagos por servicios de compañía -- (incluye cemento, aditivos, unidad de alta, personal, etc.)

- 2.2.5. Toma de registros                      Pagos por servicios de compañía --  
(incluye unidad de registro, son--  
da, material para impresión del re-  
gistro, personal, etc.)
- 2.2.6. Prueba de formación, acidifica  
ción, estimulaciones, empaca  
mientos con grava, etc.                      Pagos por servicios de compañía.
- 2.2.7. Servicios de investigación o      Pagos por servicios de compañía --  
ingeniería (asesoría para --  
desviar pozos, uso de herra-  
mientas especiales).                      (Flo-petrol, Core Lab., Osyfh,  
Premesa, etc.).
- 2.2.8. Administración general              (Salarios, prestaciones, hospital,  
transporte, cargos generales, etc.)

### 3.- PRODUCCION DE ACEITE.

#### 3.1.- COSTOS FIJOS

##### 3.1.1.- SISTEMAS ARTIFICIALES DE PRODUCCION

3.1.1.1. Bombeo neumático

3.1.1.2. Bombeo hidráulico

3.1.1.3. Bombeo mecánico

3.1.1.4. Bombeo eléctrico

##### 3.1.2.- LINEA DE DESCARGA

##### 3.1.3.- CABEZAL O MULTIPLE DE RECOLECCION

##### 3.1.4.- PREPARACION DE LA LOCALIZACION PARA LA BATERIA

3.1.4.1. Obtención de permisos

3.1.4.2. Levantamientos topográficos

- 3.1.4.3. Camino de acceso a la batería
- 3.1.4.4. Preparación física del terreno (nivelación compactación, etc.)
- 3.1.4.5. Limpieza del terreno (posterior al agotamiento del campo productor).
  
- 3.1.5.- SEPARADORES DE ACEITE Y GAS
- 3.1.6.- TANQUE DE BALANCE
- 3.1.7.- MOTORES Y BOMBAS
- 3.1.8.- INYECTOR DE DESEMULSIFICANTE
- 3.1.9.- CALENTADORES
- 3.1.10.- DESHIDRATADOR ELECTROSTATICO
- 3.1.11.- TANQUE DE ALMACENAMIENTO
- 3.1.12.- RECTIFICADORES DE PRESION
- 3.1.13.- MEDIDORES DE FLUJO DE GAS
- 3.1.14.- ENFRIADORES O CONDENSADORES
- 3.1.15.- COMPRESORAS
- 3.1.16.- VALVULAS, TUBERIAS Y CONEXIONES
- 3.1.17.- GENERADORES DE ENERGIA ELECTRICA
- 3.1.18.- SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA INYECCION

#### SISTEMA ABIERTO

- 3.1.18.1. Deaerador
- 3.1.18.2. Estanque abastecedor
- 3.1.18.3. Alimentador de aditivos químicos

- 3.1.18.4. Mamparas
- 3.1.18.5. Estanque de sedimentación
- 3.1.18.6. Estanque de retrolavado
- 3.1.18.7. Filtros
- 3.1.18.8. Bomba de lavado
- 3.1.18.9. Tanque de agua tratada
- 3.1.18.19. Bomba de inyección
- 3.1.18.20. Red de distribución a los pozos de inyección

#### SISTEMA CERRADO

- 3.1.18.21. Bomba de fondo
  - 3.1.18.22. Motor
  - 3.1.18.23. Desarenador
  - 3.1.18.24. Tanque de retrolavado
  - 3.1.18.25. Dosificadores (Bactericidas, Inhibidor y secuestrante de oxígeno)
  - 3.1.18.26. Filtros
  - 3.1.18.27. Bomba de retrolavado
  - 3.1.18.28. Tanque de almacenamiento
  - 3.1.18.29. Bomba de alta presión
  - 3.1.18.30. Red de distribución a los pozos de inyección.
- 3.1.19. DEPRECIACION DEL EQUIPO
- 3.1.20. TELECOMUNICACIONES

### 3.2.- COSTOS VARIABLES

CONCEPTO	GASTOS REALIZADOS EN
3.2.1. Sistema artificiales de producción	Operación y Mantenimiento (Combustibles, electricidad, lubricantes, refacciones, personal).
3.2.2. Protección anticorrosiva	Pintura anticorrosiva para separadores, rectificadores, tanque de balance, deshidratador, tanque de almacenamiento, etc.
3.2.3. Deshidratación	Operación y Mantenimiento (reactivos químicos, gas combustible y electricidad).
3.2.4. Motores y bombas	Operación y Mantenimiento (Combustibles, electricidad, lubricantes, refacciones).
3.2.5. Compresión	Operación y Mantenimiento (Gas combustible, electricidad).
3.2.6. Mecanismos de medición y control	Operación y Mantenimiento
3.2.7. Tratamiento de agua para inyección.	
3.2.7.1. Filtros	Operación y Mantenimiento (Lavado de filtros).
3.2.7.2. Deareadores	Operación y Mantenimiento (Limpieza periódica de las torres)
3.2.7.3. Ablandador de agua	Operación y Mantenimiento. Regeneración del medio intercambiador de iones (generalmente zeolita de sodio) mediante la <u>circula</u>

- ción de NaCl para reemplazar los iones de calcio y magnesio por los de sodio; lavado a contraflujo con agua, para eliminar cualquier lodo o turbidez acumulada durante el proceso de ablandamiento.
- 3.2.7.4. Motores y Bombas      Operación y Mantenimiento (Combustible, electricidad, lubricantes, refacciones).
- 3.2.7.5. Eliminación de gases indeseables en el agua (generalmente oxígeno)      Barredores químicos del oxígeno (secuestrantes químicos) tales como sulfito de sodio, metabisulfito de sodio, bisulfito de amonio, bióxido de azufre o hidrazina; gases secuestrantes (en el caso de usar deaeradores) tales como gas natural o bien algún gas dulce.
- 3.2.7.6. Obturamiento del Sistema
- 3.2.7.6.1. Compatibilidad de aguas      Pruebas de compatibilidad en el laboratorio (entre el agua de inyección y la congénita).
- 3.2.7.6.2. Microorganismos      Biocidas (cloro, aminas).
- 3.2.7.6.3. Material suspendido      Precipitadores de sólidos (alumbre).
- 3.2.7.6.4. Inhibidores de incrustaciones      Polimetrafosfatos inorgánicos (fosfato de sodio y calcio, fosfato de sodio y magnesio, fosfato de sodio y zinc, hexametrafosfato de sodio, trifosfato de so-

dio, etc.), e inhibidores orgánicos (ácido etilendiaminotetraacético "EDTA").

### 3.2.7.7. Corrosión

Recubrimiento de la parte metálica para separar y aislar el ánodo y cátodo (metal) del electrolito. Recubrimientos: orgánicos (pintura, esmalte, laca y forros de plástico), e inorgánicos (esmaltes vítreos, forros de cementos, recubrimientos de fostafo y óxido).

Uso de inhibidores de corrosión: orgánicos (compuestos cuaternarios de amonio, mercaptobenzotiazol, fenilacridina, óxido de etilén-rosín amina, tiourea, etc.), e inorgánicos (nitrito de sodio, benzoato de sodio, ortofosfato de sodio, silicato de sodio, fosfato monopotásico, etc.).

### 3.2.8. Administración general

(Salarios, prestaciones, hospital, transporte, cargos generales, etc.)

## 4.- TRANSPORTE DE ACEITE Y GAS

### 4.1. COSTOS FIJOS

#### 4.1.1. OLEODUCTOS

#### 4.1.2. GASODUCTOS

#### 4.1.3. PREPARACION DE LA LOCALIZACION PARA LA ESTACION DE BOMBEO (similar al punto 3.1.4)

#### 4.1.4. ESTACIONES DE BOMBEO.

4.1.4.1. Bombas reciprocantes o centrífugas

4.1.4.2. Motores eléctricos o de combustión interna.

4.1.4.3. Válvulas (tipo macho, de retención, controladora de presión en la descarga, de seguridad en la succión y descarga).

4.1.4.4. Instrumentos de medición y control (indicador de presión, medidor de gasto, viscosímetro, densímetro o gravitómetro, indicador de temperatura).

4.1.4.5. Filtros de canasta.

4.1.4.6. Tanque de alivio

4.1.4.7. Tanque de recuperación

4.1.4.8. Bombas centrífugas de transferencia y reinyección.

4.1.4.9. Disco de ruptura.

#### 4.1.4. INYECTOR DE INHIBIDOR DE CORROSION

#### 4.1.5. DEPRECIACION DEL EQUIPO

#### 4.1.6. TELECOMUNICACIONES

### 4.2. COSTO VARIABLES

#### CONCEPTO

#### GASTOS REALIZADOS EN

4.2.1. Protección anticorrosiva

Pintura anticorrosiva para ductos e instalaciones de las estaciones de

- |  |   |
|--|---|
|  | bombeo. Anodos de sacrificio para --  |
|  | ductos.   |
| 4.2.2. Inhibidor de corrosión              | Productos químicos.   |
| 4.2.3. Motores y bombas                    | Operación y Mantenimiento (Combusti--<br>ble, electricidad, lubricantes, re-<br>facciones). |
| 4.2.4. Instrumentos de medición y control. | Operación y Mantenimiento.  |
| 4.2.5. Limpieza de ductos                  | Corrida de diablos.   |
| 4.2.6. Administración general              | (Salarios y prestaciones, hospital, -<br>transporte, gastos generales, etc.)                |

## 5.- MANTENIMIENTO DE POZOS

### 5.1 COSTOS FIJOS

#### 5.1.1. EQUIPO DE REPARACION

#### 5.1.2. HERRAMIENTAS DE REPARACION

5.1.2.1. TROMPOS

5.1.2.2. CORTADOR DE TUBOS (Mecánico o hidráulico)

5.1.2.3. MAGNATECTOR O LOCALIZADOR DE PUNTO LIBRE

5.1.2.4. LOCALIZADOR DE COPLES

5.1.2.5. EMPACADORES

5.1.2.6. MOLINETE HIDRAULICO

2.1.2.7. RIMA

2.1.2.8. CUBETAS Y DESARENADORES

2.1.2.9. CEDAZOS

5.1.2.10. ESCARIADORES

5.1.2.11. TUBERIA FLEXIBLE

### 5.1.3. DEPRECIACION

### 5.1.4. TELECOMUNICACIONES

## 5.2. COSTOS VARIABLES

CONCEPTOS	GASTOS REALIZADOS EN
5.2.1. Fugas en conexiones superficiales	Compuertas y vástagos de las válvulas, roscas, anillos de sello de bridas, tuercas o pernos, etc.
5.2.2. Desperfectos mecánicos en los aparejos de producción	Reposición o reparación de los accesorios del aparejo de producción (camisa deslizable, unidades selladoras, etc.) y gastos de fluidos de control.
5.2.3. Incrustaciones parafínicas	Solventes (diesel), líquidos calientes (agua, aceite o vapor), reactivos (perlas de magnesio-ácido clorhídrico).
5.2.4. Incrustaciones calcáreas	Agua dulce (para incrustaciones de NaCl), soluciones ácidas (HCl, ácido acético, fórmico o sulfámico), sustancias químicas: inhibidores (fosfatos y ácidos orgánicos); reperforación del tramo perforado, uso de cargas explosivas, barreras, flujo de arena a presión, limpieza del aparejo de producción o cambio de tubos.

- 5.2.5. Aplastamiento de tuberías de revestimiento. Cargas explosivas, arena, tapones - mecánicos, tramos de tuberías de revestimiento, barrenas.
- 5.2.6. Fugas y roturas en tuberías Registro de temperatura, sustancias coloradas, tramos de tuberías de -- revestimiento, cemento y aditivos, plásticos, tapones mecánicos, barrenas.
- 5.2.7. Cementaciones defectuosas Recementar por circulación o cementaciones forzadas.
- 5.2.8. Exclusiones de agua (alta RAA) y de gas (altas RGA) Recementar por circulación o cementaciones forzadas, cambio de estrangulador, registros: eléctricos (agujero abierto), radioactivos, de temperatura, gradiomanómetro, etc.
- 5.2.9. Arenamientos Limpiezas periódicas con circulación de fluidos (aceite, lodo agua gelatinada), análisis granulométrico de la formación productora en el laboratorio, registro de calibración de agujero.
- 5.2.10. Fracturamiento hidráulico Pagos por servicios de compañía (Incluye equipo y materiales para - el fracturamiento).
- 5.2.11. Administración general (Salarios, prestaciones, hospital, transporte, cargos generales, etc.)

## 6.- DEPRECIACION

Incluye la totalidad del equipo e instalaciones de la empresa, sus partes principales son:

Bienes inmuebles, formado por los edificios, las plantas y los ductos, - -

normalmente la depreciación en plantas es la más elevada representando un monto superior al 50% de la depreciación total.

Bienes muebles y equipo de transporte terrestre, formado por todos los bienes muebles como son escritorios, máquinas, muebles de todos tipos y los equipos de transporte de personal y materiales, además de los equipos de perforación y reparación de pozos.

Equipo de transporte marítimo y aéreo.

#### 7.- ADMINISTRACION GENERAL.

El costo de administración lo integran varios grupos, entre los principales están:

a) Los gastos de salarios.- Son los gastos generales por pago de sueldos, incluyendo aguinaldos, indemnizaciones por accidente, seguro de vida y jubilaciones.

Dentro de este concepto se incluyen los gastos correspondientes a departamento de: personal, relaciones públicas, jurídico, adquisiciones, almacenes, distribución, planeación, vigilancia, finanzas, etc.

b) Gastos de labor indirecta.- Son las prestaciones contractuales en beneficio del personal, incluye hospitales (gastos de derecho-habiente), guardería infantil, gastos de viajes de enfermos, gastos funerarios, delegados sindicales, subsidios, viajes, viáticos, concepciones por luz, hielo, agua, ayuda por renta de casa, clubes y asociaciones de servicio para cursos de capacitación a trabajadores.

c) Gastos generales de administración.- Son los gastos generales para la

conservación de los materiales (escritorios, computadoras, copiadoras, etc.), mantenimiento de los edificios (pinturas, detergentes, lámparas, etc.), gastos generales propios de cada departamento como son los de papelería, gastos de luz, teléfono y agua.

- d) Gastos de transporte.- Comprende los gastos de transporte de materiales, del equipo y del personal en las diversas ramas de la empresa; gastos efectuados en vehículos, refacciones, combustibles y lubricantes.