

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



DE EQUIPOS DE PERFORACION EN LA CUENCA DE BURGOS"

"EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO SUSTITUCION

TESIS

**EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN FINANZAS**

PRESENTA

MARIANO ESTRADA GARCIA

CIUDAD UNIVERSITARIA.

MAYO, 2004

2004

FIME

. M2

25853

TM

DE EQUIPOS DE PERFORACION EN LA CUENCA DE BURGOS"

EVOLUCION ECONOMICA DEL PROYECTO SUSTITUCION

M E G



1020150030

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



DE EQUIPOS DE PERFORACION EN LA CUENCA DE BURGOS"
"EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO SUSTITUCION

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN FINANZAS

PRESENTA

MARIANO ESTRADA GARCIA

CIUDAD UNIVERSITARIA.

MAYO, 2004

989723

TH
Z5853
.M2
FINE
2004
.E8

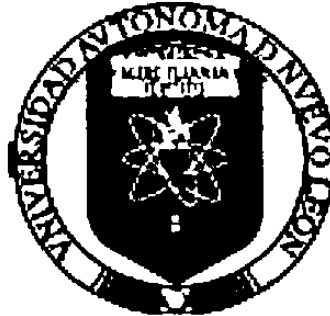


FONDO
TESTIS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



“EVALUACIÓN ECONOMICA DEL PROYECTO SUSTITUCIÓN DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN EN LA CUENCA DE BURGOS”

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN CON ESPECIALIDAD EN FINANZAS

PRESENTA

MARIANO ESTRADA GARCIA

CIUDAD UNIVERSITARIA.

MAYO, 2004

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



DE EQUIPOS DE PERFORACION EN LA CUENCA DE BURGOS"
"EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO SUSTITUCION

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN FINANZAS

PRESENTA

MARIANO ESTRADA GARCIA

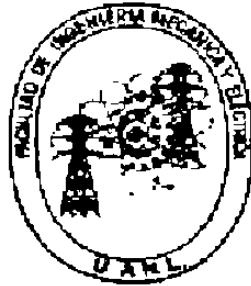
CIUDAD UNIVERSITARIA,

MAYO, 2004

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



“EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO SUSTITUCIÓN DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN EN LA CUENCA DE BURGOS”

TESIS

**EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
ADMINISTRACIÓN CON ESPECIALIDAD EN FINANZAS**

PRESENTA

MARIANO ESTRADA GARCIA

CIUDAD UNIVERSITARIA.

MAYO, 2004

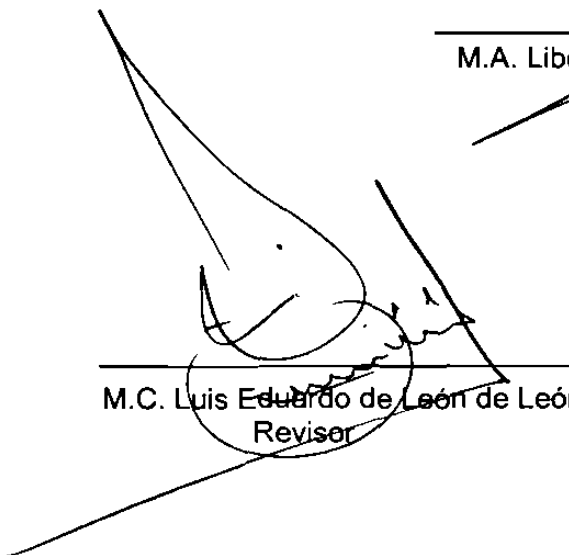
Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
División de Estudios de Postgrado

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la Tesis "EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO SUSTITUCIÓN DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN EN LA CUENCA DE BURGOS" realizada por el alumno Mariano Estrada García con número de matricula 1115177 sea aceptada para su defensa como opción del grado de Maestro en Ciencias de la Administración con especialidad en Finanzas.

El comité de Tesis



M.A. Liborio Manjarrez Santos
Asesor

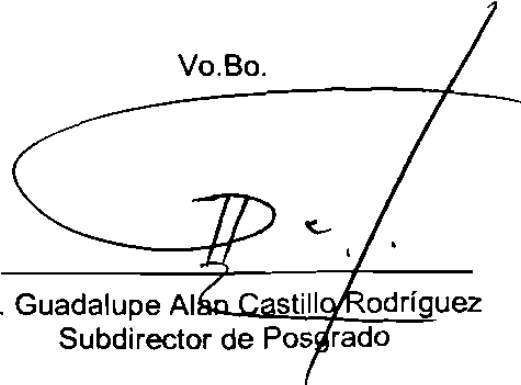


M.C. Luis Eduardo de León de León
Revisor



M.C. Humberto Guerra González
Revisor

Vo.Bo.



Dr. Guadalupe Alan Castillo Rodríguez
Subdirector de Posgrado

DEDICATORIA

A mi esposa, Leny
quien con su amor, paciencia
e incondicional compromiso
ha sido el soporte de mi vida.

A mis hijos, Eduardo, Mariana y Leny
por darme ternura, amor a mi existencia
y motivarme a seguir superándome en la vida.

A mis padres, Eliseo y Elfega
que siempre los he admirado por los
valores y principios que me inculcaron
y que ha sido clave en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Doy mis sinceros agradecimientos a:

A mi asesor, M.A. Liborio Manjares Santos, quien gustosamente aceptó dirigir este trabajo, reconociéndole sus valiosos consejos y aportaciones durante el desarrollo de este proyecto.

M.C. Luis Eduardo de León de León y M.C. Humberto Guerra González por compartir conmigo sus conocimientos y experiencias que enriquecieron el contenido de este trabajo.

M.A. Felipe de Jesús Rivera Vieczcas, Coordinador de la Maestría en Administración por su apoyo incondicional y facilidades que he recibido en la gestión de mi trabajo.

ÍNDICE

PRÓLOGO	1
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 Descripción de los equipos de perforación.....	4
1.2 Características.....	6
1.3 Ventajas y desventajas de un equipo convencional contra un compacto.....	10
2. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE PROYECTO	12
2.1 Método del valor anual equivalente.....	13
2.2 Método del valor presente.....	16
2.3 Método de tasa interna de rendimiento.....	23
3. TÉCNICAS DE ANÁLISIS EN ESTUDIOS DE REEMPLAZO	26
3.1 Causas que dan origen a un estudio de reemplazo.....	27
3.2 Factores que deben considerarse en un estudio de reemplazo.....	29
3.3 Tipos de reemplazo.....	31
3.3.1 Determinar la vida económica del activo.....	32
3.3.2 Decisiones de reemplazo de los activos.....	34

4. APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS EN LA SUSTITUCIÓN DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN.....38

4.1 Análisis de costos de mantenimiento y operación de equipos de perforación.....38

4.2 Determinar la vida económica de un equipo de perforación.....40

 4.2.1 Determinar la vida económica de un equipo actual de perforación.....42

4.3 Análisis económico de comprar o rentar los equipos de perforación.....44

4.4 Análisis económico para reemplazar los equipos de perforación.....45

4.5 Análisis para sustituir un equipo de perforación o bien conservarlo un año adicional el equipo existente.....46

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....49

REFERENCIAS.....50

ANEXOS.....51

ANEXO A.- Carta de mantenimiento preventivo de motores combustión interna (caterpillar).

ANEXO A.- Carta de mantenimiento preventivo de bombas de lodos compresores y bombas para operar preventores.

ANEXO B.- Costos de mantenimiento y operación de equipos de perforación.

**ANEXO C.- Estadísticas de movimientos de equipos de perforación
Pemex.**

**ANEXO C.- Estadística de movimientos de equipos de perforación
(compañías)**

ANEXO D.- Tarifas de renta diaria de equipos de perforación.

**ANEXO E.- Relación de equipos de perforación "Burgos"
capacidad de cargas máximas**

ANEXO F.- Análisis de costos horarios de un fracturador HQ2000

ANEXO F.- Análisis de costos horarios de un fracturador HT400

ANEXO G.- Demanda de gas en México (MMCD)

PRÓLOGO

La globalización y el desarrollo tecnológico de la industria del petróleo, ha generado una guerra de precios en los servicios de perforación, terminación y mantenimiento de pozos en México, la participación de compañías perforadoras en México ha provocado una amenaza a las actividades que viene realizando Petróleos Mexicanos, ya que las compañías cuentan con equipos modernos que hace que su actividad sea más eficiente y por consiguiente obtengan mejores utilidades, sin perder de vista que PEMEX es una empresa de gobierno y por lo tanto su compromiso con los mexicanos es generar utilidades; pero para estar en las mismas condiciones con la competencia es necesario compararlo bajo las mismas circunstancias. Como se menciona en el cuerpo del trabajo la empresa cuenta con equipos de perforación adquiridos en los años 50's que en su momento fueron los equipos idóneos pero la ingeniería en los diseños de los equipos ha aportado el valor agregado al automatizarlos y volverlos mas eficientes, estos cambios tecnológicos ha puesto en desventaja la industria del Petróleo en México, aunque no cabe la menor duda que la mano de obra mexicana es creativa y calificada de ahí nace la inquietud de realizar el presente trabajo cuyo objetivo tiene como fin conocer los métodos de evaluación de proyectos más comunes y las técnicas de análisis en los estudios de sustitución de equipos que sirvan como herramientas para llevar a cabo los estudios de evaluación de proyectos de inversión en la sustitución y/o renta de equipos de perforación para desarrollar los programas de perforación de la Cuenca de Burgos, además realizar estos análisis permite a la empresa establecer políticas de reemplazo de sus activos, si no se tiene la sensibilidad de plantear un proyecto de inversión en la sustitución de equipos de perforación se corre el riesgo de salirse del mercado.

Otro punto muy importante que vale la pena remarcar, se refiere a la calidad de información que requiere los estudios, generalmente encontramos que se no llevan registros de los gastos de mantenimiento y operación de los equipos de manera sistemática y el no contar con información confiable y oportuna pone en riesgo el estudio que sirve como base para tomar las

mejores decisiones. El método recomendado para llevar a cabo un estudio de sustitución de equipos es el de Valor Anual Equivalente, aunque se enfoco el caso a equipos de perforación, este método puede utilizarse en cualquier estudio de reemplazo de activo que se desee.

Espero que estas herramientas presentadas sean de utilidad al analizar opciones de sustitución de activos y que permita al los responsable tomar la mejor opción en la inversión de los recursos de la empresa.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La demanda de gas en México, se debe a los nuevos proyectos de generación de energía eléctrica y en menor escala el sector industrial, esta necesidad originó la reactivación de la explotación de los yacimientos de gas, principalmente en el norte del país se aceleró la actividad de perforación con la autorización del Proyecto Integral "Cuenca de Burgos" en 1997, cuyo objetivo es alcanzar una producción promedio diaria de 1400 MMPCD en el 2004.

Para atender este crecimiento de actividad en la perforación de pozos, surge la necesidad de buscar estrategias que permita a la dirección orientar los recursos humanos, materiales y financieros para lograr mejorar los estándares y maximizar su valor económico. Las principales áreas de oportunidad que se tiene para obtener una ventaja competitiva es invertir en tecnología y en sustituir los equipos de perforación obsoletos que dificulta a la administración mantenerlos en condiciones de operación ya que sus costos de mantenimientos son muy altos.

La cultura de las paraestatales en realizar estudios económicos para reemplazar equipos no es común, lo que dificulta la toma de decisión en que momento la empresa debe sustituir los activos que no cumplen con la expectativa.

El presente trabajo tiene por objeto conocer las herramientas más comunes utilizadas para evaluar los proyectos de inversión, las técnicas de análisis en estudios de reemplazo y la aplicación del método anual equivalente en la sustitución de equipos de perforación, así como, determinar la vida económica o útil de un equipo que sustente establecer una política de sustitución de equipos. Los administradores a menudo se encuentran en un dilema, ya que un reemplazamiento de equipo apresurado origina a la

empresa una disminución de capital y por lo tanto limita la disponibilidad de efectivo para emprender otros proyectos; sin embargo, un reemplazamiento retardado origina costos excesivos de mantenimiento y operación lo que pone en desventaja a la empresa para afrontar a la competencia.

1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN

Para desarrollar las actividades de perforación y mantenimientos de pozos petroleros, se cuentan con equipos terrestres y marinos, de acuerdo al tipo de generación de potencia para realizar los trabajos estos pueden clasificarse en equipos diesel mecánicos y diesel eléctricos, para efecto de este trabajo se describirá un equipo del tipo terrestre (ver figura 1.1), el cual está integrado por un conjunto de componentes estructurales, mecánicos, sistemas hidráulicos, neumáticos, eléctricos y electrónicos principalmente: por su función que desempeña cada componente iniciaremos por la torre de perforación (mástil), la cual es una estructura metálica que identifica a un equipo de perforación, en la parte superior tiene un sistema de poleas (corona), esta torre está montada sobre una subestructura en forma de paralelepípedo su función es soportar y distribuir uniformemente la carga al suelo, en lugar de concentrar la carga en dos o cuatro puntos. Según el diseño del mismo, el peso de la torre y de las cargas que en algún momento pudieran estar suspendidas se distribuya uniformemente, además de permitir el espacio adecuado para instalar en el pozo un sistema de válvulas de seguridad las cuales se operan manualmente o a control remoto en caso de emergencia cuando en el pozo se presente una manifestación de gas, aceite o agua debido a un desequilibrio en la columna hidrostática que ejerce el fluido de control, además permite un área de trabajo para efectuar maniobras al introducir cualquier tipo de herramientas dentro del pozo. Sobre la misma estructura se instala un malacate, este componente es determinante en la capacidad de manejo de carga del equipo y se expresa en caballos de potencia (HP) es impulsado por medio de motores, estos

pueden ser de combustión interna o eléctricos, en conjunto la torre, la corona, el malacate y un juego de poleas viajeras conforman un sistema de izaje, similar al trabajo que desarrolla una grúa con la diferencia que en un equipo de perforación los movimientos ascendentes y descendentes son verticales, este mecanismo es operado por el perforador por medio de una consola de control el cual permite introducir o sacar cualquier herramienta dentro del pozo.

Otro componente que juega un papel muy importante en un equipo es un conjunto de presas metálicas equipadas con agitadores, separadores de sólidos, desgasificadores, mezcladores de productos químicos, su función principal es el almacenar y permitir el mantenimiento de los fluidos de perforación por su composición química, estos pueden ser base agua o base aceite, este último comúnmente llamado fluidos de emulsión inversa ya que su base es el diesel y se considera como un producto contaminante en México, por lo que todos los residuos producto de la perforación que estén impregnados deberán ser confinados en los centros autorizados por la Procuraduría Federal de Protección del Medio Ambiente.

En la parte inferior de las presas almacenadoras de los fluidos de perforación está conectada la succión de las bombas de lodos, mismas que pueden ser accionadas con motores diesel o bien con motores eléctricos, este componente es indispensable ya que proporciona la potencia necesaria para bombear los fluidos dentro del pozo.

El conjunto de presas, bombas de lodos y la tubería de perforación forman un sistema conocido como circuito hidráulico por su importancia en las actividades de perforación describiremos en que consiste: durante el avance de la perforación de un pozo se tiene en el extremo inferior una barrena (broca) que se introduce al pozo por medio de tuberías de perforación y se transmite desde la superficie la rotación de aquí el nombre de taladro que se le da a un equipo de perforación en países con actividades petroleras, el circuito inicia desde las presas que almacenan los fluidos, los cuales son succionados por las bombas y estas a su vez por el interior de la tubería son bombeados hasta la barrena y retorna a la superficie a través del espacio anular formado entre el agujero que va construyendo la barrena y la tubería

de perforación. El fluido de perforación por sus características reológicas es utilizado como el medio de transporte de los recortes generados por la perforación hacia la superficie, este flujo pasa por los separadores de sólidos en donde es separado el recorte de formación y el fluido de perforación; el fluido es integrado al sistema y los recortes son almacenados y transportados a los centros de confinamientos.

Un equipo de perforación cuenta con su propia planta generadora de energía eléctrica que proporciona corriente eléctrica a todos los motores industriales y accesorios electrodomésticos del equipo y es considerado autónomo e independiente para moverse.

1.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN

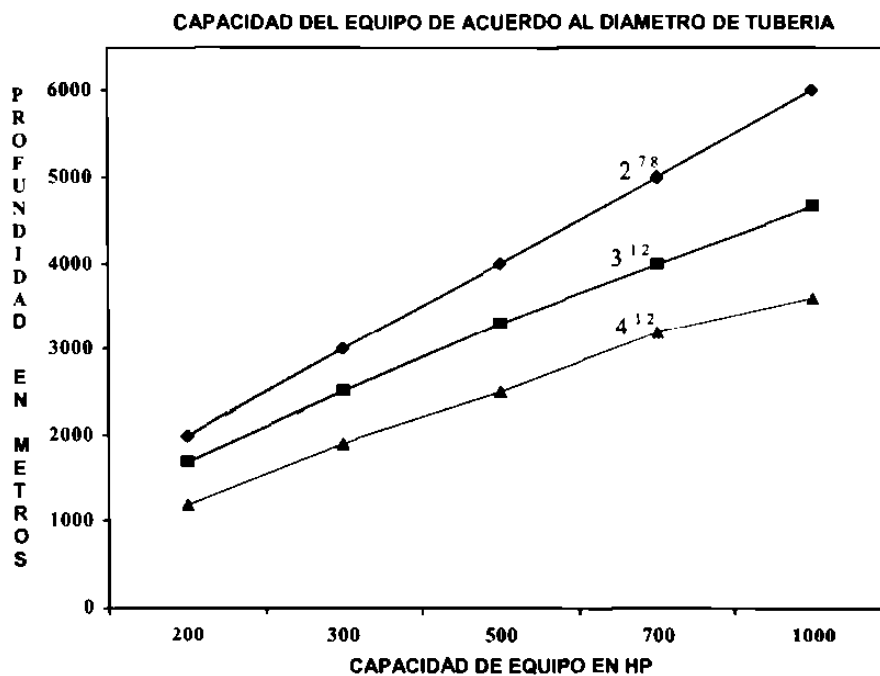
La característica principal de un equipo se basa en la capacidad para realizar trabajos de perforación o reparación de pozos y se determina en base las cargas esperadas y depende directamente de los diseños de los pozos a intervenir en el que se considera la profundidad, su geometría y tuberías que se cementaran para ademar el pozo, de ahí la importancia de seleccionar el equipo adecuado, con el propósito de obtener un diseño balanceado del equipo que optimice los tiempos y costos de operación, así como, tener una vida útil mayor del mismo, para el cual es necesario analizar mesuradamente los siguientes factores en el funcionamiento del equipo:

- Potencia de entrada
- Factor de diseño del cable
- Frenos de fricción del malacate
- Dimensiones del carrete del malacate
- Relación de velocidad
- Embrague de fricción

- Freno auxiliar
- Flechas y rodamientos.

Los cambios tecnológicos en los materiales metalúrgicos y la aplicación de ingeniería en los diseños de equipos de perforación y reparación ha permitido construir equipos cada vez más compactos y automatizados que efficientiza los trabajos de perforación, maximizando su valor económico y minimizando los riesgos del personal que los opera.

La gráfica 1.1 y la tabla 1.1 elaborada por los fabricantes de equipos permiten seleccionar la potencia o capacidad del equipo requerido en función de la profundidad y los diámetros de tuberías a utilizar.



Gráfica 1.1

TABLA DE UTILIZACION DE EQUIPOS HP VS PROFUNDIDADES					
PERFORANDO CON	200 HP	300 HP	500 HP	700 HP	1000 HP
2 7/8" D P	2000	3000	4000	5000	6000
3 1/2" D P	1700	2500	3300	4000	4650
4 1/2" D P	1200	1900	2500	3200	3600
REPARACION					
* PROFUNDIDAD EN METROS					

Tabla 1.1

Los equipos de Petróleos Mexicanos, en su mayoría fueron adquiridos hace 40 años y tiene capacidad para perforar profundidades promedio de 4500 metros, sus diseños estructurales y la mayoría de sus motores y accesorios están obsoletos por lo que sus mantenimientos se ven afectados ya que las refacciones en la actualidad no se producen y por consiguiente son de fabricación especial. Sin embargo, los equipos modernos son compactos, semiautomáticos y seguros de operar.

La figura 1.1 muestra un equipo convencional de los activos de PEMEX.

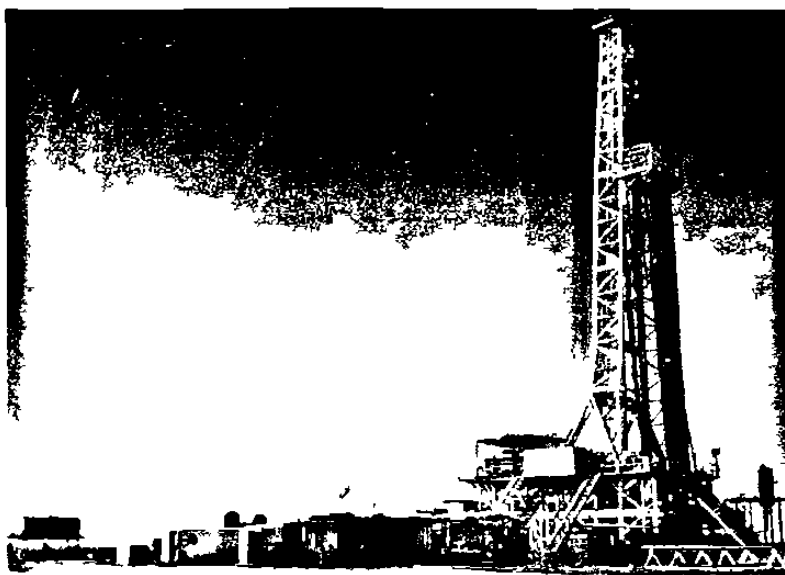


Figura 1.1

La figura 1.2 muestra un equipo moderno compacto y semiautomático.

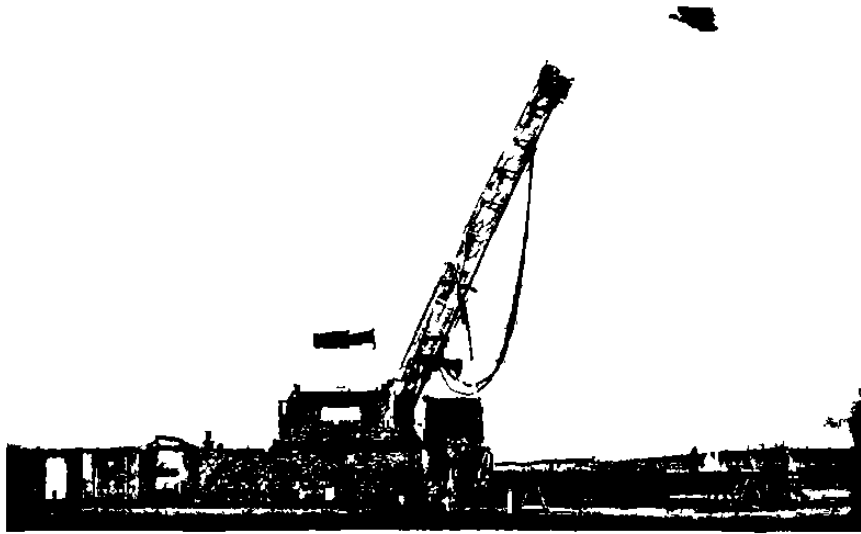


Figura 1.2

En la tabla 1.2, se muestra algunas de las características principales de los componentes de un equipo convencional y un semiautomático.

Equipo convencional		Equipo Compacto Semiautomático	
Unidad	Capacidad	Unidad	Capacidad
Torre (seccionada)	500 tons.	Torre (compacta)	160 tons.
Malacate	1200 HP	Malacate	500 HP
Sistema Motriz	2 Maq. 1000 HP	Sistema Motriz	1 Maq. 800 HP
Rotaria	27 ½"	Rotaria	17 ½"
Control	Mecánico	Control	Hidráulico
Bombas de Lodos	1000 HP	Bombas de Lodos	1000 HP
Top Drive	NA	Top Drive	150 tons.
Preventores	convencionales	Preventores	Compactos

1.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN EQUIPO CONVENCIONAL CONTRA UN COMPACTO (SEMIAUTOMÁTICO)

Las ventajas y desventajas principales que representa un equipo de reciente diseño (semiautomático), respecto a un equipo convencional son:

- Los tiempos promedios para desmantelar, transportar e instalar un equipo compacto es de 1.8 días, mientras que un equipo convencional es de 7 días promedio. La reducción de los tiempos en los movimientos de los equipos permite mayor disponibilidad del equipo para la actividad de perforación.
- El malacate y la torre de perforación es auto transportable y en un equipo convencional del cual se hace referencia en el trabajo es modular y por lo tanto, es necesario desarticular las piezas para poder transportarse.
- Los tiempos de perforación en un equipo compacto se optimizan principalmente a :
 - Cuenta con un sistema de cargadores y brazo hidráulico para maniobras de las tuberías de perforación en forma automática, el cual permite levantar la tubería a la posición vertical y hacer la conexión de la misma mediante el uso del top drive, reduciendo los tiempos de conexión en un 40 % y minimizando la exposición del personal.
 - Utiliza una longitud de tubería especial de 13 metros, el cual le permite hacer menos conexiones durante la perforación reduciendo de esta manera los tiempos de perforación; en un equipo convencional utiliza tuberías estándar de 9 metros de longitud.

- Cuenta con un sistema de preventores compactos e integrados que permite hacer maniobras rápidas y seguras, mientras que en un equipo convencional generalmente la instalación de conexiones de control se hace en forma modular.
-
- Se tiene un ahorro de 5000 pesos diarios por concepto del mantenimiento preventivo en un equipo compacto y ahorro de 3400 pesos por consumo de combustible que representa el 25% y 40% respectivamente con respecto a un equipo convencional.
 - Reducción de accidentes personales, ya que el equipo cuenta con dispositivos automáticos para el manejo de tuberías y herramientas en el piso de trabajo, el cual permite disminuir la exposición del personal al efectuar maniobras y en consecuencia se minimiza el riesgo de accidentes en los trabajadores.

CAPITULO II

METODOS DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS

El papel de un ejecutivo en una empresa es orientar los recursos humanos, materiales y financieros de manera estratégica que permita lograr mejorar los estándares para maximizar su valor económico, por lo que el ejecutivo está obligado a generar alternativas analizando el entorno y evaluar su posición en el mercado, muchas veces tiene la necesidad de automatizar sus procesos para tener una ventaja competitiva, para lo cual deberá tomar la decisión de invertir en un equipo o línea de negocio y deberá apoyarse en las herramientas o métodos de evaluación que le facilite analizar el comportamiento futuro de cada uno de los proyectos y seleccionar aquella alternativa que presente mayor rentabilidad; aunque un estudio económico proporciona los elementos suficientes para tomar la decisión de una de las alternativas, esto no quiere decir que garantice el éxito.

Cuando se realiza una inversión, por lo general, se busca obtener rendimientos reales y no únicamente rendimientos nominales. Es decir, si invertimos 10,000 pesos en un negocio o en el banco y ganamos el 10% anual, quiere decir que al final del año recibiremos mil pesos de rendimiento nominal, pero si se considera el efecto de la inflación, por ejemplo que fuese de 8.5% entonces el rendimiento real será de 1.38 % $(1.10/1.085)-1 \leftrightarrow 100\%$.

Una decisión económica debe tomarse siempre y cuando:

- Se hayan examinado todas las alternativas.
- Haber incluido todos los costos e ingresos involucrados en el proyecto
- Que los principios y métodos se apliquen correctamente

En este trabajo se pretende explicar los métodos comúnmente usados para evaluar los proyectos de inversión.

2.1 METODO DEL VALOR ANUAL EQUIVALENTE (A)

El método de valor anual equivalente, es uno de las herramientas económicas comúnmente usados para evaluar los proyectos de inversión y consiste en determinar una anualidad equivalente uniforme del desembolso inicial y de los flujos de efectivo (ingresos, gastos) que genera un proyecto, el cual permite compararlos; si el resultado de la anualidad es positiva se recomienda que el proyecto sea aceptado. Este método es muy popular porque la mayoría de los ingresos y gastos que genera un proyecto son medidos en bases anuales. La principal ventaja que este presenta sobre los demás, es que no requiere que la comparación se lleve a cabo sobre el mínimo común múltiplo de años cuando las alternativas tienen vidas diferentes.

Al igual que en los métodos alternos, el método del valor anual equivalente considera las siguientes premisas:

- Los ingresos y gastos de cada alternativa son conocidos,
- Solamente los gastos de cada alternativa son conocidos.
- Las vidas de las alternativas son diferentes.

El valor anual equivalente de un proyecto, puede obtenerse al aplicar la fórmula (2.1).

$$A = -I_0(A/P, i\%, n) + \left\{ \sum_{t=1}^n \frac{FE}{(1+i)^t} \right\} (A/P, i\%, n) + VR(A/F, i\%, n) \text{-----(2.1)}$$

Donde:

A = Valor anual equivalente

I_0 = Inversión Inicial

FE_t = Flujo de efectivo neto del periodo t.

VR = Valor de rescate

i = Tasa de recuperación mínima atractiva (TREMA)

\sum = Suma de flujos

n = Número de periodos de vida del proyecto

A/P = Factor de recuperación de capital

A/F = Factor de fondo de amortización

La fórmula (2.1) puede ser presentada de otra forma, si se hace uso de la identidad;

$$(A/P, i\%, n) = (A/F, i\%, n) + i$$

y además supone que los flujos de efectivo netos en todos los años son uniformes, la ecuación (2.1) se transforma en:

$$A = FE - \{(I_0 - VR)(A/P, i\%, n) + VR(i)\} \text{-----} (2.2)$$

Ejemplo 2.1

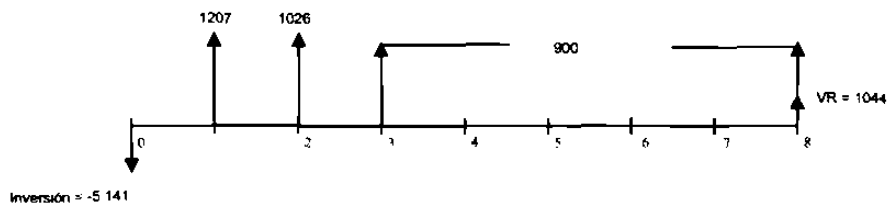
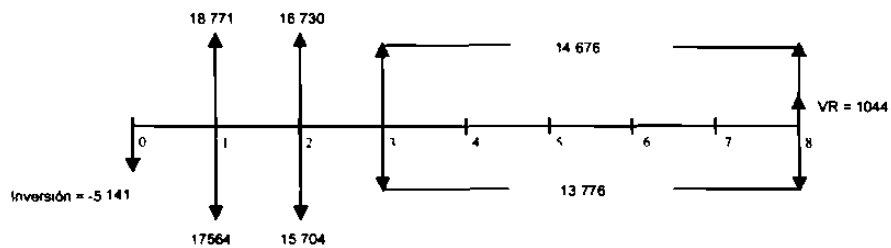
Para ilustrar el método de Valor Anual Equivalente, tomaremos un caso en el que la Unidad de Perforación y Mantenimiento de Pozos desea invertir \$ 5'141 MDlls, en la adquisición de un equipo completo de fracturas el cual consiste en: 3 fracturadores HQ-2000, 2 fracturadores HT-400 y una unidad de alta presión. Con la adquisición de este equipo se estiman los siguientes ingresos y gastos como se muestra en la tabla 2.1. La vida útil del equipo es de 8 años y su valor de rescate es de \$1'044 MDlls, el costo de financiamiento es de 4%. La política de la empresa para evaluar sus proyectos de inversión considera un TREMA de 6.5%, con la operación de

este equipo de fracturas se pretende cubrir la demanda de pozos en terminación de pozos en la Cuenca de Burgos.

Año	No. Op'n	Gasto Op'n. MDIIs	Precio Op'n. MDIIs	Gasto Anual MDIIs	Ingreso Anual MDIIs	Flujo de Efectivo MDIIs
1	180	97.580	103.955	17,564	18,711	1207
2	144	109.060	116.185	15,704	16730	1026
3	120	114.800	122.300	13,776	14,676	900
4	120	114.800	122.300	13,776	14,676	900
5	120	114.800	122.300	13,776	14,676	900
6	120	114.800	122.300	13,776	14,676	900
7	120	114.800	122.300	13,776	14,676	900
8	120	114.800	122.300	13,776	14,676	900
9						1,044

Tabla 2.1

Diagrama de flujo



Aplicando la ecuación (2.1), obtenemos:

$$A = -5141(A P, 6.5\%, 8) + \left\{ \sum_{t=1}^8 \frac{FE}{(1 + 6.5\%)^t} \right\} (A P, 6.5\%, 8) + 1044(A F, 6.5\%, 8)$$

$$VPFF = \frac{1207}{(1 + 0.065)^1} + \frac{1026}{(1 + 0.065)^2} + \frac{900}{(1 + 0.065)^3} + \frac{900}{(1 + 0.065)^4} + \frac{900}{(1 + 0.065)^5} + \frac{900}{(1 + 0.065)^6} + \frac{900}{(1 + 0.065)^7} + \frac{900}{(1 + 0.065)^8} - 5879$$

$$A = -5141(0.1642) + 5879(0.1642) + 1044(0.0992) = -844.15 + 1068.9 = 224.74$$

El resultado de la anualidad es positiva, por lo que el proyecto deberá ser aceptado.

2.2 METODO DEL VALOR PRESENTE (VP)

El método de valor presente es uno de los criterios económicos frecuentemente usados en la evaluación de proyectos de inversión y consiste en determinar la equivalencia en el tiempo cero de flujos de efectivos futuros que genera un proyecto y comparar con el desembolso inicial.

El valor presente puede obtenerse al aplicar la fórmula (2.2.), que evalúa los flujos generados del proyecto de inversión en el tiempo cero, de la siguiente manera:

$$VP = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FE_t}{(1 + i)^t} \text{-----(2.2.)}$$

Donde:

VP = Valor Presente

I_0 = Inversión inicial

FE_t = Flujo de efectivo neto del periodo t.

i = Tasa de descuento

\sum = Suma de flujos descontados

n = número de periodos de vida del proyecto

La expresión (2.2), es válida cuando las tasas de interés por periodo son iguales, en caso contrario se deberá utilizar la fórmula general (2.3) para obtener el valor presente de dichos flujos.

$$VP = -I_0 + \frac{FE_1}{(1+i_1)} + \frac{FE_2}{(1+i_1)(1+i_2)} + \dots + \frac{FE_n}{(1+i_1)(1+i_2)(1+i_n)} \dots\dots\dots(2.3)$$

En la comparación de alternativas que tienen vidas útiles iguales la aplicación del método es directo, en el caso de que las vidas sean diferentes deberá considerarse como horizonte de planeación el mínimo común múltiplo de las vidas de las alternativas, lo que hace suponer que en los ciclos sucesivos los flujos de efectivo serán idénticos.

La flexibilidad que presenta este método permite utilizar los ingresos y costos anuales no uniformes sin ningún problema. Por otra parte, es conveniente considerar los ingresos como positivos y los desembolsos como negativos.

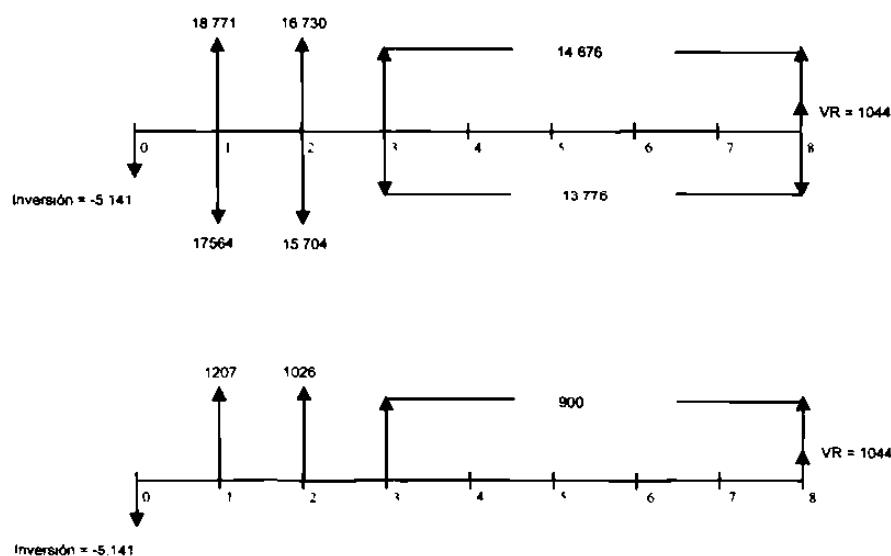
El criterio de decisión para aceptar una inversión consiste en que el valor presente de los flujos netos de efectivo sean igual o mayor a cero, en este caso es recomendable que el proyecto sea aceptado. Cuando se tienen únicamente desembolsos conviene omitir el signo de los flujos y debe seleccionarse el valor presente más bajo.

Algunas inconsistencia del método cuando se utiliza el valor de (i) como el costo de capital, este dificulta la evaluación y puede conducir a tomar malas decisiones debido a que al utilizar el costo de capital, los proyectos con valores positivos cercanos a cero podrían ser aceptados; se recomienda utilizar el valor de (i) la TREMA, tiene la ventaja de ser establecida muy fácilmente e incluir en ella factores de riesgo que representa un determinado proyecto, como la tasa de inflación que prevalece en la economía nacional.

Ejemplo 2.2

Para ilustrar el método, utilizaremos el mismo caso anterior, en el que la Unidad de Perforación y Mantenimiento de Pozos desea invertir \$ 5'141 MDIIs, en la adquisición de un equipo completo de fracturas el cual consiste en: 3 fracturadores HQ-2000, 2 fracturadores HT-400 y una unidad de alta presión. Con la adquisición de este equipo se estiman los siguientes ingresos y gastos como se muestra en la tabla 2.1. La vida útil del equipo es de 8 años y su valor de rescate es de \$1'044 MDIIs, el costo de financiamiento es de 4%. La política de la empresa para evaluar sus proyectos de inversión considera un TREMA de 6.5%. con la operación de este equipo de fracturas se pretende cubrir la demanda de pozos en terminación.

Diagrama de flujo de efectivo:



Considerando la información y aplicando la ecuación (2.2) se obtiene:

$$VP = -5141 + \sum_{t=1}^8 \frac{FE_t}{(1+0.065)^t}$$

$$VP = -5,141 + \frac{1207}{(1+0.065)^1} + \frac{1026}{(1+0.065)^2} + \frac{900}{(1+0.065)^3} + \frac{900}{(1+0.065)^4} + \frac{900}{(1+0.065)^5} + \frac{900}{(1+0.065)^6} + \frac{900}{(1+0.065)^7} + \frac{900}{(1+0.065)^8} + \frac{1044}{(1+0.065)^8}$$

$$VP = -5,141 + 6510 = 1369 \text{ MDIIs.}$$

El resultado del valor presente neto es de 1369 MDIIs, el cual indica que el proyecto debe ser autorizado.

2.2.1 VALOR PRESENTE DEL INCREMENTO DE INVERSIÓN (VP)

El valor presente del incremento de la inversión determina si se justifican los incrementos que demandan las alternativas en estudio. Al comparar dos o más alternativas bajo este enfoque, en primer término se debe obtener los flujos de efectivos netos de la diferencia de flujos de efectivo de las dos alternativas en análisis y posteriormente determinar si se justifica el incremento de la inversión. El incremento en la inversión se considera aceptable siempre y cuando el valor presente del incremento sea mayor a cero o bien que su rendimiento exceda la tasa de recuperación mínima atractiva.

El procedimiento utilizado para determinar el valor del incremento de la inversión en la selección de alternativas mutuamente exclusivas, considera lo siguiente:

1. Colocar en orden ascendente cada una de las alternativas de acuerdo a su inversión inicial.

2. Determinar el valor presente de la alternativa de menor inversión, el cual deberá tomarse como base para comparar las demás alternativas en estudio, esta alternativa o sea la de menor valor siempre será la opción de no hacer nada, ya que las otras alternativas pueden presentar valores negativos.
3. Comparar la mejor alternativa con la siguiente de acuerdo con las premisas del punto 1. La comparación entre las dos alternativas se basa en determinar el valor presente del incremento de la inversión el cual considera flujos de efectivo diferenciales; si el valor presente es mayor que cero, entonces la alternativa retadora se transforma en la mejor opción; de lo contrario si el valor es negativo la alternativa defensora sigue siendo la mejor.
4. Analizar todas las alternativas en estudio considerando el paso 3, la alternativa que maximice el valor presente y proporcione un rendimiento mayor que la TREMA (i) será la alternativa de mayor inversión cuyos incrementos se justifican.

Ejemplo 2.3

Para ilustrar el método de valor presente del incremento de inversión, considere que la Unidad de Perforación y Mantenimiento de Pozos, desea adquirir un equipo de bombeo para el cual se desea seleccionar la mejor alternativa de las tres que se muestra en la tabla 2.2, también asumimos que esta empresa utiliza una TREMA del 10% para evaluar sus proyectos de inversión. Las tablas 2.3 y 2.4 muestran los incrementos de inversión y los flujos de efectivo de cada incremento.

Alternativa	A	B	C
Equipo	Unidad de Alta Presión	Fracturador HT-400	Fracturador HQ-2000
Valor Equipo Nuevo Dlls.	514,547	789,000	1141,000
Ingresos Anuales Dlls.	438,500	988,000	1600,000
Costos de Operación Dlls.	165,240	588,000	899,000
Valor de Rescate Dlls.	102,350	157,240	227,000
Tasa de Interés %	10 %	10 %	10 %
Vida Útil	8 Años	8 Años	8 Años

Tabla 2.2

Alternativas	A	B-A	C-B
Equipo	Unidad de Alta Presión	Fracturador HT-400	Fracturador HQ-2000
Valor Equipo Nuevo Dlls.	514,547	274,453	352,000
Ingresos Anuales Dlls.	438,500	549,500	612,000
Costos de Operación Dlls.	165,240	422,760	311,000
Valor de Rescate Dlls.	102,350	54,890	69,760
Tasa de Interés %	10 %	10 %	10 %
Vida Útil	8 Años	8 Años	8 Años

La tabla 2.3, muestra los incrementos de cada una de las alternativas

Flujo de Efectivo de los Incrementos			
Año	A	B-A	C-B
0	-514,547	-274,453	-352,000
1	273,260	126,740	301,000
2	273,260	126,740	301,000
3	273,260	126,740	301,000
4	273,260	126,740	301,000
5	273,260	126,740	301,000
6	273,260	126,740	301,000
7	273,260	126,740	301,000
8	273,260	126,740	301,000
9	102,350	54,890	69,760

La tabla 2.4, muestra los flujos de efectivo

Utilizar el procedimiento del valor presente del incremento de inversión y aplicar la ecuación (2.2) para obtener el valor presente de la alternativa de menor inversión, el cual deberá tomarse como base para comparar las demás alternativas:

$$VPN_A = -514.5 + \frac{273.2}{(1+0.1)^1} + \frac{273.2}{(1+0.1)^2} + \frac{273.2}{(1+0.1)^3} + \frac{273.2}{(1+0.1)^4} + \frac{273.2}{(1+0.1)^5} + \frac{273.2}{(1+0.1)^6} + \frac{273.2}{(1+0.1)^7} + \frac{273.2}{(1+0.1)^8} + \frac{102.3}{(1+0.1)^9}$$

$$VPN_A = -514.5 + 1.505.5 = 991.0 \text{ MDIls.}$$

La alternativa A, ahora es la defensora y la alternativa B la retadora; es decir la comparación se hará en base al incremento.

$$VPN_{B-A} = -274.4 + \frac{126.7}{(1+0.1)^1} + \frac{126.7}{(1+0.1)^2} + \frac{126.7}{(1+0.1)^3} + \frac{126.7}{(1+0.1)^4} + \frac{126.7}{(1+0.1)^5} + \frac{126.7}{(1+0.1)^6} + \frac{126.7}{(1+0.1)^7} + \frac{126.7}{(1+0.1)^8} + \frac{54.8}{(1+0.1)^9}$$

$$VPN_{B-A} = -274.4 + 701.7 = 427.3 \text{ MDIls.}$$

Como el VPN de la alternativa B respecto A es positiva esta se convierte en defensora y el incremento de C como la retadora.

$$VPN_{i^*} = 3520 + \frac{3010}{(1+i^*)^1} + \frac{301}{(1+i^*)^2} + \frac{300}{(1+i^*)^3} + \frac{3010}{(1+i^*)^4} + \frac{301}{(1+i^*)^5} + \frac{3010}{(1+i^*)^6} + \frac{3010}{(1+i^*)^7} + \frac{3010}{(1+i^*)^8} + \frac{697}{(1+i^*)^8}$$

$$i^* = -3520 + 16380 - 12860 \text{ MDIIs.}$$

El VPN del incremento de la inversión es positiva y definitivamente el incremento de la inversión se justifica.

2.3 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Este método es el más general y ampliamente usado en la elaboración de estudios económicos y se le conoce con varios nombres, tales como: método de la tasa de rendimiento, método de la tasa de retorno, método del inversionista, método del flujo de efectivo descontado e índice de rentabilidad.

La tasa de rendimiento (TIR), está definida como la tasa de interés que reduce a cero el valor presente, el valor futuro o el valor anual equivalente de una serie de ingresos y egresos. Es decir, la tasa de rendimiento de una propuesta de inversión, es aquella tasa de interés (i^*) que satisface cualquiera de las siguientes ecuaciones:

$$\sum_{t=0}^n \frac{FE_t}{(1+i^*)^t} = 0 \text{-----(2.4)}$$

$$\sum_{t=0}^n FE(1+i^*)^{n-t} = 0 \text{-----(2.5)}$$

$$\sum_{t=0}^n FE(P/F, i^*, t)(A/P, i^*, n) = 0 \text{-----(2.6)}$$

El valor correcto de (i^*) que hace que todas las inversiones netas del proyecto se igualen a cero al final del proyecto.

En forma práctica es suficiente considerar el intervalo $-1 < i^* < \alpha$, ya que es poco probable que un proyecto de inversión se pierda más cantidad de dinero que se invirtió. Por otro lado, la figura 3.1, ilustra la forma más común de las gráficas de valor presente, valor futuro y valor anual equivalente en función de la tasa de interés, donde se puede observar que todas las curvas convergen un mismo punto el cual corresponde a la tasa de rendimiento del proyecto de inversión.

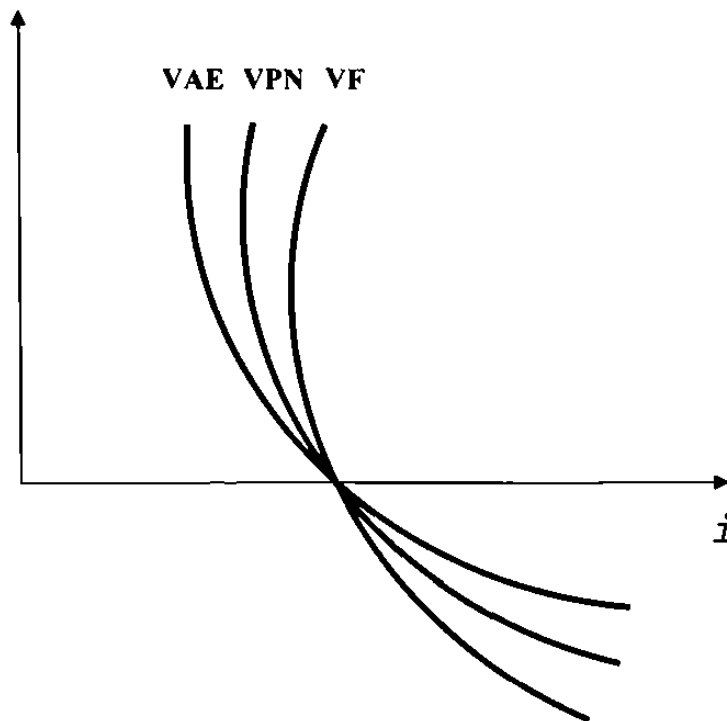


Figura 3.1 Gráfica del valor presente, valor futuro y valor anual equivalente, en función de la tasa de interés.

Con el método de la tasa interna de rendimiento, es necesario calcular la tasa de interés (i^*) que satisface cualquiera de las ecuaciones 2.4, 2.5 y 2.6; compararlas con la tasa de recuperación mínima atractiva (TREMA), cuando (i^*) es mayor que la TREMA conviene que el proyecto sea aceptado.

Ejemplo 2.4

Para ilustrar el método de la Tasa Interna de Retorno (TIR), utilizaremos el ejemplo 2.2, donde la Unidad de Perforación y Mantenimiento de Pozos desea invertir \$ 5'141 MDIls, en la adquisición de un equipo completo de fracturas el cual consiste en: 3 fracturadores HQ-2000, 2 fracturadores HT-400 y una unidad de alta presión. Con la adquisición de este equipo se estiman los siguientes ingresos y gastos como se muestra en la tabla 2.1. y en el diagrama de flujo. La vida útil del equipo es de 8 años y su valor de rescate es de \$1'044 MDIls, el costo de financiamiento es de 4%. La política de la empresa para evaluar sus proyectos de inversión considera un TREMA de 6.5%. con la operación de este equipo de fracturas se pretende cubrir la demanda de pozos en terminación.

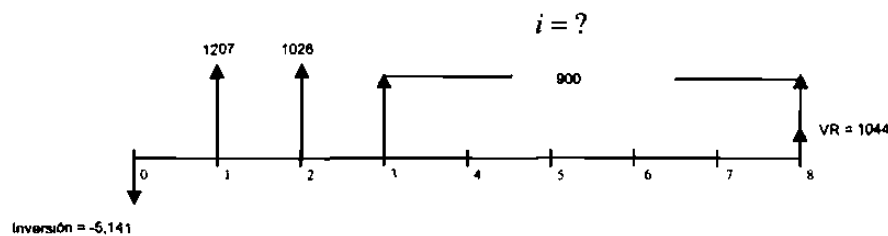


Diagrama de flujo

Aplicando la ecuación de Valor Presente y sustituyendo valores determinar el valor de (i^*) que satisface la ecuación 2.3.1

$$VP = -5141 + \sum_{t=1}^8 \frac{FE_t}{(1+i^*)^t} = 0$$

$$0 = -5,141 + \frac{1207}{(1+i^*)^1} + \frac{1026}{(1+i^*)^2} + \frac{900}{(1+i^*)^3} + \frac{900}{(1+i^*)^4} + \frac{900}{(1+i^*)^5} + \frac{900}{(1+i^*)^6} + \frac{900}{(1+i^*)^7} + \frac{900}{(1+i^*)^8} + \frac{1044}{(1+i^*)^8}$$

La TIR que satisface la ecuación es $i = 12.6 \%$, mayor que la TREMA utilizada por la empresa, por lo tanto, el proyecto ha sido justificado.

CAPITULO III

TÉCNICAS DE ANÁLISIS EN ESTUDIOS DE REEMPLAZO

El crecimiento económico y solidez de cualquier empresa está íntimamente relacionada con la productividad de sus recursos humanos; sin embargo ésta puede incrementarse, básicamente poniendo a disposición de los trabajadores las mejores herramientas de producción. Es por ello que las industrias tienen la necesidad de enfrentarse constantemente al problema de renovar y modernizar su equipo y tecnología a medida que estos factores ofrecen oportunidades de ahorro y utilidades adicionales. En consecuencia, la formulación de proyectos de reemplazamiento juega un papel muy importante en la determinación de la tecnología básica, pero se deberá equilibrar los presupuestos de inversión de la empresa, ya que un reemplazamiento apresurado origina en la empresa una disminución de capital y por lo tanto limita la disponibilidad de efectivo para emprender otros proyectos; sin embargo, un reemplazamiento retardado origina costos excesivos de operación y mantenimiento lo que pone en desventaja a la empresa para afrontar la competencia.

Sin perder de vista la rentabilidad del proyecto de inversión de las empresas, esta sección pretende que el lector tenga una visión clara de las causas y factores que deben considerarse al realizar un estudio de reemplazo.

3.1 CAUSAS QUE DAN ORIGEN A UN ESTUDIO DE REEMPLAZO.

La necesidad o conveniencia de reemplazar un equipo puede deberse a: insuficiencia, mantenimiento excesivo y antigüedad (obsolescencia). Cualquiera de las causas que se mencionan los cuales ponen en desventaja competitiva los equipos resulta evidente realizar un estudio de reemplazo, sin embargo en la realidad existen mas de dos factores involucrados.

➤ Reemplazo por insuficiencia

Un equipo se vuelve inadecuado cuando al cambiar las necesidades de operación, resulta demasiado pequeño o demasiado grande o incapaz de producir un artículo con las características deseadas. El costo de oportunidad de un equipo inadecuado puede estimarse comparando su costo de operación de un equipo adecuado. Este es uno de los casos típicos de la Unidad de Perforación y Mantenimiento de Pozos, específicamente haciendo referencia de los equipos de perforación que se encuentran operando en el Proyecto Cuenca de Burgos, estos equipos fueron adquiridos en el periodo 1950-1980, cuyo objetivo de operación en esos momentos fue la perforación de pozos profundos para la extracción de aceite, la ingeniería en los materiales no estaba tan desarrollada como hoy en día y los diseños de las estructuras de estos equipos son muy complejos que requiere de mas recursos y tiempos para su movimiento de una localización a otra, la creciente demanda de gas del país (ver anexo G), ha obligado a PEMEX cambiar sus estrategias de perforación y enfocar la mayor inversión de sus recursos a los proyectos estratégicos de gas, las estadísticas indican que las principales cuencas gas en México se encuentran en profundidades promedio de 2500 m, por otra parte los precios de venta del gas son más marginales que del aceite por lo que se crea la necesidad de sustituir los equipos de diseños obsoletos e inadecuados en la capacidad de operación por equipo modernos y compactos acorde a la necesidad del proyecto, los

cuales representan un importante costo de oportunidad para Petróleos Mexicanos.

➤ **Reemplazo por mantenimiento excesivo**

El deterioro físico causado por el uso y por agentes externos se traduce en desventajas económicas tales como: mayor consumo de combustible, incrementos progresivos de los costos de mantenimiento, pérdida de potencia o de eficiencia en la operación, tiempos perdidos y mano ociosa por descomposturas y como consecuencia de lo anterior una disminución de ingresos por operación.

La experiencia ha demostrado que es económico reparar los activos para mantenerlos en condiciones de operación y extender su vida útil. Sin embargo, puede llegar el momento en el que los desembolsos de las reparaciones sean excesivos que darían origen analizar la conveniencia de buscar las alternativas de reemplazo.

Enfocando esta causa de reemplazo a la problemática que da origen el presente trabajo sobre el análisis técnico económico de los equipos de perforación del proyecto Burgos, se observa que las unidades motrices que proporcionan la potencia a los componentes que integran un equipo de perforación han sido descontinuados lo que dificulta la adquisición de refacciones para dar el mantenimiento a dichas unidades, por lo que PEMEX se obliga a pagar un alto costo por fabricación especial y exclusiva de estas refacciones, trayendo como consecuencia incrementos en los costos de mantenimiento, paros de operación y disminución en la productividad.

➤ **Reemplazo por obsolescencia**

La obsolescencia surge producto del desarrollo tecnológico continuo de los activos, es decir, en el mercado siempre existirán equipos con características técnicas más ventajosas que los activos actualmente utilizados. La obsolescencia se caracteriza por cambios externos al activo y es una razón por la cual debe justificarse el reemplazo cuando se considere oportuno.

El costo de oportunidad asociado a la obsolescencia se obtiene al comparar el equipo en uso (suponiéndolo nuevo) con el modelo más reciente disponible en el mercado, apto para el mismo servicio. Respecto a lo anterior, el equipo en uso puede presentar las siguientes desventajas: mayores gastos de operación, menor productividad o eficiencia, menor confiabilidad y mayor frecuencia de descompostura. Las desventajas que se mencionan constituye el costo de oportunidad por obsolescencia de un equipo actual.

Considerando la obsolescencia a los equipos de perforación de la Unidad de Perforación y Mantenimiento de Pozos del proyecto Burgos, vemos que los equipos principalmente por sus diseños y los altos costos de mantenimiento representan una desventaja muy marcada respecto a los equipos modernos que se encuentran en el mercado, simplemente un movimiento de un equipo moderno (compacto) de una localización a otra tiene un promedio de 1.8 días, mientras los equipos con que cuenta Petróleos Mexicanos el promedio de movimiento es de 7 días, su eficiencia y operación segura en la perforación de estos equipos representa una ventaja al disponer de mayor tiempo de operación, razón por la cual se justifica técnica y económicamente la sustitución de los equipos actuales.

3.2 FACTORES QUE DEBEN CONSIDERARSE EN UN ESTUDIO DE REEMPLAZO.

Las decisiones de reemplazo de equipos se ven afectados por diversos factores de orden interno y externo, los cuales deben tomarse en cuenta para soportar los resultados; a continuación se explica brevemente algunos de estos factores.

➤ **Horizonte de planeación**

El horizonte de planeación en un estudio de reemplazo, es el lapso de tiempo futuro que se considera en el análisis, a menudo se utiliza un horizonte de planeación infinito cuando es difícil determinar o predecir cuando la actividad será terminada, tal suposición no es la adecuada porque es difícil predecir los avances tecnológicos que tendrán los equipos en el futuro respecto a los utilizados, cuando la duración del proyecto es predecible se recomienda hacer el estudio en base al horizonte de planeación finito.

➤ **La tecnología**

La tecnología juega un papel muy importante en los estudios de reemplazo, ya que los equipos que son candidatos para sustituir, deberá considerar las características tecnológicas que dan ventajas competitivas en los costos de oportunidad. El ejemplo típico para explicar este caso, es el de las computadoras que tienen un acelerado desarrollo en la capacidad de Hardware y Software, esta situación origina que las computadoras actuales estén en amplia desventaja, en tal caso debe analizarse el ahorro en tiempo y eficiencia de una nueva computadora que justifique su reemplazo.

➤ **Comportamiento de los ingresos y gastos**

Es práctica común asumir el comportamiento de los ingresos y gastos a lo largo del horizonte de planeación, con frecuencia se considera un comportamiento ascendente o descendente. Sin embargo, es importante considerar el efecto de la inflación en los ingresos y egresos del estudio de reemplazo.

➤ **Disponibilidad de capital**

Otro factor que influye directamente en las decisiones de reemplazo de equipo es la disponibilidad de recursos financieros de la empresa para la adquisición de activos, especialmente si su costo es elevado, ya que crea compromisos en los niveles corporativos involucrados, estas decisiones deben basarse en las consecuencias futuras de los posibles cursos de

acción teniendo en cuenta que los costos incurridos en el pasado no pueden eliminarse ni disminuirse de ninguna forma.

➤ **Inflación**

En todos los estudios de reemplazo de equipo es necesario considerar la tasa probable de inflación dentro del horizonte de planeación en estudio. Deben expresarse todos los flujos de ingresos y egresos en la misma unidad monetaria correspondiente a una fecha determinada que puede ser la del estudio económico.

El costo de adquisición de un activo suele aumentar a lo largo del tiempo, pero este aumento puede ser aparente a consecuencia de la disminución del poder adquisitivo de la moneda. El aumento o disminución de los costos o ingresos respecto al tiempo deberá corregirse por medio de los índices inflacionarios, de tal manera que todas las cifras queden expresadas en unidades monetarias homogéneas.

Supongamos que al analizar la estadística de costo de un equipo, se observa que ha sufrido un incremento del 10% anual en promedio, durante los últimos años. Si la economía del país ha mostrado una tasa de inflación del 4% anual, el aumento del costo real del equipo es solamente del 6% en términos de unidades monetaria constante. Esta situación permite al analista ser cuidadoso en su análisis, ya que una mala decisión puede significar una reducción en la disponibilidad de capital de periodos futuros.

3.3 TIPOS DE REEMPLAZO

El resultado de un proceso de evaluación de alternativas, es la selección de un proyecto, activo o servicio que tiene estimada una vida económica. Las empresas a menudo tienen la necesidad de determinar la forma como el activo en uso puede ser reemplazado, mejorado o aumentado, este análisis puede ser antes, durante o después de la vida estimada.

Los estudios de reemplazo de activos pueden ser de dos tipos:

- Determine la vida económica del activo
- Decisiones de reemplazo de los activos

3.3.1 Determinar la vida económica: Cualquier administrador o accionista de una empresa desea conocer el número de años que un activo debe conservarse en servicio para minimizar su costo total, considerando el valor del dinero en el tiempo, la recuperación de la inversión, los costos anuales de operación y mantenimiento. Este tiempo de costo mínimo es el valor de " n " al cual se hace referencia mediante diversos nombres tales como: Vida Económica de un Activo, Vida de Costo Mínimo, Vida de Retiro y Vida de Reposición. En esta sección se explica la forma de determinar la vida del activo (valor de n), que minimiza el costo total. Este análisis es adecuado si el activo está actualmente en uso y se considera la reposición o si se está considerando la adquisición de un nuevo activo.

En general, cada año que pasa en uso el activo, se observa las siguientes tendencias, las cuales se muestran en la figura 3.1.

- El valor anual equivalente del costo anual de operación (CAO), el cual se identifica en la figura como el VA de CAO aumenta. El término CAO significa los costos relacionados con el mantenimiento y la operación.
- El costo anual equivalente de la inversión inicial del activo (VA de la inversión) disminuye.
- El valor de rescate o salvamento real se reduce con relación al costo inicial.

Estos factores hacen que la curva de VA total disminuya para algunos años y aumente de allí en adelante. La curva de VA total se determina utilizando la siguiente relación durante un número de años k .

$$\text{VA total} = \text{VA de la inversión} + \text{VA del CAO}$$

El valor de VA mínimo total indica el valor de n durante la vida económica, el valor de n cuando la reposición es la más económica. Esta debe ser la vida del activo estimada para un análisis de ingeniería económica.

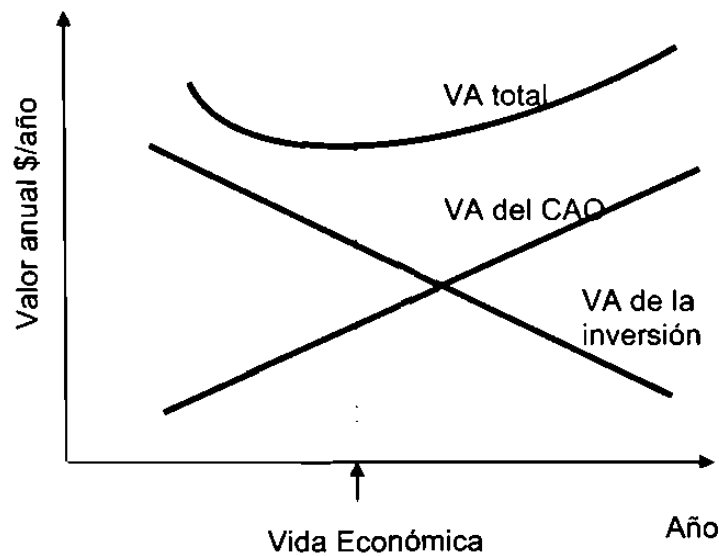


Fig. 3.1 Comportamiento de curva de valor anual total de un activo

Para estimar n en el análisis de la vida económica de un activo, se utiliza la ecuación 3.1 que determina V_k para cada k ; donde el valor de vida más largo posible es N , es decir, $k=1,2,\dots, N$

$$V_k = -I_0(A/P, i\%, k) + VR(A/F, i\%, k) - \left\{ \sum_{j=1}^{k-1} CAO_j(P/F, i\%, j) \right\} (A/P, i\%, k) \quad (3.1)$$

Donde:

I_0 = Inversión inicial o Costo inicial del Activo

VR_k = Valor del Activo después de conservar el activo k años.

CAO = Costo Anual de Operación para el año j ($j=1,2,\dots, k$)

i = Tasa de retorno

La estimación de la vida económica tiene entre otros fines: definir la política de la empresa para el reemplazo de sus activos, planear actividades futuras de la empresa, predeterminar costos de operación y fijar el precio de venta de sus productos.

3.3.2 Decisiones de reemplazo: En los estudios de reemplazo, uno de los activos el cual se hace referencia como defensor, es el que actualmente se encuentra en uso y las alternativas son uno o más llamadas estas retadoras. Para el análisis se asume que en la actualidad no se posee ni se utiliza ningún activo y se debe escoger entre las alternativas del retador y la alternativa del defensor.

Para obtener el defensor, se debe invertir el valor vigente en el mercado de este activo usado. Dicho valor estimado de mercado se invierte en el costo inicial de la alternativa del defensor, se recomienda hacer nuevas estimaciones para la vida económica restante, el costo anual de operación (*CAO*) y el valor de rescate del defensor (*VR*).

En este trabajo se considera analizar los siguientes casos de sustitución de activos:

a. Análisis de sustitución utilizando un periodo de estudio especificado: El periodo de estudio u horizonte de planeación es el número de años seleccionado en el análisis económico para comparar las alternativas del defensor y del retador. Al seleccionar el periodo de estudio, una de las dos siguientes situaciones es común: la vida restante anticipada del defensor es igual o es más corta que la vida del retador.

Si el defensor y el retador tienen vidas iguales, el Valor Anual del Defensor (*VAd*) y el Valor Anual del retador (*VAr*) puede determinarse al aplicar la ecuación 3.2.

$$VA = -I_0(A P, i\%, n) + VR(A F, i\%, n) - CAO \text{-----} (3.2)$$

Es práctica común utilizar un periodo de estudio igual a la vida del activo más larga. Luego, se aplicará el valor anual para el activo de vida más corta a lo largo de todo el periodo de estudio, lo cual implica que el servicio realizado por dicho activo puede adquirirse con el mismo valor V_A después de su vida esperada. Por ejemplo, si se compara un retador con 10 años de vida con un defensor de 5 años de vida, para el análisis de reposición se supone que el servicio proporcionado por el defensor estará disponible por el mismo valor V_A durante los 5 años adicionales.

La globalización y la rápida obsolescencia de las tecnologías en uso son preocupaciones constantes. Con frecuencia la incertidumbre del futuro se refleja en las decisiones de los administradores en considerar estudios recortados o abreviados en las evaluaciones económicas, cuyo fin obliga a la recuperación de la inversión inicial con la TREMA requerida durante un periodo de tiempo recortado.

b. Análisis de sustitución considerando el costo oportunidad y el flujo de efectivo: Para considerar el costo inicial de alternativas en el análisis de sustitución existen dos formas equivalentes; la primera, llamada enfoque de costo oportunidad el cual utiliza el valor de mercado (valor de intercambio) del defensor como el costo inicial y el costo inicial de sustitución como el costo inicial del retador. El costo oportunidad considera que el propietario del activo pierde una cantidad de capital igual al valor de mercado o intercambio. Éste es el costo oportunidad si se selecciona el defensor.

El segundo enfoque sobre el flujo de efectivo, considera que cuando el retador es seleccionado, el valor de mercado del defensor se toma como una entrada de efectivo para cada alternativa del retador y cuando el defensor es seleccionado no existe un desembolso real de efectivo. Sin embargo, cuando se utiliza este enfoque las vidas estimadas deben ser iguales para el defensor como el retador. Para ambos casos, el valor equivalente se determina al aplicar la ecuación de 3.2.

c. Análisis de sustitución para conservar el activo un año adicional:

Generalmente se espera que un activo se conserve hasta el final de su vida económica estimada. Sin embargo, a medida que transcurre la vida del activo que se posee actualmente, éste se deteriora y por su puesto aparecen alternativas de equipos modernos o mejorados los cuales representan costos de oportunidad atractivos para las empresas. De ahí se genera la opción de que si el activo debe ser reemplazado o bien conservarse en servicio durante 1, 2, 3 o más años.

Otra pregunta que surge es cuando el activo ha prestado su servicio durante la vida estimada y se desea que el activo permanezca unos años más. Para tomar la decisión de reemplazar o conservar un activo, no es correcto simplemente comparar el costo equivalente del defensor y el costo del retador durante el tiempo restante de vida económica, en lugar de ello, se utiliza el procedimiento de valor anual que se presenta en el diagrama 3.1.

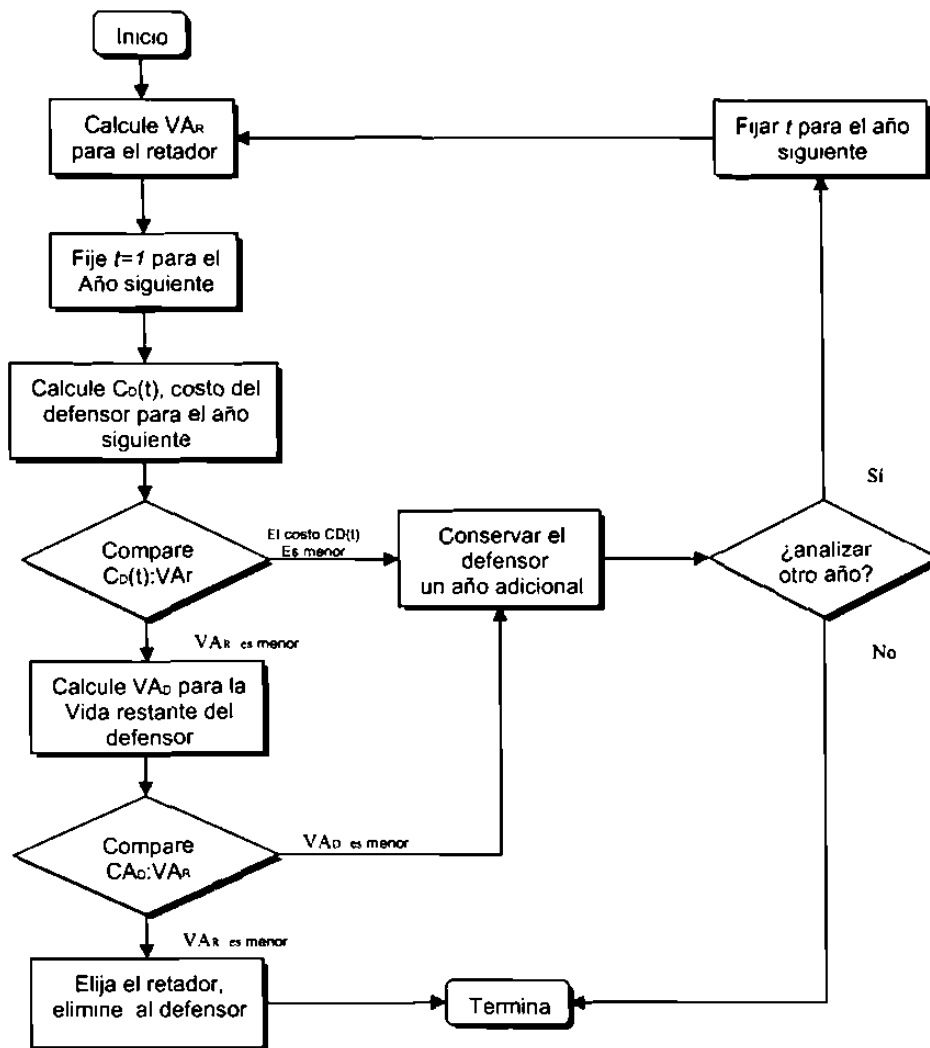


Figura 3.1 Procedimiento para un análisis de reposición de un año adicional

CAPITULO IV

APLICACIÓN DE METODO DEL VALOR ANUAL EN LA SUSTITUCIÓN DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN.

La confiabilidad del método de valor anual equivalente en la sustitución de equipos, depende de la calidad de información que se toma como base para los cálculos, ya que en la mayoría de los casos no se lleva un registro o control de todos los gastos involucrados en el mantenimiento y operación de los equipos; el no tener bien definidos estos costos dificulta la determinación del precio del producto terminado. Por esta razón, en este trabajo se analizó la estadística de costos de los mantenimientos y operación de los equipos y se tomaron los valores más representativos.

4.1 Análisis de Costos de mantenimiento y operación de los equipos de perforación: para aplicar el método de valor anual equivalente (VA_k) en la determinación de la vida económica y sustitución de un equipo de perforación se analizaron los programas y frecuencias de los mantenimientos que se realizan a todas las unidades que integran un equipo, así como, los costos que estos involucran, ver anexo A (cartas de mantenimiento preventivo y costos de operación más representativos). Se observa altos costos del mantenimiento de los equipos para mantenerlos en condiciones de operación principalmente a las unidades motrices que tienen un grado de obsolescencia considerable por desgaste y modelos de los mismos; por citar un ejemplo, una gran mayoría de los equipos de perforación que tiene la Unidad Operativa de Perforación Burgos fueron adquiridos en el periodo 1960-1980, y están equipados con motores de combustión interna marca Waukesha que proporciona la fuerza motriz a las bombas de lodos, malacates, generadores de corriente directa, etc.

Los cuales han sido descontinuados. Esto ocasiona que el refaccionamiento para dar el mantenimiento a estas unidades sea de fabricación especial y exclusiva para Petróleos Mexicanos, la discontinuidad de refacciones para estas unidades provoca altos costos en los mantenimientos y los paros frecuentes de equipos por reparaciones generando retrasos a los programas operativos.

En el análisis del transporte se encontró que en los equipos tradicionales que por sus diseños estructurales se requieren de 45 viajes y 7 días promedio en moverse de una localización a otra, el costo promedio de transporte de un equipo con estas características es de \$500,000 pesos, mientras que los equipos compactos de nueva generación son autorremolcables lo que facilita su transporte y requiere para su transporte únicamente 15 viajes y 1.8 días promedio en el movimiento, su costo promedio de \$250,000 pesos , el cual representa un ahorro del 50% en los costos y en tiempo de 6.2 días. Estos ahorros sustanciales en tiempo permite una disponibilidad de equipo de 50 días por año que el beneficio sería de perforar 5 pozos adicionales por año y por equipo. En el anexo C, se incluye las estadísticas de los movimientos de equipos de los dos tipos de equipos del cual se hace referencia en este trabajo. Los análisis realizados están enfocados en función de los gastos involucrados en el mantenimiento y operación de los equipos, no se considera los pozos adicionales que podrían ser perforados ni la producción diferida que se genera al utilizar equipos obsoletos e ineficientes. Como se puede percibir el sustituir los equipos con un alto grado de obsolescencia por los equipos de nueva generación representa una oportunidad para mejorar los indicadores operativos del Proyecto Burgos.

Ejemplo 4.2 Determinar la vida económica de un equipo de perforación

La Unidad Operativa de Perforación y Mantenimiento de Pozos del Proyecto Burgos, en base a la demanda de gas que tiene el país se requiere incrementar la perforación de pozos para mantener e incrementar la producción en un 40% en los próximos 4 años, para logra estas expectativas se espera perforar un promedio de 600 pozos anuales, en base a lo anterior esta Unidad contempla invertir \$ 6'000,000 de dólares en la adquisición de cada uno de los equipos de perforación de nueva generación, los gastos de mantenimiento y operación se muestran en la siguiente tabla 4.1.

Costos fijos anuales	\$ 42,380 dólares
Mantenimiento	\$ 189,800 dólares
Combustibles	\$ 118,624 dólares
Materiales	\$ 29,200 dólares
Mano de Obra	\$ 192,599 dólares
Tasa de retorno	10%
Tasa de depreciación	7 %

Tabla 4.1

Tomando en consideración la información anterior, se desea determinar

¿Cual será la vida económica de un equipo de perforación?

Aplicando la ecuación 3.1 de valor anual equivalente:

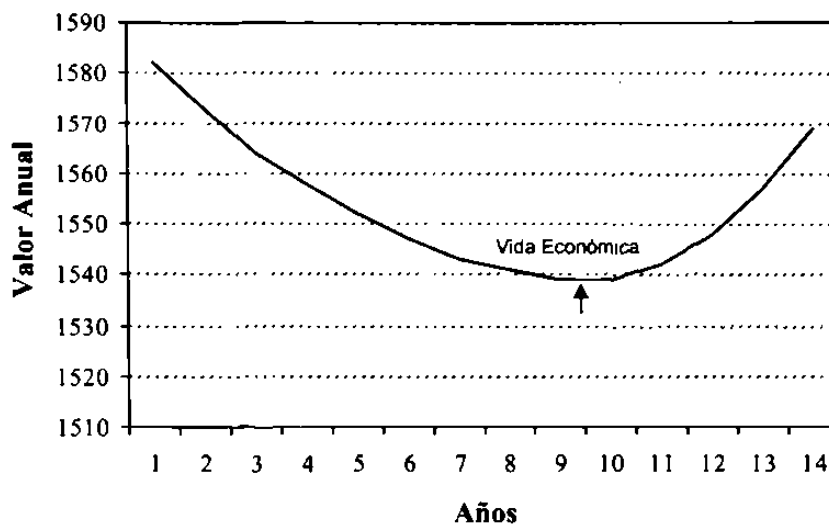
$$V_k = -I_0(A/P, i\%, k) + VR(A/F, i\%, k) - \left\{ \sum_{j=1}^{j=k} CAO(P/F, i\%, j) \right\} (A/P, i\%, k) \quad \text{--- (3.1)}$$

Se obtiene los siguientes resultados presentados en la siguiente tabla 4.2.

Año	VS.	CAO	Recuperación del capital	Costos anuales de operación equivalentes	VA.
0	6,000,000				
1	5,580,000	562,504	-1,020,000	-562,510	-1,582,510
2	5,160,000	585,004	-1,000,008	-573,215	-1,573,223
3	4,740,000	608,404	-980,646	-583,815	-1,564,461
4	4,320,000	638,825	-962,040	-595,737	-1,557,777
5	3,900,000	670,766	-943,980	-607,982	-1,551,962
6	3,480,000	704,304	-926,592	-620,446	-1,547,038
7	3,060,000	746,562	-909,876	-633,746	-1,543,622
8	2,640,000	791,356	-893,664	-647,391	-1,541,055
9	2,220,000	838,837	-878,208	-661,476	-1,539,684
10	1,800,000	897,556	-863,340	-676,238	-1,539,578
11	1,380,000	987,312	-849,480	-693,370	-1,542,850
12	960,000	1,105,789	-835,872	-712,671	-1,548,543
13	540,000	1,249,542	-822,768	-734,511	-1,557,279
14	120,000	1,436,973	-809,916	-759,249	-1,569,165

Los dos primeros términos de la ecuación permite determinar la recuperación de la inversión de \$ 6'000,000 dólares más el valor de retorno del 10%, el último término de la ecuación proporciona los costos anuales de operación y mantenimiento y la suma de los dos términos da como resultado el valor anual equivalente (V_{Ak}) para k años.

Analizando los valores de los cálculos que muestra la tabla encontramos que el valor mínimo de $-1'539,578$ se presenta en el año 10, esto quiere decir que la vida económica de este equipo es de diez años; si graficamos estos valores el resultado aparecerá como la curva de (V_{Ak}) total presenta una forma convexa (ver grafica 4.1)



Gráfica 4.1 Comportamiento del Valor Anual en la determinación de la vida Económica de un Equipo de Perforación.

Ejemplo 4.2.1 Determinar la vida económica de un equipo actual de perforación.

En Unidad Operativa de Perforación y Mantenimiento de Pozos del Proyecto Burgos, también se realizó un análisis de un equipo adquirido en el año de 1957, el cual fue reevaluado en el año 2000 en un valor de 1'900,000 dólares, los costos de operación y mantenimiento se muestran en tabla 4.3.

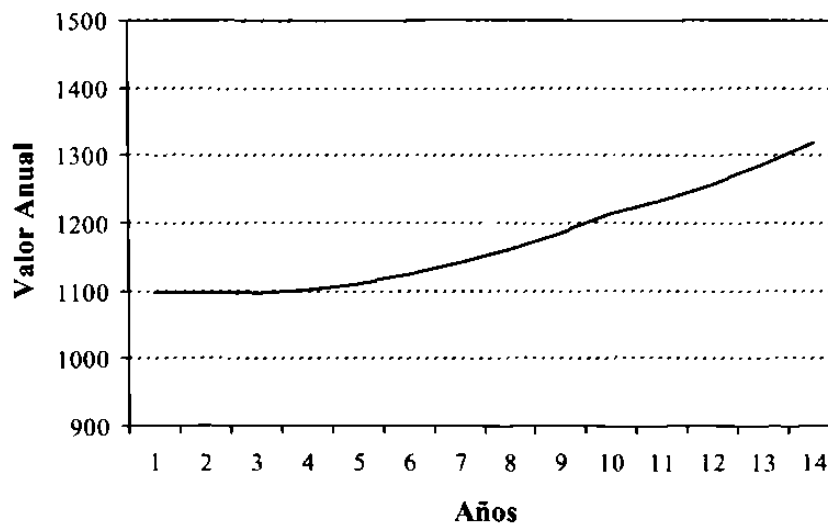
Costos fijos anuales	\$ 73,000 dólares
Mantenimiento	\$ 309,520 dólares
Combustibles	\$ 114,756 dólares
Materiales	\$ 54,750 dólares
Mano de Obra	\$ 166,440 dólares
Tasa de retorno	10%
Tasa de depreciación	10 %

Tabla 4.3

Aplicando el mismo procedimiento del ejemplo anterior se obtuvieron los siguientes resultados que muestra la tabla 4.4.

Año	VS.	CAO	Recuperación del capital	Costos anuales de operación equivalentes	VA.
0	1,900,000				
1	1,710,000	718,466	-380,000	-718,473	-1,098,473
2	1,520,000	732,835	-370,956	-725,305	-1,096,261
3	1,330,000	754,820	-362,197	-734,182	-1,096,379
4	1,140,000	800,110	-353,780	-748,475	-1,102,255
5	950,000	856,117	-345,610	-766,051	-1,111,661
6	760,000	924,607	-337,744	-786,575	-1,124,319
7	570,000	1,017,067	-330,182	-810,879	-1,141,061
8	380,000	1,128,945	-322,848	-838,514	-1,161,362
9	190,000	1,264,418	-315,856	-869,857	-1,185,713
10	0	1,416,148	-309,130	-904,063	-1,213,193
11	0	1,557,763	-292,600	-939,804	-1,232,404
12	0	1,744,695	-278,920	-977,465	-1,256,385
13	0	1,971,505	-267,520	-1,017,931	-1,285,451
14	0	2,267,231	-257,830	-1,062,068	-1,319,898

Analizando los valores de los cálculos que muestra la tabla encontramos que el valor mínimo de $-1'096,261$ se presenta en el año 2, esto indica que la vida económica del equipo esta en el límite, si graficamos estos valores podemos apreciar como se comporta la curva de (VAk) total en la gráfica 4.2.



Ejemplo 4.3. Análisis para rentar o sustituir un equipo de perforación.

La Unidad Operativa de Perforación y Mantenimiento de Pozos, tiene dos alternativas para desarrollar los trabajos de perforación en la Cuenca de Burgos, para ello se requiere seleccionar la mejor alternativa entre adquirir un equipo de perforación moderno o bien rentarlo, para el caso que nos ocupa se está asumiendo un horizonte de planeación de 5 años y una tasa de recuperación del 10%; los costos de operación y mantenimiento se presentan en la siguiente tabla:

DEFENSOR	
Premisas: anuales	Nuevo
Inversión inicial	\$ 6,000,000
Costos fijos	\$ 42,380
Mantenimiento	\$ 189,800
Combustibles	\$ 108,624
Materiales	\$ 29,200
Mano de obra	\$ 919,070
Tasa de retorno %	10
Valor de rescate	\$ 1,800,000

RETADOR	
Premisas: anuales	Renta
Costo anual de renta	\$ 2,970,005
Renta diaria del Equipo	\$ 8,137

Para determinar el valor anual equivalente del defensor VAd y retador VAr utilizamos la ecuación 3.2, sustituyendo los valores del defensor y retador obtenemos:

$$VAd_5 = -6'000,000(A/P, 10\%, 5) + 3'900,000(A/F, 10\%, 5) - 1'289,074 = -\$2'233,054 \text{ dll s.}$$

$$VAr_5 = -\$2'970,005 \text{ dlls.}$$

Como el valor anual equivalente del retador es mayor que la del defensor, se debe elegir la opción de sustituir el equipo de perforación.

Ejemplo 4.4. Análisis para sustituir un equipo de perforación, considerando el costo oportunidad y el flujo de efectivo.

La Gerencia de Perforación y Mantenimiento de Pozos de la Región Norte, solicita realizar un análisis utilizando el enfoque costo oportunidad y flujo de efectivo para determinar la decisión más económica. La empresa considera para evaluar sus proyectos de inversión una tasa de 10%. Asuma que el equipo de perforación tiene una edad 5 años y que puede ser reemplazado con cualquiera de los dos equipos u alternativas las cuales se muestra la información de cada una de las alternativas en la siguiente tabla.

	Defensor	Retador 1	Retador 2
Costo inicial (dlls)		6,000,000	8,000,000
Costo de intercambio (dlls)		3,900,000	3,900,000
CAO	1,404,410	1,289,074	1,270,570
Valor de rescate	1,950,000	3,900,000	5,142,285
Vida estimada en años	5	5	5

Para determinar el valor anual equivalente del defensor VAd y retador VAR utilizamos la ecuación 3.2, sustituyendo los valores del defensor y retador obtenemos:

$$VAd_5 = -1'404,410 + 1'950,000(A/F, 10\%, 5) = -\$1'085,000dlls.$$

De igual forma, utilizamos la ecuación 3.2, para calcular el valor anual equivalente de las alternativas 1 y 2.

$$VAR_1 = (-I_0 + Ci)(A/P, 10\%, 5) + VR(A/F, 10\%, 5) - CAO$$

$$VAR_1 = (-6'000,000 + 3'900,000)(A/P, 10\%, 5) + 3'900,000(A/F, 10\%, 5) - 1'289,074$$

$$VAR_1 = -1'204,234dlls.$$

Para la segunda alternativa se tiene los siguiente:.

$$VAR_2 = (-I_0 + Ci)(A P, 10\%, 5) + VR(A F, 10\%, 5) - CAO$$

$$VAR_2 = (-8'000,000 + 3'900,000)(A P, 10\%, 5) + 5'142,285(A F, 10\%, 5) - 1'270,574$$

$$VAR_1 = -1'509,844d\text{lls.}$$

De acuerdo a los resultados obtenidos en cada una de las alternativas, se escoge conservar al defensor ya que su costo anual es el más bajo.

Ejemplo 4.5. Análisis para sustituir un equipo de perforación o bien conservarlo un año adicional el equipo existente.

La Unidad Operativa de Perforación Burgos, se encuentra desarrollando las actividades de perforación con equipos adquiridos desde 1954, en el 2001, la Gerencia de Perforación y Mantenimiento de Pozos de la Región Norte, reevaluó sus equipos. Para efectos de este trabajo se esta considerando un equipo mecánico el cual se le asignó un valor de 1'900,000 dólares, los costos de mantenimientos y los valores a principio de cada año se estimaron y se presenta en la tabla 4.5

Debido al incremento en la actividad de perforación en los últimos años en la cuenca de Burgos, se tiene la necesidad de llevar a cabo un análisis si es más económico reemplazar los equipos o bien conservarlos 1, 2, 3 o más años y luego reemplazarlos. Los precios del mercado para equipos de perforación compactos y adecuados para perforar pozos en la cuenca de Burgos es de 6'000,000 de dólares. En el análisis se considera una $i = 10\%$.

Tabla 4.5 Equipo de perforación actual (Defensor)

Año	Precio al inicio del año (DlIs)	Costo Anual de Operación (DlIs)
2001	1'900,000	1'054,120
2002	1'660,000	1'354,120
2003	1'420,000	1'654,120
2004	1'180,000	1'954,120

Tabla 4.6 Equipo de perforación nuevo (Retador)

Inversión del equipo en DlIs.	6'000,000
Costo anual de mantenimiento DlIs.	562,500
Valor de rescate	1'800,000
Vida útil	10 años

Aplicando el procedimiento de la figura 3.2, determinar el valor anual equivalente del retador VAr durante los 10 años.

Para calcular el VAr , aplicar la ecuación 3.2.

$$VAr = -6'000,000(A/P, 10\%, 5) + 1'800,000(A/F, 10\%, 5) - 562,500 = -1'850,460 \text{ DlIs.}$$

Una vez calculado el valor anual del retador se procede a determinar el costo que implica mantener el equipo para el próximo año cuando $t=1$, este valor se obtiene aplicando la ecuación 3.2 y sustituyendo los datos del equipo actual:

$$Cd(t=1) = -1'900,000(A/P, 10\%, 1) + 1'660,000(A/F, 10\%, 1) - 1'054,120 = -1'484,120 \text{ DlIs}$$

Puesto que el valor de $Cd(t=1)$ es menor que VAr el equipo debe conservarse. Por lo tanto, se debe calcularse un nuevo costo para el año $t=2$ del defensor:

$$Cd(t=2) = -1'660,000(A/P, 10\%, 1) + 1'420,000(A/F, 10\%, 1) - 1'354,120 = -1'760,120 \text{ DlIs.}$$

El costo del defensor $Cd(t = 2)$, aún sigue siendo menor que VAR , por lo que se debe optar conservar el equipo, nuevamente el procedimiento se repite para el año $(t = 3)$:

$$Cd(t = 3) = -1'420,000(A/P, 10\%, 1) + 1'180,000(A/F, 10\%, 1) - 1'654,120 = -2'036,120 \text{ Dlls.}$$

Ahora que $Cd(t = 3)$ es mayor que el valor anual del retador se debe calcularse el Valor anual del defensor VAd para los tres años restantes de la vida del defensor:

$$VAd = -1'420,000(A/P, 10\%, 3) + 1'180,000(A/F, 10\%, 3) - 1'654,120 - 300,000(A/G, 10\%, 3)$$

$$VAd = -2'149,607 \text{ Dlls.}$$

Dado que el retador en $VAR = -1'850,460$, es menor que $VAd = -2'149,607$ para los 7 años restantes de servicio útil del equipo deberá seleccionarse al retador y reemplazar los equipos actuales.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La confiabilidad del método de valor anual equivalente en la sustitución de equipos, depende de la calidad de la información que se toma de base para los cálculos.
2. Un análisis económico de alternativas de proyectos de inversión permite a la dirección una herramienta para tomar una decisión en la selección de la mejor alternativa a invertir sus recursos.
3. La determinación de la vida económica de un activo o equipo ayuda a la dirección de las empresas a definir sus políticas de reemplazo de sus equipos, además permite planear actividades futuras y predeterminar los costos de operación y fijar el precio de sus productos.
4. Se tomó una muestra de 10 equipos de perforación convencionales que estuvieron operando en el año 2003, las estadísticas muestran que se perforaron 50 pozos y los movimientos de los equipos de una localización a otra fue de 8.26 días promedio, mientras un equipo compacto fue de 1.8 días, esta diferencia de 6.46 días representa una oportunidad de 325 días que equivale dejar de perforar 21 pozos.
5. Las compañías que estuvieron perforando con equipos compactos realizaron 92 pozos con 5 equipos y no tuvieron paros de equipos por mantenimiento.
6. Los equipos de PEMEX analizados suspendieron operaciones por un total de 55 días por fallas de mantenimiento que representa dejar de perforar 3 pozos someros.
7. Sustituir los equipos convencionales por equipos compactos se obtiene un ahorro del 50% en los costos de transportes, 25% en mantenimiento y 40% en mantenimiento.
8. Se recomienda comprar 4 equipos modernos y dar de baja 10 obsoletos, esta acción permitirá a PEMEX ahorros en mantenimiento, operación, transportes, reducción de personal y mejora en la eficiencia operativa.
9. Se recomienda a PEMEX, reevaluar sus equipos de perforación cada dos años y reemplazarlos cada diez años.

REFERENCIAS

- 1.- Coss Bu Raúl, Análisis y evaluación de proyectos de inversión, Segunda Edición, LIMUSA ,200.
- 2.- De Garmo E. Paúl, Ingeniería Económica, Cuarta Edición, Editorial Continental S.A. de C.V., julio 1982.
- 3.- De la Torre Joaquín y Zamarrón, Evaluación de Proyectos de Inversión, Prentice Hall, Primera Edición 2002.
- 4.- José Pérez Chávez y Eladio Campero Guerrero Prontuario Tributario, Tax Editores Unidos, S.A. de C.V., Decimoséptima Edición 2002.
- 5.- Subdirección de Relaciones Sectoriales, Indicadores Petroleros, Volumen XIV, Núm. 11, Noviembre 2002.
- 6.- T. Blank Leland y J. Tarquín Anthony, Ingeniería Económica, Cuarta Edición, McGraw-Hill. 2000.
- 7.- Taylor George, Ingeniería Económica, Segunda Edición, LIMUSA, Mayo 1968
- 8.- I R I International Corporation , Oilfield Equipment Group Catalogo General.

ANEXOS

ANEXO A

Carta de Mantenimiento Preventivo de Motores Combustión Interna "CATERPILLAR"

No.	ACTIVIDADES A REALIZAR	FRECUENCIA
LUBRICACIÓN		
1	Cambio de aceite y filtros	360 Horas Laboradas
2	Engrasar Pillo-block del ventilador	
MANTENIMIENTO PREVENTIVO O MENSUAL		
1	Cambiar o limpiar filtros de aire y combustible	MENSUAL 360 - 500 Hrs Laboradas
2	Verificar operación de bomba de combustible	
3	Revisar embrague y válvula de relevo rápido	
4	Revisión de bandas del ventilador, tubos y mangueras radiador	
AFINACIÓN MENOR O TRIMESTRAL		
1	Revisar estado de toberas de inyección	TRIMESTRAL 1500 - 1800 Hrs Laboradas
2	Revisión y limpieza de turbos	
3	Revisión y limpieza de Gobernador	
4	Cambiar aceite y purgarlo (D379 con UG8 PTA. LUZ)	
5	Revisión de Actuador Neumático de aceleración	
6	Verificar tiempo de motor	
7	Prueba y ajuste de dispositivos	
AFINACIÓN MAYOR O SEMESTRAL		
1	Verificar tiempo del motor	SEMESTRAL 3000 - 3500 Hrs Laboradas
2	Revisar estado de toberas de inyección	
3	Calibrar claro ajuste de válvulas	
4	Revisar superficie de contacto de balancines con válvulas.	
5	Revisión y limpieza de turbos	
6	Ajuste de velocidades del Gobernador	
7	Cambiar aceite y purgarlo (D379 con UG8 PTA. LUZ)	
8	Limpieza y/o Cambio de Filtros de Aire y Combustible	
9	Revisión de Actuador Neumático de aceleración	
10	Verificación e Operación Dispositivos de Seguridad	
11	Revisar apriete de tuercas de bancada y tornillo de biela	
MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL		
1	Diagnóstico	4200 - 5000 Hrs Laboradas
2	Verificar presiones de compresión	
3	Verificar juego longitudinal y radial del cigüeñal	
4	Descarbonizar sistema de escape	
5	Reapretar cabezas de cilindros	
6	Verificar juego en engranes de bombas de aceite	
7	Verificar apriete de tuercas y tornillos de bancadas y bielas	
8	Revisar juntas de camisas	
9	Verificar estado de operación de bombas de combustible y aceite	

ANEXO A

Carta de Mantenimiento Preventivo de Bombas de Lodos, Compresores y Bombas para Operar Preventores

No.	ACTIVIDADES A REALIZAR	FRECUENCIA
MANTENIMIENTO PREVENTIVO A BOMBAS DE LODOS		
1	Revisar condiciones de cadenas de transmisión, tensar si es necesario	MENSUAL
2	Revisar alineación y ajuste de catarras de transmisión	
3	Reapretar tornillos de anclaje de bombas	
4	Revisar ajuste y juego entre dientes de piñón y corona	
5	Revisar seguros de tornillos y tuercas de bielas y crucetas	
6	Efectuar limpieza y verificar tolerancias de crucetas y correderas	
7	Ajustar si es necesario.	
LUBRICACIÓN A BOMBAS DE LODOS		
1	Verificar lubricación del cuerpo mecánico, transmisión y cadena	SEMESTRAL
2	Revisar bomba de lubricación de baleros de Toma de fuerza	
3	Desmontar tapa, drenar aceite, efectuar limpieza interior	
4	Reportar si se encuentran sedimentos de agua	
5	Cambiar filtro y reponer aceite	
6	Verificar condiciones de operación de bomba de lubricación	
MANTENIMIENTO PREVENTIVO A COMPRESORES		
1	Cambiar o limpiar filtros de aire	MENSUAL
2	Revisar manómetros de presión de aceite y aire	
3	Revisar condiciones de bandas	
4	Revisar mangueras, conexiones, válvula de retención, líneas	SEMESTRAL
5	Revisar y probar funcionamiento de válvula NS-16 (Eq. Convencionales)	
6	Desmontar cabezas y descarbonizar	
7	Revisar Válvulas de succión y descarga	
8	Revisar alineación de poleas, apriete de tuerca de polea y tornillos de fijación del compresor.	
LUBRICACIÓN A COMPRESORES		
1	Lavar carter	MENSUAL
2	Observar si se encuentran residuos metálicos	
3	Revisar condiciones en que se encuentran las bielas y baleros	
4	Efectuar cambio de aceite	
MANTENIMIENTO PREVENTIVO A BOMBA OPERADORA A PREVENTORES		
1	Revisar indicadores de presión, cambiar si es necesario	MENSUAL
2	Revisar líneas y válvulas, eliminar fugas	
3	Cambiar fluido, cambiar tanque y cedazo	
4	Revisar válvulas check y de seguridad	
5	Revisar precarga de caumuladores	
6	Revisar operación de control remoto	
7	Revisar gobernador de bombas neumáticas	
8	Revisar válvulas de control (RAM-BLOCK)	TRIMESTRAL

ANEXO B

Costos de mantenimiento y operación de Equipos de Perforación

Concepto	Grupos				
	1	2	3	4	5
cifras en miles de pesos					
Costos fijos	2.00	5.40	8.50	10.00	15.00
Mantenimiento	8.48	8.50	10.20	13.00	15.00
Mano de obra	5.27	10.00	10.00	10.00	10.00
Lubricantes y combustibles	3.20	4.00	4.00	4.00	5.00
Materiales de consumo	1.50	1.70	2.00	2.00	2.00
Costo de Equipo Operando	20.45	29.60	34.70	39.00	47.00

ANEXO C

Estadísticas de Movimientos de Equipos de Perforación PEMEX

Equipo- Pmx	N°. Mov.	Tiempos Promedios	costo/mov. Miles de Pesos	Tiempos Perdidos en días				
				Loc.	Mantto.	Personal	Clima	Total
PMX-0006	8	6	500					0
PMX-0027	4	11.25	500		14			14
PMX-0047	5	8.6	500		2			2
PMX-0065	4	8.75	500		4			4
PMX-0067	6	8	500	1	6			7
PMX-0072	6	8.2	500	2	9			11
PMX-0107	3	7.7	500		1			1
PMX-0108	3	7.3	500		1			1
PMX-1004	5	8.8	500	1	8			9
PMX-5551	6	8	500		6			6
Total Días	50	8.26			51			55

Estadísticas de Movimientos de Equipos de Perforación COMPAÑÍAS

Compañía	N°. Mov.	Tiempos Promedios	costo/mov. Miles de Pesos	Tiempos Perdidos en días				
				Loc.	Mantto.	Personal	Clima	Total
560	22	1.6	250					
561	22	1.7	250					
562	16	1.7	250					
563	16	2	250					
564	16	2	250					
Total Días	92	1.8			0			0

ANEXO D

Tarifas de Renta Diaria de Equipos de Perforación

COMPAÑÍA	CAPACIDAD DE EQUIPO en HP	RENTA DIARIA en Dólares
PITSA.	450	8,137
Presicion Drilling de México, S.A. de C.V.	450	11,480
Presicion Drilling de México, S.A. de C.V.	600-700	13,271
Schlumberger	600-700	12,153
PITSA	750-900	16,239

ANEXO E

Relación de Equipos de Perforación "BURGOS" Capacidades de Cargas Máximas

Equipo	Modelo	Mástil	Altura pies	Malacate	Potencia HP	Capacidad perforación metros
0006	1974	EMSCO	142	IDECO	1200	4000
0027	1957	IDECO	138	NATIONAL 80B	1000	3500
0046	1954	L. C. MOORE	142	NATIONAL 55	700	2500
0047	1955	IDECO	143	NATIONAL 80B	1000	3500
0065	1954	IDECO	143	NATIONAL H1200	1200	4000
0067	1955	IDECO	143	NATIONAL 80B	1000	3500
0072	1951	IDECO	136	NATIONAL 55	700	2500
0083	1960	WILSON	110	WILSON 75	600	2200
0096	1960	EMSCO	142	IDECO S-711	1200	4000
0107	1965	IDECO	138	IDECO H1200	1500	5000
0108	1965	IDECO	138	IDECO H1200	1500	5000
0119	1959	L. C. MOORE	142	NATIONAL 55	700	2500
0205	1977	PYRAMID	149	IDECO E 2000	2000	6000
0210	1976	PYRAMID	142	NATIONAL 110	1500	5000
0212	1977	PYRAMID	142	NATIONAL 110	1500	5000
0316	1977	PYRAMID	142	NATIONAL 110	1500	5000
0321	1977	PYRAMID	142	NATIONAL 110	1500	5000
0324	1978	IDECO	149	IDECO 2100	2100	6500
0325	1978	IDECO	149	IDECO 2100	2100	6500
1004	1960	IDECO	142	NATIONAL 80B	1000	3500
3003	1960	IDECO	142	NATIONAL 80B	1000	3500
9102	1982	IDECO	127	IDECO H-725	725	2500
9103	1982	IDECO	127	IDECO H-725	725	2500
9110	1983	DRECO	136	SKY TOP 46	900	3200
9111	1983	DRECO	136	SKY TOP 46	900	3200

ANEXO F

Análisis de Costos Horarios de un Fracturador HQ-2000

MAQUINARIA O EQUIPO			
Fracturador HQ-2000			
PARÁMETROS DE CÁLCULO			
(Vm) VALOR DE MAQUINA NUEVA	<u>1,141,000.00</u> USD	Pa PRECIO DE LOS ACEITES LUBRICANTES	<u>2.20</u> USD
Vr VALOR RESCATE	<u>227,640.00</u> USD	Pn PRECIO DE LAS LLANTAS CONSIDERADAS NUEVAS	<u>2,800.00</u> USD
(Ve) VIDA ECONOMICA	<u>2,688.00</u> HRS	Va HORAS DE VIDA ECONOMICA DE LAS LLANTAS	<u>350.00</u> HRS
Hea HORAS EFECTIVAS POR AÑO	<u>336.00</u> HRS	Pe PRECIO DE LAS PIEZAS ESPECIALES	<u>0.00</u> USD
(i) TASA DE INTERES ANUAL	<u>4.75%</u>	Vb HORAS DE VIDA ECONOMICA DE LAS PIEZAS ESPECIALES	<u>0.00</u>
(s) PRIMA ANUAL PROMEDIO DE SEGUROS	<u>5.00%</u>	Sr SALARIO REAL DEL PERSONAL	<u>131.84</u> USD
Ko COEFICIENTE DE MANTENIMIENTO	<u>40.00%</u>	(H) HORAS EFECTIVAS DE TRABAJO	<u>6.40</u> HRS
(Gh) CANTIDAD DE COMBUSTIBLE POR HORA EFECTIVA	<u>337.50</u>	Kh) COEFICIENTE DE FUNCION DEL TRABAJO Y DE LA HERRAMIENTA REQUERIDA	<u>0.25</u>
(Pc) PRECIO DEL COMBUSTIBLE	<u>0.43</u> USD	Mo COSTO POR MANO DE OBRA	<u>81.84</u> USD
(Ah) CANTIDAD DE ACEITES LUBRICANTES POR HORA EFECTIVA	<u>4.48</u> LTS/MR	Ks) COEFICIENTE DE FUNCION DEL TIPO DE TRABAJO Y DEL EQUIPO REQUERIDO	<u>0.40</u>
Ga) CONSUMO ENTRE CAMBIOS SUCESESIVOS DE LUBRICANTES	<u>0.60</u> LTS HR	Moi COSTO POR MANO DE OBRA	<u>50.00</u> USD

COSTOS FIJOS	DESARROLLO	IMPORTE
(D) DEPRECIACIÓN D = (Vm - Vr) / Ve	(1,141,000.00 - 227,640.00) / 2,688.00	<u>339.79</u>
(Im) INVERSIÓN Im = (Vm + Vr) / 2 Hea	(1,141,000.00 + 227,640.00) x 4.75% / (2 * 336.00)	<u>96.74</u>
(Sm) SEGUROS Sm = (Vm + Vr) / 2 Hea	(1,141,000.00 + 227,640.00) x 5.00% / (2 * 336.00)	<u>101.83</u>
(Mn) MANTENIMIENTO Mn = Ko * D	(40.00% x 339.79)	<u>135.92</u>
TOTAL COSTOS FIJOS		<u>674.28</u>
COSTOS POR CONSUMO	DESARROLLO	IMPORTE
COSTO HORARIO DEL COMBUSTIBLE NECESARIO POR HORA EFECTIVA Co = Gh * Pc	(337.50 x 0.43)	<u>145.13</u>
COSTO HORARIO POR CONSUMO DE LUBRICANTES Lb = (Ah + Ga) * Pa	(4.48 + 0.60) * 2.20	<u>11.18</u>
COSTO HORARIO POR CONSUMO DE LAS LLANTAS N = Pn / Va	2,800.00 / 350.00	<u>8.00</u>
COSTO HORARIO POR PIEZAS ESPECIALES Ae = Pe / Va	-	<u>-</u>
COSTO POR HERRAMIENTA DE MANO Hm = Kh * Mo	0.25 * 81.84	<u>20.46</u>
COSTO POR EQUIPO DE SEGURIDAD Es = Ks * Mo	0.40 * 50.00	<u>20.00</u>
TOTAL COSTOS POR CONSUMO		<u>204.77</u>
COSTOS POR OPERACIÓN	DESARROLLO	IMPORTE
Po = Sr / Ht	131.84 / 6.40	<u>20.60</u>
TOTAL CARGOS POR OPERACIÓN		<u>20.60</u>
TOTAL COSTO HORARIO	TOTAL COSTOS FIJOS - TOTAL CONSUMOS/HORA + TOTAL CARGOS POR OPERACIÓN	<u>\$ 899.65</u>

ANEXO F

Análisis de Costos Horarios de un Fracturador HT-400

MAQUINARIA O EQUIPO			
Fracturador HT-400			
PARÁMETROS DE CÁLCULO			
(Vm) VALOR DE MAQUINA NUEVA	<u>514,547.87 USD</u>	Pn PRECIO DE LOS ACEITES LUBRICANTES	<u>2.20 USD</u>
(Vr) VALOR RESCATE	<u>102,349.57 USD</u>	Pb PRECIO DE LAS LLANTAS CONSIDERADAS NUEVAS	<u>2,800.00 USD</u>
(Ve) VIDA ECONOMICA	<u>2,688.00 HRS</u>	Vn HORAS DE VIDA ECONOMICA DE LAS LLANTAS	<u>350.00 HRS</u>
Hea HORAS EFECTIVAS POR AÑO	<u>336.00 HRS</u>	Pa PRECIO DE LAS PIEZAS ESPECIALES	<u>0.00 USD</u>
ti TASA DE INTERES ANUAL	<u>4.75%</u>	Va HORAS DE VIDA ECONOMICA DE LAS PIEZAS ESPECIALES	<u>0.00</u>
(s) PRIMA ANUAL PROMEDIO DE SEGUROS	<u>5.00%</u>	Sr SALARIO REAL DEL PERSONAL	<u>131.84 USD</u>
(Ko) COEFICIENTE DE MANTENIMIENTO	<u>40.00%</u>	Ht HORAS EFECTIVAS DE TRABAJO	<u>6.40 HRS</u>
(Gh) CANTIDAD DE COMBUSTIBLE POR HORA EFECTIVA	<u>180.00</u>	Kb COEFICIENTE DE FUNCION DEL TRABAJO Y HERRAMIENTA REQUERIDA	<u>0.25</u>
(Pc) PRECIO DEL COMBUSTIBLE	<u>0.43 USD</u>	M COSTO POR MANO DE OBRA	<u>81.84 USD</u>
(Ah) CANTIDAD DE ACEITES LUBRICANTES POR HORA EFECTIVA	<u>3.36 LTS HR</u>	(Ks) COEFICIENTE DE FUNCION DEL TIPO DE TRABAJO POR REQUERIDO	<u>0.40</u>
(Ga) CONSUMO ENTRE CAMBIOS SUCESIVOS DE LUBRICANTES	<u>0.80 LTS HR</u>	(Mo) COSTO POR MANO DE OBRA	<u>50.00 USD</u>

	DESARROLLO	IMPORTE
COSTOS FIJOS		
(D) DEPRECIACIÓN D = (Vm - Vr) / Ve	(514,547.87 - 102,349.57) / 2,688.00	<u>153.35</u>
(Im) INVERSIÓN Im = (Vm + Vr) / 2 Hea	(514,547.87 + 102,349.57) x 4.75% / (2 * 336.00)	<u>43.61</u>
(Sm) SEGUROS Sm = (Vm + Vr) / 2 Hea	(514,547.87 + 102,349.57) x 5.00% / (2 * 336.00)	<u>45.90</u>
(Mn) MANTENIMIENTO Mn = Ko * D	(40.00% x 153.35)	<u>61.34</u>
TOTAL COSTOS FIJOS		<u>304.20</u>
COSTOS POR CONSUMO	DESARROLLO	IMPORTE
COSTO HORARIO DEL COMBUSTIBLE NECESARIO POR HORA EFECTIVA Co = Gh * Pc	(180.00 x 0.43)	<u>77.40</u>
COSTO HORARIO POR CONSUMO DE LUBRICANTES Lb = (Ah + Ga) * Pa	(3.36 + 0.80) * 2.20	<u>9.15</u>
COSTO HORARIO POR CONSUMO DE LAS LLANTAS N = Pb / Vn	2,800.00 / 350.00	<u>8.00</u>
COSTO HORARIO POR PIEZAS ESPECIALES Ae = Pa / Va	-	<u>-</u>
COSTO POR HERRAMIENTA DE MANO Hm = Kb * Mo	0.25 * 81.84	<u>20.46</u>
COSTO POR EQUIPO DE SEGURIDAD Es = Ks * Mo	0.40 * 50.00	<u>20.00</u>
TOTAL COSTOS POR CONSUMO		<u>135.01</u>
COSTOS POR OPERACIÓN	DESARROLLO	IMPORTE
Pb / Sr / Ht	131.84 / 6.40	<u>20.60</u>
TOTAL CARGOS POR OPERACIÓN		<u>20.60</u>
TOTAL COSTO HORARIO	TOTAL COSTOS FIJOS + TOTAL CONSUMOS/HORA + TOTAL CARGOS POR OPERACION	\$ <u>459.81</u>

ANEXO F

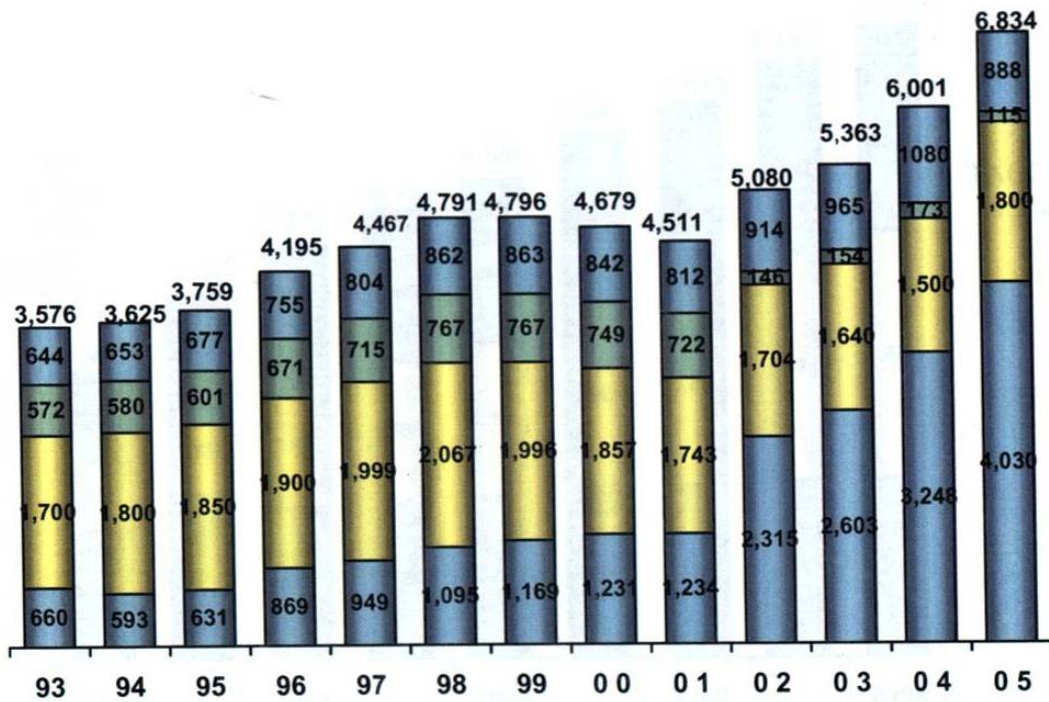
Análisis de Costos Horarios de Unidad de Alta Presión

MAQUINARIA O EQUIPO			
Unidad alta presión			
PARÁMETROS DE CALCULO			
(Vm) VALOR DE MAQUINA NUEVA	789,000.00 USD	Pa PRECIO DE LOS ACESES Y BRICANTES	2.20 USD
Vr VALOR RESCATE	157,240.00 USD	Pn PRECIO DE LAS LLANTAS CONSIDERADAS NUEVAS	2,800.00 USD
(Ve) VIDA ECONOMICA	2,688.00 HRS	Vn HORAS DE VIDA ECONOMICA DE LAS LLANTAS	350.00 HRS
Hea) HORAS EFECTIVAS POR AÑO	336.00 HRS	(Pa) PRECIO DE LAS PIEZAS ESPECIALES	0.00 USD
(i) TASA DE INTERES ANUAL	4.75%	Va HORAS DE VIDA ECONOMICA DE LAS PIEZAS ESPECIALES	0.00
(s) PRIMA ANUAL PROMEDIO DE SEGUROS	5.00%	M SALARIO REAL DEL PERSONAL	131.84 USD
(Ko) COEFICIENTE DE MANTENIMIENTO	40.00%	Ht HORAS EFECTIVAS DE TRABAJO	6.40 HRS
(Gh) CANTIDAD DE COMBUSTIBLE POR HORA EFECTIVA	105.00	Kh COEFICIENTE DE FUNCION DEL TRABAJO Y DE LA HERRAMIENTA REQUERIDA	0.25
(Pc) PRECIO DEL COMBUSTIBLE	0.43 USD	Mo COSTO POR MANO DE OBRA	81.84 USD
(Ah) CANTIDAD DE ACEITES LUBRICANTES POR HORA EFECTIVA	2.97 LTS/HR	Ks COEFICIENTE DE FUNCION DEL TIPO DE TRABAJO Y DEL EQUIPO REQUERIDO	0.40
(Ga) CONSUMO ENTRE CAMBIOS SUCESIVOS DE LUBRICANTES	0.50 LTS/HR	Me COSTO POR MANO DE OBRA	50.00 USD

COSTOS FIJOS	DESARROLLO	IMPORTE
(D) DEPRECIACIÓN $D = (Vm - Vr) / Ve$	(789,000.00 - 157,240.00) / 2,688.00	235.03
(Im) INVERSIÓN $Im = (Vm + Vr) / (2 * Hea)$	(789,000.00 + 157,240.00) * 4.75% / (2 * 336.00)	66.88
(Sm) SEGUROS $Sm = (Vm + Vr) / (2 * Hea)$	(789,000.00 + 157,240.00) * 5.00% / (2 * 336.00)	70.40
(Ma) MANTENIMIENTO $Mn = Ko * D$	(40.00% * 235.03)	94.01
TOTAL COSTOS FIJOS		466.32
COSTOS POR CONSUMO	DESARROLLO	IMPORTE
COSTO HORARIO DEL COMBUSTIBLE NETO $Cc = Gh * Pc$	(105.00 * 0.43)	45.15
COSTO HORARIO POR CONSUMO DE LUBRICANTES $Lb = (Ah + Ga) * Pa$	(2.97 + 0.50) * 2.20	7.63
COSTO HORARIO POR CONSUMO DE LAS LLANTAS $N = Pn / Vn$	2,800.00 / 350.00	8.00
COSTO HORARIO POR PIEZAS ESPECIALES $Ae = Pa / Va$	-	-
COSTO POR HERRAMIENTA DE MANO $Hm = Kh * Mo$	0.25 * 81.84	20.46
COSTO POR EQUIPO DE SEGURIDAD $Es = Ks * Me$	0.40 * 50.00	20.00
TOTAL COSTOS POR CONSUMO		101.24
COSTOS POR OPERACIÓN	DESARROLLO	IMPORTE
$Po = Sr / Ht$	131.84 / 6.40	20.60
TOTAL CARGOS POR OPERACIÓN		20.60
TOTAL COSTO HORARIO	TOTAL COSTOS FIJOS + TOTAL CONSUMOS HORA + TOTAL CARGOS POR OPERACIÓN	\$ 588.16

ANEXO G

Demanda de Gas en México (MMPCD)



ANEXO G

Demanda de Gas en México (MMPCD)

