

24.7

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



"COSTOS DE PERFORACION DE POZOS PETROLEROS"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO PETROLERO
P R E S E N T A :
ARMANDO CASTILLO MARQUEZ

Director de Tesis: Ing. Walter Friedeberg Merzbach



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.

I N D I C E

INTRODUCCION

CAPITULO I.- CONCEPTOS GENERALES

CAPITULO II.- COSTOS DE PERFORACION DE POZOS PETROLEROS

II. 1.- METODOS DE DETERMINACION DE COSTOS DE PERFORACION

II. 2.- COSTO TOTAL DE UN POZO

II. 3.- CONCEPTOS QUE INTEGRAN EL COSTO DE PERFORACION

II. 4.- COMO SE CUANTIFICAN LOS CONCEPTOS QUE INTEGRAN EL COSTO DE PERFORACION

II. 5.- EJEMPLOS

CAPITULO III. - COSTO DE OPERACION DE UN EQUIPO DE PERFORACION

III. 1.- COSTO DE OPERACION DEL EQUIPO DE PERFORACION POR DIA

III. 2.- COSTO POR METRO PERFORADO

III. 3.- COSTO POR HORA

III. 4.- COSTO POR TIEMPOS IMPRODUCTIVOS

III. 5.- CUANTIFICACION DE COSTOS UNITARIOS DE PERFORACION

III. 6.- EJEMPLOS

CAPITULO IV.- COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

I N T R O D U C C I O N

Los costos son un factor del cual dependen en gran medida, las decisiones de llevar acabo o no, algún proyecto, debido a esto todos los elementos que formen parte del costo en dicho proyecto, deben de tender a lograr el menor costo total, cuidando de no perder la calidad o eficacia; por lo que todo proyecto de ingeniería debe encaminarse a obtener óptimos resultados al menor costo posible.

Todo proyecto se debe realizar en base a un diseño y con él calcular su presupuesto; el diseño define las características del proyecto, y dichas características no varían con el tiempo que se utilice en la realización del proyecto. En base al diseño se obtiene un presupuesto a valor actual, el cual variará del costo real en función del tiempo que transcurra para la realización del proyecto (a mayor tiempo mayor variación); ésto es debido entre otras causas a cambios de carácter económico provocados por la inflación, variación de los intereses, aumento en los salarios y prestaciones, devaluaciones y otros, los cuales se pueden prever pero no se sabe con exactitud de qué magnitud van a ser estas variaciones, por lo que en el presupuesto se debe considerar un rango de tolerancia de acuerdo con el tipo de proyecto y con base en la experiencia.

Este trabajo se enfocará a la determinación y significado de los costos de perforación.

En la industria petrolera, cada pozo tiene un costo diferente dependiendo de factores como lo son: el diseño del pozo, el tiempo de perforación, las características geológicas, el equipo, el personal, la logística, problemas imprevistos, imponderables y otros. Aún siendo dos pozos con las mismas características, situados en la misma zona, cuestan distinto; algunas veces es muy marcada ésta diferencia debido a las causas ya mencionadas.

CAPITULO I

CONCEPTOS GENERALES

Costo

Es la erogación necesaria para la obtención de un bien o servicio y se obtiene con la suma del valor de los materiales, mano de obra, intereses sobre la inversión, mantenimiento, administración y sus variantes, dependiendo del caso en particular, utilizados para obtener el bien o servicio.

Precio

Es el valor que percibe el productor del bien o prestador del servicio; el precio resulta de sumar el costo del bien o servicio más una cierta utilidad la cual es la ganancia del productor del bien o prestador del servicio.

Costo unitario

Son los costos expresados por unidad de magnitud, ejemplos de ellos son:

En caso de pozos petroleros, costo por metro perforado-

En caso de la energía eléctrica, costo por kilowatt-hora generado.

Otro ejemplo de este tipo lo es el costo por kilómetro de carretera construido.

CAPITULO II

COSTOS DE PERFORACION DE POZOS PETROLEROS

Este concepto involucra todas las erogaciones necesarias para lograr la perforación de un pozo petrolero.

En base a la definición de Ingeniería todo proyecto debe ser lo más eficiente posible, lo que implica el obtener un costo mínimo sin menoscabo del cumplimiento de las metas planteadas en el diseño. Para lograr dicho costo se deben reducir al mínimo los elementos integrantes de éste (los cuales se enumeran en el capítulo II.2). El conocimiento de estos conceptos permite hacer un análisis de costos de perforación, el cual sirve de base, entre otras cosas, para mejorar la tecnología de la perforación en las diferentes zonas o cuando se trata de definir tarifas de pago para contratistas de perforación, ya que se tendrán definidos los conceptos que integran el costo de perforación y en qué rango fluctúa cada uno.

II.1.- METODOS DE DETERMINACION DE COSTOS DE PERFORACION

Básicamente existen dos métodos para determinar los costos de perforación, y son: el método directo y el método indirecto.

El método directo para determinar el costo de perforación se aplica cuando la perforación ya se terminó, o sea que ya se tienen los datos de cuanto fué lo que se gastó y en qué se gastó. Las ventajas de éste método entre otras son: el resultado obtenido se considera exacto (siempre y cuando los múltiples cargos se tengan todos y correctamente asentados, aunque existen datos difíciles de definir exactamente, sobre todo cuando se trata de organizaciones grandes y complejas), ya que considera hasta el costo de los imprevistos si es que los hubo. Otra ventaja es que como se considera real la cifra obtenida por este método se puede utilizar de base para estadísticas. Su desventaja es que se obtendrá el costo de perforación hasta haber concluido ésta y en ocasiones mucho tiempo después (ésto puede ocurrir, como se mencionó, en organizaciones grandes y complejas), siendo éste el inconveniente para fines de financiamiento y presupuesto.

El método indirecto para determinar el costo de perforación es el que se basa en la estadística, que aunada a la experiencia, puede dar un valor aproximado de los costos de perforación sin haberse perforado aún el pozo, por lo que se emplea ventajosamente reducido a costos unitarios para elaborar presupuestos de perforación de pozos.

Su desventaja es que el valor del costo obtenido por este método se desvía del costo real, en ocasiones considerablemente.

II.2.- COSTO TOTAL DE UN POZO

Para conocer el costo total de un pozo hay que considerar todos los costos parciales efectuados para la realización del pozo. Cualquiera de dichos costos parciales podrá ser ubicado en alguno de los conceptos de la clasificación siguiente:

Amortización del equipo
 Intereses sobre la inversión
 Mantenimiento
 Seguros
 Mano de obra
 Insumos
 Cargos indirectos

Dichos conceptos se verán posteriormente con detalle en este trabajo; por el momento sólo se mencionará que -- con la suma de estos conceptos se obtiene el costo total de un pozo.

Los costos están íntimamente ligados al tiempo, esto es los tiempos que duran las diferentes actividades donde se pueden mencionar las siguientes:

Tiempo de las barrenas

Es el tiempo real perforando más el tiempo empleado para el cambio de barrena.

Tiempos empleados en operaciones necesarias, pero que no son perforar

En este tiempo se encuentran operaciones como son las de introducción y cementación de tuberías de revestimiento, toma de registros geofísicos, instalación de conexiones superficiales, operaciones necesarias en pozos dirigidos y otros.

Tiempos perdidos

Son los ocasionados por pescados, brotes, acondicionamiento del lodo sin perforar, espera de materiales y servicios; también se incluyen aquí los tiempos perdidos por causa de fuerza mayor como lo son los casos de tipo meteoro-rológico y otros.

Es responsabilidad de los encargados de la perforación el planear, organizar, dirigir y controlar las operaciones de perforación de manera que todos los tiempos se reduzcan en lo posible, por lo que se busca la mayor velocidad de perforación. A continuación se mencionan algunos conceptos y parámetros que influyen sobre la velocidad de perforación, mismos que deben ser manejados de manera técnica a fin de lograr una eficiencia máxima y son:

Las diversas características físicas de las formaciones como son: dureza, abrasividad, presión de formación, entre otras.

Selección de los tipos de barrenas a utilizar; los parámetros de operación que principalmente influyen son: empuje sobre la barrena, velocidad de rotación, entre otros.

Diseño del fluido de perforación como son: el peso específico, la viscosidad, gelatinosidad, entre otras.

La hidráulica del sistema de circulación en todas las etapas de la perforación.

Todo lo anterior presupone que el equipo de perforación cumple con las especificaciones correspondientes y está en óptimas condiciones de operación; también que el personal está adecuadamente capacitado.

Cualquier deficiencia en estos aspectos repercutirá en el aumento de tiempos y por ende de los costos.

II.3.- CONCEPTOS QUE INTEGRAN EL COSTO DE PERFORACION

Básicamente son siete los conceptos dentro de los cuales se ubicará cualquier gasto que integre el costo total de perforación, por lo que un manejo adecuado de ellos redundará en un costo total menor. Dichos conceptos son:

Amortización del equipo
Intereses sobre la inversión
Mantenimiento
Seguros
Mano de obra
Insumos
Cargos indirectos

Los primeros seis conceptos en conjunto forman los -
cargos directos.

A continuación se explicará cada uno de los concep-
tos que integran el costo.

La amortización del equipo es la depreciación por --
unidad de tiempo que se aplica al equipo de perforación --
como consecuencia de su uso, durante el tiempo de su vida
útil; representa el reembolso del valor de adquisición --
del equipo mediante pagos sucesivos durante la vida útil-
del equipo. Se considera una depreciación lineal, es de--
cir, que el equipo se deprecia una misma cantidad por uni-
dad de tiempo. Para determinar la amortización también se
considera el valor de adquisición del equipo y el valor --
de rescate del mismo al término de su vida útil.

Los intereses sobre la inversión representan el car-
go equivalente al pago de los intereses sobre el capital-
invertido en equipo; su cuantificación se hace en base al

valor de adquisición del equipo, su vida útil y la tasa de interés imperante.

El cargo por mantenimiento es la suma de las erogaciones necesarias para conservar el equipo en buenas condiciones, a efecto de que trabaje con rendimiento óptimo durante su vida útil. Dentro del mantenimiento operativo y preventivo, que se realiza prácticamente sin afectar la operación, se consideran todas las erogaciones necesarias para efectuar los ajustes rutinarios, reparaciones y cambios de repuestos que se efectúan en las propias obras. Incluye el costo de los repuestos y otros insumos necesarios, así como la mano de obra. Este tipo de mantenimiento se hace en base a un calendario preestablecido tomado de los manuales de mantenimiento, lo cual facilita la elaboración del presupuesto.

El mantenimiento correctivo considera todas las erogaciones correspondientes a las reparaciones de maquinaria en talleres de campo petrolero, empleando personal especializado y que requieran retirar la maquinaria de los frentes de trabajo por un tiempo considerable; sólo con el mantenimiento apropiado se alcanzará (y podrá rebasarse en algunos casos) el tiempo de vida útil previsto para el equipo alcanzando así el valor de rescate estimado. Para obtener el cargo por mantenimiento considerando los tipos mencionados se utiliza la amortización del equipo y un factor de mantenimiento como se verá posteriormente.

En caso de ser intervenido un equipo con mantenimiento reconstructivo, previo análisis técnico y económico, - se modificarán: el valor de adquisición (valor restituido -), el valor de rescate y la vida útil originales teniendo en cuenta que cuantificar éstos en base a las modificaciones - efectuadas y a la estadística basada en la experiencia, - obteniendo así los nuevos valores de: adquisición, rescate y vida útil.

El cargo por seguros es el designado a cubrir la cuota del seguro contra accidentes del equipo de perforación durante su vida útil, ya que el equipo está expuesto a riesgos y debido a que su valor de adquisición es elevado, - el reemplazo del equipo en caso de accidente por parte de la empresa saldría del presupuesto y sería económicamente negativo para la empresa propietaria del equipo, sobre todo si ésta es pequeña, por lo que se asegura contra accidentes el equipo de perforación. Este cargo existe tanto en el caso de que el equipo se asegure por una compañía - de seguros, como en el caso de que la empresa propietaria del equipo decida hacer frente, con sus propios recursos, a los posibles accidentes que pudiera sufrir el equipo -- (autoaseguramiento). El monto del seguro está en función del valor de adquisición del equipo y de las primas de seguros las cuales variarían en proporción al valor actual - del equipo y al riesgo a que está expuesto .

El cargo por mano de obra se deriva de las erogaciones que se hacen por el pago de salarios y prestaciones al personal que interviene exclusiva y directamente en la ejecución de la obra (pozo); no se consideran dentro de este cargo las percepciones del personal técnico, administrativo, de control, supervisión y vigilancia que corresponden a los cargos indirectos. La cuantificación de la mano de obra se hace en base al número de personal y a las percepciones integrales de cada uno de ellos.

El cargo por insumos es el correspondiente a las erogaciones que se efectúan para adquirir todos los materiales necesarios para la correcta ejecución de la obra (pozo). Los materiales que se utilizan se pueden dividir en: definitivos y temporales.

Los materiales definitivos son los que pasan a formar parte integrante de las obras, ejemplos de ellos para el caso de pozos petroleros son: tuberías de revestimiento, cemento y cabezales.

Los materiales temporales son los que se utilizan en la obra, pero que no pasan a formar parte de ella, ejemplos de ellos para el caso de pozos petroleros son: combustibles, lubricantes, barrenas, agua y materiales para lodo.

La cuantificación de los insumos se hace en base al-

costo de los materiales puestos en el centro de trabajo y a la cantidad de estos materiales.

Los cargos indirectos corresponden a los gastos generales necesarios para la ejecución de la obra, no incluidos en los cargos directos, que se realizan tanto en las oficinas centrales como en la obra y que comprenden, entre otros, los gastos de dirección técnica, vigilancia, supervisión y administración.

El monto por cargos indirectos, generalmente en las empresas se reparte entre el número de obras con que éstas cuentan; en la industria petrolera mexicana se reparte entre los equipos de perforación que utilizan éstos servicios. Para obtener la proporción correspondiente a cada equipo, Petróleos Mexicanos utiliza un factor el cual lo obtuvo en base a la estadística apoyada en la experiencia; dicho factor es un cierto porcentaje del cargo por mano de obra del equipo de perforación.

II.4.- COMO SE CUANTIFICAN LOS CONCEPTOS QUE INTEGRAN EL COSTO DE PERFORACION

En la industria petrolera mexicana algunos de los conceptos que integran el costo de perforación se cuantifican utilizando fórmulas y otros conceptos, aplicando factores obtenidos en base a la estadística y experiencia; dichos factores simplifican el manejo de los conceptos integrantes del costo, proporcionando buenos resulta-

dos.

Estos factores dependen del diseño del costo , de la geología de la zona , capacidad y estado del equipo entre otros , debiendo ser revisados y ajustados con la frecuencia necesaria.

La cuantificación de los conceptos que integran el costo de perforación, utilizando fórmulas y factores , se hace con la finalidad de obtener un presupuesto del costo total de perforación . Los conceptos para los cargos como son amortización del equipo , interés sobre la inversión , mantenimiento y seguros se derivan del valor de adquisición del equipo , el cual se define en dólares (U.S. \$.), cuyo valor real varía muy lentamente .

Las variaciones e imprevisibles del peso mexicano imponen el manejo adecuado de estos conceptos a través del tiempo . Para la incorporación de estos cargos a las tarifas correspondientes a perforación por contrato estos cargos se convierten a moneda nacional que es como se efectúan los pagos .

Los demás cargos que integran el costo de perforación, que son insumos, mano de obra y cargos indirectos, se manejan en moneda nacional al igual que en el caso de que la perforación sea por contrato, las utilidades se pagan con moneda nacional.

Para llevar un mejor control de los costos y por facilidad todos los cargos que integran el costo total de perforación, se manejan en costos por día.

A continuación se presenta la manera que se cuantifica en la industria petrolera mexicana cada concepto:

Para obtener el cargo por amortización del equipo se utiliza la siguiente fórmula:

$$A = \frac{V_a - V_r}{365 V_u}$$

Donde:

A.- Amortización del equipo $\frac{\text{U.S. Dl.}}{\text{día}}$

Va.- Valor de adquisición del equipo (U.S. Dl.)

Vr.- Valor de rescate del equipo, es decir, el valor comercial que tiene el equipo al final de su vida útil (U.S. Dl.). En Petróleos Mexicanos se considera --

que es el 11% del valor de adquisición del equipo para -- equipos terrestres y del 10% para equipos marinos.

Vu.- Vida útil del equipo de perforación, es el tiempo -- que puede mantenerse el equipo en condiciones de operar y producir trabajo en forma económica, siempre y cuando se le proporcione el mantenimiento adecuado.- La vida útil se expresa en años, considerando Petroleos Mexicanos que la vida útil para equipos de perforación terrestre es de 10.44 años y de 10 años para los equipos marinos.

365.- Factor de conversión de años a días.

Los intereses sobre la inversión se obtienen de la siguiente manera:

$$I = \frac{Va (Vu + 1) i}{2 (Vu) (365)}$$

Donde:

I.- Intereses sobre la inversión $\frac{\text{U.S. D.}}{\text{día}}$

Va y Vu .- Representan los mismos valores enunciados -- anteriormente.

i.- Tasa de interés anual en vigor (fracción).

Para determinar el cargo por mantenimiento se utiliza la siguiente expresión:

$$M = A F_m$$

Donde:

M.- Cargo por mantenimiento $\frac{\text{U. S. Dl.}}{\text{día}}$

A.- Amortización del equipo calculada con la fórmula expuesta anteriormente $\frac{\text{U. S. Dl.}}{\text{día}}$

F_m .- Factor de mantenimiento expresado en fracción; incluye el mantenimiento operativo, preventivo y correctivo. Se obtiene en base a la estadística y la experiencia; en su cálculo intervienen el tipo de equipo y características del trabajo entre otros; - Petroleos Mexicanos considera que el factor de mantenimiento para equipos terrestres es el 67.5% y para equipos marinos el 40% del valor de la amortización del equipo; para su uso en la fórmula se expresan en fracción.

El cargo por seguro se obtiene con la siguiente fórmula:

$$S = \frac{Va \cdot s}{2 \times 365}$$

Donde:

S.- Cargo por seguros $\frac{\text{U.S. Dl.}}{\text{día}}$

s.- Prima anual promedio, depende de las características del equipo y el riesgo a que esté expuesto entre otros; para su uso en la fórmula se expresa en fracción.

Va.- Valor de adquisición del equipo $\frac{\text{U.S. Dl.}}{\text{día}}$

La cuantificación del cargo por mano de obra se obtiene considerando las percepciones totales que se encuentran pactadas en el contrato colectivo del trabajo en vigor, el personal que integre la tripulación del equipo y el tiempo que se estime durará la perforación el cual se obtiene en base a las estadísticas y la experiencia.

La obtención del cargo por insumos se hace en base al costo de los materiales y a la cantidad a utilizarse de éstos, para lo cual se utiliza la estadística y la experiencia.

Los cargos indirectos se aplican como factor al cargo por mano de obra, factor que en la industria petrolera mexicana es del 39.5% para equipos terrestres y del 20% - para equipos marinos.

Con la suma de todos los cargos mencionados se obtiene el costo total de perforación para fines de presupuesto.

Para el caso en que la perforación sea por contrato existirá un cargo adicional a los anteriores que es el cargo por utilidad e impuestos para el cual Petróleos Mexicanos considera un factor que para equipos terrestres es del 20.18% y para equipos marinos es el 17.02% del costo total de perforación, obteniéndose así una tarifa de servicio. Cuando es por contrato la perforación de un pozo, en el cargo por insumos para obtener la tarifa de servicio, no se considera el costo de la tubería de revestimiento, la cementación (cemento y servicio), los fluidos de perforación, combustible, toma de registros y barrenas ya que éstos insumos se los proporciona Petróleos Mexicanos.

II.5.- EJEMPLOS

A continuación se ejemplifica el uso de las fórmulas y factores aplicados para la obtención de tarifas de servicio de perforación para un equipo terrestre y un equipo

marino con cifras que en el año de 1982 fueron reales: --

TARIFAS DE SERVICIO DIARIO

EQUIPOS TERRESTRES	DOLARES	MONEDA NAL.
VALOR DE ADQUISICION DEL EQUIPO	<u>\$ 10'224.405.00 U.S.M.</u>	
AMORTIZACION DEL EQUIPO	2,388.00	
INTERESES SOBRE LA INVERSION	2,302.00	1U.S. DE. = \$50 M.N.
MANTENIMIENTO	1,612.00	
SEGURO	<u>218.00</u>	
	<u>\$ 6.550.00 U.S.M. = \$327.500.00 M.N.</u>	
INSUMOS		16,024.00
MANO DE OBRA		140,315.00
INDIRECTOS		55,424.00
UTILIDAD E IMPUESTOS		<u>108,823.00</u>
TARIFA DE SERVICIO	<u>\$ 6.550.00 U.S.M. + \$320.586.00 M.N.</u>	
VALOR DE RESCATE	11 %	
VALOR UTIL	10.44 AÑOS	
TASA DE INTERESES (1)	15 %	
TASA DE SEGUROS (e)	1.77 %	

FACTOR DE MANTENIMIENTO (Em)	67.5 %
FACTOR DE INDIRECTOS	39.5 %
FACTOR PARA UTILIDADES E IMPUESTOS	20.18 %

1.- AMORTIZACION DEL EQUIPO

$$A = \frac{V_a - V_r}{365 V_u}$$

Donde:

V_a = Valor de adquisición del equipo = \$ 10'224,405.00 U.S. M.

V_r = Valor de rescate del equipo = 11 %

V_u = Vida útil del equipo = 10.44 años.

$$A = \frac{10'224,405.00 - 1'124,684.55}{365 \times 10.44} = \frac{9'099,720.45}{3810.60} = \$2388.00 \frac{\text{U.S.M.}}{\text{día}}$$

2.- INTERESES SOBRE LA INVERSION

$$I = \frac{V_a (V_u + 1)i}{2(V_u) (365)} = \frac{10'224,405.00 \times (10.44 + 1) \times 0.15}{2 \times 10.44 \times 365} = \$2,302.00 \text{ U.S. M.}$$

3.- MANTENIMIENTO

$$M = AIm$$

Donde:

M = Mantenimiento

A = Amortización del equipo

I_m = Factor de mantenimiento

$$M = 2,388.00 \times 0.675 = \$ 1,612.00 \text{ U.S. M. /DIA}$$

4.- SEGUROS

$$S = \frac{Va. S}{100} \quad S = \frac{10'224,405.00 \times 0.0177}{100} = \$ 248.00 \text{ U.S. M. /día}$$

Donde:

S = Seguro

V_a = Valor de adquisición del equipo

s = Tasa de seguros = 1.77 %

TARIFAS DE SERVICIO DIARIO

EQUIPOS MARINOS	DOLARES	MONEDA NAL.
VALOR DE ADQUISICION DEL EQUIPO	\$ 43'890,350.00	
AMORTIZACION DEL EQUIPO	10,822.00	
INTERESES SOBRE INVERSION	9,920.00	1 U. S. DL.=\$50M.N
MANTENIMIENTO	4,329.00	
SEGUROS	<u>1,010.00</u>	
	\$ 26,081.00	= \$ 1'304,050.00
INSUMOS		17,563.00
MANO. DE OBRA		362,850.00
INDIRECTOS		72,570.00
UTILIDAD E IMPUESTOS		<u>299,047.00</u>
TARIFA DE SERVICIO	26,081.00 U. S. DL.	2,056.080.00MN.
VALOR DE RESCATE	10 %	
VIDA UTIL	10 años	
TASA DE INTERESES (i)	15 %	
TASA DE SEGUROS (s)	1.68 %	

FACTOR DE MANTTO (Fm)	40 %
FACTOR PARA INDIRECTOS	20 %
FACTOR PARA UTILIDADES E IMPUESTOS	17.02 %

1.- AMORTIZACION DEL EQUIPO

$$A = \frac{Va - Vr}{365 Vu}$$

Donde:

Va = Valor de adquisición del equipo

Vr = Valor de rescate del equipo

Vu = Vida útil del equipo 10 años

$$A = \frac{43'890,350.00 - 4'389,035.00}{365 \times 10} = \frac{39'501,315.00}{3,650} = \$ 10,822.00 \text{ U.S. D/día}$$

2.- INTERESES SOBRE LA INVERSION

$$I = \frac{Va (Vu + 1)i}{2 \times Vu \times 365}$$

Donde:

I = Interés sobre la inversión

Va = Valor de adquisición del equipo

Vu = Vida útil del equipo

i = Tasa de interés

$$I = \frac{43'890,350.00 \times (10 + 1) \times 0.15}{2 \times 10 \times 365} = \frac{72'419,077.50}{7,300} = \$9,920.00 \text{ U.S.m/día}$$

3.- MANTENIMIENTO

$$M = 10.822.00 \times 0.40 = \$ 4,329.00 \text{ U.S. Dl. /día}$$

$$M = Fm$$

Donde:

M = Mantenimiento

A = Amortización del equipo

Fm = Factor de mantenimiento

4.- SEGUROS

$$S = \frac{V_a \times s}{2 \times 365}$$

Donde:

S = Seguro

Va= Valor de adquisición del equipo

s = Tasa de seguros

$$S = \frac{43'890,350.00 \times 0.0168}{2 \times 365} = \$ 1,010.00 \text{ U.S. Dl. /día}$$

CAPITULO III

COSTO DE OPERACION DE UN EQUIPO DE PERFORACION

El costo de operación en perforación de pozos se puede manejar de distintas maneras como lo son: por día, por metro perforado, por tiempo de espera, por tiempo total, por tiempo perforando entre otras modalidades, las cuales son diferentes formas de evaluar la eficiencia de los trabajos de perforación y sirven como base para poder definir las tarifas de servicio en caso de contratistas para trabajos de perforación.

III.1.- COSTO DE OPERACION DEL EQUIPO DE PERFORACION POR DIA

Este concepto está integrado por los siguientes cargos:

Amortización del equipo
 Intereses sobre la inversión
 Seguros
 Insumos
 Mano de obra
 Cargos indirectos

Estos ya se definieron y se mencionó la manera de op

tener cada uno de ellos, por lo que el costo de operación del equipo de perforación por día, será la suma de todos estos cargos en un día.

A continuación se presentan los costos unitarios más utilizados en la industria petrolera mexicana:

III.2.- COSTO POR METRO PERFORADO

El costo de operación de un equipo de perforación en un día dividido entre el número de metros perforados en ese día da el costo por metro perforado (independientemente que haya habido o no cambio de barrena). Este costo unitario muestra variaciones a lo largo de la perforación del pozo, principalmente por dos motivos: cambios en la perforabilidad de las rocas y cambios de diámetro del pozo. Por tanto cada pozo queda dividido en cierto número de tramos de diferente longitud que tienen diferentes costos de perforación por metro cada uno.

Para la perforación contratada si ésta se paga por metro perforado habrá una tarifa para cada tramo de pozo según lo antes expuesto.

III.3.- COSTO POR HORA

Otro costo unitario de perforación se expresa como-

costo de operación por hora del equipo, forma que resulta indispensable para definir determinadas partes de las tarifas de precios de perforación por contrato. Se manejan dos modalidades: costo por hora cuando se opera con tubería de perforación dentro del pozo y costo por hora cuando se opera sin tubería de perforación dentro del pozo. Ejemplo de lo primero es la perforación normal incluyendo cambios de barrena, así como cortes de núcleo, desviaciones de pozo, acondicionamiento del lodo, repaso del agujero y pescas entre otros, todos ellos realizados bajo la responsabilidad del departamento de perforación o en su caso del contratista de perforación. Ejemplos de lo segundo son: cementación de tuberías de revestimiento, toma de registros geofísicos y otros servicios realizados por entidades externas al departamento de perforación o contratista

Si bien la forma de calcular los costos para ambas modalidades es similar su aplicación e interpretación es diferente en cuanto a las entidades que generan tales costos y sobre todo dan lugar a diferentes precios en las tarifas para perforación contratada.

III.4.- COSTO POR TIEMPOS IMPRODUCTIVOS

Consideraciones similares a las expuestas han dado lugar a la definición de costos por hora y precios en las tarifas para tiempos improductivos por espera, por descog postura del equipo y por causas de fuerza mayor.

III.5.- CUANTIFICACION DE COSTOS UNITARIOS DE PERFORACION

La cuantificación de los costos unitarios mencionados se hace tomando como referencia el costo por hora con tubería de perforación (que es como estaría trabajando - el equipo de perforación completo) y los demás costos se obtienen afectando por un porcentaje el costo por hora -- con tubería de perforación. Dichos porcentajes se obtuvieron en base a la estadística y experiencia, después de analizar varios equipos de diferentes capacidades, marcas y compañías perforadoras, llegando a valores prácticos y aceptables.

Al costo diario de operación del equipo de perforación se le suma la utilidad, obteniendo así la tarifa del servicio diario del equipo, la cual se afecta con el porcentaje establecido según sea el caso.

A continuación se presenta la manera en que Petróleos Mexicanos obtiene dichos costos unitarios:

El costo de operación diario del equipo de perforación es lo que suman todos los cargos que integran el costo de perforación en un día.

Costo por metro perforado (CPMP):

Es el resultado de dividir el costo de operación del equipo de perforación por día, entre el número de metros-

perforados en un día, o sea:

$$C P M P = \frac{\text{Costo de operación del equipo por día}}{\text{Número de metros perforados por día}}$$

Costo por hora con tubería de perforación (CCTPH):

$$C C T P H = \frac{\text{Costo de operación del equipo por día}}{24}$$

Costo por hora sin tubería de perforación (CSTPH):

$$C S T P H = (C C T P H) (0.96845)$$

Donde:

0.96845 es un factor obtenido, considerando que la tubería de perforación no sufrirá desgaste.

Costo por hora en tiempo de espera (CHTE):

$$C H T E = (C C T P H) (0.89473)$$

Costo por descompostura:

De acuerdo con la duración de la suspensión por descompostura el factor varía de 0.85 hasta la suspensión -- total del pago.

Costo por fuerza mayor (C P F M):

$$C P F M = (C C T P H) (0.93684)$$

III.6.- EJEMPLOS

A continuación se ejemplifica el uso de las fórmulas mencionadas en este capítulo aplicadas para la obtención de tarifas de servicio de perforación para un equipo terrestre y un equipo marino con cifras que en el año de -- 1982 fueron reales. Estos ejemplos están relacionados con los presentados en el capítulo anterior:

CUOTAS DE OPERACION DE EQUIPOS DE PERFORACION TERRESTRE

1 U.S. D. = \$50 M.N.

	<u>DOLARES</u>	<u>MONEDA NAL.</u>
CUOTA POR METRO PERFORADO	\$ 121.29	5,936.77
CUOTA POR HORA CON TUB. DE PERF.	272.92	13,357.75
CUOTA POR HORA SIN TUB. DE PERF.	264.31	12,936.31
CUOTA POR HORA EN TIEMPO DE ESPERA	244.20	11,951.60
CUOTA POR DESCOMPOSTURA:		
DE 0 a 24 HRS.	272.92	13,357.75
DE 25 a 120 HRS.	231.98	11,354.08
DE 121 a 480 HRS.	204.69	10,018.31
DE 481 EN ADELANTE SE SUSPENDE EL PAGO	---	---
CUOTA DE FUERZA MAYOR	255.68	12,514.07

DETALLES

CUOTA POR HORA CON TUB. DE PERF. = COSTO DE OPERACION DIARIO / 24

CUOTA POR HORA SIN TUB. DE PERF. = CUOTA POR HORA CON TUBERIA DE PERF. X
0.96845

CUOTA POR HORA EN TIEMPO DE ESPERA = CUOTA POR HORA CON TUBERIA DE PERFORACION X
0.85473

CUOTA POR DESCOMPOSTURA

DE 0 A 24 HRS. = CUOTA POR HORA CON TUBERIA DE PERFORACION

DE 25 A 120 HRS. = CUOTA POR HORA CON TUBERIA DE PERFORACION X 0.85

DE 120 A 480 HRS. = CUOTA POR HORA CON TUBERIA DE PERFORACION X 0.75

DE 480 HRS. EN ADELANTE SE SUSPENDE EL PAGO

CUOTA POR FUERZA MAYOR = CUOTA POR HORA CON TUBERIA DE PERF. X 0.936840

GOSTO POR METRO:

No. DIAS EMPLEADOS EN PERFORAR 3,000 M. = 56 días
 No. METROS PERFORADOS / DIA = 3,000 = 54m/día

	DOLARES	MONEDA NAL.
GOSTO POR METRO PERFORADO	<u>6,550.00</u> 54	<u>320,586.00</u> 54
" " " "	<u>121.29</u>	<u>5,936.77</u>
CUOTA POR HORA CON TUB. DE PERFORACION	<u>6,550.00</u> 24	<u>320,586.00</u> 24
	<u>272.92</u>	<u>13,357.75</u>
CUOTA POR HORA SIN TUB. DE PERFORACION	<u>6,550.00x0.96845</u> 24	<u>320,586.00x0.96845</u> 24
	<u>264.31</u>	<u>12,936.31</u>
CUOTA POR HORA EN TIEMPO DE ESPERA	<u>6,550.00x0.89473</u> 24	<u>320,586.00x0.89473</u> 24
	<u>244.20</u>	<u>11,951.60</u>

CUOTA POR DESCOMPOSTURA DE 0 A 24 HRS.	<u>6,550.00</u> 24	<u>320,586.00</u> 24
	272.92	13,357.75
<hr/>		
DE 25 A 120 HRS.	272.92×0.85	$13,357.75 \times 0.85$
	231.98	11,354.08
<hr/>		
DE 121 A 480 HRS.	272.92×0.75	$13,357.75 \times 0.75$
	204.69	10,018.31
<hr/>		
DE 481 EN ADELANTE SE SUSPENDE EL PAGO	-----	-----
<hr/>		
CUOTA DE FUERZA MAYOR	<u>6,550.00</u> \times 0.93684 24	<u>320,586.00</u> \times 0.93684 24
	255.68	12,514.07

CUOTAS DE OPERACION DE EQUIPOS MARINOS

1 U.S. DL. = \$ 50 M.N.

	<u>DOLARES</u>	<u>MONEDA NAL.</u>
CUOTA POR METRO PERFORADO	- - -	- - - - -
CUOTA POR HORA CON TUB. DE PERF'N	1,086.71	85,670
CUOTA POR HORA SIN TUB. DE PERF'N	1,052.42	82,967.11
CUOTA POR HORA EN TIEMPO DE ESPERA	972.31	76,651.51
CUOTA POR DESCOMPOSTURA		
DE 0 a 24 HRS.	1,086.71	85,670
DE 25 a 120 HRS.	923.70	78,819.5
DE 121 a 480 HRS.	815.03	118,867.1
DE 481 EN ADELANTE SE SUSPENDE EL PAGO		
CUOTA DE FUERZA MAYOR	1,018.07	80,259.08

DETERMINACIONES

CUOTA POR HORA CON TUB. DE PERF'N = COSTO DE OPERACION DIARIO/24

CUOTA POR HORA SIN TUB. DE PERF'N = CUOTA POR HORA CON TUB. DE PERF'N

X 0.96845

CUOTA POR HORA EN TIEMPO DE ESPERA = CUOTA POR HORA CON TUB. DE PERF'N X
0.89473

CUOTA POR DESCOMPOSTURA

DE 0 A 24 HRS. = CUOTA POR HORA CON TUB. DE PERF'N

DE 25 A 120 HRS. = CUOTA POR HORA CON TUB. DE PERF'N X 0.85

DE 121 A 480 HRS. = CUOTA POR HORA CON TUB. DE PERF'N X 0.75

DE 481 EN ADELANTE EL PAGO SE SUSPENDE

CUOTA POR FUERZA MAYOR = CUOTA POR HORA CON TUB. PERF'N X 0.93684

COSTO POR METRO - BASICAMENTE NO SE DETERMINA EN VIRTUD DE QUE LAS PROFUNDIDADES MEDIAS VARIAN MUCHO ADEMAS CON POZOS DE EXPLORACION

	<u>DOLARES</u>	<u>MONEDA NAL.</u>
COSTO POR METRO PERFORADO	NO SE DETERMINO	
CUOTA POR HORA CON TUB. DE PERF'N	<u>26,081.00</u> 24	<u>20,560.80</u> 24
	1,086.71	85,670
CUOTA POR HORA SIN TUBERIA DE PERF'N	<u>26,081.00</u> <u>XD.96845</u> 24	<u>20,560.80</u> <u>XD.96845</u> 24
	1,052.42	82,967.11
CUOTA POR HORA EN TIEMPO DE ESPERA	<u>26,081.00</u> <u>XD.89473</u> 24	<u>20,560.80</u> <u>XD.89473</u> 24
	972.31	76,651.51
CUOTA POR DESCOMPOSTURA	<u>26,081.00</u> 24	<u>20,560.80</u> 24
DE 0 A 24 HRS.	1,086.71	85,670

DE 25 A 120 HRS.	<u>26,081.00x0.85</u>	<u>20,560.80x0.86</u>
	24	24
	923.70	72,819.5

DE 121 A 480 HRS.	<u>26,081.00x0.75</u>	<u>20,560.80x0.75</u>
	24	24
	815.03	118,867.1

DE 481 EN ADELANTE SE SUSPENDE EL PAGO	- - -	- - - - -
--	-------	-----------

CUOTA DE FUERZA MAYOR	<u>1,086.71x0.93684</u>	<u>85,670x0.93684</u>
	24	24
	1,018.07	80,259.08

A continuación se presentan las erogaciones efectuadas obtenidas al final de la perforación de un pozo terrestre perforado por contrato en el campo Sanaria de la Zona Sureste en un tiempo de 1.03 años, los valores presentados fueron reales en el año de 1982 y se presentan desglosados, desde el camino para el pozo hasta el desmantelamiento del equipo; también se pueden observar considerando la profundidad del pozo en cuatro etapas:

VALOR DE UN POZO PERFORADO POR CONTRATO A UNA PROFUNDIDAD DE 5300 M. EN EL ---
CAMPO SAMARIA DE LA ZONA SURESTE.

C O N C E P T O	V A L O R (M . N .)	%
1.- Camino y Localización	25,000,000.00	5.04
2.- Renta Equipo de Perforación	244,546,780.00	49.35
3.- Fluidos de Perforación	32,421,230.00	6.54
4.- Barreras	15,300,073.00	3.09
5.- Combustible	11,150,000.00	2.25
6.- Registros Geofísicos	41,438,980.00	8.36
7.- Tuberías de revestimiento, de producción, accesorios y árbol de válvulas.	66,997,500.00	13.52

8.- Cementación de tuberías y servicio.	16,079,975.00	3.24
9.- Estimulación	11,200,000.00	2.26
10.-Servicios de pruebas a presión y de apriete automático.	776,729.00	0.16
11.-Desmantelamiento, transporte e instalación y servicio de apoyo en transportes.	30,663,865.00	6.19
	<u>\$ 495,575,132.00</u>	<u>100.00</u>

VALOR DE UN POZO PERFORADO POR CONTRATO, A UNA PROFUNDIDAD DE 5300 M. EN EL CAMPO SAMARIA DE LA ZONA SURESTE. (DETALLADO POR ETAPAS).

O O N C E P T O	V A L O R (M. N.)
1.- Camino y Localización	25,000,000.00
	<u>25,000,000.00</u>
2.- Renta equipo de perforación:	
Etapa No. 1	12,879,092.00
Etapa No. 2	66,001,856.00
Etapa No. 3	44,497,272.00
Etapa No. 4	104,067,120.00
Etapa en movimiento	17,101,440.00
	<u>244,546,780.00</u>
3.- Fluidos de perforación:	
Etapa No. 1	1,255,000.00

Etapa No. 2	7,217,650.00
Etapa No. 3	18,025,780.00
Etapa No. 4	5,922,800.00
	<u>32,421,230.00</u>

4.- Barrenas:

Etapa No. 1	2,408,000.00
Etapa No. 2	6,924,730.00
Etapa No. 3	1,931,248.00
Etapa No. 4	4,036,095.00
	<u>15,300,073.00</u>

5.- Combustible:

Etapa No. 1	550,000.00
Etapa No. 2	2,850,000.00
Etapa No. 3	2,250,000.00
Etapa No. 4	<u>5,500,000.00</u>
	11,150,000.00

6.- Registros Geofísicos:

Etapa No. 1	1,473,150.00
Etapa No. 2	3,991,420.00
Etapa No. 3	6,313,840.00
Etapa No. 4	20,251,960.00
Especiales	9,408,610.00
	<hr/>
	41,438,980.00

7.- Tuberías de revestimiento , producción accesorios y árbol de válvulas:

Etapa No. 1	3,567,500.00
Etapa No. 2	23,473,000.00
Etapa No. 3	18,485,000.00
Etapa No. 4	5,077,000.00
Arbol de válvulas y aparejo de producción	16,395,000.00
	<hr/>
	66,997,500.00

8.- Cementación de tuberías y servicio:

Etapa No. 1	3,156,731.00
-------------	--------------

Etapa No. 2	930,705.00
Etapa No. 3	9,763,536.00
Etapa No. 4	<u>2,229,003.00</u>
	16,079,975.00

9.- Estimulación:

	<u>11,200,000.00</u>
	11,200,000.00

10.-Pruebas de conexiones superficiales de control, tuberías de revestimiento y apriete computarizado.

	<u>776,729.00</u>
	776,729.00

11.-Desmantelamiento, transporte e instalación y servicio de apoyo en transportes.

	<u>30,663,865.00</u>
	\$495,575,132.00

CAPITULO IV
COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

COMENTARIOS

De la calidad de la planeación y ejecución así como del control de la perforación de un pozo, depende que sean mínimas las diferencias entre los tiempos programados y los tiempos reales, así mismo entre el presupuesto y el costo real del pozo.

El tiempo es un factor de gran importancia ya que éste afecta directamente los costos de perforación, motivo por el cual se debe cuidar de que no existan tiempos improductivos de espera del equipo.

Es primordial que todas las erogaciones efectuadas durante la perforación del pozo se consideren y se asignen correctamente para que en base a estos datos se puedan obtener estadísticas confiables y con ellas apoyadas en la experiencia, se realicen presupuestos adecuados.

La elaboración del presupuesto de perforación de un pozo es compleja, porque además de considerar las erogaciones a efectuar para la perforación debe tomar en cuenta el tiempo que dure dicha perforación y los cambios eq

nómicos que pudieran generarse durante ese tiempo los cuáles son impredecibles con exactitud. Esto prácticamente impide la obtención de un presupuesto que se ajuste a condiciones reales, concncente al costo, también real del pozo , el cual debe obtenerse inmediatamente al finalizar la perforación para poder comparar uno con otro ubicandose e interpretando las diferencias a fin de poder ajustar -- los factores utilizados.

Lo anterior se refiere sólo a variaciones de tipo -- económico y no debe incluir desviaciones de tipo técnico-- en la ejecución de los trabajos de perforación, mismos -- que no deben influir en presupuestos futuros.

En los pozos exploratorios los presupuestos contie-- nen un amplio margen de incertidumbre ya que en estos se-- presenta gran cantidad de imprevistos.

A fin de lograr una óptima dirección técnica y ejecu-- ción de los trabajos, es necesario que exista una capaci-- tación adecuada del personal a todos los niveles, lo que-- redundará en una mayor eficacia y efeciencia en los traba-- jos de perforación logrando así, entre otras cosas abatir los costos.

CONCLUSIONES

En todos los procesos productivos, los costos son de capital importancia y más aún en un país como lo es México, por los diversos problemas económicos que presenta.

Petróleos Mexicanos desempeña un importante apoyo en la economía del país, por lo que recae gran responsabilidad en esta empresa la cual tiene que optimizar de manera acentuada todos sus recursos a manera de brindarle a México dicho apoyo económico.

Debido a las dimensiones de Petróleos Mexicanos el manejo de sus costos de perforación, entre otros costos, resulta complejo; pero se deben optimizar al máximo ya que los costos de perforación son de una magnitud elevada.

Los resultados obtenidos de los métodos de determinación de costos de perforación que utiliza Petróleos Mexicanos, como son el método directo y el método indirecto, deben ser analizados continuamente e interpretados de manera que se observe en dónde existieron deficiencias y cuál fue el motivo de éstas, para buscar su solución y lograr una perforación óptima. Con este mismo análisis mencionado se pueden afirmar en caso necesario-

los factores que intervienen en la obtención de presupuestos para que éstos se aproximen de manera aceptable al -- costo real.

La calidad de la dirección técnica y administrativa de los trabajos de perforación, influyen directamente en los costos, por lo que la capacitación continua del personal todos los niveles es de gran importancia.

La optimización del tiempo en las operaciones de perforación abate los costos de manera considerable.

La interpretación adecuada de los costos de perforación conduce al mejoramiento tecnológico y a un apoyo adecuado para la dirección de los trabajos de perforación.

Al manejar Petróleos Mexicanos apropiadamente sus -- costos de perforación y alcanzar una alta eficiencia en la perforación de pozos optimiza sus costos.

A diferencia de lo generalmente acostumbrado en el mundo, Petróleos Mexicanos, con base en sus estudios de costos, interviene directamente en la definición de tarifa de perforación por contrato, lo cual redundará en una buena economía en este aspecto.

— Aparte de los conceptos generales que se consultaron a través de la bibliografía que adelante se indica, el grueso de la información provino de Petróleos Mexicanos por amable autorización del Ing. Elías Castañeda D., Gerente de Perforación y proporcionada por algunos de sus colaboradores, por lo cual se expresa aquí el cumplido reconocimiento.

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

CONTABILIDAD DE COSTOS

LAWRENCE; w.B.

EDITORIAL UTEHA.

FUNDAMENTOS Y TECNICAS DE CONTABILIDAD DE COSTOS

CASHIN, James A. POLIMENI, Ralph S.

EDITORIAL MacGraw-Hill.

CONTABILIDAD DE COSTOS

BACKER, Morton.

EDITORIAL MacGraw-Hill.