

36
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

HISTORIA DE LA PERFORACION Y TERMINACION DEL POZO Az.-57 DEL CAMPO GEOTERMICO LOS AZUFRES

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO PETROLERO
P R E S E N T A :
FRANCISCO JAVIER OROPEZA RUBIO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

1990



Universidad Nacional
Autónoma de México



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

CAPITULOS	PAG.
I. INTRODUCCION.	1
II. ANTECEDENTES.	7
II.1 LOCALIZACION.	9
II.2 PROGRAMA DE PERFORACION.	11
III. PERFORACION.	
III.1 CONDUCTOR SUPERFICIAL.	19
III.2 PRIMERA ETAPA.	20
III.3 SEGUNDA ETAPA.	22
III.4 TERCERA ETAPA.	25
III.5 CUARTA ETAPA.	29
IV. TERMINACION.	31
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	33
APENDICE I. CARACTERISTICAS GENERALES PARA LA PERFORACION EN LAS DIFERENTES ETAPAS.	37
APENDICE II. CEMENTACIONES DE LAS TUBERIAS DE REVESTIMIENTO.	47
BIBLIOGRAFIA	57

INTRODUCCION

Siendo México un país en vías de desarrollo con una demanda - siempre creciente de energéticos, se ha visto la conveniencia de desarrollar otras fuentes alternas de energía para satisfa cer su crecimiento industrial y el consumo de su población.

Una opción para diversificar las fuentes de energía es el aprovechamiento de la geotermia.

La palabra geotermia significa el calor existente en el interior de la Tierra.

El calor es una forma de energía y se encuentra almacenada en grandes cantidades en el interior de nuestro planeta.

El proceso por el cual la energía geotérmica es transportada desde el interior de la Tierra a la superficie, se inicia -- cuando el calor procedente de una cámara magnética asciende a través de fracturas existentes en la zona impermeable (forma da por rocas de origen ígneo), a la zona permeable en donde calienta los fluidos ahí presentes que a su vez fluyen por -- dichas fracturas pasando la capa sello hasta llegar a la su-- perficie, en donde se manifiestan en forma de volcanes de lo-- do, manantiales hidrotermales, geysers y fumarolas. Estas ma-- nifestaciones superficiales nos indican que la energía geotér mica es enorme, pero su disponibilidad tal como se presenta -- en la superficie terrestre es muy pequeña, así para que pueda utilizarse ésta energía geotérmica debe de existir alguna si-- tuación especial que permita concentrarla en una área peque-- ña. Esta situación especial se presenta en los yacimientos -- subterráneos de vapor o de agua caliente que puedan ser lleva-- dos hacia la superficie mediante la perforación de pozos.

La fuente de calor local para un sistema geotérmico es generalmente un magma en proceso de enfriamiento, que pudo haber dado origen o no a fenómenos de vulcanismo. En el primer caso se tratará de un cuerpo intrusivo atrapado a profundidad; - en el segundo, de una cámara volcánica que después de completar su ciclo eruptivo, empieza a solidificarse y enfriarse — también a profundidad. En cualquier caso, el magma se encontrará en su última fase evolutiva (etapa hidrotermal), de las tres o cuatro en las que se acostumbra dividir la evolución magmática.

El calor de este magma se transmite por conducción hacia la roca impermeable que rodea a éste cuerpo magmático elevando su temperatura algunos cientos de grados. Al encontrar un paquete de rocas permeables, el agua fría que desciende desde la superficie es calentada entonces por las rocas impermeables — hasta temperaturas elevadas (algunos cientos de grados centígrados), después de lo cual asciende con pérdidas mínimas de calor hacia la superficie en forma de vapor de agua manifestándose como fumarola.

El sistema geotérmico requiere de una capa superior de rocas impermeable o de permeabilidad menor denominada capa sello — con el fin de evitar que el calor no se disipe más que a través de focos puntuales, como la fumarola. En un sistema tal, es evidente que si se perfora un pozo que atraviese toda la roca impermeable y penetre en la permeable, se obtendrá en la superficie un fluido a temperatura casi igual a la del fluido contenido en la roca permeable del yacimiento.

Nuestro país cuenta con una larga experiencia en geotermia, - en la década de los cincuenta, de 60 zonas termales que se conocían en ese entonces, se escogieron tres que se consideraron con posibilidades, éstas fueron: la de Ixtlán de los Hervores y los Azufres en Michoacán, la de Pathé en el Estado de Hidalgo, de las cuales se eligió esta última, iniciándose la perforación con un equipo de pulseta, el 17 de agosto de 1955 obteniéndose vapor el 14 de enero de 1956.

De las aproximadamente 12 perforaciones que se realizaron en ese campo, se obtuvo una mezcla de agua-vapor de baja entalpía que limitó las posibilidades de desarrollo del campo con fines comerciales.

A pesar de ello, el 20 de noviembre de 1959, se instaló en la zona la primera planta geotermoeléctrica del país, con una producción de 600 KW que fué al mismo tiempo la primera en el continente americano.

El campo geotérmico de Pathé no resultó económicamente competitivo en la producción de electricidad, pero por otro lado, fué todo un éxito dado que fué ahí donde se obtuvo por primera vez en México vapor endógeno a raíz de una perforación programada exclusivamente para ello.

Este hecho sentó las bases para la creación de una infraestructura técnica y económica que más adelante permitiría el desarrollo de mejores proyectos geotérmicos.

Actualmente, la planta de Pathé Hidalgo está en desuso, pero paralelamente se había iniciado la perforación exploratoria - en los Azufres Michoacán y en Cerro Prieto Baja California.

En este último campo, en 1959 se perforó el primer pozo exploratorio; en 1964 se confirmó la presencia del recurso geotérmico comercialmente aprovechable, y en 1973 se inició la generación de energía eléctrica con 2 unidades de 37,500 KW.

La actividad exploratoria con fines geotérmicos en México se desarrolló en forma ininterrumpida desde fines de la década de los años cincuenta. Sin embargo, la exploración sistemática comenzó hacia principios de la década de los setenta, cuando en la Comisión Federal de Electricidad se creó formalmente un núcleo de profesionales dedicado exclusivamente a esta actividad, que actualmente está integrada en la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos creada en 1982. Esta Gerencia concentra todas las actividades relacionadas con la geotermia en México.

Como parte de la evaluación geotérmica en todo el país que ha realizado esta Gerencia hasta el momento es el reconocimiento de las manifestaciones termales superficiales así como su evaluación regional existente en 21 Estados de la República.

En estos 21 Estados completamente evaluados se han identificado, clasificado y analizado más de 1400 manifestaciones termales, de las cuales 738 son manantiales de agua caliente; 632 pozos de agua termal; 35 fumarolas y 14 volcanes de lodo o hervideros (fig. 1.1).

A partir de los reconocimientos de campo y de la evaluación regional de los 21 Estados, se han seleccionado zonas con un potencial geotérmico probablemente elevado que se han estudiado mediante levantamientos geológicos, geoquímicos y geofísicos más detallados para evaluar con más precisión su potencia-

al y cuando sea conveniente, perforar en ella pozos exploratorios. Entre 1975 y 1985 se hicieron estudios de geología, geoquímica y geofísica de detalle en 27 zonas geotérmicas. En las conclusiones de dichos estudios se recomendó que se -- perforaran pozos exploratorios en 16 de dichas zonas, debido a que confirmaron la posibilidad de que en su subsuelo existieran yacimientos geotérmicos. Sin embargo, sólo se han perforado 6 zonas, en tres de las cuales la perforación quedó in completa por diversas causas.

Así queda pendiente la perforación exploratoria en 10 zonas -- geotérmicas, y completar la perforación en tres zonas más es decir un total de 13 zonas con elevada posibilidad de contener un yacimiento geotérmico en su subsuelo.

Cabe destacar que en la actualidad existen más de 25 zonas -- geotérmicas en las que se desarrollan estudios de geología, -- geoquímica y geofísica de detalle. Según los programas actuales, los estudios completos se terminarán en 1991, pero es -- evidente que al concluirse se recomendará perforar pozos exploratorios en algunas zonas, lo que incrementará el total de regiones por perforar (a 25 o 28), todas con alta probabilidad de contener yacimientos geotérmicos.

Como puede observarse a partir de los datos mencionados el potencial geotérmico de México es muy importante.

Es importante señalar que el petróleo y el carbón son recursos indispensables para la generación de energía eléctrica y probablemente, seguirán siéndolo por mucho tiempo; pero son --

recursos no renovables.

La energía geotérmica es, para todo efecto práctico, un recurso renovable, cuya utilización en la industria eléctrica es, por añadidura, más barata y no tiene los problemas de contaminación que acarrea el empleo de los combustibles fósiles.

Actualmente existen en México 2 campos geotérmicos en explotación, en los que la perforación exploratoria y de producción, ha probado la presencia de fluidos aprovechables para la generación de electricidad, ellos son:

Cerro Prieto en el Estado de Baja California, Los Azufres en el Estado de Michoacán y un campo en desarrollo incipiente - que ya cuenta con equipo generador en los Humeros, en el Estado de Puebla. (fig. 1.2)

Por lo tanto, para aprovechar la energía geotérmica en nuestro país, es necesario contar con la tecnología propia que nos permita hacer uso de esta importante fuente energética. El presente trabajo trata acerca del empleo de esta tecnología usada para el diseño y construcción de pozos geotérmicos.

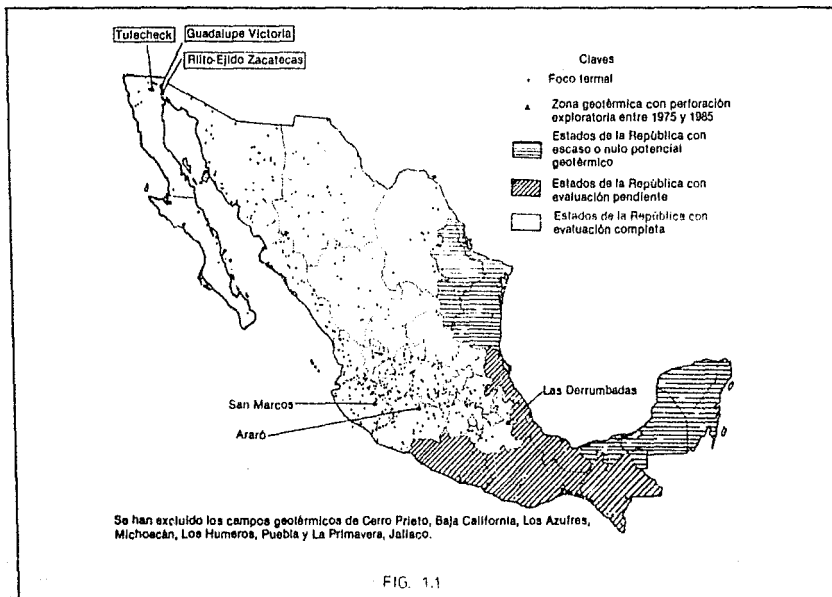


FIG. 1.1



FIG. 1.2

ANTECEDENTES

El programa de perforación de pozos durante el año de 1988, se concluyó con la perforación del pozo Az-57 en la zona Norte del campo geotérmico de los Azufres Michoacán, con el objetivo de explotar la Falla Marítaro del sistema Este-Oeste, -- con un pozo vertical que interceptara la falla a una profundidad estimada entre 1500 y 1700 m.

La Subgerencia de Estudios Geotérmicos, acordó el día 31 de agosto de 1988, que la siguiente plataforma para perforar sería la denominada 19-1, en este sitio se construiría un pozo vertical ubicado al Oeste del pozo Az-19 y teniendo como objetivo final explotar la Falla Marítaro en su porción medio poniente y conocer el yacimiento en esa zona, ya que el pozo Az 19, por haber sido terminado en niveles superiores, no pudo seguir produciendo vapor para explotar a mayor plazo el yacimiento.

El sitio del presente pozo cuenta con los apoyos de la información actual de geología superficial, geología del subsuelo, geoquímica de pozos y manifestaciones, información de producción de pozos, isoterms y permeabilidad en pozos cercanos, y con los datos del comportamiento de las anomalías de resistividad a diferentes profundidades.

Para localizar este sitio en campo fué necesario hacer levantamiento de detalle auxiliándose con equipo de campo de alta resolución y rapidez, como es la plancheta electrónica auto--

rreductora, con el fin de fijar la posición del sitio con relación a otros pozos aledaños y a las fallas y fracturas aflorantes en las inmediaciones.

Como etapa final en la localización y como supervisión por parte del Departamento de Exploración, se hizo un recorrido de campo para verificar la ubicación del sitio y su posición con respecto a las estructuras y manifestaciones termales adyacentes, este recorrido lo dirigió el jefe del Departamento de Exploración y fué auxiliado por el grupo de geología de campo.

La ubicación definitiva se hizo tomando en consideración la topografía del terreno, acceso, vegetación y ecología para evitar en lo posible daños al bosque y a las tierras de cultivo.

LOCALIZACION

El pozo Az-57, se localiza en la zona Norte del Campo Geotérmico de los Azufres Michoacán, en el sector denominado Marítaro en la porción conocida como " El Espinazo del Diablo " , - le circundan el pozo Az-19, que se sitúa a 300 m. al N 88° E - del pozo, el Az-21 se localiza a 700 m. al N 68° W y el pozo - Az-28 que se ubica a una distancia de 430 m. al S 14° W.

A 310 m. al S 56° E del pozo se encuentra la manifestación Marítaro del tipo mofeta con 90° C de temperatura; las manifestaciones de tipo fumarólico conocidas como " Espinazo del Diablo " distan 730 m. al N 55° W del pozo y tienen una temperatura de 90° C.

Estructuralmente se encuentra en el bloque del bajo de la Falla Marítaro que aflora al S 30° W a 210 m. de distancia medidos perpendicularmente a ella. Este bloque hundido se limita al Norte por la Falla los Coyotes y al Sur por la Falla Marítaro ambas del sistema E-W, al Noroeste esta delimitado por - la Falla el Nopalito del sistema NE-SW.

El bloque mencionado se encuentra fracturado por varios sistemas de fracturas de rumbos diversos siendo el más importante el de rumbo N-S, del cuál se observan dos fracturas en las inmediaciones del pozo una al Oeste a 40 m. del pozo y la otra al Este a 120 m. de distancia.

En el lugar del pozo se encuentran aflorando andesitas de la " Unidad Mil Cumbres " cubiertas unos metros al Norte del pozo por unos 40 m. aproximadamente de tobas pumicíticas.

El sitio del pozo Az-57 lo delimitan las siguientes coordenadas rectangulares:

X = 325 086.481

Y = 2 192 679.642

Z = 2 842.000 m.s.n.m.

PROGRAMA DE PERFORACION DEL POZO Az-57

CAMPO : LOS AZUFRES
MUNICIPIO : CIUDAD HIDALGO
ESTADO : MICHOACAN

OBJETIVO:

Con la perforación de este pozo vertical se pretende alcanzar la Falla Marítaro entre 1500 y 1700 metros de profundidad; según la correlación con la estructura a explotar, se esperan las siguientes zonas permeables de 1500 a 1700 metros de profundidad, considerando que la estructura puede presentar un echado de $82 - 83^{\circ}$ al Norte; la Isoterma de 250°C se espera a la profundidad de 1300 metros a la cual debiera ser anclada la tubería de revestimiento de $9 \frac{5}{8}$ pulgadas de diámetro.

El objetivo principal de este pozo es el de alcanzar la Falla Marítaro, por lo tanto el programa de perforación se llevará hasta 2000 metros de profundidad como máximo o antes si las condiciones de producción son favorables.

POSICION GEOLOGICA ESTRUCTURAL:

Estructuralmente la plataforma 19-1 (pozo Az-57), se localiza al Norte del afloramiento de la Falla Marítaro a 210 m. y un rumbo $N 30^{\circ}\text{E}$, dos fracturas del sistema Norte-Sur se encuentran a 70 y 90 metros del sitio; la manifestación denominada Pozo Marítaro se localiza al sureste a una distancia de 270 metros.

COLUMNA LITOLOGICA PREVISTA

La litología predominante son las andesitas microcristalinas, las porfídicas y los basaltos, teniendo inicialmente toba pumicítica así que la columna litológica esperada en base a correlación con pozos aledaños es la siguiente:

PROFUNDIDAD (m.)	ESPEJOR (m.)	LITOLOGIA
0 a 30	30	TOBA PUMICITICA
30 a 180	150	ANDESITA MICROCRISTALINA
180 a 220	40	BASALTO
220 a 780	560	ANDESITA MICROCRISTALINA
780 a 820	40	BASALTO
820 a 1490	670	ANDESITA MICROCRISTALINA
1490 a 1870	380	ANDESITA PORFIDICA
1870 a 2000	130	ANDESITA MICROCRISTALINA

PROGRAMA DE MUESTREO

MUESTRAS DE CANAL:

Durante el desarrollo de la perforación de este pozo se harán tomas de recorte de la roca penetrada por la barrena, éstas - deberán recolectarse cada dos metros de avance y muestras adicionales cuando existan cambios litológicos significativos a juicio del Geólogo.

MUESTREO MECANICO:

El muestreo por medio de núcleos a diferentes niveles, durante la perforación se harán lo más apegados a juicio del Geólogo, así que los intervalos a nuclear son los siguientes:

NUCLEO	PROFUNDIDAD (m)	CARACTER LITOLÓGICO	ESPESOR (m)
1	1100 - 1105	LITOLÓGICO	5
2	1495 - 1500	ESTRUCTURAL	5
3	1995 - 2000	LITOLÓGICO	5

TEMPERATURAS ESTABILIZADAS ESPERADAS

A	120 m.	50 °C
	240 m.	100 °C
	390 m.	150 °C
	900 m.	200 °C
	1300 m.	250 °C
	1700 m.	300 °C

ZONAS DE MAYOR PERMEABILIDAD

DE 1500 - 1700 m.

PROFUNDIDAD TOTAL PROGRAMADA

La profundidad total programada inicialmente es de 2000 m. o hasta alcanzar la zona favorable de producción, lo cual puede ocurrir a partir de 1500 - 1700 m., al atravesar las zonas — con mayor permeabilidad según correlación con pozos cercanos. Los minerales de alteración hidrotermal de alta temperatura, principalmente la epidota y el cuarzo se espera se presenten en forma continua entre los 1200 - 1350 m. de profundidad.

PROGRAMA PREVISTO DE REGISTROS DE PRESION Y TEMPERATURA

Los registros de presión y temperatura programados para este pozo Az-57, serán los siguientes;

SERIE	PROFUNDIDAD (m.)	TIPO DE REGISTRO
1	300	PRESION Y TEMPERATURA
2	600	PRESION Y TEMPERATURA
3	900	PRESION Y TEMPERATURA
4	1200	PRESION Y TEMPERATURA

En caso de pérdida de circulación se tomará un registro de -- presión a fin de poder saber de que zona proviene, con este -- registro también se determinará cuando aparezcan nuevas zonas o si se trata de las anteriores, registrandose las zonas de -- pérdida indistintamente de su cuantía.

La Superintendencia de Yacimientos determinará registros no -- programados cuando considere necesario estudiar o efectuar -- pruebas en zonas de interés.

La última serie de registros será tomada cuando se presente -- la pérdida total de circulación para determinar la zona per-- meable y decidir la terminación del pozo.

EQUIPO QUE PERFORO EL POZO Az-57

El equipo denominado PERFENSA No. 1, perforo el pozo Az-57. Este equipo tiene una antigüedad de 9 años y alguna de sus características son:

Malacate de doble tambor marca Ideco modelo H-200, serie H---186 consola de control y capacidad para perforar aproximada---mente a una profundidad de 4000 M.

Mástil marca Ideco modelo F.M. - 143650, con capacidad máxima al gancho de 750, 000 Lbs.

Motor Diesel marca Waukesha, modelo L-5792-DU de 1000 H.P., - impulsa malacate.

Motor Diesel marca Waukesha, modelo L-5792-DU, de 1000 H.P., impulsa malacate o bomba de lodo # 1.

Motor Diesel marca Wuakesha, modelo 1-5792-DU, de 1400 H.P., impulsa la bomba de lodo # 2.

Bomba de lodo # 1, triplex, marca Ideco, tamaño 7X9, modelo - T-800.

Bomba de lodo # 2, triplex, marca Ideco, tamaño 7X9, modelo - T-800.

Torre metálica vertical para enfriamiento de lodo de 2.4 M. -- por 2.4 M. por 12 M. marca Cimsa.

PROGRAMA PREVISTO DE PERFORACION

VERTICALIDAD:

Se detectará la verticalidad del pozo mediante la corrida de registros de desviación con las siguientes especificaciones: La distancia máxima para determinar la desviación será de 100 m. El límite permisible de desviación entre intervalos cortos será de $\pm 15'$ cada 35 m.

La desviación máxima permisible será de 5° a 2500 m. de profundidad.

LODOS

Se usará lodo bentonítico natural, para perforar en la primera etapa. Durante las etapas dos y tres por haber altas temperaturas se acondicionará el lodo con diferentes reactivos, -- asimismo se emulsionará con diesel. Cuando se rebaje cemento por tapones o cementaciones se tratará el lodo con los reactivos correspondientes, todo esto con el fin de mantener las -- condiciones reológicas que nos permitan realizar de manera -- eficiente nuestras operaciones a lo largo de la perforación; por lo tanto se preparará lodo como lo indica la tabla 1.

ADEMES

CONDUCTOR SUPERFICIAL:

Se usará como conductor superficial un tubo de 30 pulgadas de diámetro, Grado B, 98 lb/pie, soldable.

Este tubo quedará cementado a 13 m. de profundidad.

OBJETIVO DEL ADEME

Instalación de conexiones superficiales.

Instalación del sistema de control del pozo.

PRIMERA ETAPA

Se procederá a ademar el pozo con tubería de revestimiento de 20 pulgadas de diámetro, Grado K-55, 106.5 lb/pie, Rosca Buttress, se asentará a 100 m. de profundidad, y se cementará el espacio anular entre 20 y 26 pulgadas de diámetro del fondo hasta la superficie.

OBJETIVO DEL ADEME

Aislar zonas de filtración de agua freática.

El ademe también permitirá la instalación del sistema de control superficial en prevención de brotes de gas, vapor de agua sobrecalentada, los cuales así podran ser controlados.

SEGUNDA ETAPA

Se procederá a ademar el pozo con tubería de revestimiento de 13 3/8 pulgadas de diámetro, Grado K-55, 54.5 lb/pie, Rosca Buttress, se asentará a 500 m. de profundidad, y se cementará el espacio anular entre 13 3/8 y 17 1/2 pulgadas de diámetro, desde el fondo hasta la superficie.

OBJETIVO DEL ADEME

Aislar zonas de flujo de vapor o de agua sobrecalentada.

Dar consistencia al agujero en zonas inestables, el ademe permitirá el anclaje y tensionamiento de la tubería de revestimiento de 9 5/8 pulgadas de diámetro, así como la colocación del sistema de control superficial, para intervenir el pozo en el caso de descontrol.

TERCERA ETAPA

A la profundidad de 1305 m, se asentará la tubería de revestimiento de 9 5/8 pulgadas de diámetro, Grado L-80, 47 lb/pie, Rosca Hydrill Super E.U.

Esta tubería quedará cementada desde el fondo hasta la superficie.

OBJETIVO DEL ADEME

Permitir el avance de la perforación, aislando zonas de baja permeabilidad con aportación de vapor o gas.

Utilizar el ademe como tubería productora.

Durante la etapa final, evitar riesgos de atrapamiento para viajes redondos.

Permitir el anclaje y traslapado de la tubería productora de 7 pulgadas de diámetro. (tubería corta)

CUARTA ETAPA

Se diseñará para la terminación del pozo una tubería corta -- (LINER), de 7 pulgadas de diámetro, Grado L-80, 29 lb/pie, Rosca Hydrill Super E.U., combinada (ciega y ranurada).

Con un traslape de 70 a 80 metros, dentro de la tubería de revestimiento, de 9 5/8 pulgadas de diámetro, utilizando un colgador de cuñas de 7 a 9 5/8 pulgadas de diámetro.

OBJETIVO DEL LINER

Evitar derrumbes de la pared del pozo durante la producción.

Establecer un circuito de producción desde el yacimiento hasta la superficie a través de la tubería ranurada.

TABLA No. 1
 VALORES DE LAS CARACTERISTICAS QUE OBSERVARA EL LODO POR INTERVALO.

PROPIEDADES FISICO - QUIMICAS DEL LODO DE PERFORACION.	0 - 100	PROFUNDIDAD		500 - 1200	1200 - 1800
		100 - 300	300 - 500		
DENSIDAD: gr/cc.	1.05 - 1.12	1.05 - 1.12	1.08 - 1.13	1.12	1.12
VICIOSIDAD seg/lt.	40 - 45	45 - 55	40 - 45	40 - 45	40 - 45
FILTRADO cc.		12 - 14	10 - 12	8 - 10	6 - 8
ENJARRE mm.		1.0 - 1.5	1.0 - 1.5	1.0	1.0
PH.		7 - 8	7 - 8.5	9 - 10	9 - 10
VOL. ARENA %		0.5 - 1.0	0.5 - 1.0	0.5 - 1.0	0.5 - 1.0
VOL. SOLIDO %		6 - 8	8 - 14	3 - 14	8 - 10
VOL. ACEITE %		0 - 4	4 - 6	6 - 8	6 - 8
VOL. AGUA %		92 - 97	78 - 84	78 - 84	84 - 88
VISC. PLASTICA Cpb.		10 - 14	10 - 14	11 - 16	11 - 16
PUNTO CED. lb/100 ft ² .			2 - 5	2 - 5	3 - 6
GEL 0' "		0 - 6	0 - 6	0 - 8	0 - 5
GEL 10' "		7 - 9	7 - 9	8 - 12	8 - 16

CONDUCTOR SUPERFICIAL

El día 16 de noviembre de 1988 se inició la perforación del - pozo Az-57.

Con una barrena marca Security, de 12 1/4 pulgadas de diáme-- tro tipo 5-2-7, y con un lodo bentonítico de peso específico de 1.05 gr/cc (ver tabla 1), se perforó a la profundidad de 23.6 m.

Posteriormente el agujero se amplió usando un ampliador de -- 17 1/2 pulgadas de diámetro marca Reed, tipo 6-1-5 y barrena guía de 12 1/4 pulgadas de diámetro, y finalmente quedó ampli-- ado a 40 pulgadas de diámetro, usando un ampliador hecho de 40 pulgadas de diámetro, a una profundidad de 18.5 m.

Terminada esta última ampliación del agujero, se metieron y - soldaron dos tramos de tubo conductor de 30 pulgadas de diá-- metro, Grado B, 98 lb/pie, quedando esta tubería asentada a - 18 metros de profundidad.

Este tubo conductor se cementa por gravedad, utilizando 70 sa-- cos de cemento normal de 50 Kg. cada uno.

Una vez que el cemento fraguó, se instalaron las conexiones - superficiales y el sistema de control del pozo quedando como lo muestra la figura 3.1.

Nota.-

La profundidad del pozo se mide tomando como referencia el ni-- vel de la mesa rotatoria que en este caso esta a 6.40 m. de - altura sobre el nivel del terreno.

OBJETIVO DEL TUBO CONDUCTOR

Instalación de las conexiones superficiales.

Instalación del sistema de control del pozo.

PRIMERA ETAPA

Se probaron las conexiones superficiales mediante una prueba hidrostática con 500 lb/pg², sin observar abatimiento en la presión, asimismo se probó el buen funcionamiento del sistema de control del pozo.

Con una barrena de 12 1/4 pulgadas de diámetro, marca Security, tipo 5-2-7, y usando un lodo bentonítico con peso específico de 1.06 gr/cc, se bajó a 18.00 m de profundidad donde se llegó a la cima del cemento, se rebajó este cemento hasta -- 23.60 m de profundidad, se reanudó la perforación avanzando -- normalmente hasta 105.00 m de profundidad.

Se suspendió la perforación por haber llegado a la profundidad programada para cementar la tubería de revestimiento de -- 20 pulgadas de diámetro, se tomó la desviación al agujero --- siendo esta de 0° 15' a 99.00 m, se sacó la barrena a la su-- perficie y se eliminó el sistema de control del pozo para am-- pliarlo.

AMPLIACION DEL POZO

El pozo se amplió hasta la profundidad de 103.50 m, primero -- usando un ampliador de dientes de 20 pulgadas de diámetro, -- con barrena gufa de 12 1/4 pulgadas de diámetro, posteriormen-- te el agujero se amplió a 26 pulgadas de diámetro, usando un ampliador de 26 pulgadas de diámetro, de dientes, con barrena gufa de 20 pulgadas de diámetro, usando el equipo superficial como se muestra en la figura 3.2.

Una vez que se terminó con la ampliación del agujero, se metió y se cementó la tubería de revestimiento de 20 pulgadas - de diámetro, Grado K-55, 106.50 lb/pie, Rosca Buttress, a una profundidad de 100.00 m.

Se utilizaron para esta cementación 470 unidades equivalentes de cemento tipo "G" modificado, con un peso específico promedio de 1.85 gr/cc. (aproximadamente 160 barriles de lechada de cemento), se desplazó este cemento con 100 barriles de lodo y presión de bombeo de 250 lb/pg², aflorando cemento sin - contaminar a la superficie.

SEGUNDA ETAPA

Transcurridas 24 horas de tiempo, para el fraguado del cemento, se instaló y probó el equipo superficial mediante una prueba hidrostática con 500 lb/pg², sin observar abatimiento en la presión, asimismo se probó el buen funcionamiento del sistema de control del pozo, ver figura 3.3.

Se armó barrena marca Security, de 12 1/4 pulgadas de diámetro, tipo 5-2-7 y bajó a 95 m donde se llegó a la cima del cemento, se circuló para enfriar el pozo y se efectuó la prueba hidrostática a la tubería de revestimiento de 20 pulgadas de diámetro con 500 lb/pg², durante 30 minutos sin observar abatimiento en la presión, posteriormente se rebajó cemento hasta los 105.00 m donde se suspendió esta operación. (Por haber llegado a la profundidad programada para cementar la tubería de revestimiento de 13 3/8 pulgadas de diámetro.)

OBSERVACIONES DURANTE LA PERFORACION CON BARRENA DE 12 1/4 PULGADAS DE DIAMETRO.

INTERVALO (297 - 300 m) ,

Al tratar de sacar la barrena a la superficie para acondicionar el pozo, para tomar una serie de registros de presión y temperatura, se observó la sarta atrapada.

BACHE No. 1

Se bombearon al interior del pozo 3060 lts. de diesel-QT301, sin obtener circulación, se dejó el bache media hora en reposo y se trabajó la sarta, tensionandola con 30 ton. sobre su peso sin lograr despegarla.

BACHE No. 2

Se bombearon al interior del pozo 5100 litros de diesel-QTSol sin obtener circulación, se dejó el bache en reposo media hora y se trabajó la sarta tensionandola con 35 toneladas sobre su peso logrando liberarla.

INTERVALO (415 - 419 m)

Se observó una pérdida de $2 \text{ m}^3/\text{hr}$.

Se bombeó al interior del pozo un bache de 15 m^3 de lodo con obturante granular mediano.

INTERVALO (500 - 505 m)

Se observó una pérdida de $1.5 \text{ m}^3/\text{hr}$.

Se bombearon al interior del pozo 16 m^3 de lodo con obturante granular fino y mediano.

A la profundidad de 505 m se modificó el sistema de control del pozo, quedando como lo muestra la figura 3.4, de ésta manera se inició la ampliación del agujero de $12 \frac{1}{4}$ a $17 \frac{1}{2}$ pulgadas de diámetro.

AMPLIACION DEL AGUJERO DE $12 \frac{1}{4}$ PULGADAS A $17 \frac{1}{2}$ PULGADAS DE DIAMETRO.

Se amplió el agujero usando un ampliador marca Security, de $17 \frac{1}{2}$ pulgadas de diámetro con barrena guía de $12 \frac{1}{4}$ pulgadas de diámetro, marca Security, tipo 5-2-7. Se amplió dicho agujero hasta una profundidad de 502 m, esta ampliación se llevo a cabo normalmente, es decir, no se presentó ningun con-
tratiempo, se hicieron los preparativos para eliminar el am-

plador y se acondicionó el pozo para introducir la tubería - de revestimiento de 13 3/8 pulgadas de diámetro, quedando de la siguiente manera:

Tubería de revestimiento de 13 3/8 pulgadas de diámetro, Grado K-55, 54.5 lb/pie, Rosca Buttress.

Zapata de t.r. de 13 3/8"Ø a 501.00 m. de profundidad.

Cople Flotador de 13 3/8"Ø a 475.00 m. de profundidad.

Esta tubería quedó cementada con 350 barriles de lechada de cemento tipo "G" Veracruz modificado, desde el fondo hasta la superficie, con un peso específico aproximado de la lechada de 1.86 gr/cc. y presión máxima de bombeo de 500 lb/pg².

Se desplazó este cemento con 243 barriles de lodo y presión final de 700 lb/pg², aflorando este cemento sin contaminar a la superficie.

TERCERA ETAPA

Transcurridas 24 horas de tiempo, para el fraguado del cemento, se instaló y probó el equipo superficial, mediante una -- prueba hidrostática con 800 lb/pg^2 , sin observar abatimiento en la presión, asimismo se probó el buen funcionamiento del -- sistema de control del pozo y se inició la perforación de ésta etapa; ver figura 3-5.

Con barrena de $12 \frac{1}{4}$ pulgadas de diámetro, marca Smith, tipo 2-1-1, bajó a 475.00 m donde se llegó al tapón de desplazamiento, circuló con temperatura máxima de salida del lodo de $91 \text{ }^\circ\text{C}$, suspendió la operación al enfriarse el pozo, cerró el sistema y realizó la prueba hidrostática a la tubería de revestimiento de $13 \frac{3}{8}$ pulgadas de diámetro, con 800 lb/pg^2 , durante 30 minutos, sin observar disminución en la presión, a continuación rebajó tapones, cople flotador y cemento hasta 485.00 m, donde se realizó la segunda prueba hidrostática con 800 lb/pg^2 , durante 30 minutos, también sin observar cambio en la presión, a continuación rebajó la zapata y cemento hasta 505.00 m.

Circuló durante 45 minutos, sacó la barrena a la superficie -- y la cambió por barrena, marca Security, tipo 5-2-7, mismo -- diámetro que la anterior, bajó al fondo y reanudó la perforación hasta 1405.00 m. (Se suspendió esta operación por haber llegado a la profundidad programada para cementar la tubería de revestimiento de $9 \frac{5}{8}$ pulgadas de diámetro.)

OBSERVACIONES DURANTE LA PERFORACION CON BARRENA DE 12 1/4
PULGADAS DE DIAMETRO.

TAPON DE CEMENTO No. 1

A 1302.00 m de profundidad se cuantificó una pérdida de 4.5 m³/ hr. Se hicieron los preparativos y se colocó un tapón de cemento, inyectando a la formación 19.3 bl. de lechada de cemento tipo "G" modificado, con peso específico promedio de -- 1.85 gr/cc y presión máxima de inyección de 800 lb/pg².

TAPON DE CEMENTO No. 2

A 1206.00 m se cuantificó una pérdida de 2 m³/ hr. Se inyectó a la formación 9.64 bl. de lechada de cemento tipo "G" modificado, con peso específico promedio de 1.85 gr/cc y presión máxima de inyección de 800 lb/pg².

TAPON DE CEMENTO No. 3

A 1330.00 m de profundidad y con pérdida de 2.5 m³/ hr. Inyectó a la formación 24 bl. de lechada de cemento modificado tipo "G", con peso específico promedio de 1.85 gr/cc y presión máxima de inyección de 900 lb/pg².

TAPON DE CEMENTO No. 4

A 1334.00 m de profundidad y con pérdida de 2.5 m³/ hr. Inyectó a la formación 24 bl. de lechada de cemento modificado tipo "G", con peso específico promedio de 1.86 gr/cc a una presión máxima de inyección de 1050 lb/pg².

TAPON DE CEMENTO No. 5

A 1221.00 m de profundidad y con pérdida de $2.5 \text{ m}^3/\text{hr}$.

Inyectó a la formación 24 bl. de lechada de cemento modificado tipo "G", con peso específico promedio de 1.86 gr/cc y presión máxima de inyección de 1150 lb/pg^2 .

Durante la perforación del intervalo 1328 - 1405 m se observó una pérdida que varió de $2.5 \text{ m}^3/\text{hr}$.

Se prepararon y bombearon al pozo 16 m^3 de lodo con obturantes (granular fino y mediano), sin lograr obturar las zonas de pérdida, lo que hizo necesario obturar dichas zonas con -- los tapones de cemento antes mencionados.

Esta combinación de obturante granular fino y mediano y la serie de tapones de cemento (cinco en total), lograron obturar las zonas de pérdida y tener el pozo en condiciones adecuadas para introducir y cementar la tubería de revestimiento de 9 5/8 pulgadas de diámetro.

TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 9 5/8 pulgadas de diámetro.

Grado L-80, 47 lb/pie, Rosca Hydrill Super E.U.

Quedó de la siguiente manera:

Zapata	$9 \text{ 5/8}''\emptyset$	a	1400.00 m.
Cople Flotador	$9 \text{ 5/8}''\emptyset$	a	1373.00 m.
Cople Cementador "J"	$9 \text{ 5/8}''\emptyset$	a	1136.00 m.

CEMENTACION DE LA TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 9 5/8
PULGADAS DE DIAMETRO.

PRIMERA ETAPA

Bombé 87,5 bl de lechada de cemento tipo "G" modificado, --
(fraguado rápido) con peso específico promedio de 1.80 ---
gr/cc y presión máxima de bombeo de 200 lb/pg², se soltó el
tapón de desplazamiento y bombé 3 bl de lechada de cemento
como bache de seguridad tras el tapon, desplazó lechada con
3 1/2 bl de lodo y presión máxima de 750 lb/pg². Se arrojó tor
pedo de apertura de camisa interior inferior y abrió los pu-
ertos con una presión de 850 lb/pg². Se circuló para desaloj-
ar el exceso de cemento, aflorando el mismo a la superficie
Se suspendió la circulación al terminar de desalojar el ce-
mento.

SEGUNDA ETAPA

Se bombearon 292 bl de lechada de cemento modificado tipo G
de fraguado lento, con un peso específico promedio de 1.80 -
gr/cc y presión máxima de bombeo de 250 lb/pg², se soltó el
tapon de cierre y se bombearon 5 bl de lechada de cemento --
tras el tapon como bache de seguridad, desplazó lechada con
lodo, observando una presión máxima de 1750 lb/pg², afloran-
do cemento sin contaminar a la superficie, comprobó el cie-
rre de puertos con 2250 lb/pg², y se dió por terminada la --
operación.

CUARTA ETAPA

Transcurridas 48 hrs. de tiempo para el fraguado del cemento, se instaló y probó el equipo superficial, mediante una prueba hidrostática con 1000 lb/pg^2 durante 30 minutos sin observar abatimiento en la presión, asimismo se probó el buen funcionamiento del sistema de control del pozo, ver figura 3-6.

Armó barrena marca Smith, tipo 2-1-1, de 8 1/2 pulgadas de diámetro, bajó y llegó a la cima de cemento (del bache de seguridad, tras el tapón de cierre de la segunda etapa), a 1111.00 m., circuló con temperatura máxima de salida del lodo de 90°C , hasta enfriar el pozo y rebajó el cemento de 1111 a 1137.00 m, donde llegó al equipo de cementación para dos etapas tipo "J", circuló y efectuó la prueba hidrostática a la tubería de revestimiento de 9 5/8 pulgadas de diámetro, con 1500 lb/pg^2 durante 30 minutos, sin observar abatimiento en la presión.

Descargó la presión y rebajó equipo de cementación para dos etapas, terminada esta operación bajó libre hasta 1347.00 m donde llegó a la cima del cemento (del bache de seguridad tras el tapon de desplazamiento de la primera etapa), rebajó este cemento hasta 1373.00 m, circuló y a continuación efectuó la segunda prueba hidrostática a la tubería de revestimiento de 9 5/8 pulgadas de diámetro con 1500 lb/pg^2 durante 30 minutos sin observar abatimiento en la presión, descargó ésta presión y continuó rebajando accesorios de cementación en dos etapas (baffle, cople flotador y zapata) y cemento hasta ---

1405.00 m. (Fondo)

Reanudó la perforación normalmente hasta 1422.00 m, a ésta — profundidad circuló y saco la barrena a la superficie.

Armó barrena marca Security, tipo 5-2-7, de 8 1/2 pulgadas de diámetro y circuló bajando por etapas, hasta 1422.00 m y continuó perforando normalmente hasta 1555.00 m de profundidad.

Al perforar el metro 1556 observó la primera pérdida de $2 \text{ m}^3/\text{hr}$.

INTERVALO (1556 - 1720 m)

Se perforó con pérdida de $2 \text{ m}^3/\text{hr}$.

INTERVALO (1720 - 1722 m)

Se perforó con pérdida de $40 \text{ m}^3/\text{hr}$.

A la profundidad de 1722.00 m, se acondicionó el pozo para tomar serie de registros de presión y temperatura.

Al terminar de correr la serie de registros de presión y temperatura, circuló para enfriar el pozo y continuó perforando.

INTERVALO (1722 - 1724 m)

Se perforó normalmente.

INTERVALO (1724 - 1800 m)

Se perforó con pérdida de $5 \text{ m}^3/\text{hr}$.

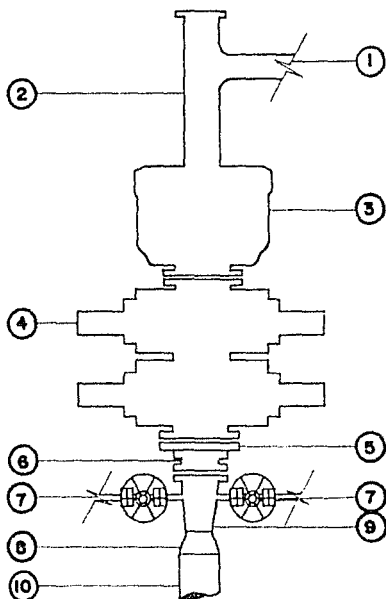
A la profundidad de 1800.00 m, acondicionó el pozo para tomar serie de registros de presión y temperatura.

A esta profundidad se dió por terminada la perforación del pozo Az-57.

A partir del metro 1722 se cambió el fluido de perforación.

(lodo por agua)

**EQUIPO DE CONTROL PARA PERFORAR CON 12 1/4" Ø
(PRIMERA ETAPA)**



- ① — LINEA DE DESCARGA
- ② — CAMPANA DE 12 1/4" Ø
- ③ — PREVENTOR ESFERICO TIPO Ø" DE 13 5/8" Ø, S-1500
- ④ — PREVENTOR CAMERON TIPO Ø" DE 13 5/8" Ø, S-1500
- ⑤ — BRIDA ADAPTADORA DE 13 5/8" Ø, S-900 A 15 5/8" Ø, S-1500
- ⑥ — CARNETE ADAPTADOR DE 2 1/4" Ø, S-600 A 13 5/8" Ø, S-900
- ⑦ — VALVULAS LATERALES DE 2" Ø, S-900
- ⑧ — REDUCCION CAMPANA DE 30" Ø A 20" Ø
- ⑨ — REDUCCION CAMPANA DE 30" Ø A 20" Ø
- ⑩ — TUBO CONDUCTOR DE 30" Ø

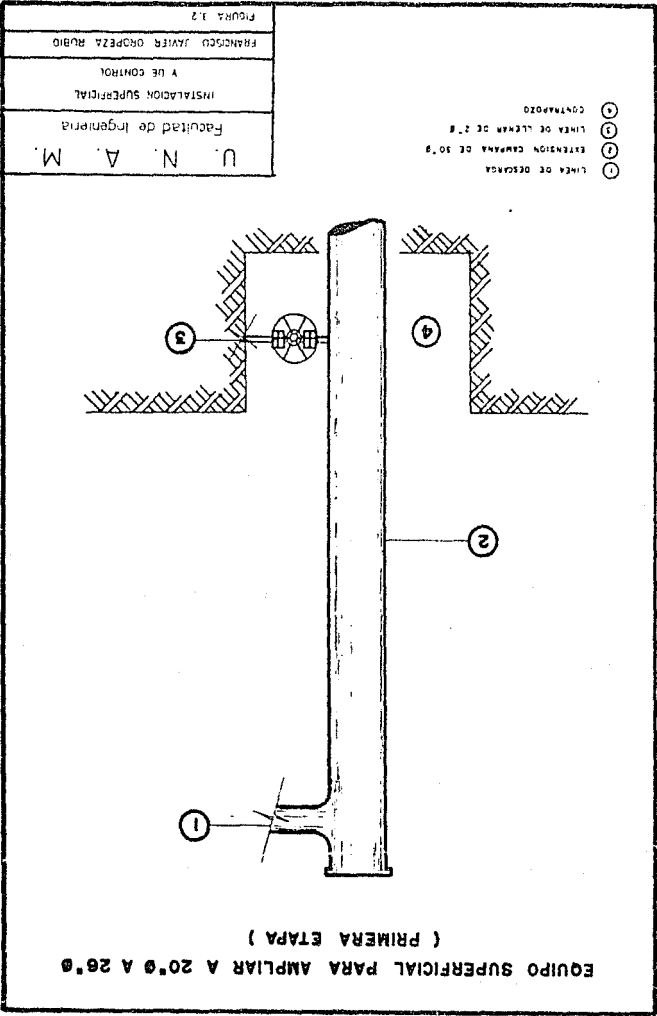
U. N. A. M.

Facultad de Ingenieria

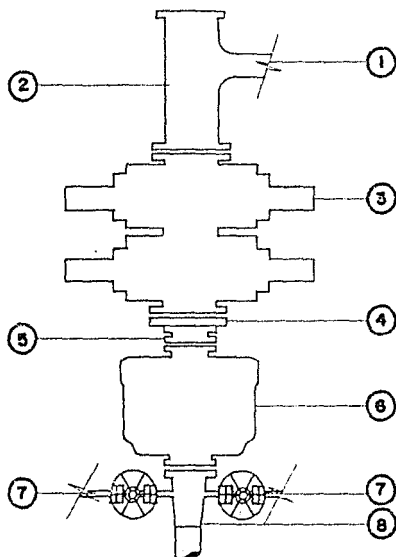
INSTALACION SUPERFICIAL
Y DE CONTROL

FRANCISCO JAVIER CRUPEZA RUBIO

FIGURA 3.1



EQUIPO DE CONTROL PARA PERFORAR CON 12 1/4" Ø
(SEGUNDA ETAPA)



- ① — LINEA DE DESCARGA
- ② — CAMPANA DE 13 3/8" Ø
- ③ — PREVENTOR CAMERON TIPO U" 13 5/8" Ø, S-1500
- ④ — BRIDA ADAPTADORA DE 13 5/8" Ø, S-900 A 13 5/8" Ø, S-1500
- ⑤ — CARRETE ADAPTADOR DE 21 1/4" Ø, S-650 A 13 5/8" Ø, S-900
- ⑥ — PREVENTOR ESFÉRICO DE 21 1/4" Ø, S-600
- ⑦ — VALVULAS LATERALES DE 2" Ø, S-900
- ⑧ — CABEZAL DE 21 1/4" Ø, S-600

U. N. A. M.

Facultad de Ingeniería

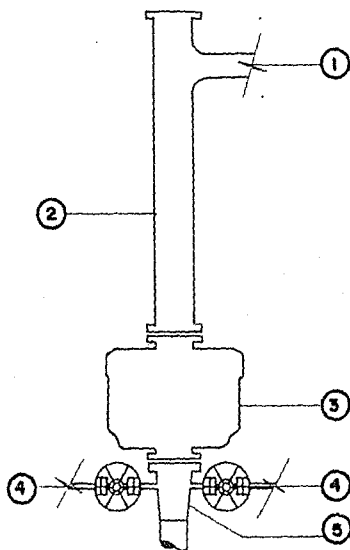
INSTALACION SUPERFICIAL

Y DE CONTROL

FRANCISCO JAVIER ORCPEZA RIVERO

FIGURA 1.3

EQUIPO DE CONTROL PARA AMPLIAR A 17 1/2" Ø
(SEGUNDA ETAPA)



- ① - LINEA DE DESCARGA
- ② - EXTENSION CAMPANA DE 22" Ø
- ③ - PREVENTOR ESFERICO DE 2 1/4" Ø, S-500
- ④ - VALVULAS LATERALES DE 2" Ø, S-500
- ⑤ - CORIZAL DE 2 1/4" Ø, S-500

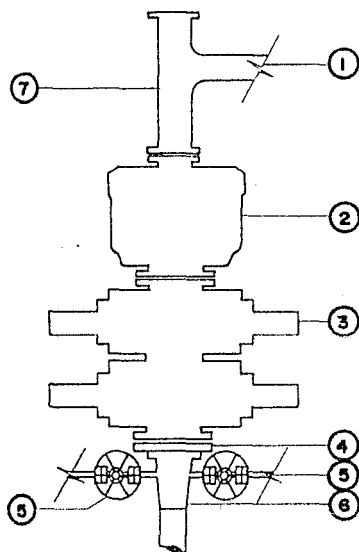
U. N. A. M.
Facultad de Ingeniería

INSTALACION SUPERFICIAL
Y DE CONTROL

FRANCISCO JAVIER DROPEZA HUBIG

FIGURA 3.4

**EQUIPO DE CONTROL SUPERFICIAL PARA PERFORAR CON 12 1/4" Ø
(TERCERA ETAPA)**



- ① — LINEA DE DESCARGA
- ② — PREVENTOR CAMERON TIPO "C" 13 3/8" Ø, S-1500
- ③ — PREVENTOR CAMERON TIPO "U" 13 3/8" Ø, S-1500
- ④ — BRIDA ADAPTADORA DE 13 5/8" Ø, S-900 A 13 5/8" Ø, S-1500
- ⑤ — VALVULAS LATERALES DE 7" Ø, S-900
- ⑥ — CABEZAL DE 13 5/8" Ø, S-300
- ⑦ — EXTENSION CAMPANA DE 13 3/8" Ø

U. N. A. M.

Facultad de Ingeniería

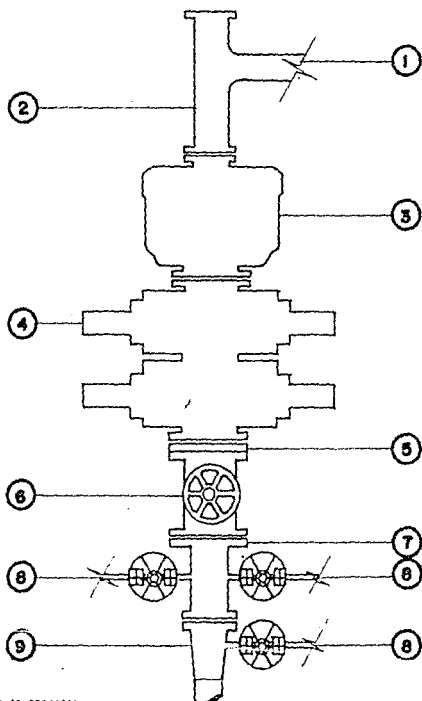
INSTALACION SUPERFICIAL

Y DE CONTROL

FRANCISCO JAVIER GROFEZA RUIZ

FIGURA 3.5

**SISTEMA DE CONTROL SUPERFICIAL PARA PERFORAR CON 8 1/2" Ø
(CUARTA ETAPA)**



- ① — LINEA DE DESCARGA
- ② — CAMPANA DE 15 3/8" Ø
- ③ — PREVENTOR CAMERON TIPO "Q" 13 5/8" Ø, S-1500
- ④ — PREVENTOR CAMERON TIPO "U" 13 5/8" Ø, S-1500
- ⑤ — BRIDA ADAPTADORA DE 10" Ø, S-300 A 13 5/8" Ø, S-1500
- ⑥ — VÁLVULA MAESTRA DE 10" Ø, S-300
- ⑦ — CARRETE DE EXPANSIÓN DE 12" A 10" Ø, S-300
- ⑧ — VÁLVULAS LATERALES DE 2" Ø, S-300
- ⑨ — CABEZAL DE 13 5/8" Ø, S-300

U. N. A. M.

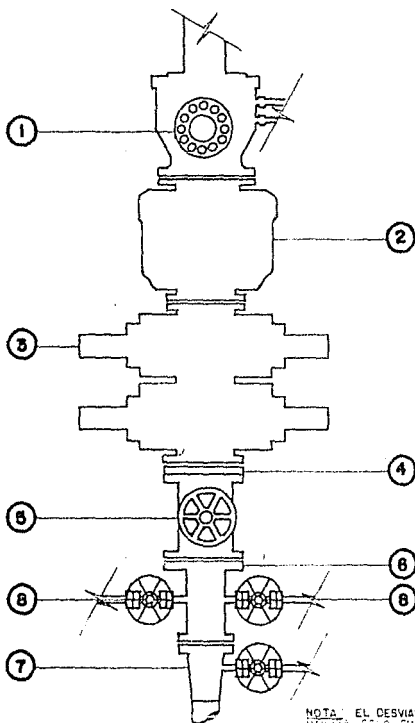
Facultad de Ingeniería

INSTALACION SUPERFICIAL
Y DE BUNHOL

FRANCISCO JAVIER CROPEZA RUBIO

FIGURA 3.6

**SISTEMA DE CONTROL SUPERFICIAL PARA PERFORAR CON 8 1/2" Ø
(CUARTA ETAPA)**



- ① — DESVIADOR DE FLUJO
- ② — PREVENTOR CAMERON TIPO "D" 15 5/8" Ø, S-1500
- ③ — PREVENTOR CAMERON TIPO "U" 15 5/8" Ø, S-1500
- ④ — BRIDA ADAPTADORA DE 10" Ø, S-900 A 15 5/8" Ø, S-1500
- ⑤ — VALVULA MAESTRA DE 10" Ø, S-900
- ⑥ — CARRETE DE EXPANSION DE 12" A 10" Ø, S-900
- ⑦ — CAJETA DE 15 5/8" Ø, S-900
- ⑧ — VALVULAS LATERALES DE 2" Ø, S-900

NOTA: EL DESVIADOR DE FLUJO SE UTILIZA SOLO CUANDO SE PERFORA CON AIRE O ESPUMA.

U. N. A. M.

Facultad de Ingenieria

INSTALACION SUPERFICIAL
Y DE CONTROL

FRANCISCO JAVIER OROPEZA RUBIO

FIGURA 1.6

TERMINACION DEL POZO Az-57

El programa de perforación contempló perforar el pozo Az-57 a la profundidad de 2000 m, pero únicamente se llegó a la profundidad de 1800 m debido a que no se consideró necesario continuar perforando después de haberlo evaluado y obtener en esa profundidad los objetivos de temperatura y permeabilidad suficientes.

Durante la perforación se obtuvieron temperaturas estabilizadas de 306 °C, la permeabilidad se presentó con valores de 40 m³/ hr. de pérdida del fluido de perforación a la profundidad de 1722 m, y la presión reportada a esa misma profundidad de 100 kg/cm² lo cual indica que el pozo ha penetrado en el yacimiento.

Después de reunirse el Comité de Terminación de Pozos y de revisar, interpretar y evaluar la información de geología, geoquímica y yacimientos, se decidió terminarlo a la profundidad de 1800 m.

El pozo Az-57 fué terminado de la siguiente manera:
Tubería de Revestimiento de 7 pulgadas de diámetro, Grado L-30, 29 lb/pie, Rosca Hydrill Super E.U.

COLGADOR PREMESA		Boca a 1322.00 m (3.41 m)
LINER CIEGO	7"Ø	1326.00 - 1493.00 m (167.73 m)
LINER RANURADO	7"Ø	1493.00 - 1796.00 m (302.00 m)
ZAPATA CIEGA	7"Ø	1796.00 m

Como se puede ver en el croquis de colocación de liner, la --
terminación típica en El Campo Geotérmico de los Azufres, es
LA TERMINACION EN AGUJERO DESCUBIERTO CON LINER. Colocando --
frente al intervalo productor, tubería ranurada, para impedir
el paso de la arena, logrando de esta manera contener las pá-
redes del pozo.

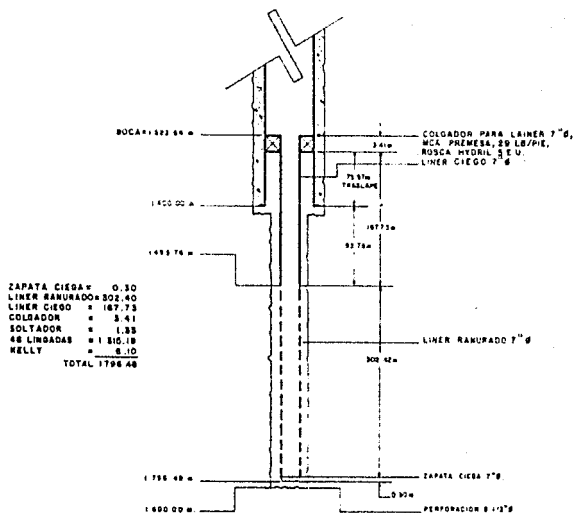
La perforación del pozo Az-57 dió comienzo el día 16 de novi-
embre de 1988 y terminó el día 26 de enero de 1989.

Ver croquis de terminación.

Nota.- A la fecha de terminado este trabajo, el pozo Az-57 se
encuentra cerrado, en observación.

POZO No. 57

Liner 7"Ø, L-80, 29 LB/PIE
Rosco Hydrill, S. E. U.



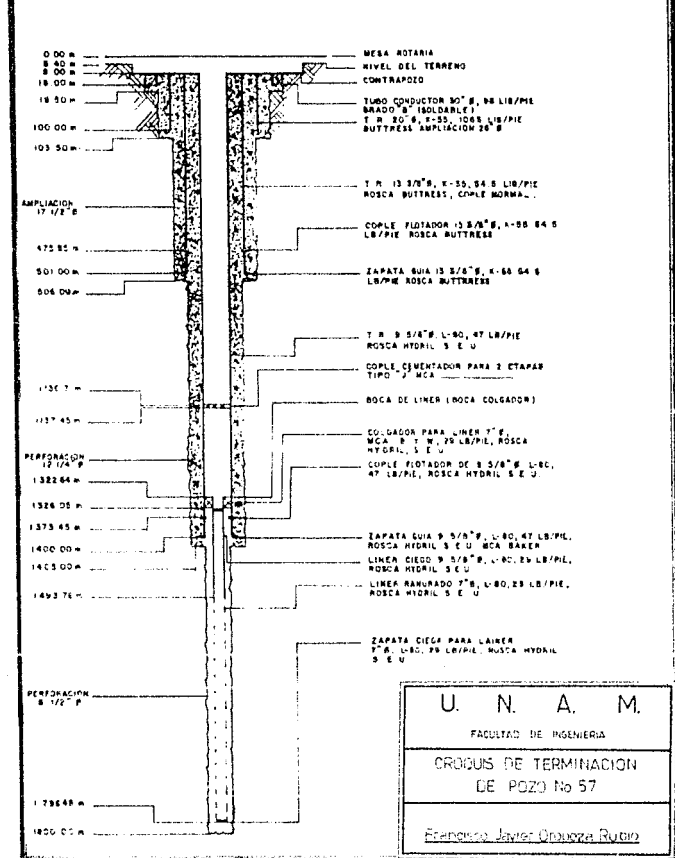
U. N. A. M.

Facultad de Ingenieria

GRUPO DE COLOCACION
DE LINER 7" Ø

Francisco Javier Oropeza Rubio

POZO Az-57.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a la secuencia de construcción que se observó en el pozo Az-57, éste cumplió con su objetivo, aunque no se llegó a la profundidad programada (2000 m) ya que su terminación fué a los 1800 m, debido a que se logró atravesar la Falla de la Estructura Marítaro a 1722 m, presentando también en esta zona una mayor alteración y actividad hidrotermal, aquí se detectó la mayor permeabilidad, ya que se presentó la mayor pérdida de fluido de perforación la cual fué cuantificada en $40 \text{ m}^3/\text{hr}$, así que estos parámetros sumados a los registros de presión y temperatura y las pruebas de permeabilidad efectuadas en esta zona, dieron la pauta para decidir la terminación de este pozo.

Es importante mencionar que el pozo Az-57, fué programado para construirse en 96 días, aunque debido a la ausencia de problemas graves durante la perforación, se logró terminarlo en 70 días con el consiguiente ahorro en el costo de construcción de dicho pozo.

Ya que en el pozo Az-57 no se tuvieron contratiempos mayores, aquí se mencionan los problemas que en general se han tenido al construir los pozos en el campo geotérmico de los Azfres, siendo éstos los siguientes:

- 1) Pérdidas de circulación totales o parciales durante la perforación.
- 2) Atramientos de la tubería de perforación.

- 3) Altas temperaturas en la zona productora.
- 4) Pescas.
- 5) Pérdida de circulación total o parcial durante las cementaciones.
- 6) Invasión de lodo a la zona productora.

La pérdida de circulación parcial, según lo observado hasta la fecha, éstas aparecen de una manera rutinaria durante la perforación acrecentándose esta pérdida en razón directa al aumento en la profundidad en los pozos.

Se puede mencionar la pegadura de la tubería de perforación por presión diferencial, ya que dada la naturaleza del lodo de perforación, es frecuente que no exista una columna homogénea, esto asociado con la tendencia a incrementarse la viscosidad favorecerá aún más éste problema, aunque también se han tenido atrapamientos de la tubería debido a los derrumbes. Los problemas mencionados anteriormente se vieron agravados en zonas productoras por temperaturas elevadas o en zonas de fallas o fracturas.

Lo anterior dió origen a uno de los problemas más graves, cuando por alguna circunstancia se provocaron pescas, ya que la pesca tradicional se puede tornar casi imposible. En función del tiempo transcurrido se reducen las posibilidades de éxito, dado que el diseño de las herramientas utilizadas dependen de factores eléctricos, como son los detectores de coples, de punto libre, disparos etc., que se ven afectados seriamente debido al incremento de la temperatura.

Esta situación especial, impide organizar de una manera eficiente los trabajos de pesca, éstos acontecimientos pueden -- obligar en algunos casos a tener que abandonar o desviar el -- pozo si la inversión y las circunstancias así lo aconsejan.

Otra situación grave es la pérdida de circulación durante las cementaciones de la tubería de revestimiento, esto puede originar la canalización o carencia de cemento, favoreciendo colapsos o fracturas en la tubería de revestimiento cuando se -- inicia el calentamiento para la evaluación del pozo en cues--
tión.

Finalmente podemos referir como un problema más asociado a la pérdida de circulación, la invasión con lodo de las formaciones productoras, en este caso lógicamente se origina una reducción en la capacidad productora del pozo en mayor o menor grado.

Después de haber construido 57 pozos en el campo geotérmico -- de los Azufres, con diferentes problemas en la perforación y terminación de dichos pozos, se puede concluir que los métodos y procedimientos que se aplicaron, en forma evolutiva, -- dieron buenos resultados aunque indudablemente estos deben mejorarse.

Resumiendo, se puede decir que el conocimiento adquirido a lo largo de los años ha permitido que se busquen nuevas soluciones e intentar otras buscando una mejoría, como evitar problemas en el futuro durante la perforación y después en la explotación, reducir costos de mantenimiento por incrustaciones y sobre todo, tener los medios para un control adecuado en los

eventos que pudieran originar riesgos para el personal y equipo.

Se deberán estudiar sistemas y resolver problemas todavía --- existentes, sobre todo en la cementación de ademes, aplicar -- otros tipos de aleaciones que soporten mejor las altas temperaturas y la corrosión, buscar equipos, accesorios o sistemas que permitan enfrentar en forma más económica y eficiente las pescas, cuando estas por desgracia se presenten.

Se puede pensar que los logros obtenidos son alentadores pero indudablemente deberán mejorarse para lograr la obtención de una energía geotérmica más económica.

APENDICE I.- CARACTERISTICAS GENERALES PARA LA PERFORACION EN LAS DIFERENTES ETAPAS.

PRIMERA ETAPA:

Se inició la perforación empleando la siguiente sarta:

1 barrena de insertos de 12 1/4"Ø, tipo 5-1-7, sin toberas, -
1 portabarrena estabilizador 8"Ø X 12 1/4"Ø, 1 drill collar corto 8"Ø (con estabilizador 8"Ø X 12 1/4"Ø), 3 drill collar 8"Ø (con estabilizador 8"Ø X 12 1/4"Ø), 5 drill collar normales 8"Ø, 1 combinación 4" I.P. a 4 1/2"Ø X.H., 6 T.P.H. W. 4 1/2"Ø X.H. y T.P. 4 1/2"Ø X.H., la necesaria para llegar a la profundidad de 105 m.

Características Generales para la Perforación con Barrena de 12 1/4"Ø.

Velocidad mesa rotatoria	55 a 60 rpm.
Peso sobre la barrena	1 a 5 tons.
Densidad del lodo	1.04 a 1.06 gr/cc.
Viscosidad del lodo	40 a 45 seg. Marsh.
Bombeo	130 epm. 504,4 gpm.
Velocidad anular Ag. 12 1/4"Ø	95.3 a 143.6 pies/min.
Velocidad anular T.C. 30"Ø	14.53 a 15.33 pies/min.
Tiempo de atraso	Ag. 12 1/4"Ø, prof. 105 m. Q = 504.4 gpm, T = 4.8 min.
Bombas 1 y 2 con camisas de 6 1/2"Ø, capacidad de 3.88 gpe.	

AMPLIACION DE 12 1/4 A 20"Ø.

Se amplió el pozo hasta 104 m., empleando la siguiente sarta:

1 ampliador de 20"Ø de dientes o insertos, con barrena guía - de 12 1/4"Ø, 1 combinación 7 5/8"Ø reg., 1 amortiguador Hycalog 10"Ø, 1 combinación 6 5/8"Ø H-90 a 6 5/8"Ø reg., 9 drill collar 8"Ø, 1 combinación 6 5/8"Ø reg. a 4"Ø I.F., 1 combinación 4" I.F. a 4 1/2"Ø X.H., 6 T.P.H.W. 4 1/2"Ø X.H. y T.P. - 4 1/2"Ø X.H.

Características Generales para la Ampliación de 12 1/4"Ø a 20"Ø.

Velocidad mesa rotatoria	55 a 60 rpm.
Peso sobre la barrena	3 a 4 tons.
Densidad del lodo	1.04 a 1.06 gr/cc.
Viscosidad del lodo	40 a 45 seg. Marsh.
Bombeo	200 epm. 776 gpm.
Velocidad anular eg. 20"Ø	50.10 a 56.60 pies/min.
Velocidad anular T.C. 30"Ø	22.37 a 23.59 pies/min.
	eg. 20"Ø, prof. 104 m.
Tiempo de atraso	Q = 776 gpm. T = 7.08 min.
Bombas 1 y 2 con camisas de 6 1/2"Ø, capacidad de 3.88 gpe.	

AMPLIACION DE 20" A 26"Ø.

Se amplió el pozo hasta 103.5 m empleando la siguiente carta: 1 ampliador de 26"Ø de dientes con barrena guía de 20"Ø, 1 -- combinación 7 5/8" reg. a 6 5/8" reg., 1 amortiguador Hycalog 10"Ø, 1 combinación 6 5/8"Ø H-90 a 6 5/8"Ø reg., 9 drill collar 8"Ø, 1 combinación 4" I.F., 1 combinación 4"Ø I.F. a 4 1/2"Ø X.H., 6 T.P.H.W. y T.P. 4 1/2"Ø X.H.

Características Generales para esta Ampliación.

Velocidad mesa rotatoria	55 a 60 rpm.
Peso sobre la barrena	2 a 4 tons.
Densidad del lodo	1.05 a 1.08 gr/cc.
Viscosidad del lodo	40 a 45 seg. Marsh.
Bombeo	240 epm. 931.2 gpm.
Velocidad amular Ag. 26"Ø	34.8 a 37.3 pies/min.
Velocidad amular T.C. 30"Ø	26.8 a 28.3 pies/min.
	Ag. 26"Ø, prof. 103.5 m.
Tiempo de atraso	Q = 931.2 gpm. T = 9.54 m
Bombas 1 y 2 con camisas de 6 1/2"Ø,	capacidad de 3.88 gpe.

SEGUNDA ETAPA:

Se reanudó la perforación rebajando antes el cemento de la --- t.r. 20"Ø, con la siguiente sarta:

Barrena 12 1/4"Ø, tipo 2-1-1, sin toberas, 1 portabarrena liso 8"Ø, 9 drill collars 8"Ø, 1 combinación de 6 5/8" reg. a 4" I.P., 1 combinación 4" I.P. a 4 1/2"Ø X.H., 3 T.P. H.W. -- 4 1/2"Ø X.H. y T.P. 4 1/2"Ø X.H., hasta la profundidad de 200 m., donde se sacó y se modificó la sarta para empacarla como sigue: Barrena 12 1/4"Ø, tipo 5-1-7, sin toberas, 1 portabarrena estabilizador 8" X 12 1/4"Ø, 1 drill collar corto con estabilizador 8" X 12 1/4"Ø, 3 drill collars normales de 8" con estabilizadores de 8"Ø X 12 1/4"Ø, 8 drill collars normales 8"Ø, 1 combinación 6 5/8" reg. a 4" I.P., 1 combinación 4" I.P. a 4 1/2" X.H., 6 T.P.H.W. 4 1/2"Ø y T.P. 4 1"Ø X.H.

Características Generales para la Perforación con Barrena de 12 1/4"Ø.

Velocidad mesa rotatoria	55 a 60 rpm.
Peso sobre la barreaa	8 a 10 tons.
Densidad del lodo	1.05 a 1.08 gr/cc.
Viscosidad del lodo	40 a 45 seg. Marsh.
Bombeo	130 epm. 504.4 gpm.
Velocidad anular Ag. 12 1/4"Ø	95.23 a 143.65 pies/min.
Velocidad anular T.R. 20"Ø	35.80 a 40.90 pies/min.
	Ag. 12 1/4"Ø, prof. 505 m.
Tiempo de atraso	Q = 504.4 gpm.
Bombas 1 y 2 con camisas de 6 1/2"Ø, capacidad de 3.88 gpe.	

AMPLIACION DE 12 1/4" A 17 1/2"Ø.

Se amplió el agujero hasta la profundidad de 502 m. empleando - la siguiente sarta: 1 ampliador de 17 1/2"Ø de insertos con barrena guía de 12 1/4"Ø de insertos, 1 amortiguador Hycalog de - 10"Ø, 1 combinación 6 5/8" H-90 a 6 5/8"Ø reg., 9 drill collars 8"Ø, 1 combinación 6 5/8" reg. a 4" I.F., 1 combinación 4"Ø a - 4 1/2"Ø X.H., 6 T.P.H.W. 4 1/2"Ø X.H. y T.P. 4 1/2"Ø X.H.

Características Generales para esta Ampliación.

Velocidad mesa rotatoria	55 a 60 rpm.
Peso sobre la barrena	3 a 6 tons.
Densidad del lodo	1.08 a 1.10 gr/cc.
Viscosidad del lodo	40 a 45 seg. Marsh.
Bombeo	200 epm. 776.5 gpm.

Velocidad anular 17 1/2"Ø	66.50 a 78.50 pies/min.
Velocidad anular 20"Ø	55.10 a 78.50 pies/min.
Tiempo de atraso	Ag. 17 1/2"Ø, prof. 504 m. Q = 776 gpm. T = 25.5 min.
Bombas 1 y 2 con camisas de 6 1/2"Ø, capacidad de 3.88 gpm.	

TERCERA ETAPA:

Se reanudó la perforación rebajando antes el cemento dentro de la t.r. de 13 3/8"Ø, los tapones, el cople flotador y la zapata guía con la siguiente sarta: Barrena 12 1/4"Ø, de dientes, - tipo 2-1-1, sin toberas, 1 portabarrena liso 8"Ø, 9 drill collars 8"Ø, 1 combinación de 6 5/8" reg. a 4" I.F., 1 combinación - 4" I.F. a 4 1/2"Ø X.H., 6 T.P.H.W. 4 1/2"Ø X.H. y T.P. 4 1/2"Ø X.H., hasta la profundidad de 560 m., donde sacó la sarta para empacarla como sigue: Barrena de 12 1/4"Ø, tipo 6-2-7 con toberas 1 de 12/32"Ø y 2 de 13/32"Ø, 1 portabarrena estabilizador - de 8 X12 1/4"Ø, 1 drill collar corto 8"Ø con estabilizador de - 8" X 12 1/4"Ø, 3 drill collar normal 8" con estabilizadores de 8" X 12 1/4"Ø, 8 drill collars normales de 8"Ø, 1 combinación - 6 5/8" reg. a 4" I.F., 1 combinación 4" I.F. a 4 1/2"Ø X.H., -- 6 T.P.H.W. 4 1/2"Ø X.H. y T.P. 4 1/2"Ø X.H.

Características Generales para la Perforación con Barrena de 12 1/4"Ø.

Velocidad mesa rotatoria	55 a 60 rpm.
Peso sobre la Barrena	10 a 12 tons.
Densidad del lodo	1.04 a 1.09gr/cc.
Viscosidad del lodo	40 a 45 seg. Marsh.

Bombeo	130 epm. 504.4 ppm.
Velocidad anular ag. de 12 1/4"Ø	95.23 a 143.65 pies/min.
Velocidad anular ag. de 13 3/8"Ø	89.00 a 129.80 pies/min.
	Ag. 12 1/4"Ø, prof. 1405 m
Tiempo de atraso	Q = 504.4 ppm. T = 52 min.
Bomba 1, con camisa de 6 1/2"Ø, capacidad de 3.88 gpe.	
Bomba 2, con camisa de 5 1/2"Ø, capacidad de 2.77 gpe.	

CUARTA ETAPA:

Se reanudó la perforación rebajando antes cemento y acceso--- rios de cementación de la tercera etapa utilizando la siguiente sarta: Barrena 8 1/2"Ø, tipo 2-1-1, sin toberas, 1 portabarrena liso 6 1/2"Ø, 12 drill collars normales 6 1/2"Ø, 1 combinación 4" I.P. a 4 1/2"Ø X.H., 6 T.P.H.W. 4 1/2"Ø y T.P. -- 4 1/2"Ø X.H., hasta la profundidad de 1422 m. donde sacó la sarta para empacarla de la siguiente manera: Barrena 8 1/2"Ø, tipo 6-2-7 con toberas, 2 de 11/32"Ø y 1 de 12/32"Ø, 1 portabarrena estabilizador 6 1/2"Ø X 8 1/2"Ø, 1 drill collar corto con estabilizador de 6 1/2"Ø X 8 1/2"Ø, 3 drill collar normales con estabilizadores de 6 1/2"Ø X 8 1/2"Ø, 9 drill collars 6 1/2"Ø, 1 combinación 4" I.P. a 4 1/2"Ø X.H., 6 T.P.H.W.---- 4 1/2"Ø X.H. y T.P. 4 1/2"Ø X.H.

Características Generales para la Perforación con Barrena de 8 1/2"Ø.

Velocidad mesa rotatoria	55 a 60 rpm.
Peso sobre la barrena	5 a 8 tons.
Densidad del lodo	agua

Velocidad anular ag. 8 1/2"Ø	182.80 a 317.00 pies/min.
Velocidad anular ag. 12 1/4"Ø	172.60 a 287.22 pies/min.
Bombeo	100 a 140 epm. 388 gpm.
	ag. 8 1/2"Ø, prof. 1800 m
Tiempo de atraso	Q = 388 gpm. T = 45.4 min.
Bomba 1, con camisa de 6 1/2"Ø,	capacidad de 3.88 gpe.
Bomba 2, con camisa de 5 1/2"Ø,	capacidad de 2.77 gpe.

LODOS

Se preparó lodo bentonítico, para perforar y ampliar en la -- primera etapa, sin necesidad de agregar reactivos.

Durante la segunda etapa, por haber altas temperaturas, se -- acondicionó el lodo con sosa (para mantener un PH de 9-10) y con dispersantes orgánicos, también se emulsionó con diesel en proporción del 8 % del volumen total, cuando se rebajó cemento por tapones o cementaciones, se agregó carbonato de sodio para precipitar el calcio y contrarrestar la contamina-- ción del lodo por cemento; durante la perforación de la última etapa se cambió el lodo por agua.

VERTICALIDAD DEL POZO

Durante la perforación se conservó la verticalidad del pozo - (ver registro de desviaciones), evitando con esto los cambios bruscos de dirección, que traen como consecuencia daños a la sarta de perforación o provocan que la tubería de revestimiento no baje libremente hasta la profundidad calculada para su asentamiento.

ADEMÁS:

Durante la etapa de perforación conociéndose de antemano la profundidad total, se solicitó la tubería necesaria más unos tramos adicionales, se procedió a descargarla en el pozo, ape gándose a las recomendaciones establecidas por el fabricante, se procedió a revisarla visualmente en el cuerpo y en las uniones quitando los protectores de roscas. Seguidamente se pasó un calibrador de diámetro interior diseño A.P.I. de extremo a extremo, posteriormente se limpiaron y engrasaron las roscas, se midió el tubo para efecto de ajuste, se tomó como punto cero el cople o caja del tubo y la medida final la del borde opuesto descontando la longitud del piñón, y se marcó la longitud en el cuerpo del tubo con pintura.

Los accesorios llamados de flotación se revisaron individualmente para evitar una posible obstrucción o un defecto de fábrica y se midieron con el mismo criterio usado en las tuberías. Finalmente, se hizo el ajuste definitivo que es la relación entre la profundidad real del pozo y la longitud de la tubería y accesorios que se corrieron, en base a esta relación se calcularon los volúmenes de lechada.

Se procedió a enroscar la tubería seleccionada en el ajuste que incluyó las medidas de los accesorios, los tramos se tomaron del muelle central, y bajo diversas maniobras, se alinearon en la mesa rotatoria y se fueron introduciendo tramo por tramo, aplicándoles grasa para altas temperaturas, enroscándolos y dándoles el apriete recomendado por el fabricante, esta operación se realizó hasta la introducción del último tramo.

Durante la corrida se vigiló el peso de la sarta tomando en cuenta el efecto de flotación, por tal motivo la tubería se llenó por su interior para evitarlo y se circuló por etapas manteniendo el lodo en buenas condiciones.

Se hicieron preparativos para iniciar la cementación, ésta actividad involucró todo lo relacionado con la disponibilidad de los materiales, la unidad de alta presión, el tendido y conexión de las líneas de alta presión, la instalación en la boca de la tubería de la cabeza de cementación y la colocación en su interior de los tapones limpiador y desplazamiento.

Durante la operación de cementación se realizó un control de la densidad del cemento, la unidad de alta presión tiene un densímetro automático y la comprobación de la misma se hizo con la balanza de lodos, durante la operación de mezclado y bombeo de lechada al pozo se hizo la comprobación de la densidad en repetidas ocasiones.

Durante la operación se vigiló cuidadosamente el régimen de bombeo de la lechada evitando hacer paros bruscos o incrementando el régimen del mismo modo, ya que con esto pueden provocarse roturas en la formación y como consecuencia pérdidas de circulación.

Por otra parte, el control de la presión de bombeo está relacionada con la densidad y con el régimen de bombeo de la lechada, y contempla la carga que corresponde a la lechada cuando está dentro de la tubería y posteriormente cuando es circulada a su lugar que es el espacio anular, en la situación de

que ésta disminuya o aumente durante la operación se considera de inmediato que se está presentando un problema muy grave pudiendo ser una falla de algún accesorio, el desprendimiento de la tubería en algún punto o una pérdida de circulación alta. Como una comprobación aproximada de la cementación, se -- contempla la recuperación de diversas muestras de lechada para ser observadas y en base a esto determinar aproximadamente un tiempo tentativo de fraguado.

Una vez que se concluyó la cementación, verificando que haya funcionado el equipo de flotación, se procedió a dejar el espacio anular abierto a la atmósfera para que el fraguado de la lechada no provoque presiones anormales que puedan causar daño a la tubería o a sus accesorios.

RECORD DE DESVIACIONES

POZO AZ-57

FECHA	Ø DE BARRENA (")	PROFUNDIDAD (m.)	DESVIACION
19 Nov. 88	12 1/4	99	0° 15'
25 Nov. 88	12 1/4	200	0° 30'
26 Nov. 88	12 1/4	300	0° 30'
29 Nov. 88	12 1/4	400	0° 15'
30 Nov. 88	12 1/4	500	0° 30'
13 Dic. 88	12 1/4	600	0° 45'
14 Dic. 88	12 1/4	700	1° 15'
15 Dic. 88	12 1/4	800	1° 30'
17 Dic. 88	12 1/4	900	1° 45'
21 Dic. 88	12 1/4	1000	1° 00'
22 Dic. 88	12 1/4	1100	1° 00'
24 Dic. 88	12 1/4	1200	0° 45'
28 Dic. 88	12 1/4	1300	1° 15'
02 Ene. 88	12 1/4	1400	0° 45'
13 Ene. 89	8 1/2	1495	1° 00'
18 Ene. 89	8 1/2	1650	1° 00'
22 Ene. 89	8 1/4	1800	1° 00'

APENDICE II.- CEMENTACIONES DE LAS TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

CEMENTO PARA TAPONES

I).- DOSIFICACION:

CEMENTO TIPO "G" VERACRUZ	100 %	=	50.00 kg.
HARINA SILICA	40 %	=	20.00 kg.
SPERSENE	1 %	=	<u>0.50 kg.</u>
			70.50 kg.
UNIDAD EQUIVALENTE		=	70.50 kg.

II).- RENDIMIENTO Y DENSIDAD

MATERIAL	%	PESO (kg)	VOLUMEN (lt)	VOL. ABS. (lts/kg)	AGUA PARA MEZCLAR (lt)
CEMENTO	100	50.00	15.92	0.3185	22.18
H. SILICA	40	20.00	7.60	0.3802	8.18
SPERSENE	1	0.50	-	-	-
AGUA	-	<u>30.36</u>	<u>30.36</u>	-	<u>-</u>
		100.86	53.88		30.36

$$\text{DENSIDAD} = \frac{\text{PESO}}{\text{VOL.}} = \frac{100.86 \text{ kg.}}{53.88 \text{ lt.}} = 1.871$$

$$\text{RENDIMIENTO} = 53.88 \text{ lt/UNIDAD DE (70.50 kg.)}$$

III).- CALCULO DE MATERIALES PARA 10 TAPONES DE CEMENTO (CON
SIDERANDO UNA LONGITUD DE AG. DE 12 1/4"Ø DE 50 M.)

a).- VOLUMEN DE LECHADA DE CEMENTO

LONGITUD X CAPACIDAD DEL AG. 12 1/4"Ø

50.00 m. X 76.04 lt/m = 3802 lt.

b).- CANTIDAD DE AGREGADOS

3802.00 lt. = 70.56 UNIDADES
53.88 lt/UNIDAD

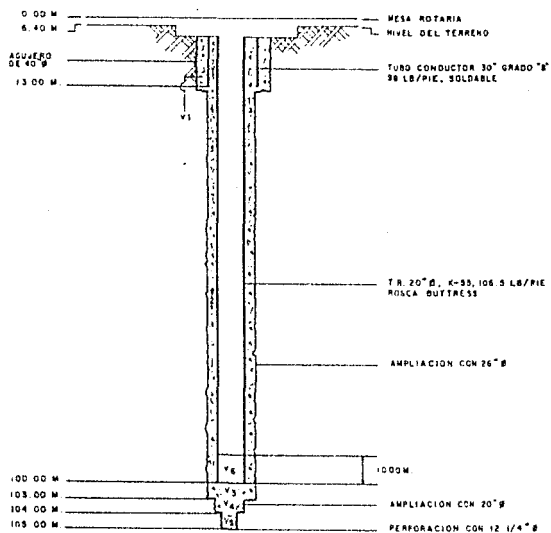
CEMENTO 100 % : 70.56 UNID X 50 kg/UNID. X 10 = 35,280.00 kg

H. SILICA 40 % : 70.56 UNID X 20 kg/unid. X 10 = 14,112.00 kg

SPERSENE 1 % : 70.56 UNID X 0.5 kg/UNID X 10 = 352.80 kg
49,744.80 kg

= 49.74 TON.

POZO Az-57



CALCULO DE LA CEMENTACION DE LA T.R. 20" B
K-55, 105.5 LB/PIE ROSCA BUTRESS
(CON 50 % DE EXCESO)

U N A M.

Facultad de Ingenieria

GRUPO DE LA CEMENTACION

DE LA T.R. 20" B

Francisco Javier Drozozza Rubio

CEMENTACION DE LA TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 20"Ø, K-55,
106.5 LB/PIE, ROSCA BUTTRESS.

I).- DOSIFICACION:

CEMENTO TIPO "G" VERACRUZ 100 % = 50.00 kg.

HARINA SILICA 40 % = $\frac{20.00}{70.00}$ kg.

UNIDAD EQUIVALENTE = 70.00 kg.

RENDIMIENTO Y DENSIDAD:

MATERIAL	%	PESO (kg)	VOLUMEN (lt)	VOL. ABS. (lt/kg)	REQUER. AGUA (lt)
CEMENTO	100	50.00	15.92	0.3185	22.18
H. SILICA	40	20.00	7.60	0.3802	8.18
AGUA	--	<u>30.36</u>	<u>30.36</u>	----	<u>-----</u>
		100.36	53.88		30.36

RENDIMIENTO = 53.88 lt/UNIDAD DE (70 kg.)

DENSIDAD = $\frac{\text{PESO}}{\text{VOL.}}$ = $\frac{100.36 \text{ kg.}}{53.88 \text{ lt.}}$ = 1.862 gr/cc.

II).- DATOS DEL POZO (CAPACIDADES Y LONGITUDES)

CAPACIDAD DE AGUJERO DE 12 1/4"Ø	=	76.04 lt/m.
CAPACIDAD DE T.R. 20"Ø	=	182.95 "
CAP. ENTRE AG. 26"Ø Y T.R. 20"Ø	=	139.85 "
CAP. ENTRE T.R. 30"Ø Y T.R. 20"Ø	=	253.34 "
CAPACIDAD AG. 26"Ø	=	342.53 "
CAPACIDAD AG. 20"Ø	=	202.72 "
PROFUNDIDAD T.R. 20"Ø	=	100.00 m.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

PROFUNDIDAD PERFORADA 12 1/4"Ø	=	105.00 m.
PROFUNDIDAD AMPLIACION 26"Ø	=	103.00 m.
PROFUNDIDAD TUBO CONDUCTOR 30"Ø	=	13.00 m.

III).- CALCULO VOLUMETRICO (50% EXCESO EN AG. DESCUBIERTO).

V1 = 13.00 m. X 253.34 lt/m.	=	3,293.42 lt.
V2 = 87.00 m. X 139.85 lt/m. X 1.50	=	18,250.42 lt.
V3 = 3.00 m. X 343.53 lt/m. X 1.50	=	1,541.39 lt.
V4 = 1.00 m. X 202.72 lt/m. X 1.50	=	304.08 lt.
V5 = 1.00 m. X 76.04 lt/m. X 1.50	=	114.06 lt.
V6 = 10.00 m. X 182.95 lt/m.	=	<u>1,829.50 lt.</u>
		25,332.87 lt.
VOLUMEN TOTAL DE LECHADA	=	159.32 bl.

IV).- CANTIDAD DE AGREGADOS:

<u>25,332.87 lt.</u>	=	470.18 UNID.
53.88 lt/UNID.		
CEMENTO 100% = 470.18 UNID. X 50 kg/U	=	23,509.00 kg.
H. SILICA 40% = 470.18 UNID. X 20 kg/U	=	<u>9,403.60 kg.</u>
		32,912.60 kg.

DOSEIFICACION (SACOS):

CEMENTO	:	470.18 SACOS DE 50 kg. C/U.
H. SILICA	:	235.29 SACOS DE 50 kg. C/U.

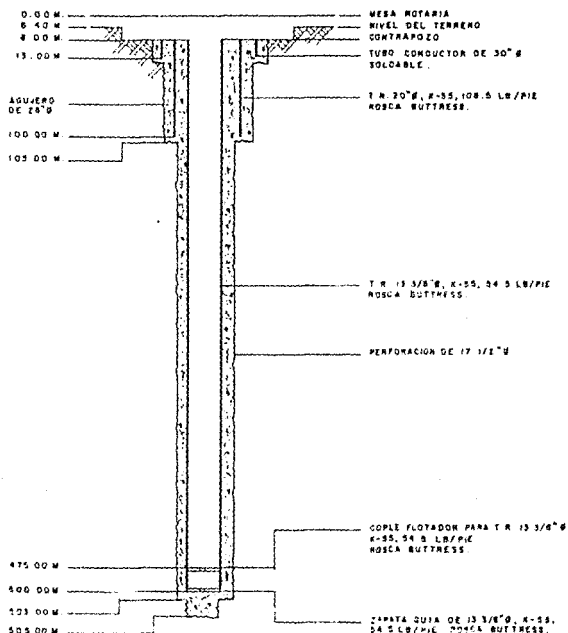
V).- VOLUMEN DE AGUA PARA MEZCLAR:

470.18 UNIDADES X 30.36 lt/UNIDAD	* 14,274.66 lt.
	= 89.77 bl.

VI).- VOLUMEN DE LODO PARA DESPLAZAR:

90.00 m. X 182.95 lt/m.	=	16,465.86 lt.
	=	103.55 bl.

POZO Az-57



CALCULO DE LA CEMENTACION DE LA T R 13 3/8" Ø,
K-55, 34.5 LB/PIE ROSCA BUTTRESS
(EXCESO DEL 30%.)

U. N. A. M.

Facultad de Ingenieria

CRUCES DE LA CEMENTACION
DE LA T R 13 3/8" Ø

Francisco Javier Oropeza Rubio

CEMENTACION T.R. 13 3/8"Ø, K-55, 54.5 LB/PIE, ROSCA BUTTRESS.

I).- DOSIFICACION:

CEMENTO TIPO "G" VERACRUZ	100%	=	50.00 kg.
H. SILICA	40%	=	20.00 kg.
SPERSENE (RETARDADOR)	0.5%	=	<u>0.25 kg.</u> 70.25 kg.
	UNIDAD EQUIVALENTE	=	70.25 kg.

RENDIMIENTO Y DENSIDAD:

MATERIAL	%	PESO (kg)	VOLUMEN (lt)	VOL. ABS. (lt/kg)	REQUER. AGUA (LT)
CEMENTO	100	50.00	15.92	0.3185	22.18
H. SILICA	40	20.00	7.60	0.3802	8.18
SPERSENE	0.5	0.25	-----	-----	-----
AGUA	---	<u>30.36</u> 100.61	<u>30.36</u> 53.88	-----	<u>30.36</u>

RENDIMIENTO = 53.88 lt/UNIDAD DE (70.25 kg.)

DENSIDAD = $\frac{\text{PESO}}{\text{VOL.}}$ = $\frac{100.61 \text{ kg.}}{53.88 \text{ lt.}}$ = 1.867 gr/cc

II).- DATOS DEL POZO (LONGITUDES Y CAPACIDADES)

CAPACIDAD T.R. 13 3/8"Ø	=	80.65 lt/m.
CAP. ENTRE T.R. 20"Ø Y T.R. 13 3/8"Ø	=	92.31 lt/m.
CAP. ENTRE T.R. 13 3/8" Y AG. 17 1/2"Ø	=	64.53 lt/m.
CAPACIDAD DE AG. 17 1/2"Ø	=	155.18 lt/m.
CAPACIDAD DE AG. 12 1/4"Ø	=	76.04 lt/m.
PROFUNDIDAD AMPLIACION 17 1/2"Ø	=	503.00 m.
PROFUNDIDAD AGUJERO DE 12 1/4"Ø	=	505.00 m.
PROFUNDIDAD ZAPATA 13 3/8"Ø	=	500.00 m.
PROFUNDIDAD T.R. 20"Ø	=	100.00 m.

III).- CALCULO VOLUMETRICO (50% EXCESO EN AG. DESCUBIERTO).

V1	=	100.00 m. X 92.31 lt/m.	=	9,231.00 lt.
V2	=	400.00 m. X 64.53 lt/m. X 1.50	=	38,718.00 lt.
V3	=	3.00 m. X 155.18 lt/m. X 1.50	=	698.31 lt.
V4	=	2.00 m. X 76.04 lt/m. X 1.50	=	228.12 lt.
V5	=	25.00 m. X 80.65 lt/m.	=	<u>2,016.25 lt.</u>
				50,891.68 lt.

VOLUMEN TOTAL DE LECHADA = 320.07 bl.

IV).- CANTIDAD DE AGREGADOS:

50,891.68 lt.
53.88 lt/UNID. = 944.54 UNIDADES

CEMENTO 944.54 UNID. X 50 kg/UNID. = 47,227.00 kg.

H. SILICA 944.54 UNID. X 20 kg/UNID. = 18,890.00 kg.

SPERSENE 944.54 UNID. X 0.25 kg/UNID. = 236.14 kg.
66,353.94 kg.

DOSIFICACION (SACOS):

CEMENTO 944.54 SACOS DE 50 kg. C/U.

H. SILICA 472.27 SACOS DE 40 kg. C/U.

SPERSENE 9.45 SACOS DE 25 kg. C/U.

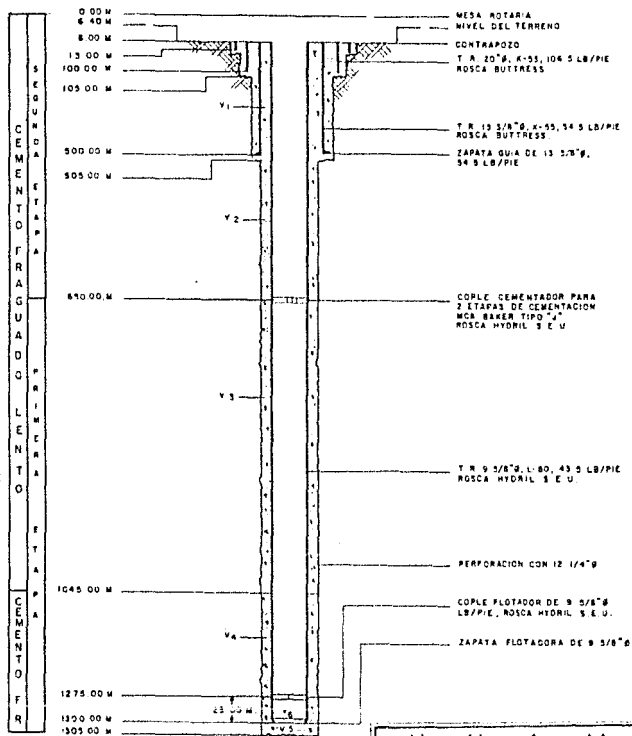
V).- VOLUMEN DE AGUA PARA MEZCLAR:

944.54 UNID. X 30.36 lt/UNID. = 28,676.23 lt.
= 180.35 bl.

VI).- VOLUMEN DE LODO PARA DESPLAZAR:

475.00 m. X 80.65 lt/m. = 38,308.75 lt.
= 240.93 bl.

POZO Az-57



CALCULO DE CEMENTACION DE T. R. 9 5/8" Ø, L-80, 43.5 LB/PIE ROSCA HYDRIL S E U A LA PROFUNDIDAD DE 1305.00 M (60% DE EXCESO)

U. N. A. M.

Facultad de Ingenieria

CRONIS DE LA CEMENTACION

DE LA T. R. 9 5/8" Ø

Estado: Juyar, Drenaje: BURO

CEMENTACION DE LA TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 9 5/8"Ø, L-80,
47 LB/PIE, ROSCA HYDRILL SUPER E.U.

I).- DOSIFICACION (CEMENTO FRAGUADO LENTO):

CEMENTO TIPO "C" VERACRUZ	100%	=	50.00 kg.
HARINA SILICA	40%	=	20.00 kg.
BENTONITA	2%	=	1.00 kg.
SPERSENE (RETARDADOR)	1.5%	=	<u>0.75 kg.</u> 71.75 kg.

UNIDAD EQUIVALENTE = 71.75 kg.

RENDIMIENTO Y DENSIDAD:

MATERIAL	%	PESO (kg)	VOLUMEN (lt)	VOL. ABS. (lt/kg)	REQUER. AGUA (lt)
CEMENTO	100	50.00	19.92	0.3195	22.18
H. SILICA	40	20.00	7.60	0.3802	8.18
BENTONITA	2	1.00	0.3774	0.3774	5.75
SPERSENE	1.5	0.75	-----	-----	-----
AGUA	---	<u>36.11</u> 107.86	<u>36.11</u> 60.0074		<u>36.11</u>

RENDIMIENTO = 60.0074 LT/UNIDAD DE (71.75 kg)

DENSIDAD = $\frac{\text{PESO}}{\text{VOL.}}$ = $\frac{107.86 \text{ kg.}}{60.0074 \text{ lt.}}$ = 1.7975 gr/cc.

II).- DOSIFICACION (CEMENTO FRAGUADO RAPIDO):

CEMENTO TIPO "C" VERACRUZ	100%	=	50.00 kg.
HARINA SILICA	40%	=	20.00 kg.
BENTONITA	2%	=	1.00 kg.
SPERSENE (RETARDADOR)	1%	=	<u>0.50 kg.</u> 71.50 kg.

UNIDAD EQUIVALENTE = 71.50 kg.

RENDIMIENTO Y DENSIDAD:

MATERIAL	%	PESO (kg)	VOL. ABS. (lt/kg)	VOLUMEN (lt)	REQUER. AGUA (lt)
CEMENTO	100	50.00	0.3185	15.92	22.18
H. SILICA	40	20.00	0.3802	7.60	8.18
BENTONITA	2	1.00	0.3774	0.3774	5.75
SPERSENE	1	0.50	-----	-----	-----
AGUA	--	<u>36.11</u>	-----	<u>36.11</u>	<u>-----</u>
		107.51		60.0074	36.11

RENDIMIENTO = 60.0074 lt/UNIDAD DE (71.50 kg.)

DENSIDAD = $\frac{\text{PESO}}{\text{VOL.}}$ = $\frac{107.11 \text{ kg.}}{60.0074 \text{ lt.}}$ = 1.793 gr/cc.

II).- DATOS DEL POZO (CAPACIDADES Y LONGITUDES)

CAPACIDAD T.R. 9 5/8"Ø	=	38.19 lt/m.
cap. ENTRE T.R. 13 3/8" Y T.R. 9 5/8"Ø	=	33.70 lt/m.
CAPACIDAD AGUJERO 12 1/4"Ø	=	76.04 lt/m.
CAP. ENTRE AG. 12 1/4" Y T.R. 9 5/8"Ø	=	29.09 lt/m.
PROFUNDIDAD ZAPATA 13 3/8"Ø	=	500.00 m.
PROFUNDIDAD ZAPATA 9 5/8"Ø	=	1800.00 m.
PROFUNDIDAD AGUJERO 12 1/4"Ø	=	1805.00 m.
PROFUNDIDAD COPLE TIPO "J" 9 5/8"Ø	=	650.00 m.
PROFUNDIDAD COPLE FLOTADOR 9 5/8"Ø	=	1275.00 m.

III).- CALCULO VOLUMETRIC (60% DE EXCESO EN AG. DESCUBIERTO)

VOLUMEN DE LECHADA DE CEMENTO FRAGUADO LENTO

(PRIMERA ETAPA)

$$V3 = 395.00 \text{ m.} \times 29.09 \text{ lt/m.} \times 1.60 = 18,384.98 \text{ lt.}$$

$$= 115.62 \text{ bl.}$$

b) VOLUMEN DE LECHADA DE CEMENTO FRAGUADO RAPIDO

(PRIMERA ETAPA)

$$\begin{aligned} V4 &= 255.00 \text{ m.} \times 29.09 \text{ lt/m.} \times 1.60 = 11,868.72 \text{ lt.} \\ V5 &= 5.00 \text{ m.} \times 76.04 \text{ lt/m.} \times 1.60 = 608.32 \text{ lt.} \\ V6 &= 25.00 \text{ m.} \times 38.19 \text{ lt/m.} = \frac{954.75 \text{ lt.}}{13,431.79 \text{ lt.}} \\ &= 84.47 \text{ bl.} \end{aligned}$$

c) VOLUMEN DE LECHADA DE CEMENTO FRAGUADO LENTO

(SEGUNDA ETAPA)

$$\begin{aligned} V1 &= 500.00 \text{ m.} \times 33.70 \text{ lt/m.} = 16,850.00 \text{ lt.} \\ V2 &= 150.00 \text{ m.} \times 29.09 \text{ lt/m.} \times 1.60 = \frac{6,981.60 \text{ ly.}}{23,831.60 \text{ lt.}} \\ &= 149.88 \text{ bl.} \end{aligned}$$

IV) CANTIDAD DE AGREGADOS:

a) CEMENTO FRAGUADO LENTO (PRIMERA ETAPA)

$$\frac{18,364.88 \text{ lt.}}{60.0074 \text{ lt/UNID.}} = 306.37 \text{ UNIDADES}$$

$$\begin{aligned} \text{CEMENTO } 100\% & 306.37 \text{ U.} \times 50.00 \text{ kg/U.} = 15,318.50 \text{ kg.} \\ \text{H. SILICA } 40\% & 306.37 \text{ U.} \times 20.00 \text{ kg/U.} = 6,127.40 \text{ kg.} \\ \text{BENTONITA } 2\% & 306.37 \text{ U.} \times 1.00 \text{ kg/U.} = 306.37 \text{ kg.} \\ \text{SPERSENE } 1.5\% & 306.37 \text{ U.} \times 0.75 \text{ kg/U.} = \frac{229.77 \text{ kg.}}{21,982.04 \text{ kg.}} \end{aligned}$$

b) CEMENTO FRAGUADO RAPIDO (PRIMERA ETAPA)

$$\frac{13,431.79 \text{ lt.}}{60.0074 \text{ lt/UNID.}} = 223.83 \text{ UNIDADES}$$

$$\begin{aligned} \text{CEMENTO } 100\% & 223.83 \text{ U.} \times 50.00 \text{ kg/U.} = 11,191.50 \text{ kg.} \\ \text{H. SILICA } 40\% & 223.83 \text{ U.} \times 20.00 \text{ kg/U.} = 4,476.60 \text{ kg.} \\ \text{BENTONITA } 2\% & 223.83 \text{ U.} \times 1.00 \text{ kg/U.} = 223.83 \text{ kg.} \\ \text{SPERSENE } 1\% & 223.83 \text{ U.} \times 0.50 \text{ kg/U.} = \frac{111.91 \text{ kg.}}{16,003.84 \text{ kg.}} \end{aligned}$$

c) CEMENTO FRAGUADO LENTO (SEGUNDA ETAPA)

$$\frac{23,831.60 \text{ lt.}}{60.0074 \text{ lt/UNID.}} = 397.14 \text{ UNIDADES}$$

CEMENTO	100%	397.14 U.	X	50.00 kg/U.	=	19,857.00 kg.
H. SILICA	40%	397.14 U.	X	20.00 kg/U.	=	7,942.80 kg.
BENTONITA	2%	397.14 U.	X	1.00 kg/U.	=	397.14 kg.
SPERSENE	1.5%	397.14 U.	X	0.75 kg/U.	=	<u>297.85 kg.</u>
						28,494.79 kg.

V). VOLUMEN DE AGUA PARA MEZCLAR:

a) VOL. DE AGUA PARA FRAGUADO LENTO (PRIMERA ETAPA)

$$306.37 \text{ U. X } 36.11 \text{ lt/U.} = 11,063.02 \text{ lt.}$$

b) VOL. DE AGUA PARA FRAGUADO RAPIDO (PRIMERA ETAPA)

$$223.83 \text{ U. X } 36.11 \text{ lt/U.} = 8,082.50 \text{ lt.}$$

c) VOL. DE AGUA PARA FRAGUADO LENTO (SEGUNDA ETAPA)

$$397.14 \text{ U. X } 36.11 \text{ lt/U.} = 14,340.72 \text{ lt.}$$

$$\text{VOL. TOTAL DE AGUA PARA MEZCLAR} = 33,486.24 \text{ lt.}$$

$$= 210.60 \text{ bl.}$$

VI) VOLUMEN DE LODO PARA DESPLAZAR:

a) VOL. DE LODO (PRIMERA ETAPA)

$$1275.00 \text{ m. X } 38.19 \text{ lt/m.} = 48,692.25 \text{ lt.}$$

$$= 306.24 \text{ bl.}$$

b) VOL. DE LODO (SEGUNDA ETAPA)

$$650.00 \text{ m. X } 38.19 \text{ lt/m.} = 24,823.50 \text{ lt.}$$

$$= 156.12 \text{ bl.}$$

BIBLIOGRAFIA

"DATOS TECNICOS DEL POZO Az-57", SUPERINTENDENCIA GENERAL DE PERFORACION, CFE., LOS AZUPRES MICHOACAN, MEXICO.

"INFORME GEOLOGICO Y DE YACIMIENTOS DEL POZO Az-57", SUPERINTENDENCIA GENERAL DE ESTUDIOS, CFE., LOS AZUPRES MICHOACAN -- MEXICO.

"REPORTE DIARIO DE LAS 6 HORAS DEL POZO Az-57", SUPERINTENDENCIA DE PERFORACION, CFE., LOS AZUPRES MICHOACAN, MEXICO.

GUTIERREZ NEGRIN L.C.A. "GEOTERMIA: FUENTE DE ENERGIA AL AL-- CANCE DE MEXICO", CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA, -- ABRIL DE 1987, MEXICO.

DOMINGUEZ A. BERNARDO. "PERFORACION DE POZOS GEOTERMICOS", -- IV SIMPOSIO SOBRE EL CAMPO GEOTERMICO DE CERRO PRIETO BAJA CALIFORNIA, AGOSTO 10 DE 1982 MEXICO.

CAPITANACHI GONZALEZ EUSEBIO, "PERFORACION DE POZOS GEOTERMICOS", TERCER CONGRESO LATINOAMERICANO DE PERFORACION, MAYO DE 1983.

MIRANDA MOCTEZUMA CARLOS, "APUNTES DE TERMINACION DE POZOS -- GEOTERMICOS", UNAM - OLADE, MEXICO 1985.

LOPEZ CASTAÑEDA MIGUEL, "COMENTARIOS SOBRE PERFORACION DE --- POZOS GEOTERMICOS", SUPERINTENDENCIA DE PERFORACION, CFE., -- LOS AZUPRES MICHOACAN, MEXICO.