

Vniver4dad Nacional AvFnºma de Mexico UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

#### PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA

## "DISEÑO DE POZOS PARA LAS FORMACIONES DEL PERIODO TERCIARIO (MIOCENO), DE LA ESTRUCTURA CAMARONERO"

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

# MAESTRO EN INGENIERIA

INGENIERIA PETROLERA Y GAS NATURAL - PERFORACION

P R E S E N T A :

# **RÓMULO ARANGO LALO**

TUTOR: JAIME ORTIZ RAMIREZ



2010



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 esta 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.

# JURADO ASIGNADO:

| Presidente:                | Jaime Ortíz Ramírez         |
|----------------------------|-----------------------------|
| Secretario:                | Daniel García Gavito        |
| Vocal:                     | José Angel Gómez Cabrera    |
| 1 <sup>er.</sup> Suplente: | Fernando Samaniego Verduzco |
| 2 <sup>do.</sup> Suplente: | David Trujillo Morales      |

México, D. F. a Febrero 2010

Ciudad Universitaria.

## **TUTOR DE TESIS**

## JAIME ORTIZ RAMIREZ

# FIRMA

Agradezco a todos y cada uno de mis Profesores, Amigos y Compañeros, y queda una vez mas demostrado que cuando se tiene un poco de fe, se puede volar, dedicado a todos los que como yo tenemos mucha fe en nosotros mismos y el apoyo de todos nuestros seres queridos, que nos han visto crecer y nos verán llegar alto, porque una vez aprendiendo a volar el cielo será muy pequeño para mis alas....los quiere su amigo Rómulo.

Agradecer ante todo a Dios Padre, Profesores, Mis Padres Rómulo e Irma Mi Esposa Mónica Mis Hijas Saromy, Amelié y Xunaxí Mis Hermanas Patricia y Araceli Mis Suegros Juan y Sonia Mis Sobrinos Diego, Alex, Ayumí, Galy y Moy Mis Cuñados Alex, Katya, Juan y Oscar Mis Amigos y Compañeros Y a la UPMP.

# "DISEÑO DE POZOS PARA LAS FORMACIONES DEL PERIODO TERCIARIO (MIOCENO), DE LA ESTRUCTURA CAMARONERO"

#### TABLA DE CONTENIDO:

#### Resumen

| 1 Plante | eamiento del Problema y Toma de Información |
|----------|---|
| a)       | Introducción1                               |
| b)       | Objetivo4                                   |
| 2 Anális | is Conceptual5                              |
| a)       | Conceptos Básicos6                          |
| 3 Desar  | rollo del Problema                          |
| a)       | Antecedentes del Problema17                 |
| b)       | Planteamiento del Problema45                |
| c)       | Desarrollo del Problema47                   |
| 4 Resul  | tados Obtenidos                             |
| a)       | Conclusión90                                |
| 5 Obser  | vaciones                                    |
| a)       | Recomendaciones94                           |
| 6 Apéno  | dice96                                      |
| a)       | Fórmulas97                                  |
| b)       | Ilustraciones                               |
| c)       | Software108                                 |
| d)       | Glosario109                                 |
| 7 Biblio | grafía110                                   |



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 esta 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.

#### <u>Resumen</u>

Primeramente para el estudio del análisis geomecánico, se solicitaron los registros de apoyo contando con las curvas de profundidad, rayos gamma, caliper, densidad, tiempo de transito, potencial espontáneo, resistividad profunda y media, neutron porosidad, factor fotoeléctrico, neutron; entonces para la construcción del modelo geomecánico se genero la curva de sobrecarga (Sv) con el registro sonico y de ahí se tomo el perfil de densidad, con una densidad promedio de la roca de 2.6 gr/cc, el carril de los rayos gama nos indica de una línea promedio al lado derecho lutitas y al lado izquierdo arenas; de aquí se genera la grafica de esfuerzos TVD contra la de sobrecarga (Sv).

Para la obtención de la Presión de Poro se tomaron los registros sonico, resistividad y densidad, para determinar las presiones de cierre de las fracturas y así obtener el esfuerzo horizontal mínimo. Apoyado con pruebas de fracturamientos para determinar el esfuerzo horizontal mínimo con los datos de la presión de cierre en el registro de densidad en (gr/cc).

Para la obtención del esfuerzo horizontal máximo se considero el mapa de orientación regional de esfuerzos; Así como del análisis de las resistencias de las rocas con el registro sonico para la obtención del cálculo de UCS (psi) se considera tomar un registro de imágenes a 360<sup>a</sup>.

# Para dar la validación al modelo se empleo el registro de caliper y la experiencia de perforación en el campo.

Para los datos de la Relación de Poisson, Coeficiente de Biot, Coeficiente de Angulo de Fricción Interno, Esfuerzo de Tensión, UCS, se deben realizar los análisis de esfuerzos triaxiales en núcleos convencionales.



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 esta 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. En resumen para un estudio integral que incluya Petrofísica, Geología y Geomecánica, nos puede guiar y ayudar en el campo Camaronero a identificar la raíz de la causa de los problemas de perforación. En la mayoría de los pozos se presenta una inconsistencia de diseño, en el cual no se toman en consideración ninguna propiedad petrofísica y geológica de la formación.

Un diseño optimizado reduciría los riesgos de perforación. Que es el tema que nos lleva a este trabajo, dar las bases para realizar un diseño óptimo.

#### A.- INTRODUCCIÓN

Antes de adentrarnos al tema en específico, haremos una remembranza principalmente de donde viene el fondo de todo este estudio que realizare, y como hoy en día es un tema principal para diversas áreas, tanto para nosotros los Petroleros como para las Industrias de la Construcción, Minería, Civil, etc.

No podemos hoy en día realizar un análisis o estudio de los pozos sin tener en cuenta un tema tan importante, la Geomecánica.

**GEOMECANICA:** disciplina que estudia el comportamiento de los materiales geológicos ante campos de esfuerzos y cambios en el ambiente físico.

El estado de esfuerzos que actualmente está en el subsuelo puede conocerse de manera indirecta mediante la interpretación de los efectos que dejan las herramientas de perforación sobre las rocas. La orientación preferente de elipticidad del agujero del pozo y las fracturas inducidas observadas con imágenes de pozo (FMI), permiten conocer la orientación del mínimo esfuerzo (Shmin).

La Geomecánica tiene su origen en la Ingeniería Civil, principalmente en el uso del suelo y rocas como material de construcción, posteriormente se usa en obras civiles, tales como túneles de vialidad, etc. Luego se utilizó para fines Mineros, en la construcción de túneles de la minería subterránea, estabilidad de taludes, en minería a cielo abierto, etc. En la década de los 60's, se comienza a utilizar la Geomecánica en las actividades Petroleras, para Fracturamiento Hidráulico, Estabilidad de Hoyos, Compactación y Subsidencia, etc.

Haciendo reseñas importantes de la aplicación de la Geomecánica tenemos:



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 esta 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.

| ~ 5000 ac   | Minas en China                                    |
|-------------|---|
| ~ 3000 ac   | Presas de Rocas en la India                       |
| ~ 1000 ac   | Templos Egipcios y Griegos (Vigas Planas)         |
| ~ 500 ac    | Construcciones Romanas con Arcos                  |
| Siglo III   | Domos y Contrafuertes                             |
| Siglo XVIII | Ley de Darcy (Flujo)<br>Ley de Coulomb (Fricción) |
|             |   |
| Siglo XIX   | Revolución Industrial (Minas de Carbón)           |

La Geomecánica Petrolera entonces tuvo sus comienzos para los finales de los 50's, pero adquiere su mayor importancia para la década de los 70's y 80's, en la Primer Conferencia de la SPE-ISRM de 1992.

Nos interesa el estado actual de esfuerzos en la roca y sus propiedades mecánicas; una cuenca sedimentaria esta sujeta a:

- Esfuerzos Tectónicos que originan levantamientos, depresiones, basculamientos, fallamiento.
- Erosión, Meteorización, Ambiente Deposicional.
- Tasa de Sedimentación.

- Diagénesis.
- Solución, Precipitación de Agentes Cementantes.
- Cambios Térmicos.

Capitulo I

#### **B.- OBJETIVO**

Elaborar un programa estratégico para el Diseño de Pozos Profundos en el área Camaronero, que permita perforar nuevas localizaciones exploratorias, reduciendo los tiempos y costos incurridos en los pozos Camaronero-1 y Camaronero 1-A, así como evaluar las propiedades mecánicas de la roca para poder caracterizar mejor al yacimiento, lo que permitirá optimizar el Diseño de Pozos; así como determinar las zonas altamente geopresionadas, para prevenir la perdida de grandes volúmenes de fluido de perforación, con apoyo de geopresiones a partir de registros geofísicos convencionales.

#### II.- Análisis Conceptual

Objetivo de la Geomecánica.- estudia las características mecánicas de los materiales geológicos, que se interrelacionan como se indica:





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 esta 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.

#### **A.- CONCEPTOS BASICOS**

- PRESION: La fuerza que un fluido ejerce uniformemente en todas direcciones dentro de un recipiente, tubería, pozo, etc, tal como la que se ejerce contra la pared de un tanque o como la que ejerce en el fondo de un pozo el fluido de perforación. La presión se expresa en términos de fuerza ejercida por una unidad de área, como kilogramos por centímetros cuadrados, o libras por pulgada cuadrada o en el sistema CGS dina por centímetro cuadrado. Ec. # 1, Ver Fig. # 1
- ESFUERZO: Mientras que las fuerzas son transferidas a través de líquidos por la presión, las fuerzas son transferidas a través de los sólidos por los esfuerzos. El Esfuerzo es la fuerza divida por el área y tiene las mismas unidades que la presión. Se representa por la letra griega σ. Ec.# 2. El esfuerzo puede ser positivo o negativo. Un sólido puede estar sujeto a los siguientes esfuerzos:
- ESFUERZO COMPRESIVO.- Este ocurre cuando el material esta sujeto a Compresión.
- ESFUERZO DE TENSIÓN.- Este ocurre cuando el materia esta sujeto a Tensión.
- ESFUERZO CORTANTE (CIZALLA).- Este resiste el movimiento lateral dentro del material; Ver Fig. # 2.

Un sólido puede estar sujeto a los tres esfuerzos simultáneamente. Es importante observar que la mayoría de fallas en el agujero del pozo ocurren por excesivos esfuerzos de corte. Los esfuerzos de corte aumentan mientras que la diferencia entre esfuerzos perpendiculares aumenta. La diferencia entre esfuerzos perpendiculares causa que un objeto se deforme. El orden para que el objeto se deforme, el movimiento lateral debe ocurrir entre los elementos dentro del objeto. Los esfuerzos de corte cusan este movimiento lateral y se representa por la letra griega T. Ver Fig # 2-A.

ESFUERO EFECTIVO.- no todos los esfuerzos en la formación son transmitidos por la matriz de roca. Algo de este esfuerzo es transmitido por el líquido atrapado en los espacios de poro dentro de la roca, Ver Fig. # 3. Según lo mencionado previamente, cuando la lutita primero se deposita, esta agua es expulsada fuera. Sin embargo, la secuencia de lutita es a veces demasiado gruesa o la permeabilidad llega a ser tan reducida que el líquido no puede salir fuera de la lutita mientras se compacta. Cuando esto ocurre, el líquido en los espacios de poro comienza a aceptar algo de carga, similar como la presión de aire en un neumático que apoya la carga del coche. El esfuerzo total que siente la formación se divide entre el esfuerzo transmitido por la matriz de roca y el esfuerzo transmitido por el líquido en el poro.

Una parte del esfuerzo que siente la matriz de roca es llamada esfuerzo efectivo, esfuerzo intergranular y esfuerzo de matriz son otros nombres para el esfuerzo efectivo. El esfuerzo transmitido por el líquido en los espacios de poro se expresa como presión del poro. La combinación de presión de poro y el esfuerzo efectivo es el esfuerzo total.

#### ESFUERZO TOTAL= PRESION DE PORO + ESFUERZO EFECTIVO

La deformación y la resistencia de un espécimen de roca es dependiente solamente del esfuerzo efectivo. Es el esfuerzo que se siente entre los granos el que controla el movimiento de estos granos en relación con otros. El resbalamiento y la deformación intergranulares son independientes de la presión de poro.

- DEFORMACIÓN: La Deformación se define como un material que cambia de longitud o de anchura bajo la influencia de un esfuerzo. Se representa por la letra griega ε. A mayor esfuerzo que este sujeta la roca, mayor deformación experimenta. Ec. # 4, Ver Fig. # 4
- DEFORMACION NORMAL.- cuando el material se deforma por elongación o contracción.
- DEFORMACION CORTANTE.- cuando el material se deforma de manera angular.
- PERMEABILIDAD: La habilidad de un fluido para fluir dentro de la red de poros interconectados de un medio poroso. La permeabilidad puede ser Absoluta, Efectiva o Relativa. Ec. # 5, Ver Fig. # 5.
- PERMEABILIDAD ABSOLUTA.- medida de la habilidad que posee un solo fluido (como agua, gas, aceite) para pasar a través de una roca cuando está saturada completamente por el fluido. La permeabilidad medida en una roca saturada con un solo fluido, es diferente de la permeabilidad medida en la misma roca saturada con dos o más fluidos.
- PERMEABILIDAD EFECTIVA.- medida de la habilidad de una roca de permitir el flujo de un fluido cuando los espacios porosos no están completamente saturados por éste.
- PERMEABILIDAD RELATIVA.- la medida de la habilidad de un fluido, como agua, gas o aceite, para fluir a través de una roca, cuando ésta se encuentra saturada con dos o más fluidos. El valor de la permeabilidad en una roca saturada con dos o más fluidos es distinto del valor de permeabilidad de la misma roca saturada con un solo fluido, Ec. # 6, Ver Fig. # 6.

PRESIÓN DE PORO: La presión de poro es un parámetro importante en cualquier estudio de mecánica de rocas que se realice a sistemas porosos, saturados de fluidos. El fluido alojado en los poros soportará parte de los esfuerzos totales aplicados al sistema, liberando a la matriz rocosa de parte de la carga. Como se mencionó, el esfuerzo efectivo es igual al esfuerzo total menos la presión de poro. Este concepto fue introducido por primera vez en 1923 por Terzaghi en mecánica de suelos, sobre una base empírica. Después fue redefinido por Biot.

En una formación saturada, la presión de poro se irá desarrollando conforme los sedimentos se vayan depositando sobre ésta. Si el fluido alojado en los poros puede ser expelido y migrar hacia la superficie a un ritmo aproximadamente igual que el de compactación, se mantendrá un gradiente de presión de poro normal, el cual está dado por el peso de la columna de fluido sobreyaciente. Por lo tanto, un gradiente de presión norma está dado por la densidad del agua salada (agua de mar) y se encuentra comúnmente en el rango de 1.03 a 1.07 gr/cm<sup>3</sup>.

Sin embargo, se pueden desarrollar zonas con presiones de poro mayores que las dadas por el gradiente normal. Estas zonas son llamadas zonas de presión anormal o sobrepresionadas. Altas presiones de poro en el yacimiento lo harán más prolífico. Pero, por otro lado, las formaciones sobrepresionadas representan un problema potencial durante la perforación. Si se perfora en una formación de este tipo no prevista con anterioridad, existe el peligro de que ocurra un reventón, especialmente en formaciones someras de gas a alta presión. Frecuentemente, los problemas de estabilidad durante la perforación son atribuidos a lutitas sobrepresionadas.

Debido a la baja permeabilidad de las arcillas, la cual se desarrolla durante su compactación, las zonas arcillosas se pueden sobrepresionar fácilmente. Se pueden desarrollar permeabilidades del orden de nanoDarcys o aún menos. Por lo tanto, una formación de arcillas con espesor considerable no será capaz de expulsar los fluidos al mismo ritmo que es compactada. Los cuerpo de arena intercalados o adyacentes a arcillas también se sobrepresionarán. Las presiones anormales tienden a declinar en el transcurso del tiempo geológico, sin embargo, si el cuerpo de arena se encuentra aislado o la sección de arcilla es muy gruesa, esto puede tomar un período de tiempo muy largo. La sedimentación rápida es otra posible razón de la formación de sobrepresiones. Además de las cusas litostáticas de las sobrepresiones, la actividad tectónica puede ser resuelta en una presión de poro anormal si el sistema permanece cerrado y no sufre fracturamiento. Otro ejemplo es el proceso levantamiento-erosión Ver Fig. # 7.

Si la roca mantiene su presión de poro después del levantamiento, estará anormalmente presurizada comparada con las formaciones contiguas a la misma profundidad. Otra posible de las sobrepresiones, especialmente en secciones de lutita, es la diagénesis de la montmorilonita a illita. Ésta última contiene mucho menos agua absorbida que la primera, de tal manera que la diagénesis estará acompañada por la liberación de agua a los poros libres de la misma. Esta transición depende en gran manera de la temperatura, requiriendo temperaturas de 70 a 95°C, o profundidades de 2 a 3 kilómetros en áreas con gradientes geotérmicos promedio. Ec. # 7, Ver Fig. # 8.

#### TIPOS DE FALLAS SEGÚN ANDERSON: Ver Fig. # 9

- NORMAL
- o INVERSA
- TRANSCURRENTE

MODULOS ELASTICOS: la teoría de la elasticidad lineal investiga las relaciones entre las cargas externas aplicadas a un cuerpo y el resultado en los cambios de su tamaño y forma; esta teoría sume desplazamientos pequeños y que el cuerpo regresa a su condición original después que la carga deja de ser ejercida. La fuerza aplicada y los cambios en tamaño y forma resultantes son descrita por los esfuerzos y las deformaciones.

Como se indico en la Fig. # 4 de la curva de esfuerzo-deformación, la cual es obtenida al aplicar diferentes magnitudes de carga o fuerza aun espécimen de prueba. Los esfuerzos por abajo del límite elástico son proporcionales a la deformación (Ley de Hooke). Las constantes de proporcionalidad difieren para diferentes condiciones de carga y son definidas como módulos elásticos los cuales son propiedades fundamentales de un material.

MODULO DE YOUNG (E).- es la relación que existe entre el esfuerzo axial (compresivo o de tensión) y la deformación axial bajo condiciones de carga uniaxial. Fig. # 4.

| Fuerza         | Esfuerzo | Deformación<br>Longitudinal |
|----------------|----------|-----------------------------|
|                |          |                             |
| F <sub>1</sub> | σ1       | ε <sub>1</sub>              |
| F <sub>2</sub> | σ2       | ε2                          |
| F <sub>3</sub> | σ3       | 83                          |
| F4             | σ4       | ٤4                          |
|                |          |                             |
|                |          |                             |
|                |          |                             |

0 <

σ

#### < 0.5

#### ROCA MUY COMPRESIBLE

#### ROCA COMPLETAMENTE INCOMPRESIBLE

| roca          | σ         |
|---------------|-----------|
|               |           |
| shale         | 0.25-0.40 |
| arena         | 0.15- 033 |
| arena con gas | 0.1       |
| limestone     | 0.32      |

RELACION DE POISSON (v).- como consecuencia de la deformación axial o acortamiento longitudinal debido a un esfuerzo compresivo aplicado bajo condiciones de carga uniaxial, existirá un incremento del diámetro o deformación transversal. Es la relación entre la deformación transversal y longitudinal. Ver Fig. # 10.

 $y = \epsilon_y / \epsilon_x$ 

MODULO DE CORTE (G).- es una medida de la resistencia de la roca a cambiar de forma. Es la relación entre el esfuerzo de corte y la deformación de corte. Ver Fig. # 11.

$$G = \sigma_{xy} / \varepsilon_{xy}$$

MODULO DE LAMÉ (A).- es el equivalente al modulo de Young E, bajo condiciones triaxiales de carga, es decir es la relación entre el esfuerzo medio bajo condiciones de carga triaxial y la deformación volumétrica; Ver Fig. # 12, donde el esfuerzo medio se expresa como:

$$\overline{\sigma} = 1/3 (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)$$

Y la deformación volumétrica se expresa como:

$$\varepsilon_v = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z$$

Por lo tanto el modulo de Lame se expresa como:

$$\lambda = \overline{\sigma/\epsilon_v}$$

MODULO VOLUMETRICO.- describe el cambio de volumen bajo una presión hidrostática, es decir es la relación entre un esfuerzo hidrostático y la deformación volumétrica, Ver Fig. # 13. Bajo condiciones de esfuerzo hidrostático tenemos que:

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z$$

Por lo que el esfuerzo medio es igual a una presión hidrostática ejercida en todo el cuerpo:

$$\overline{\sigma} = P_c$$

Por lo tanto el modulo volumétrico es:

$$K = \overline{\sigma} \epsilon_v$$

Además el inverso del modulo volumétrico nos representa la propiedad de la compresibilidad de la roca.

$$C_0 = 1/K$$

 CIRCULO DE MOHR: es la representación gráfica del estado de esfuerzos en un punto el cual incluye todas las posibilidades de rotación del sistema coordenado, Ver Fig. # 14. Para orientaciones especiales del sistema coordenada el tensor de esfuerzos tiene una forma particular y simple considerando inicialmente dos dimensiones. El esfuerzo normal (σ) y de corte (τ) orientados a una superficie es una dirección θ en el plano xy. Para que exista el equilibrio de fuerzas se debe tener:

 $\sigma_x = \sigma x \cos^2 \theta + \sigma y \sin^2 \theta + 2 \tau xy \sin \theta \cos \theta$ 

$$\tau = \frac{1}{2} (\sigma x + \sigma y) \operatorname{sen} 2\theta + \tau xy \cos 2\theta$$

Para un ángulo específico  $\theta$  se tendrá que  $\tau$  = 0 y esto ocurre cuando:

Tan  $2\theta = 2 \tau_{xy}/\sigma x - \sigma y$ 

POROELASTICIDAD: frecuentemente, la región de validez para la elasticidad lineal es excedida en situaciones prácticas. En la mecánica de rocas relacionada con el petróleo, mucho del interés se enfoca en rocas con porosidades y permeabilidades significativas. La teoría elástica para materiales sólidos no es capaz de describir completamente el comportamiento de tales materiales. Es por esto que se debe considerar el concepto de poroelasticidad.

Generalmente, las rocas son materiales compuestos y por lo tanto, no homogéneos en escala microscópica. La manera en que la roca se comporta, su respuesta elástica, sus esfuerzos de falla, etc., dependen en gran medida de la parte no sólida de los materiales. A continuación se considerará el espacio poroso, el cual no solo es esencial para producir aceite de un yacimiento, sino que también juega un papel importante en el comportamiento mecánico de las rocas. Estos estudios fueron realizados por Maurice A. Biot.

- DETERMINACION DE LA MEDICION DE LA MAGNITUD DEL ESFUERZO HORIZONTAL MAYOR:
- En cuencas pasivas (sin tectonismo) los esfuerzos horizontales son iguales y siempre menores que el esfuerzo vertical.

$$\sigma_{H} = \sigma_{h} = \left(\frac{\nu}{1-\nu}\right)\sigma_{\nu} + u\left(\frac{1-2\nu}{1-\nu}\right)$$

- Los esfuerzos horizontales en cuencas activas pueden ser diferentes y por encima del esfuerzo vertical.
- Zona geológica compleja debido a varias inversiones tectonicas (callamiento normal, callamiento inverso, callamiento transcurrente).
- Presencia de sobrepresiones modifica la relación de esfuerzos horizontales y verticales.
- o No existen mediciones del esfuerzo horizontal mayor.
- No hay registros de imágenes en pozos del terciario que permita hacer retroanálisis de fracturas inducidas y breakouts.
- DETERMINACION DE LA DIRECCION DEL ESFUERZO HORIZONTAL MAYOR:
- o Ver Fig. # 15
- EFECTO DE SOBREPRESION EN ESTADO DE ESFUERZOS:
- En las zonas de sobrepresión el esfuerzo horizontal menor es muy alto y ligeramente superior a la presión de poro.
- Para estados de esfuerzos que producen fallas normales, inversas o transcurrentes la sobrepresión disminuye la anisotropía de esfuerzos.
- Para las altas sobrepresiones del pozo Camaronero.1A (0.98 psi/pie = 2.2638 gr/cc) no hay anisotropía de esfuerzos horizontales. El esfuerzo horizontal mayor y el esfuerzo horizontal menor se consideran iguales.

 No existe efecto del azimut del pozo en la estabilidad del agujero en la zona de sobrepresión; si puede existir un efecto de inclinación, perforar un pozo vertical es más sencillo.

#### III.- Desarrollo del Problema

a) Antecedentes del Problema.-

Antecedentes de Perforación de los Pozos Camaronero

UBICACIÓN GEOLOGICA





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 esta 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.

#### **RASGOS ESTRUCTURALES**



#### ESCALA DE TIEMPO GEOLOGICO

Antes de adentrarnos al Área de Estudio, primeramente recordaremos en que parte de la Historia estaremos trabajando, y esto es con apoyo de la Tabla del Tiempo Geológico; mediante el empleo de indicadores de edad relativa ha sido posible ordenar cronológicamente los distintos tramos rocosos que aparecen en la corteza terrestre construyendo una escala ordenada de eventos y materiales. De esta forma, la historia geológica de la corteza se ha dividido en distintas unidades, que de mayor a menor orden son: cinco ERAS (definidas principalmente a partir de discordancias, es decir, señalando ciclos orogénico, es decir, períodos en que hubo formación de montañas); las ERAS a su vez están subdivididas en PERIODOS (definidos principalmente mediante discordancias y contenido faunístico) y estos a su vez en EPOCAS (definidos principalmente por contenido faunístico y cambios litológicos significativos).

Como se ilustra en la siguiente tabla:

## TABLA DE TIEMPO GEOLOGICO

| ED.A         | neniono     | thore .   |   | HACE                    |  |
|--------------|-------------|---|---|-------------------------|--|
| EKA          | PERIODO     | EPUCA   | PRINCIPALES EVENTOS   | (millores de<br>sifice) |  |
| CENOZOICA    | Cuatemario  | Holoceno  | Tiempo histórico y prehistórico. Se toma como<br>punto de partida de este periodo el fin de la<br>última glaciación. El progresivo retiro de los<br>glaciares, produjo grandes cuencas hidrográficas<br>que suministraron el agua, en tomo a la cual se<br>inició el desarrollo de las grandes comunidades y<br>civilizaciones. A comienzos del Holoceno se<br>consolido el poblamiento de la especie humana<br>de toda la extensión del planeta.   |                         |  |
|              |             | Pleistoceno   | En vastas regiones del planeta (Europa, Asia) se<br>produce una convivencia entre dos géneros de la<br>especie humana: los Neandertal y el <i>Homo</i><br>sapiens sapiens. Inicio la expansión desde las<br>tierras deserticas del África hacia zonas más<br>beneficiosas para la vida humana. Edad del<br>Hielo. Grandes glaciaciones.<br>Los australopítecos y homos, convivieron y<br>compartieron más de un milión de años, su<br>estadia en la Tierra. Cuatro Edades de Hielo;<br>glaciares en el hemisferio norte; elevación de<br>cordilieras. | 2                       |  |
|              |             | Plioceno  | Desde hace unos 7 millones de años se inició el<br>bipedismo en una rama de los simios<br>antropomorfos. Se inicia con el Procónsul la<br>separación definitiva entre los primates y la<br>especie humana. Posteriormente surgirian el<br>Dryopithecus, Oreopithecus y el Ramapithecus.<br>Ancestros del Hombre o prosimios.  | 10                      |  |
|              | Terclarlo   | Mioceno   | Dominio de las anglospermas (apartción de las<br>gramineas).  | 24                      |  |
|              |             | Oligocano   | Radiación de los mamíferos, pajaros e insectos<br>polinizadores. Los camelios se extinguen en<br>América.   | 38                      |  |
|              |             | Ecceno  | rapida evolución de nuevas especies de<br>mamiferos, tales como caballos, rinocerontes,<br>camellos, murcielagos, ardillas, primates.   | 55                      |  |
|              |             | Paleocano   | Se forma el Atlantico Norte. Separación de<br>Australia de la Antartica.  | 65                      |  |
| MEBOZOICA    | Cretacico   | Al final del Periodo ocurrió una extinción masiva de dinosaurios y<br>otras especies. Separación de los continentes. La placa africana<br>se fractura de Gondwana. Extinción de reptiles acuaticos y<br>amonites en el mar. Radiación de las plantas con flores<br>(anglospermas).  |   |                         |  |
|              | Jurásico    | Aparición de los mamiferos y de las aves. Desarrollo de los<br>dinosaurios. En los manes el <i>ichtiosaurio</i> y el Plesiosaurio. En el<br>aire el Pterosaurio y en la tierra los Allosaurios camivoros y<br>Apatosaurios nerbivoros, pueblan el planeta. Aparición de las<br>primeras aves o etapas evolutivas intermedias entre las aves y los<br>dinosaurios, como el Archaeopteryx. Formación del Atantico Sur.<br>Bosques tropicales de gimnospermas (oonfleras). A mediados del<br>Jurasico aparecen las Androspermas (obartas con flores y frutos). |   |                         |  |
|              | Triasico    | Se Inida el proce<br>da comienzo a la<br>montañas; desier<br>mamíferos a part<br>Expansion de los   | 240   |                         |  |
|              | Permico     | Aparición de los<br>Gran difusión de  | reptiles. Continentes en un solo bloque: Pangea<br>bosques y organismos marinos. Esta situación   | 290                     |  |
| PALEOZOICA   | Carbonifero | produce que los sedimentos de este periodo son los generadores<br>del carbón, petróleo y gas natural de hoy día. Predominio de los<br>Anfibios, inicia glaciación hemisferio Austral. La redistribución de<br>las aguas y tierras en <i>Gondwana</i> , producen un cambio de clima<br>global.   |   |                         |  |
|              | Devónico    | Surgen las gimnospermas. Surgen anfibios e insectos. Expansión<br>de los bosques primitivos. Diversificación de peces con esqueleto<br>interno. Este periodo se caracteriza por un clima calido que<br>fomento el desarrollo de grandes bosques. Difusión de nelechos.<br>Un grupo de peces desarrollaron lobulos en lugar de aletas y se<br>convirteron en los primeros anfibios. Al final del periodo,<br>invadieron la Tierra.   |   |                         |  |
|              | Silúrico    | Primeras plantas y artrópodos terrestres. Surgen los peces con<br>mandibulas. Se diversifican peces sin mandibulas.<br>Glaciaciones hacia los extremos Norte y Sur y clima cálido hacia el<br>Ecuador. Crecimientos de grandes arrecifes coralinos en las aguas<br>cálidas.   |   |                         |  |
|              | Ordevicico  | Primeros peces sin mandibuta. Abundan las algas marinas. Al<br>principio del pertodo mares poco profundos cubrieron grandes<br>extensiones de tierra, que al retirarse, mas avanzado el mismo,<br>permitieron el deposito de arenisca y caliza.   |   |                         |  |
|              | Câmbrico    | Surgimiento esponjas, gusanos, invertebrados marinos, moluscos,<br>invasión de artrópodos (trilobites).   |   | 570                     |  |
| PROTEROZOICA | Precambrico | Grandes glaciaciones. Organismos pluricelulares. Gran producción<br>de oxigeno. Primeras algas verdes e inicia la fotosintesis.<br>Primeras bacterias. Surgen las primeras celulas y con ellas, la vida<br>en nuestro planeta.  |   | 2 600                   |  |
| AZOICA       | Arcaica     | Formación de los oceanos. Formación de la corteza terrestre. Se<br>forma la atmósfera de la Tierra. Formación de montañas.<br>Enfritamiento del planeta. Se origina la Tierra.  |   | 4 600                   |  |

# **COLUMNA GEOLOGICA**



| OBJETIVO   | CONCEPTO   | CAMPO  |
|--|--|--|
| Plioceno Inferior<br>Mioceno Superior<br>Mioceno Medio | Arenas canalizadas<br>Arenas canalizadas<br>y tabulares<br>Arenas canalizadas<br>y tabulares | Cocuite, Playuela, Chalpa<br>Cocuite, Lizamba, Veinte<br>Cocuite,Novillero, Veinte |
| Mioceno Inferio <b>r</b>                               | Conglomerados  | Novillero, Mirador   |
| Eoceno Superior  | Conglomerados  | Perdiz   |



Productor de gas Productor de aceite y gas

#### AREA DE ESTUDIO





#### Capitulo III

### CUBOS SISMICOS



#### S finnes


#### LOCALIZACIONES EXPLORATORIAS AREA CAMARONERO



|  | Anton Lizardo-1   | Cocuite-102                                      | Cocuite-201                                      | Novillero-1       | Novillero-14  | <b>Mirador-1</b><br>2252-2395<br>2440-2465 |  |
|--|---|--|--|-------------------|---|--|--|
| Manifestaciones<br>y/o Inter. Prod.  | 968-937 PF. no abnó prob.<br>980 lodo 1.23-11.11<br>1064 lodo 1.60-1.20<br>1135 flujo a/s 8000ppm | 2384-2388<br>2990-2993<br>3011-3013<br>3022-2025 | 2594-2600<br>2565-2571<br>2517-2520<br>2484-2490 | 2850<br>2865-2875 | 2862-2874<br>2915-2919<br>2952-2960<br>3030-3036<br>3055-3060 |  |  |
| Espesor<br>(m)   | 730   | 750  | 770  | 57.5              | 440   | 80   |  |
| Porosidad<br>(%)   | 9   | 25   |  | 10                | 10  | 8  |  |
| Permeabilidad<br>(Md)  |   |  |  |                   |   |  |  |
| Saturación Agua<br>(%)   |   | 80   |  | 45                | 48  | 49   |  |
| <u>Simbología</u><br>Intervalo productor<br>de Gas<br>Manifestación de Gas | 7 mm  | 1000<br>1200<br>1200<br>1200<br>1900             |  | 120               | 2200<br>2200<br>7900<br>1000<br>1000<br>1000<br>1000          | 100<br>100<br>100<br>100<br>100<br>100     |  |

### DATOS PETROFISICOS Y MANIFESTACIONES DE GAS DEL OBJETIVO MIOCENO MEDIO

Capitulo III









### HISTORIA DE SEDIMENTACION Y EVOLUCION ESTRUCTURAL





### LINEA SISMICA ESTRUCTURA CAMARONERO

# LINEA SISMICA ESTRUCTURA CAMARONERO





### PLANTA DE LA ESTRUCTURA CAMARONERO

## **Camaronero** No.1







#### INCIDENTES DE ESTABILIDAD EN EL POZO CAMARONERO-1A



### PESOS DE LODO ÁREA CAMARONERO



COMPARACION POZOS CAMARONERO 1 Y CAMARONERO 1A







#### ANALISIS DE PERFORACION ZONA PROBLEMATICA EN EL POZO CAMARONERO 1A HOYO DE 14-3/4" (2500- 2660) m REVESTIDOR 11-3/4" (2365-2623) m



#### ANALISIS DE PERFORACION ZONA PROBLEMATICA EN EL POZO CAMARONERO 1A HOYO DE 12-1/4" (2660- 2689) m REVESTIDOR 9-5/8"(2212- 2670) m



#### Capitulo III ANALISIS DE PERFORACION ZONA PROBLEMATICA EN EL POZO CAMARONERO 1A HOYO DE 8-3/8" ( 2689 – 2995 ) m REVESTIDOR 9-5/8"( 2104- 2995 ) m



#### Capitulo III

#### ANALISIS DE PERFORACION ZONA PROBLEMATICA EN EL POZO CAMARONERO 1A



Capitulo III

#### POZO CAMARONERO-1A: CALIDAD DE AGUJERO



b) Planteamiento del Problema.- en este inciso desarrollare todos los cálculos que intervendrán en nuestro estudio para el Diseño de Pozos, donde determinare:

- GRAFICA DE PROCESAMIENTO DE REGISTROS CON HOJA DE CALCULO
- PRESION DE SOBRECARGA (BOURGOYNE)
- PRESION DE PORO (EATON Y BOURGOYNE)
- PRESION DE PORO CON EL METODO DEL ESFUERZO MATRICIAL EQUIVALENTE
- GRADIENTE DE FRACTURA (EATON)
- DENSIDAD EQUIVALENTE
- 🔶 ESFUERZO VERTICAL
- ESFUERZO PRINCIPAL MAYOR (TOTAL Y EFECTIVO)
- LEY DE HOOKE Y VAN EeKELEN (σ<sub>h</sub>=s<sub>3</sub>)
- COLAPSO SUPERIOR E INFERIOR (MAGNALLY, WADE-HORTON, J.P. SARDA-KEESLER)
- DETERMINACION DE LA MAGNITUD DEL ESFUERZO HORIZONTAL MENOR
- DETERMINACION DE LA MAGNITUD DEL ESFUERZO HORIZONTAL MAYOR
- DETERMINACION DE LA DIRECCION DEL ESFUERZO HORIZONTAL MAYOR
- PROPIEDADES MECANICAS DINAMICAS Y CONTINUAS (RELACION DE POISSON, MODULO DE YOUNG, MODULO DE CORTE)
- 🏓 COHESION DE LA ROCA
- RESISTENCIA MECANICA (MODULO DE MOHR-COULOMB)
- GRAFICAS ADICIONALES

- c) Desarrollo del Problema.-
  - Grafica de Procesamiento de Registro
  - Presión de Sobrecarga (Bourgoyne)
  - Presión de Poro (Eaton y Bourgoyne)
  - Presión de Poro con el Esfuerzo Matricial Equivalente (Sarda)
  - Presión de Poro con el Esfuerzo Matricial Equivalente (Wade)
  - Presión de Poro con el Esfuerzo Matricial Equivalente (Magnalli)
  - Gradiente de Fractura (Eaton)
  - Densidad Equivalente
  - Análisis de Estabilidad de Agujero
  - Gradiente de Esfuerzos Verticales
  - Esfuerzo Principal Mayor (total y efectivo)
  - Esfuerzo Matricial Equivalente
  - Ley de Hooke y Van Eekelen
  - Colapso Superior e Inferior (Magnally, Wade-Horton, J.P.Sarda-Keerler)
  - Determinación de la Magnitud del Esfuerzo Horizontal Menor
  - Determinación de la Magnitud del Esfuerzo Horizontal Mayor
  - Determinación de la Dirección del Esfuerzo Horizontal Mayor
  - Propiedades Mecánicas, Dinámicas y Continuas
  - Cohesión de la Roca
  - Resistencia Mecánica

- Desarrollo del Problema.-
- . Grafica de Procesamiento de Registro.

| 2062 12<br>1992 12                     | 11                    |                  |                   |                       | #16 #21<br>69271 921                           | 45,71996 43,776136                                 | 65960 507 Z9992 200 P             | 6610 0-                                 | 00 261                   | 9961-08<br>ZE86-69   |
|--|-----------------------|------------------|-------------------|-----------------------|--|--|-----------------------------------|---|--------------------------|----------------------|
| 9822 IE                                |                       |                  |                   |                       | 9686 921                                       | 66960 \V E2872 \V                                  | 2 202 19069<br>201 49069          | 0.0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0 | 02 961                   | 9068'69              |
| 29216                                  |                       |                  |                   |                       | PEGZ 921                                       | 9/6ED11 SESE9.0#                                   | 9666.002 9                        | 49100                                   | 0E 961                   | 929 69               |
| 196/1E                                 |                       |                  | _                 |                       | 8552 921                                       | 45 67113 49 00274                                  | 198E8 661 1                       | 8910'0                                  | DE #61                   | 2122.00              |
| BERZ LE                                |                       |                  |                   |                       | 19090 221<br>1998 221                          | 966 CP 69892 CP                                    | LEENC BEL Z                       | 1910.0.                                 | 08 261<br>08 261         | 1916 89              |
| BEZ 16<br>ZZEZ 1E                      |                       |                  |                   |                       | 9620 <u>72</u> 1<br>8 921                      | 466963 48 9999<br>90 10019 97 49999                | 9299 <u>6</u> 961 6<br>92920961 2 | 810.0-<br>810.0-                        | 09'Z6 <u>L</u><br>06'Z6L | 9119.85              |
| 90ZZ 46                                |                       |                  |                   |                       | F125 921                                       | 23 13549 24 51 449<br>23 3606 29 98241             | 20790 761 1                       | Ž91010-<br>201010-                      | 09 161                   | 2697 99              |
| 67121E                                 |                       |                  |                   |                       | ZZ 89 921                                      | 29/69/29 (29861/69<br>26/68/16 (29861/69           | 59716°661 9                       | 6610 0<br>8710 0                        | 00.001                   | 7791 89              |
| 260216                                 |                       |                  | -                 |                       | 529921   | 90946'27 82260'67                                  | 17770 194 07721                   | 9010 0-                                 | 199.60                   | 96/9 /9              |
| 819 <u>8,1</u> 0<br>4593.10            |                       |                  |                   |                       | 1/2892/921                                     | 1 20052 10 22099 00                                | 16761 961 1                       | 9400 0-<br>0/00 0-                      | 09.991                   | 8779 79              |
| 8989 LE                                |                       |                  |                   |                       | 17969'921<br>9296'921                          | 98022 BE 56MED GE                                  |                                   | 0/00 0·                                 | 08.781                   | PZ 2924              |
| 21/29 LE                               |                       |                  |                   | +                     | 590'921<br>10#99'921                           | 22116 EF 99022 CF                                  | 97920 B61 6                       | 1900 0-<br>/#0010-                      | 0E 281                   | 9//80129             |
| 92991E                                 |                       |                  | -                 |                       | 10EDE 9/1                                      | 29/55 ht 68/18 ht                                  | Z/99Z 00Z 6                       | E00 0                                   | 0E 981                   | 8787 36<br>Fotorioc  |
| 1,99.16                                |                       |                  |                   |                       | 610 321<br>657 SZL                             | BZCPB EP Z2592 EP                                  | 9121987202 2                      | B200 0                                  | 06.901                   | 021 99               |
| P6E9 10                                |                       |                  |                   |                       | 8909 921                                       | L9699 ZF 86969 ZF                                  | 69066 EDZ 0                       | 6200 0-                                 | 06.461                   | 2621 39              |
| 966916<br>872316                       |                       |                  |                   |                       | P0/9 9/1<br>F13/ 9/1                           | 60681.95 25%54.14<br>50%86.04 25%54.14             | 66999 E0Z 6<br>99/9E EDZ 6        | 6200 0-<br>00 0-                        | 183'80                   | 98 0508<br>98 98 99  |
| 21,622                                 |                       |                  |                   |                       | 61910 921                                      | 1 10229 6E 72599 66                                | 10922202 0                        | 00.0-                                   | 107701                   | 912 99               |
| - 3i 6104                              |                       |                  | -                 |                       | 9672 921                                       | 20899 17 69890 St                                  | 62176 407 2                       | 62000                                   | 08 181                   | 2117 99              |
| 9969 LC                                |                       |                  |                   |                       | 9819 921                                       | 11921 8V V8V ZV                                    | #26#9 LOC 8                       | 0 0045                                  | 09 081                   | Magr. 36             |
| 2/89'16                                |                       |                  |                   |                       | 19602 921                                      | 61929 87 75537 87 99                               | 9999900                           | 1900 0·                                 | 08.091                   | 9108 1/9             |
| #185'12<br>60/9'16                     |                       |                  | -                 | +                     | 17292 721                                      | 1 20668115 68918105<br>20625105 99116105           | 5/991 002 6                       | 6010 0-<br>971010-                      | 06.621                   | 2619199              |
| BERG LE                                |                       |                  | -                 |                       | Z/90 5/1                                       | ZEEDD 61 96622 61                                  | 191960 D0Z 9                      | 62100                                   | 0E 021                   | 261 PC               |
| CH99 LC                                |                       |                  |                   |                       | 52.921   | 199909 50 8689E 91                                 | SISEP 102 P                       | IELO O                                  | DE 221                   | 9660 99              |
| 9999 16                                |                       |                  |                   |                       | 9962 921<br>6509 921                           | 10096 PV 10110 90                                  | 2 205 10102 Z                     | N10 0-                                  | 09.921                   | 6961 69<br>6768 69   |
| 9099'16<br>909'16                      |                       |                  |                   |                       | 92'921<br>92'921                               | 99799177 829751                                    | 1 205 26853<br>5 204 31643        | 1910 0-                                 | 06'921                   | 1/209 C9<br>C7 C9    |
| 2629 10                                |                       |                  |                   |                       | 92.921<br>Geng G / L                           | 06882'97 £8899'97                                  | 662266 10Z 6                      | 0910 0-<br>Spin 0-                      | 00121                    | 9//2 89<br>ZCZ1 89   |
| 921916 -                               |                       | -                | -                 |                       | 7060 921                                       | 19209 19209 19200                                  | 1 205 20211                       | 69100                                   | 08 621                   | 97,6679              |
| 909 12<br>909 12                       |                       |                  |                   |                       | 00662 921                                      | LOBSE EN ZVOZE VV                                  | SECE 202 3                        | 9010 0                                  | 08 724                   | 899 29               |
| C009 16                                |                       | - Mar - 20       | 1                 | 6                     | 66291 221                                      | 21962 27 71799 97<br>26623 67 62699 87             | 6 EZZ ZOZ 2                       | 6900 0·                                 | 05 221                   | 2535,22              |
| 9997 1C                                |                       | _                |                   |                       | 200 0/1  | 99825 67 69672 67<br>99837 76885 77                | 60901 202 6<br>87501 202 2        | 0000                                    | 06 121                   | 25,0584              |
| 2/1/16                                 |                       |                  | -                 | *                     | 60009 821                                      | CZ2005 dC /Z000 00                                 | 2 205 45P                         | 8900 0<br>1470 0:                       | 00021                    | 906 19               |
| 1999 <b>7</b> 10                       |                       | •                | -                 |                       | 17606 821                                      | 36 13036 36 01 100 100 100 100 100 100 100 100 100 | 9 305 1909                        | 6900 0-                                 | 06,691                   | 21 6012              |
| BEBALIE<br>BEBALIE                     |                       |                  |                   |                       | 929 921<br>929 921                             | 11 18562 DV 29082 85                               | 2 205 50000                       | 5200'0-                                 | 00.891                   | 1962,12              |
| 31,4422                                |                       |                  |                   |                       | 979 021<br>979 921                             | 45 68501 43 48853<br>45 08501 41 35563             | 99901 202 9<br>16610 202 6        | 6,000                                   | 06 291                   | 9166 09              |
| PREF LE                                |                       |                  | -                 | -                     | 6/69/ 19/1<br>99/11/6/1                        | 6/F/ 6F 1/2668/8F                                  | 82210 ZUZ 9                       | 6040 D<br>1140 D                        | 199 991                  | 20653-09             |
| BVCF LE                                |                       |                  | _                 |                       | 8512 621                                       | 9/// 1000000                                       | 5 505 (1389                       | BZIOO                                   | 08'991                   | PVE9'09              |
| SETA IE                                |                       |                  |                   |                       | 66570 081                                      | 6619507 25092 0F                                   | 28+10/202 L                       | 100                                     | 164 80                   | 90,2296              |
| 910k re                                |                       |                  |                   | 6                     | 190 991  | 62620 ZV   | 99676 100 6                       | 0#10.0-<br>9610.0-                      | 05.631                   | 01/20/09<br>01/26/67 |
| 6966 <u>1</u> 6<br>6E11 <del>0</del> 1 |                       |                  |                   |                       | 69767-181<br>68289-181                         | 45.0564  | 2                                 | 0710 0-<br>2610 0-                      | 482 90                   | 787724<br>23.94      |
| 21 31 396 VS                           |                       |                  |                   |                       | 181 <sup>°</sup> 348<br>185 <sup>°</sup> 33538 | 10122117   | 6                                 | 8110'0-                                 | 191,30                   | 9297 67<br>Z518 67   |
| 962616                                 |                       |                  |                   |                       | 6/0/9 781                                      | 65201 2V   | <br>6                             | 9010 0-                                 | 191 30                   | 9791 67              |
| 196 16                                 |                       |                  |                   |                       | 6022.081                                       | SZ266 EV   | -2                                | 81600                                   | 06'091                   | 899.90               |
| PGPE IE                                |                       |                  |                   |                       | 66626 981                                      | 46,222.47  |                                   | 4260 0                                  | 06.681                   | 7595 60              |
| BUDE LE                                |                       |                  | -                 |                       | AT0.991<br>E2026 261                           | 19096 67   | 6                                 | 460.0                                   | 06,661                   | 18 1008              |
| CRE 16                                 |                       |                  | -                 |                       | 66190 681                                      | 1 81291'77<br>96066'97                             | 9                                 | 6150.0-<br>0                            | 08/291                   | 960 87               |
| 31,3204                                |                       |                  |                   |                       | 6E0/E 061                                      | 22106'99<br>CCIde 0#                               | 4                                 | 6150.0                                  | 08'991                   | Z16/ /9              |
| BBDE 4E                                |                       | 4                |                   |                       | 61211 161<br>61211 161                         | 290/5167   | V                                 | 6160 D                                  | 08'991                   | V387 /V              |
| 2.452 VE                               |                       |                  | <u></u>           |                       | 86659 261                                      | 1 10560'07   | 7                                 | GLED D                                  | 08/791                   | 9181 /7              |
| 9582 LE                                |                       |                  | _                 |                       | 105 9654<br>105 12659                          | GBUUP OF   | - 7                               | 6160'0-                                 | 163,80                   | 0928 97              |
| 9627.10<br>722'3E                      |                       |                  |                   |                       | 163 94538<br>164 5284                          | 1 16EP9'EP<br>#25CB'5P                             | 2                                 | 6460 0-<br>6160 0-                      | 162,90                   | 492 1544             |
| 2002'10                                |                       |                  |                   |                       | 66/97 461                                      | 91126.27   | 7                                 | 6160 <sup>0</sup>                       | 195,300                  | 9817 97<br>799 9189  |
| 999C 10                                | -                     | -                |                   |                       | 196,6164                                       | 2E990 19   |                                   | 6:000                                   | 191 30                   | SP11 97              |
| 347.745                                |                       |                  | -                 |                       | 8921 961                                       | 89927 67   | 7                                 | 6460.0                                  | 160.30                   | 19.94                |
| VERS IS                                |                       |                  | -                 |                       |  | 1 2271119  |                                   | 6160.0-                                 | 06.941                   | C909'97              |
| 9666.16                                |                       |                  |                   |                       | 69959 961                                      | 57857 ZS   | F<br>V                            | 6160 0·                                 | 06.841                   | 8096 97<br>1002 97   |
| 31'516                                 |                       |                  |                   |                       | 97./2 002<br>86./16 007                        | \$0662"1 <u>9</u><br>25209"8#                      | 7                                 | 6160.0-                                 | 09 201<br>05 201         | 9998 M               |
| 31,2044                                |                       |                  |                   |                       | 61919 200                                      | 20662 ZV   |                                   | 6160.0-                                 | 146.60                   | 74 1430              |
| 6281 16                                |                       |                  | -                 | *                     | 60206 P00                                      | 9722927  | 4                                 | 6160.0                                  | 09.971                   | 1967 FF              |
| Z191 10 -                              |                       | -                | -                 |                       | 96976 900<br>96976 900                         | C 69999 19   | - 7                               | 6460.0-                                 | 144.80                   | 982 17               |
| P921 1E<br>31 1696                     |                       |                  |                   |                       | 62210.202<br>96838                             | 23 2430E 23  | 7                                 | 6160 0-<br>6160 0-                      | 143.80                   | ¥3 6566              |
| BESI LE                                |                       |                  |                   |                       | 29696 600<br>606101172                         | ZZERS 19   | 7                                 | 6160 0-                                 | 143.30                   | ¥3/9 67              |
| 2251 1E                                |                       |                  | -                 |                       | 515 54888                                      | 6/666 69   |                                   | 61E0 0-                                 | 0E 271                   | 9148 89              |
| 50F1 10                                |                       |                  |                   |                       | 2167 512                                       | IEZZE ES   | - 9                               | 6160 0                                  | 0E.141                   | 8990 67              |
| EZT IE                                 |                       |                  |                   |                       | 715MD 615<br>8518h 815                         | C 75825 19   | 7                                 | 6120 0                                  | 08 09 L                  | 45 242               |
| 2621 16                                | 2                     |                  |                   |                       | 26999 177<br>21816 EZZ                         | 2 9691 19<br>2 95969 29                            | 7                                 | 6150 0-<br>6150 0-                      | 08/661<br>06/661         | 45 1609<br>15 1609   |
| 9111.10                                |                       |                  |                   |                       | 96927 922<br>7599 9277                         | 2 9782729  | 4                                 | 6160.0-                                 | 136.80                   | 45 3048<br>45 1654   |
| L'IE<br>AMAR                           | doubl                 | 10.39            |                   |                       | 22907 622                                      | 2028203  | 10                                | 61600 <sup></sup>                       | DB ZEL                   | ZV                   |
| OTAO NIS                               | M 003 RTRAA M 003 RTF | RAR M 002 AITSA9 | OTAG NIS OTAG NIS | OTAG NIS IN 606 RITRA | 9 M 802 ATRA9                                  | OTAG NIS M 03 91194                                | PARTIR 50 M PA                    | M 002 RTTRAG                            | 1 along                  | Stred                |

|   |  | PARTIR 500 M PARTIR 50 M PARTIR 50 M                          |   |  | PARTIR 508 M   | PARTIR 508 M SIN R.E.  |    | PARTIR 500 M PARTIR 500 M PARTIR 500 M SIN R.F                 |   |              |   |  |  |    |  |
|---|--|---|---|--|--|--|----|--|---|--------------|---|--|--|----|--|
| PROF [m]  | Prof [pie]   | CALIPER   | DRHO  | DT   | GR   | GREC   | SP | ILD  | ILM   | LLD LLS MSFL | NPH   | PEF  | RHOB   | Rī | TEMP                                     |
| 505 0393<br>505 1916<br>505 344<br>505 4954               | 1 666 877<br>1 667 377<br>1 667 877<br>1 668 377                   | 14 34977<br>14 48735<br>14 51567<br>14 56039                  | -001393   | 135 26445  | 33 22553<br>33 22575<br>34 52974<br>37 52165                       | 66 3529<br>66 3148<br>69 06914<br>70 72698                             |    | D 43881<br>D 41918<br>D 6658<br>D 94137                        | 0 75067<br>0 88405<br>0 95505<br>1 10495                                  |              |   | 2 22211<br>2 21912<br>2 22039<br>2 1 225   | -0 01389<br>-0 0101<br>-0 0 110<br>-0 0 10                       |    |  |
| 505 64 55<br>505 85 35<br>509 105<br>509 2554             | 1668 877<br>1669 377<br>1669 877<br>1670 377                       | 10 59752<br>10 6315<br>10 6703<br>10 67657<br>10 67657        | -0 0 1 8<br>-0 0 93<br>-0 0 93                          | 135 807  | 40,13793<br>41,18494<br>4206284<br>4339059<br>4506707              | 70 50200   |    | 1 20031<br>1 30613<br>1 30029<br>1 37105<br>1 36777            | 1 00001<br>1 50010<br>1 50010<br>1 50055                                  |              | 0 47095   | 2 17868<br>2 2189<br>2 32437<br>2 46034<br>7 46034   | 0.00737  |    | 74                                       |
| 509 3108<br>509 5632<br>509 7186                          | 1 67 1 377<br>1 67 1 877<br>1 67 2 377<br>1 67 2 877               | 10 62526<br>10 62621<br>10 62613<br>10 62511                  | -0 0 17<br>-0 0 08<br>-0 0 92                           | 136 320<br>136 320<br>136 737                                  | 48 51872<br>44 35045<br>42 14526<br>39 5157                        | 10<br>10<br>10   |    | 1 27828<br>1 27882<br>1 31828<br>1 42422                       | 1 4 27 6<br>1 4 4 28 4<br>1 4 4 27 4<br>1 4 1 3 3                         |              |   | 2 4 6 2 3<br>2 4 8 6 4 6<br>2 8 8 2 8<br>2 8 7 2 6   | 0.00697  |    | 45.1626                                  |
| 510 1726<br>510 3252<br>510 4776                          | 673 377<br>673 877<br>674 377<br>674 877                           | 14 65416<br>14 65416<br>14 6555<br>14 56476                   |   | 137 927  | 36 62466<br>35 97572<br>35 60655<br>34 65012                       | 98<br>71/17371   |    | 1 00312<br>1 00251<br>1 00305<br>1 30055<br>1 30055            | 1 39059<br>1 3905<br>1 39213<br>1 39213                                   |              | 0 00012<br>0 00710<br>0 02003<br>0 02003<br>0 00707<br>0 000707   | 2 70779 2 70779 2 69231 2 69546 2 69546  |  |    |  |
| 510 7820<br>510 9308<br>511 0872<br>511 3396              | 675 877<br>676 377<br>676 877                                      | 14 4771<br>14 40975<br>14 34695<br>14 30553                   | -00128  | 138 380  | 33 18279<br>33 6732<br>34 66249<br>32 64647                        | 12.01000   |    | 1 37172<br>1 37288<br>1 37518<br>1 37618                       | 1 3965<br>1 3965<br>1 39492<br>1 39344                                    |              | D 52494<br>D 50007<br>D 45161<br>D 45205  | 2 58625<br>2 71792<br>2 55359<br>2 86103   | -0.0   |    | 1673                                     |
| 511 393<br>511 5444<br>511 5455<br>511 5493<br>511 5493   | 1 677 877<br>1 678 377<br>1 678 877<br>1 678 877                   | 14 27127<br>14 23574<br>14 19207<br>14 11416<br>14 05152      | 9,95218   | 130 010  | 30 37 277<br>29 7 294<br>30 32 213<br>30 8 3 8 2                   | 71 D#207<br>68 #1688<br>67 D4888<br>66 28508<br>66 28508               |    | 1 37624<br>1 376<br>1 376<br>1 37659<br>1 37659                | 1 39260<br>1 3926<br>1 3926<br>1 39319                                    |              | 0 49278<br>0 50328<br>0 51383<br>0 513654<br>0 51654  | 2 95634  | 991973   |    | 55<br>55<br>11<br>54                     |
| 512 150<br>512 3060<br>512 4555<br>512 6112               | 1 68 0 377<br>1 68 0 877<br>1 68 1 377<br>1 68 1 877               | 13 99697<br>13 99338<br>13 78565<br>13 68265                  | 001012  | 135 111<br>134 326<br>133 67712<br>133 29791                   | 27 95170<br>23 80531<br>19 76083<br>17 84267                       | 65 71 09<br>64 011 09<br>61 85783<br>64 50575                          |    | 1 3809<br>1 38264<br>1 38417<br>1 39131                        | 1 3975  |              |   | 2 6 2 6 8 4 4 7  |  |    | 120                                      |
| 512 /030<br>513 0550<br>513 0550<br>513 2205<br>513 3732  | 100 2 377<br>1083 377<br>1083 377                                  | 13 50050<br>13 60107<br>13 21053<br>13 11176                  | -0.0237   | 132 0001   | 12 36 233<br>24 31 734<br>24 67 268<br>24 41 829                   | 60 83760<br>59 76649<br>59 57501<br>60 62273                           |    | 1 4165<br>1 4165<br>1 43025<br>1 4477<br>1 46043               | 1 4 28 2<br>1 4 4 21 8<br>1 4 5 27 2<br>1 5 2 2 5 5                       |              | 0 50/0<br>0 53137<br>0 51301<br>0 50159<br>0 45977  | 2 00010<br>3 50015<br>4 71051<br>4 50235<br>4 75702  | 8 9 98 1 *   |    | 45 2041                                  |
| 513 5356<br>513 678<br>513 678                            | 1 684 877<br>1 685 378<br>1 685 878<br>1 686 378                   | 13 06042<br>13 0614<br>13 0683<br>13 01433                    | -0 0 1 0 7 5<br>-0 0 2 1 6 6<br>-0 0 7 3                | 132 593  | 23 88438<br>21 88478<br>19 42466<br>18 80087                       | 56 49737   |    | 1 5000<br>1 51927<br>1 50882<br>1 57883                        | 1 5364<br>1 56084<br>1 5898<br>1 61679                                    |              | 0 47654<br>0 49653<br>0 5159  | 4 5053<br>3 22889<br>3 29027<br>3 36232  | -0.003   |    | 48 2087<br>48 211<br>48 2133<br>48 2133  |
| 514 2576<br>514 44<br>514 5924<br>514 5924                | 687 378<br>687 878<br>687 878                                      | 12 81886<br>12 88671<br>13 93933                              | 001774  |  | 18 14 222<br>20 332<br>23 68 279<br>28 16 508                      | 23.40+43<br>54.40+   |    | 1 61 207<br>1 61 499<br>1 60 501<br>1 599 62                   | 1 64331<br>1 64806<br>1 64811<br>1 6385                                   |              | 0 80731<br>0 80164<br>0 49683<br>0 49683  | 3 97903<br>4 64699<br>4 47137<br>4 13013   | 0,00035  |    | 48 2225<br>48 2225<br>48 2225            |
| 510 5972<br>515 5005<br>515 202<br>515 3500               | 682 378<br>682 878<br>680 378<br>680 878                           | 127772  |   |  | 24 921 55 23 991 03 24 35 001 25 991 03                            | 54 55<br>54 58<br>54 58  |    | 1 58875<br>1 58227<br>1 57802<br>1 57802                       | 1 62277<br>1 62267<br>1 61901<br>1 60773                                  |              |   | 3 23737 3 14 295 3 14 | 35935  |    | 2294<br>2317<br>5224<br>2363             |
| 515 6592<br>515 5116<br>515 960<br>516 1160               | 1691 878<br>1692 378<br>1692 878<br>1693 878                       | 2 772<br>2,772<br>12 76C<br>12 74                             |   | 133 0531 1<br>133 151<br>133 263 7<br>133 431 7                | 26 79616<br>24 27252<br>23 03826<br>23 12185                       | 49 25741<br>48 20056<br>47 59275<br>51 92665                           |    | 1 55742<br>1 55704<br>1 55704<br>1 55765<br>1 55526            | 1 59326<br>1 59136<br>1 5926<br>1 59279                                   |              | 0 56348<br>0 5479<br>0 53526<br>0 52661   | 3 4 6 4 7 8  |  |    | 10.78                                    |
| 516 4212<br>516 5736<br>516 726<br>516 726                | 694 378<br>694 878<br>695 378                                      | 12 660<br>12 554<br>12 525<br>12 525                          |   | 134 166<br>134 722<br>135 211<br>135 577                       | 23 27967<br>23 75212<br>25 29015<br>27 87782                       | 56 73232<br>54 5535<br>53 59247<br>54 52125                            |    | 1 88684<br>1 8868<br>1 8889<br>1 88891<br>1 88122              | 1 8555<br>1 87652<br>1 87652<br>1 877552                                  |              |   | 360576   | -0 0 21<br>-7 0 07<br>-0 0 52                                    |    | 48 2524<br>48 2547<br>48 257<br>48 2593  |
| 517 1335<br>517 3355<br>517 488<br>517 488                | 1 696 878<br>1 697 378<br>1 697 378                                |   |   | 135 8541<br>135 8541<br>135 880                                | 25 40222<br>25 34 42<br>25 77624<br>25 36361                       | 55,62035<br>55,22026<br>53,0515<br>52,777                              |    | 1 54255<br>1 5262<br>1 5262<br>1 52634<br>1 49045              | 1 55020<br>1 50000<br>1 50000<br>1 52057                                  |              |   | 3 21813<br>3 34997<br>3 47978<br>3 47978   |  |    | 48 268                                   |
| 517 7935<br>517 9452<br>515 0976<br>515 0976              | 1028 878   | 12,4121   | -00 79  | 115121   | 28 61796<br>28 40532<br>28 25183<br>27 87888                       | 53 53473<br>54 45871<br>52 51178<br>53 01485                           |    | 1 47803<br>1 46913<br>1 45785<br>1 45785                       | 1 80339<br>1 49443<br>1 48095<br>1 4715                                   |              | 0 53052<br>0 51655<br>0 50457<br>0 5173   | 373876<br>373887<br>373287<br>373287   | -0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0                           |    | 48 2731<br>48 2754<br>48 2777<br>48 2777 |
| 518 5548<br>518 7072<br>518 5566<br>519 013               | 1701 378<br>1701 878<br>1703 378<br>1703 878                       | 12 415<br>12 576  | -0 2 83   | 134 121  | 28 02696<br>28 38369<br>23 08693<br>24 86448                       | 55 0795<br>58 01305  |    | 1 45165<br>1 45565<br>1 47371<br>1 466322                      | 1 07353<br>1 07535<br>1 09933<br>1 51913                                  |              | 0 53112<br>0 52054<br>0 51055<br>0 50155  | 3 6 1 5 1<br>3 5 4 5 4 7<br>3 4 6 1 5 6<br>3 5 6 7 3 5   |  |    |  |
| 519 1030<br>519 3165<br>519 3693<br>519 6316<br>519 773   | 1703 378<br>1704 378<br>1704 378<br>1705 378                       | 1230837<br>1230837<br>1230837<br>12308037                     | 8.87891   | 134 07   | 20 05/01<br>27 65235<br>27 65555<br>26 95044<br>26 95044           | 55 57749<br>55 59633<br>55 14056                                       |    | 1 69773<br>1 50274<br>1 5059<br>1 5059<br>1 5059               | 1 53759<br>1 54107<br>1 53943<br>1 53467<br>1 53907                       |              | 0 010/2<br>0 51053<br>0 52545<br>0 40072<br>0 40295   | 3 31918<br>3 36281<br>3 36333<br>3 33742   |  |    | 48 2961                                  |
| 510 0768<br>520 0768<br>520 3512<br>520 3535              | 706 879  | 12 30832<br>12 30881<br>12 30814<br>12 3014                   | -0 0 4 6 4<br>-0 0 1 2 2                                |  | 23.62361<br>20.70114<br>21.32167<br>22.42064                       | 57 58544<br>58 28545<br>53 26475<br>53 25013                           |    | 1 4 9 957<br>1 45 9 99<br>1 45 1 17<br>1 45 0 0 1              | 1 52350<br>1 511<br>1 50112<br>1 50173                                    |              | 0 50209<br>0 51122<br>0 52035<br>0 52035  | 3 23 30 5<br>3 23 22 5<br>3 21 16 3<br>3 21 72   |  |    |  |
| 520 6004<br>520 5405<br>520 9932<br>521 1455              | 708 378  |   | -0 0 0 3 1<br>-0 0 1                                    | 51<br>51<br>12 505   | 20 20 00 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 2                           | 57 50638<br>57 56638<br>57 56638                                       |    | 1 47732<br>1 47732<br>1 4746<br>1 471                          | 5071<br>50752<br>50745  |              | 0 53773<br>0 53773<br>0 53778<br>0 54813  | 3 27644  | -D Q 23  |    | 48 3141<br>48 3141<br>48 3214<br>48 3237 |
| 521 4504<br>521 6028<br>521 7552<br>521 7552              | 710 379<br>711 379<br>711 379<br>1711 379                          | 120000000000000000000000000000000000000                       | 0.0+00  |  | 21 78 25   | 56 5943<br>52 07169<br>50 09465<br>52 73361                            |    | 1 400 20<br>1 4070 21<br>1 473 23<br>1 473 23<br>1 424 20      | 1 0 2071<br>1 0 2511<br>1 0 2552<br>1 5131<br>1 50522                     |              | 0 55151<br>0 52151<br>0 50227<br>0 50227  |  |  |    |  |
| 522 21 24<br>522 31 24<br>522 3645<br>522 3645            | 1712 879   | 12 39426<br>12 3677<br>12 34429<br>12 32819<br>12 32819       | -0 0 01<br>-0 0 28<br>-0 0 17<br>-0 0 27                |  | 25 97 1 57<br>26 238 47<br>25 78 299<br>24 899 81                  | 52 54055<br>51 50332<br>53 59576<br>55 54363                           |    | 1 50007<br>1 50494<br>1 51555<br>1 53262                       | 1 56643<br>1 58<br>1 59189<br>1 6025                                      |              | 5149<br>5089<br>5746<br>6163  |  |  |    | 48 3375<br>48 3398<br>48 3421<br>48 3444 |
| 522 822<br>523 9744<br>523 1268<br>523 2792               | 718 379  | 12 28957<br>13 27007<br>13 25304<br>13 25035                  | -0.0 44   | 133 3333<br>133 33994<br>133 38196<br>133 38196                | 22 22508<br>21 24 995<br>21 17 965<br>22 25 534                    | 55 62996<br>52 1337<br>51 18126<br>51 65901                            |    | 1 5425<br>1 54725<br>1 53607<br>1 53754                        | 1 61471<br>1 61537<br>1 6033<br>1 60183                                   |              | 9.97389   | 4 10897<br>3 88922<br>3 87871<br>3 48389   | -00.031  |    | 48 349<br>48 3513<br>48 3536<br>48 3559  |
| 523 556<br>523 7364<br>523 7364<br>524 0412               | 717 878<br>718 878<br>718 878<br>718 878                           | 12 250/2<br>12 25234<br>12 25234<br>12 25335<br>12 27155      |   | 133 05021<br>133 05113<br>133 051<br>134 051                   | 23 51 56<br>23 524<br>23 92237<br>23 76816                         | 55 27772<br>56 29129<br>56 1865<br>55 50877                            |    | 1 51 2 2 3 5 1 5 1 2 2 5 2 1 5 1 5 2 5 2 1 5 1 5 5 2 1 5 1 5   | 1 5534<br>1 5534<br>1 57717<br>1 55131<br>1 55125                         |              | 0 7714<br>6 76073<br>0 49563  | 3 03 265<br>2 8 565<br>2 7 3 7 5 7<br>2 6 4 4 1 1  |  |    | 48 3608<br>48 3628<br>48 3631<br>48 3651 |
| 520 1936<br>520 306<br>520 0980<br>520 6508               | 1719 879<br>1720 379<br>1720 879<br>1721 379                       | 12 20052<br>12 31391<br>12 37389<br>12 4333<br>12 4333        |   | 134 07   | 25 95007<br>26 35769<br>30 00876<br>31 02801<br>34 24 113          | 54 57529<br>53 04294<br>51 57127<br>50 71271<br>50 71271               |    | 1 51275<br>1 51427<br>1 51475<br>1 51975<br>1 52955<br>1 53955 | 1 55015<br>1 5733<br>1 56557<br>1 56557<br>1 565172                       |              |   | 2 5555<br>2 54 232<br>2 53 254<br>2 45 24 2<br>2 45 24 1<br>2 45 27 1  | 0.01949  |    | 48 3697<br>48 373<br>48 3743<br>48 3766  |
| 525 105<br>525 2604<br>525 4125                           | 733 379  | 12000<br>1200002<br>1200002<br>1203287<br>1203287             |   | 133 255  | 41 3632<br>47 97263<br>47 71862<br>41 26261                        | 50 19963<br>50 19963<br>50 53690<br>51 60153                           |    | 1 53912<br>1 53967<br>1 54164<br>1 5455                        | 1 5755<br>1 58501<br>1 59173<br>1 59411                                   |              | 0 4 867<br>0 50783<br>0 5241<br>0 5154 8  | 2 0 0 0 0 0<br>2 0 0 0 1 0<br>2 5 1 65 1<br>2 7 3 0 0 0  | 8.839.56   |    |  |
| 5 25 71 75<br>5 25 77<br>5 25 77<br>5 26 17 2 8           | 724 879  | 12 41285<br>12 39912<br>12 35518                              |   |  | 20   | 54 14014<br>57 11193<br>59 26031<br>60 47953                           |    | 1 55257<br>1 55257<br>1 55232<br>1 55132<br>1 55142            |   |              |   | 3 3 3 2 6 6 6 7 8 7 8 7 8 7 8 7 8 7 8 7 8 7 8 7  | -5-0899  |    | 27                                       |
| 526 3272<br>526 4796<br>526 633<br>526 7544               | 1726 880<br>1727 380<br>1727 880<br>1728 380                       | 12 34219<br>12 32823<br>12 31282<br>12 28266                  | 2                 | 132 - 098<br>132 - 198<br>177 / 087                            |  | 62 0621<br>65 57553<br>75 78581<br>79 55035<br>77 50355                |    | 1 57856<br>1 57711<br>1 55723<br>1 59344<br>1 59344            | 1 64681<br>1 63518<br>1 60018<br>1 5889                                   |              |   | 3 36841  | 0.01003<br>-0.0130   |    | 10.1886                                  |
| 537 0893<br>537 3416<br>537 344<br>537 3464               | 739 380<br>739 880<br>730 880<br>730 880                           | 12 25191<br>12 25143<br>12 25669<br>12 26654                  |   | 134 D24<br>134 315   |  | 67 61307<br>80 20050<br>80 73711<br>80 65456                           |    | 1 55506<br>1 57556<br>1 57051<br>1 56553                       | 55347<br>55547<br>54523   |              | 0 4045  | 2 d 2 d<br>2 d 1 d<br>2 d<br>2 d 2 d<br>2 d<br>2 d<br>2 d<br>2 d<br>2 d<br>2 d<br>2  |  |    | 141                                      |
| 527 5512<br>525 0036<br>525 155<br>525 155                | 1731 880   | 12 27117<br>12 28279<br>12 30559<br>12 30559                  |   | 135 818<br>136 142<br>136 546                                  | 46 40737<br>43 21819<br>38 17743                                   | 62 10745<br>61 88738<br>58 56326<br>68 73601                           |    | 1 54 4 54<br>1 54 4 54<br>1 51 9 55<br>1 51 9 55               | 1 83376<br>1 53071<br>1 50169<br>1 47555                                  |              | D 4 5 5 5 5<br>D 4 5 5 5 5<br>D 4 5 6 5 5<br>D 4 5 6 2 5  | 2 64593<br>2 69946<br>2  | -0.0028  |    | 48 4272                                  |
| 520 0000<br>520 0132<br>520 0550<br>520 910<br>520 910    | 1733 000<br>1734 380<br>1734 880<br>1738 380                       | 12 30815<br>12 30856<br>12 30856<br>12 30856                  |   | 137 070<br>137 167<br>137 234                                  | 31 62681<br>31 10587<br>31 83439<br>33 18526                       | 63 11664<br>64 43298<br>63 09948                                       |    | 1 40 234<br>1 47 63<br>1 46 245<br>1 46 751<br>1 43 775        | 1 0 0 0 0 2<br>1 0 2882<br>1 0 1 182<br>1 0 0 6 0 5<br>1 0 0 5 0 5        |              | D 3 2 6 6 6<br>D 5 2 1 5 4<br>D 5 2 1 5 4<br>D 5 3 3 6 7<br>D 5 4 3 6 4   | 2 4 4 9 4 4 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7  | 8,88187  |    | 1111                                     |
| 520 2225<br>520 3752<br>520 5275<br>520 5275<br>520 5275  | 1736 380<br>1736 880<br>1737 380<br>1737 880                       | 12 28978<br>12 28961<br>12 28969<br>12 28968<br>12 28968      | -0.0  | 12<br>12<br>137<br>137<br>136<br>137<br>136                    | 34 2461<br>33 56687<br>30 75744<br>29 21036                        | 70 94505<br>75 52655<br>77 21199<br>76 6405                            |    | 1 42941<br>1 42045<br>1 415425<br>1 416426<br>1 414267         | 1 30100<br>1 30100<br>1 3053<br>1 3055                                    |              |   | 3 1 4 8  | 8.850+3  |    |  |
| 520 9545<br>530 1373<br>530 2595<br>530 442               | 1738 880<br>1739 380<br>1739 880<br>1739 880                       | 12 28964<br>12 28963<br>12 28963<br>12 28963                  |   | 137 738<br>137 738<br>137 869                                  | 35 55141<br>40 03654<br>43 08743<br>44 73903                       | 65 8812<br>62 54742<br>61 04523<br>60 85479                            |    | 1 40845<br>1 39656<br>1 3878<br>1 38128                        | 1 36474<br>1 36933<br>1 36933<br>1 36933<br>1 34133                       |              |   |  | 88833  |    | 10.151                                   |
| 530 5900<br>530 7065<br>530 5993<br>531 0516<br>531 200   | 1 74 0 880<br>1 74 1 380<br>1 74 1 880<br>1 74 2 880<br>1 74 2 880 | 12 20203  |   | 37   |  | 62 51566<br>63 79147<br>65 06786<br>62 71537<br>55 6014                |    | 1 370122<br>1 365222<br>1 365222<br>1 36122<br>1 36122         | 1 33126<br>1 32473<br>1 3265<br>1 3275<br>1 3275                          |              | 0 5171<br>0 5225<br>0 53371<br>0 53492<br>0 55405   | 3 50<br>3 51<br>3 52<br>5 5<br>3 5<br>3 5<br>3 7<br>3 1  |  |    |  |
| 531 2658<br>531 6612<br>531 612                           |  | 2 28650   |   | 37   | 38 21 080<br>38 134 54<br>36 40332<br>35 024 20                    | 61 66555<br>61 66555<br>68 56555<br>71 25151                           |    | 1 3523<br>1 34679<br>1 34204<br>1 33949                        | 1 33567<br>1 33195<br>1 31600<br>1 3136                                   |              |   | 4 12200<br>4 44795<br>4 35166<br>4 20717   | 8.96736  |    | 20<br>24<br>47                           |
| 532 1100<br>532 2708<br>532 4232<br>532 4232              | 17 380   |   | 0.01030   |  | 38 08021<br>37 46379<br>33 6201<br>28 38 663                       | 76 33704<br>77 54497<br>74 53037<br>73 06617                           |    | 1 32030<br>1 32030<br>1 32262<br>1 32262                       | 1 31 056<br>1 3096<br>1 3096  |              |   | 4 5279<br>4 50067<br>4 52497<br>4 5731   | 36   |    | 10                                       |
| 532 8800<br>533 0328<br>533 1852<br>533 3376              | 17 381   | 235093  | -0 0 94<br>-0 0 17<br>-0 0 91                           | 132 62123<br>132 65127<br>132 77667<br>132 89122               | 23 74 368<br>22 16 1 36<br>23 34 21 3<br>24 47 8 23                | 62 61 53<br>65 826 99<br>67 748 89<br>65 57298                         |    | 1 36887<br>1 39013<br>1 40563<br>1 43555                       | 1 34909<br>1 37367<br>1 39165<br>1 42829                                  |              |   | 8 01604<br>4 93809<br>4 18826<br>3.45471   | 0.05604  |    | 48 018<br>48 0184<br>48 0184             |
| 533 49<br>533 64 24<br>533 794 8<br>533 24 72<br>534 9995 | 1750 881<br>1751 881<br>1751 881<br>1752 381                       | 12 39238  | -0 0 88<br>-0 0 97<br>-0 0 91<br>-0 0 13                | 132 979<br>133 07211<br>133 22006<br>133 46616<br>133 75264    | 28 38794<br>30 97658<br>31 24775<br>31 24725<br>33 54725           | 64 64924<br>67 65913<br>65 43649<br>67 52659<br>61 41402               |    | 1 46742<br>1 50016<br>1 53235<br>1 53773<br>1 55262            | 1 46206<br>1 48176<br>1 48517<br>1 50468<br>1 51581                       |              |   | 2 69 223   | 0.00048  |    | 48 51 23                                 |
| 530 252<br>530 4040<br>530 5568<br>530 7092               | 1752 881<br>1753 881<br>1753 881<br>1754 381                       | 12,0051<br>12,03505<br>12,3635<br>12,26166                    |   | 134 DADE2<br>134 45<br>134 A557<br>135 341                     | 35 99707<br>37 07246<br>36 19634<br>34 67492                       | 50 51847<br>54 59819<br>52 84872<br>51 80122                           |    | 1 55209<br>1 55039<br>1 55639<br>1 54955                       | 1 52351<br>1 52503<br>1 5253<br>1 5263                                    |              | 0 50549<br>0 52244<br>0 51625<br>0 49224  | 2 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5  | -00+15<br>-00+15   |    | 48 5 26 1                                |
| 535 1664<br>535 3188<br>535 3188                          | 1755 381<br>1755 381<br>1756 381                                   | 1221166   | -0 0 12<br>-0 0 79<br>-0 0 411                          | 135 055  | 36 35 256<br>36 31 773<br>36 85 7 85                               | 60 21007<br>61 40299<br>60 22696                                       |    | 1 80833<br>1 4856<br>1 47451<br>1 46535                        | 1 47658   |              | 0 51897<br>0 51733<br>0 49266<br>0 46851  | 2 26414<br>2 26414<br>2 26922<br>2 26927   |  |    | 48.823                                   |
| 535 9284<br>535 9284<br>536 9284<br>536 9333              |  | 12 20928<br>12 20928<br>12 2098<br>12 2098                    | -0.02278  | 35 942<br>35 942<br>36 064                                     | 37 07390<br>36 07390<br>34 16400<br>31 31 153<br>33 13226          | 64 49485<br>67<br>67   |    |  | 1 3070  |              |   | 2 3670<br>2 36737<br>2 35662<br>2 35662<br>2 39705<br>2 42026  |  |    |  |
| 536 3856<br>536 538<br>536 5438<br>536 5438               | 1752 881<br>1760 381<br>1761 381<br>1761 381                       | 12 20501<br>12 20519<br>12 20357<br>12 20355<br>12 20273      |   | 136 1091<br>136 aC   | 34 86471<br>33 65665<br>37 20982<br>31 37504<br>30 91 377          | 12:15342   |    | 1 39852<br>1 39610<br>1 39376<br>1 3886<br>1 3886              | 1 37192<br>1 36809<br>1 36632<br>1 36231<br>1 36261                       |              |   | 2 42803<br>2 463<br>2 4677<br>2.45869<br>2 46134   | -D0 + 23<br>-D0 + 23<br>-D0 - 23<br>-D0 - 23<br>-D0 - 23         |    |  |
| 537 1476<br>537 3<br>537 4524<br>537 6048                 | 1762 381   | 12 20191<br>12 20109<br>12 20027<br>12 19945                  |   |  | 30 58464<br>30 04306<br>26 6055<br>27 03963                        |  |    | 1 38323<br>1 38328<br>1 38577<br>1 39235<br>1 40135            | 1 36575<br>1 3695<br>1 37311<br>1 38384<br>1 38384                        |              |   | 2 4 3 6 2<br>2 3 7 8 3 7<br>2 3 4 3 0 3<br>2 3 4 2 0 3<br>2 3 4 2 0<br>2 3 4 2 0 2<br>2 3 4 2 0 2 0 2<br>2 3 4 2 0 2 0 2<br>2 3 4 2 0 2 0 2 0 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  | -0 0 1 4 1<br>-0 0 2 2<br>-0 0 1 2 2<br>-0 0 1 2 2<br>-0 0 1 2 1 |    | 45 5652                                  |
| 537 ADAC<br>538 2144<br>538 3568                          | 1765 381   | 12 196  | -0000000<br>-00071<br>-00000                            | 134 36772 134 13626 135 2526 135 2526                          | 20 00082   | 812  |    | 1 01000<br>1 02009<br>1 03377<br>1 00000                       | 1 01033<br>1 03059<br>1 03100<br>1 05735                                  |              | 0 4 4 6 7 2<br>0 4 3 5 9 8<br>0 4 3 7 1 8<br>0 4 4 4 9 3  | 2 0 0 0 3 3<br>2 5 0 2 0 0<br>2 5 0 6 0 1<br>2 5 0 6 0 1   | -0 01116<br>-0 01079<br>-0 00987<br>-0 00985                     |    | 48 8767<br>48 879<br>48 5813<br>48 5836  |
| 535 6716<br>535 524<br>535 824<br>536 1255                | 767 382  | 11111   | 88633   | 133 61827<br>133 67678<br>133,36138<br>133,36138               | 24 72196<br>24 31 141<br>25 57995<br>26 5635                       | 18 19 19 19<br>19 732 1  |    | 1 45715<br>1 47117<br>1 4745<br>1 47857                        | 1 48636<br>1 48975<br>1 4813<br>1 4813                                    |              | 0 48131<br>0 48567<br>0 42704<br>0 4673   | 2 3868<br>2 38786<br>2 30756<br>2 30715<br>2 30661   | -0 00804<br>-0 00827<br>-0 00826<br>-0 00826                     |    |  |
| 530 2012<br>530 4330<br>530 500<br>530 7304<br>530 7304   | 1769 383<br>1769 883<br>1770 383<br>1770 883                       | 1220503<br>1232032<br>1235201<br>1235201<br>1235201           |   | 133 16368<br>133 07866<br>132 98027<br>132 980331<br>132 92393 | 26 10928<br>25 73684<br>25 4752<br>24 39485<br>23 60877            | 56 53696<br>56 13894<br>53 50504<br>53 50504<br>53 507043<br>55 27575  |    | 1 48365<br>1 48603<br>1 49317<br>1 60076<br>1 60769            | 1 4 9 3 6 3<br>1 4 9 3 1 3<br>1 5 9 3 1 3<br>1 5 9 1 1 9 7<br>1 5 3 6 3 5 |              |   | 2 0 0 0 1 3<br>2 90 0 5 1<br>2 0 0 3 0 2<br>3 0 3 0 2<br>2 0 3 2 2 0   | -001022<br>-00101<br>-001024<br>-001112                          |    | 48 5974                                  |
|   |  | 12 38478  |   | 132 72562<br>132 64751<br>132 64751<br>132 64751<br>132 54261  | 24 14 199<br>26 53 505<br>28 34 015<br>30 50 293                   | 50,05700<br>55,27600<br>50,57600<br>50,0500<br>50,0500<br>50,0500<br>1 |    | 1 51325<br>1 51746<br>1 52675<br>1 53552                       |   |              | 9.1305  | 2 44576  | -0 0 1 1 2 2<br>-0 0 1 1 2 0<br>-0 0 1 1 2 7                     |    | 88.5779                                  |
| 84E 1978  | 774 383  | 12 2262   |   |  | 27 60 537<br>27 03 3 69<br>27 90 972<br>29 60 79                   |  |    | 1 54 574<br>1 54 6 55<br>1 54 6 1 1<br>1 54 9 5                | 55138<br>55393<br>55763   |              | 0 45924<br>0 45626<br>0 44651<br>0 39901  | 2 20031<br>2 19766<br>2 31386<br>2 47464   |  |    | 48 6227                                  |
| 551 372<br>542 0244                                       | 776 383  |   |   |  | 31 41333<br>33 01 446<br>35 22618<br>36 95274                      | 83<br>84<br>87 - 23  |    | 1 50 900<br>1 55 131<br>1 55 131<br>1 55 20<br>1 55 70         | 1 56235<br>1 56257<br>1 56142<br>1 56052<br>1 56052                       |              |   | 2 3 3 3 9 3 3<br>2 3 3 2 9 4<br>2 3 3 2 9 4<br>2 3 2 5 6 5<br>2 3 2 6 5 5  | -D 0 87<br>-D 0 27<br>-D 0 10                                    |    | 40.0340                                  |
| 542 1765<br>542 3292<br>542 4516<br>542 654               | 1778 882<br>1779 382<br>1779 882<br>1780 382                       |   | -0 02294<br>-0 02426<br>-0 02426<br>-0 02464            | 133 333  | 36 1 5 4 4<br>33 6 4 1 D6<br>32 1 1 4 32<br>31 1 5 57<br>29 91 377 | 55   |    | 1 8876<br>1 85311<br>1 8502<br>1 84721<br>1 84724              | 1 55552<br>1 55552<br>1 54359<br>1 54359<br>1 53567                       |              | 0 4 9 3<br>9 9563<br>9 7416<br>8 6262   | 2 20635<br>2 27675<br>2 36665<br>2 36649<br>2 36673  | -00 -00  |    | 34 48                                    |
| 542 9388<br>543 9912<br>543 2436<br>543 3456              | 1781 382<br>1781 882<br>1782 382<br>1782 882                       | 12 13331<br>12 13755<br>12 12755                              | -0 0239<br>-0 0 31<br>-0 0 73<br>-0 0 02                | 135,03103  | 27 68508<br>25 82041<br>26 81087<br>28 14028                       | 61 - 122<br>61 - 122   |    | 1 53657<br>1 52515<br>1 51242<br>1 49755                       | 1 53453<br>1 51831<br>1 4 9957<br>1 4 7543                                |              | 0 0 7 23 7<br>0 4 8 0 7 2<br>0 4 8 0 1 2<br>0 4 8 0 1 2   | 2 43087  | -D 0 92  |    | 48 28                                    |
| 543 7633<br>544 0056<br>544 155                           | 783 882  | 12 25560  | -00 48  | 136 12027<br>136 12027<br>136 13637<br>136 93802               | 20 25465<br>26 53942<br>25 75605<br>27 33556                       | 65 - 466<br>62 - 135<br>61 - 135                                       |    | · 40954<br>14854<br>147552<br>147552<br>147552                 | 1 45578   |              | 0 0 0 10 3<br>0 0 777 3<br>0 0 0 10 3<br>0 0 0 777 3<br>0 0 0 0 10 3<br>0 0 0 777 3<br>0 0 0 0 10 3<br>0 0 0 777 3<br>0 0 0 0 10 3<br>0 0 0 777 3<br>0 0 0 0 10 3<br>0 0 0 0 10 3<br>0 0 0 0 10 3<br>0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0<br>0 0 0 0 0 0 0 | 2 4 3 9 2  |  |    | 45 54<br>48 57<br>71                     |
| 500 5100<br>500 4025<br>500 7676<br>500 92                | 1 /05 882<br>1 786 382<br>1 787 382<br>1 787 382                   | 1 2 28331<br>4 2 32551<br>1 2 35255<br>1 2 37282<br>1 2 39295 |   | 135 07796<br>135 010<br>135 1874<br>135 1874<br>135 012        | 30 36807<br>33 22113<br>35 23196<br>35 8882<br>34 93938            | <b>手</b> 套接著   |    | 1 44955<br>1 4407<br>1 4315<br>1 4315<br>1 43257<br>1 43934    | 1 45305<br>1 44742<br>1 4245<br>1 40636<br>1 39325                        |              |   | 2 31477<br>2 33304<br>2 40245<br>2 51148<br>2 51148  | -D 0 - 73<br>-D 0 - 73<br>-D 0 - 49                              |    |  |
| 545 2245<br>545 3772<br>545 5295<br>645 5295              | 788 383<br>788 883<br>789 883<br>789 883<br>789 883                | 12 42018  |   | 134 240<br>134 240<br>134 120<br>134 120                       | 33 1381<br>31 72984<br>29 78556<br>27 18549<br>36 99814            | 57 28556   |    | 1 0387<br>1 03851<br>1 038529<br>1 03856<br>1 03856            | 1 38555<br>1 40412<br>1 42137<br>1 43216<br>1 43260                       |              | B 1463  |  | -D 0 424<br>-D 0 424<br>-D 0 42<br>-D 0 42                       |    | 48 6894<br>48 6894<br>48 6917            |
|   | 791 383  | 12 880722   |   |  | 28 22847<br>31 1554<br>31 24468<br>28 24335                        | 54 43872<br>5 44851  |    | 44771<br>44771<br>467225<br>447176<br>47176                    | 1 4 5 7 5 5<br>1 4 5 7 5 5<br>1 4 5 1 4 5<br>1 4 5 6 1                    |              |   | 2 6 2 2 2 1<br>2 6 2 7 1 2 6 2 7 1<br>2 7 6 2 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7  | -0.0046  |    |  |
| 546 5464<br>546 7488<br>546 84 88<br>547 8536             | 793 883<br>793 883<br>794 383<br>794 883                           | 10 07068<br>10 62736<br>14 92617<br>14 67274<br>13 27338      |   | 134 711<br>134 8447<br>135 181                                 | 27 23 29<br>28 874 12<br>31 69977<br>34 62888                      | 60 01201<br>60 25307<br>62 0055<br>61 51015<br>55 65729                |    | 1 47463<br>1 4672<br>1 45846<br>1 45172<br>1 44719             | 1 07105<br>1 05529<br>1 05535<br>1 00707<br>1 00097                       |              |   | x 03738<br>2 54426<br>2 55887<br>3 64823<br>3 49185  | -0.0071<br>-0.00795<br>-0.00906<br>-0.00973<br>-0.00999          |    | 78                                       |
| 547 3554<br>847 3554<br>847 6632<br>547 5155              | 1795 383<br>1795 883<br>1796 383<br>1796 383<br>1797 383           | 1 2 27953<br>13 02054<br>13 15597<br>13 29476<br>13 59535     |   | 135 39421<br>135 67484<br>136 06894<br>136 51096<br>136 57555  | 35 25065<br>35 25065<br>25 26076<br>23 26002<br>23 26002           | 55 14443<br>67 54473<br>62 66343<br>62 66343                           |    | 1 0 00<br>1 0 351<br>1 0 2617<br>1 0 17 21<br>1 0 1 1 0 7      | 1 03720<br>1 03909<br>1 03317<br>1 01902<br>1 01708                       |              | 0 49861<br>0 5004<br>0 5004<br>0 50159<br>0 45388   | 0 03586<br>0 56073<br>0 950276<br>0 52276<br>0 12185   | -0 00998<br>-0 01017<br>-0 01069<br>-0 01178<br>-0 01198         |    | 7239                                     |
| 547 968<br>548 1304<br>548 3738<br>548 3738<br>548 5778   | 1797 883<br>1798 383<br>1798 883<br>1799 883<br>1799 883           | 15 53321<br>17 13911<br>17 47759<br>17 52451<br>17 52451      | -88 21  | 1 37 037<br>1 37 037<br>1 37 037<br>1 37 037                   | 27 87 206<br>38 01 072<br>37 66 282<br>30 65 03<br>30 21 607       | 57 43549<br>56 56399<br>57 53452<br>59 59192<br>63 59192               |    | 1 407<br>1 40823<br>1 40883<br>1 4127                          | 1 01539<br>1 01003<br>1 00561<br>1 0116<br>1 0116                         |              |   | 3 59595<br>4 07326<br>5 32069<br>5 53769<br>5 53769  | -D 0 07<br>-D 0 07<br>-D 0 07                                    |    | 7354                                     |
| 510 0021<br>519 0318<br>519 1373                          |  | 16 23506  |   | 37 037   | 32 32172<br>36 01317<br>31 62361<br>33 37368                       | 65 53603<br>61 55997<br>86 01963                                       |    | 1 411 62<br>1 10387<br>1 39875<br>1 39875                      |   |              |   |  |  |    | 23                                       |
|   | 802 883<br>803 883<br>801 383                                      | 15 87228<br>15 87228<br>15 82718<br>15 8322                   |   | 137 037  | 31 02813<br>30 02206<br>20 0750<br>20 0750                         | 67 28613<br>67 28613<br>68 73113                                       |    | , 39193<br>1 39163<br>1 39605<br>1 39761<br>1 3935             | 1 20202<br>1 30302<br>1 30700<br>1 30330<br>1 30330<br>1 30231            |              |   |  | 8 8B 81  |    | 7515                                     |
| 550 1016<br>550 253<br>550 355<br>550 3555<br>550 7112    | 1 80 1 8 8 3<br>1 80 5 3 8 3<br>1 80 6 3 8 3<br>1 80 6 8 8 3       | 1573043<br>1552182<br>1518381<br>1518381<br>1519001           | -0 03004<br>-0 03272<br>-0 03278<br>-0 03169<br>-0 0207 | 136 5120<br>136 127<br>136 127<br>137 127                      | 26 800 63<br>26 081 81<br>26 860 33<br>27 98 221<br>29 721 65      | 62 53189<br>59 303<br>61 21753<br>65 18218<br>63 27798                 |    | 1 32003<br>1 33192<br>1 36576<br>1 35156<br>1 39467            | 1 22178<br>1 23876<br>1 23876<br>1 28387<br>1 28387<br>1 20382<br>1 21721 |              | 0 51051<br>0 50577<br>0 37356<br>0 3661<br>0 49145  | 3 60725  |  |    | 18 763<br>18 763<br>18 7676<br>18 7676   |
| 550 5636  | 1807 383   | 15 12726  | -0.01973  | 131 203  | 30 10211   | 62 7397  |    | 1 51531  | 1 52611   |              | 0 18189   | 2 6 9 5 8 7  | -0.0D(*E   |    | 18 7722                                  |













-20

### Capitulo III



### PRESION DE SOBRECARGA (BOURGOYNE)



### Representación Gráfica SOBRECARGA

• S/D (r promedio) • S/D (BOURGOYNE)

PRESION DE PORO (EATON Y BOURGOYNE)



#### COMPARACION GRADIENTES PRESION DE POROS



### PRESION DE PORO CON EL METODO DEL ESFUERZO MATRICIAL EQUIVALENTE (SARDA)



### Colapso superior e inferior

### PRESION DE PORO CON EL METODO DEL ESFUERZO MATRICIAL EQUIVALENTE (WADE)



### Colapso superior e inferior

### PRESION DE PORO CON EL METODO DEL ESFUERZO MATRICIAL EQUIVALENTE (MAGNALLI)



### I GRADIENTE DE FRACTURA (EATON)



60
## DENSIDAD EQUIVALENTE



#### Densidad Equivalente

Análisis de Estabilidad de Agujero para el Pozo Camaronero-1A, mostrando ventana operacional de pesos del lodo y puntos de asentamiento de TR's.



L



## ESFUERZO PRINCIPAL MAYOR (TOTAL Y EFECTIVO)



#### Profundidad vs. Esfuerzos

## ESFUERZO MATRICIAL EQUIVALENTE



#### Esfuerzo Matricial Equivalente

## 🔹 LEY DE HOOKE Y VAN EeKELEN (σ<sub>h</sub>=s<sub>3</sub>)



66

# COLAPSO SUPERIOR E INFERIOR (MAGNALLY, WADE-HORTON, J.P. SARDA-KEESLER)



#### Colapso superior e inferior

Pp Colapso superior Colapso inferior — Pfrac — B/D

#### Colapso superior e inferior



#### Colapso superior e inferior



Pp • Colapso superior • Cotapso inferior + Pfrac + S/D

## DETERMINACION DE LA MAGNITUD DEL ESFUERZO HORIZONTAL MENOR

Las pruebas de microfracturamiento, son el método probablemente el más confiable para determinar los esfuerzos in situ. Consiste en crear microfracturas en las zonas de interés introduciendo un empacador y bombeando un volumen de 1 a 2 bls de fluido de perforación, monitoreando y registrando las presiones en la TP y espacio anular, gasto, volumen bombeado en cada etapa y volumen acumulado. Una vez creada la microfractura se corta un núcleo orientado del fondo del pozo para medir las propiedades físicas y mecánicas de la roca. Uno de los propósitos de estas pruebas es el determinar la magnitud y dirección del esfuerzo principal de la formación. Las pruebas son desarrolladas comúnmente mediante inyección en una pequeña zona aislada ( de 4 a 15 ft ) a bajos gastos (1 a 0.25 gal/min). El esfuerzo in situ mínimo es determinado normalmente del análisis de la declinación de la presión después del cierre, pero algunas veces se determina del análisis del incremento de presión al principio del ciclo de inyección. Como la presión de cierre de la fractura o la presión para reabrir la fractura es igual a un esfuerzo aplicado que normalmente podría abrir una fractura existente y de esta forma superar el esfuerzo principal mínimo, estas dos presiones son definidas generalmente iguales a el esfuerzo mínimo horizontal.

Las pruebas de microfactura son comúnmente desarrolladas con tres o cuatro ciclos de inyección usando volúmenes de fluido del rango de 30 a 200 gal/min. El azimut de la fractura (dirección del esfuerzo horizontal mínimo) puede ser determinado de una prueba de microfractura en agujero descubierto. Cuando la prueba de microfractura se esta efectuando en una zona aislada en el fondo del pozo, una porción de esta fractura inducida puede ser recuperada mediante un núcleo orientado. La dirección de la fractura creada puede ser correlacionada con las orientaciones del núcleo, proporcionando azimut de la fractura.

En casos donde la permeabilidad de la formación es muy baja, la fractura no cierra instantáneamente y la PCI es mayor que  $\sigma_h$  se debe observar la gráfica de presión contra tiempo para analizar la declinación de la presión y obtener la presión de cierre o magnitud del esfuerzo principal mínimo.

En los análisis de clasificación de las ovalidades convencionales se utilizan los criterios de la calidad del Mapa Mundial de Esfuerzos, conforme a Zoback (1992), donde los resultados se categorizar según las calidades A, B, C, D, E en función del estándar de desviación, del azimut y de la profundidad acumulada de ovalidades, conforme se específica a continuación:

Calidad A.- Pozos con más de 300 m de ovalidades, con valores de desviación <12° Calidad B.- Pozos con más de 100 m de ovalidades, con valores de desviación ≤20° Calidad C.- Pozos con más de 30 m de ovalidades, con valores de desviación <25° Calidad D.- Pozos con más de 30 m de ovalidades, con valores de desviación >25° Calidad E.- Pozos con extrema dispersión de orientaciones de ovalidades.

## MINIFRAC @ (3474-3479) GASTO ESCALONADO (SRTUP-SRTDOWN)



Schlumberger

'Mark of Schlumberger



Schlumberger

'Mark of Schlumberger



## MINIFRAC @ (3474-3479) GASTO CONSTANTE Y CIERRE

'Mark of Schlumberger

Schlumberger



Section 1: DataFRAC Analysis

Mark of Schlumberger

DETERMINACION DE LA MAGNITUD DEL ESFUERZO HORIZONTAL MAYOR

EN CUENCAS PASIVAS (SIN TECTONISMO) LOS DOS ESFUERZOS HORIZONTALES SON IGUALES Y SIEMPRE MENORES QUE EL ESFUERZO VERTICAL.

$$\boldsymbol{\sigma}_{H} = \boldsymbol{\sigma}_{h} = \left(\frac{\boldsymbol{\nu}}{1-\boldsymbol{\nu}}\right)\boldsymbol{\sigma}_{\nu} + \boldsymbol{u}\left(\frac{1-2\boldsymbol{\nu}}{1-\boldsymbol{\nu}}\right)$$

- LOS ESFUERZOS HORIZONTALES EN CUENCAS ACTIVAS PUEDEN SER DIFERENTES Y POR ENCIMA DEL ESFUERZO VERTICAL.
- ➤ ZONA GEOLOGICA COMPLEJA DEBIDO A VARIAS INVERSIONES TECTONICAS (FALLAMIENTO NORMAL→ FALLAMIENTO INVERSO →FALLAMIENTO TRANSCURRENTE).
- PRESENCIA DE SOBREPRESIONES MODIFICA LA RELACION DE ESFUERZOS HORIZONTALES Y VERTICALES.
- ➤ NO EXISTEN MEDICIONES DEL ESFUERZO HORIZONTAL MAYOR.
- NO HAY REGISTROS DE IMAGENES EN POZOS DEL TERCIARIO QUE PERMITA HACER RETROANALISIS DE FRACTURAS INDUCIDAS Y BREAKOUTS.

# DETERMINACION DE LA DIRECCION DEL ESFUERZO HORIZONTAL MAYOR



Para determinar las direcciones principales del campo de esfuerzos que actúa en la vecindad de un pozo vertical, por medio del análisis de variación con el azimut de la velocidad de propagación de ondas P y S (compresión y cizallamiento) en un núcleo orientado.

Existen tres métodos para la determinación del análisis de la dirección del esfuerzo:

- > VELAN
- ➤ THOMSEN
- ➢ RELAJACION DE ESFUERZOS

# PROPIEDADES MECANICAS DINAMICAS Y CONTINUAS (RELACION DE POISSON, MODULO DE YOUNG, MODULO DE CORTE)





# > MODULO DE YOUNG (ejem plo)



#### MODULO DE YOUNG DINAMICO POZO PLAYUELA-101

# > MODULO DE CORTE (ejemplo)



### MODULO DE CORTE DINAMICO: POZO PLAYUELA-601

# COHESION DE LA ROCA

| D        | ATOS DE E    | NTRADA                          |                        |        |                    | CAMARONER | 0           |
|----------|--------------|---------------------------------|------------------------|--------|--------------------|-----------|-------------|
| -        |              |                                 | Produndidad            | 2543   | m                  | INTERVALO | 2539-2547 m |
|          |              | Di                              | ámetro de TR           | 11.75  | pulg.              |           |             |
|          |              | Di                              | ámetro de TP           | 3.5    | puly.              |           |             |
|          |              | Densi                           | dad del fluido         | 1.83   | g/cm <sup>3</sup>  |           |             |
|          |              | Gradiente de sobrecarga         |                        | 0.219  | kg/m²/m            |           |             |
|          |              | Pr                              | esión de poro          | 133.48 | kg/cm <sup>2</sup> |           |             |
|          | Lectu        | Lectura sonica compresional dtc |                        |        | mmseg/pie          |           |             |
|          | *            | _ectura sónica                  | a de corte dts         | 242    | mmseg/pie          |           |             |
|          |              | Ángulo de fr                    | iccion interna         | 18     | 0                  |           |             |
|          |              |                                 | * Cohesión             | 9.3    | kg/cm <sup>2</sup> |           |             |
|          |              | Cons                            | stante de Bio <b>t</b> | 0.2    | adim               |           |             |
|          |              | R                               | adio del pozo          | 0.489  | pies               |           |             |
|          | Radio        | sin influencia                  | (de invasión)          | 1      | pies               |           |             |
| A. Dates | e color roio |                                 | cambiar                |        | -                  |           |             |



---- Impermeable

Permeable

| DATOS DE E                             | NTRADA                          |                 |       |                    | CAMARONER | 0           |
|--|---------------------------------|-----------------|-------|--------------------|-----------|-------------|
|  |                                 | Produndidad     | 2911  | m                  | INTERVALO | 2908-2913 m |
|  | Di                              | ámetro de TR    | 7     | pulg.              |           |             |
| <br>Diámetro de TP                     |                                 | 3.5             | pulg. |                    |           |             |
|  | Dens                            | idad del fluido | 2.36  | g/cm <sup>3</sup>  |           |             |
|  | Gradiente de sobrecarga         |                 | 0.242 | kg/m²/m            |           |             |
|  | Pr                              | esión de poro   | 140   | kg/cm <sup>2</sup> |           |             |
| Lectu                                  | .ectura sonica compresional dtc |                 |       | mmseg/pie          |           |             |
| <br>*                                  | * Lectura sonica de corte dts   |                 | 363   | mmseg/pie          |           |             |
|  | Ángulo de friccion interna      |                 | 18    | 0                  |           |             |
|  |                                 | * Cohesión      | 9.3   | kg/cm <sup>2</sup> |           |             |
| <br>                                   | Constante de Biot               |                 | 0.2   | adim               |           |             |
| <br>                                   | R                               | adio del pozo   | 0.291 | pies               |           |             |
| <br>Radio sin influencia (de invasión) |                                 |                 | 1     | pies               |           |             |



#### Ventanas de Estabilidad en función de la Profundidad

| DATOS DE ENTRAD        | A  |       |                    | CAMARONERO          |
|------------------------|--|-------|--------------------|---------------------|
|                        | Produndidad  | 3477  | m                  | INTERVALO 3474-3479 |
|                        | Diámetro de TR   | 5     | pulg.              |                     |
|                        | Diámetro de TP   | 2.875 | pulg.              |                     |
|                        | Densidad del fluido  | 2.38  | g/cm <sup>3</sup>  |                     |
| Grad                   | liente de sobrecarga   | 0.25  | kg/m²/m            |                     |
|                        | Presión de poro  | 160   | kg/cm <sup>2</sup> |                     |
| Lectura soni           | Lectura sonica compresional dtc<br>* Lectura sonica de corte dts<br>Ángulo de friccion interna |       | mmseg/pie          |                     |
| * Lectura              |  |       | mmseg/pie          |                     |
| Ángu                   |  |       | 0                  |                     |
|                        | * Cohesión   | 9.3   | kg/cm <sup>2</sup> |                     |
|                        | Constante de Biot  | 0.2   | adim               |                     |
|                        | Radio del pozo   | 0.208 | pies               |                     |
| Radio sin inf          | luencia (de invasión)  | 1     | pies               |                     |
| tos de color roio se n | ieden cambiar  |       |                    |                     |



Ventanas de Estabilidad en función de la Profundidad

# RESISTENCIA MECANICA (MODULO DE MOHR-COULOMB)

| Datos               |          |
|---------------------|----------|
| φ=                  | 18       |
| Pconfinamiento=     | 8907.68  |
| Esfuerzo Compresivo | 12402.82 |



| Datos               |          |
|---------------------|----------|
| φ=                  | 18       |
| Pconfinamiento=     | 10203.29 |
| Esfuerzo Compresivo | 14205.18 |



| Datos               |          |
|---------------------|----------|
| φ=                  | 19       |
| Pconfinamiento=     | 12187.16 |
| Esfuerzo Compresivo | 16967.03 |







#### DISTRIBUCIÓN DE LA POROSIDAD

#### Distribución del tiempo de tránsito



Conclusión

a) Conclusión:

Por los análisis de las operaciones realizadas obtenemos algunas conclusiones:

Presencia de Zonas de gas con alta sobrepresión en zonas más o menos a partir de 2200 m, donde la gráfica de presión de poro vs. sobrecarga se empieza a ser mas estrecha, reduciendo la posibilidad del incremento de densidad. La presión de sobrecarga es fundamental tanto para la estimación de la presión de poro como para la estimación del gradiente de fractura. Que es crítica para el diseño de pozos; S/D es función de la densidad de los sedimentos superiores. Para el cálculo de la Presión de Poro se realizaron con los métodos de Sarda, Wade y Magnally, el primero en función de la porosidad y los dos siguientes en función del tiempo de tránsito, donde varían el exponente contra el esfuerzo matricial, y solo es considerado el esfuerzo vertical; donde los autores suponen que las formaciones son normalmente presionadas y sobrepresionadas y que siguen la misma relación de compactación o sea que tienen velocidades idénticas.

La presión de poro esta influenciada por propiedades que dependen de la compactación de la lutita, tales como porosidad, densidad, velocidad sísmica y resistividad; respecto al calculo de la presión de poro con el esfuerzo efectivo, establece que la compactación del material geológico es gobernada por la diferencia entre la presión total de confinamiento y la presión del fluido en los poros.

- Perdidas de circulación por peso excesivo de lodo que fractura hidráulicamente la formación. Debemos de tomar en cuenta la DEC que es la presión en el fondo circulando.
- Problemas de gasificación y fracturamiento, estan ocurriendo en el mismo agujero indicando ventana operacional estrecha.
- Presencia de invasión de agua salada en zonas de sobrepresión, que causa degradación del lodo y por lo tanto aligeramiento de la columna de lodo, generando así gasificaciones constantes.
- El problema de atrapamiento de sartas no se debe al colapso de las paredes del agujero. El grafico de esfuerzo vertical representa el peso de la columna de rocas vs. la profundidad.



- Perdidas de cemento por fracturamiento hidráulico de la formación.
- Mal manejo de las gasificaciones, sin aplicación de un método definido.
- No considerar la toma de registros parciales, para ir realizando ajustes de los gradientes; si no se cuenta con el uso del equipo de PWD, para ajustes de las ventanas operacionales de los pesos de lodo.
- Malas operaciones durante la cementación de las TR's, y aun malas recementaciones.
- Mal manejo de la entrada de agua por parte de la Compañía de Fluidos.
- Para estos pozos aun en la etapa de Exploratorios, no se recomienda perforar pozos desviados, debido a la falta de información de geomecánica para poder navegar, es más fácil un pozo vertical.
- Planear oportunamente el uso de Equipo Bajo Balance.
- Seguir procedimiento para liberación de sartas detectando puntos libres y posibles string shot.
- Se recomienda realizar pruebas de Goteo, o Pruebas de Integridad de Formación, en la primera arena saliendo de la zapata, si no se cuenta con el equipo de PWD.
- Se recomienda hacer un estudio detallado para la elaboración de modelos de esfuerzos y geomecánica del campo.
- Seguimiento estricto de la Densidad Equivalente de Circulación por la estrecha ventana de pesos de lodo entre la presión de poro y el gradiente de fractura.
- En zonas con altas entradas de agua se desconoce el verdadero peso del lodo debido a una densidad variable con el tiempo.
- Estricto seguimiento de las propiedades reológicas del fluido.
- En un pozo vertical los Breakouts se forman en la dirección del esfuerzo horizontal menor, en el grafico se ven los esfuerzos mínimos a partir de 2000 m donde la presión de formación también se ve incrementada.
- El Esfuerzo Matricial Equivalente que es la Presión de Poro en la pared del agujero es igual a la Presión del Pozo P<sub>f</sub>=P<sub>w</sub> (formación permeable).

- Interpretando la Grafica de la Ley de Hooke y Van Eekelen (σ<sub>h</sub>=S<sub>3</sub>) esfuerzo horizontal mínimo, obtenemos la carga litostática por los diferentes métodos Sobrecarga con Bourgoine y Sobrecarga Promedio.
- Del grafico de Colapso Superior e Inferior calculado con los 3 métodos de Magnally, Sarda y Wade nos indica que el riesgo de colapso mayor es la zona a partir de 2200.
- La grafica del Módulo de Young hallamos un valor promedio de 0.25-0.35 dentro del límite normal (0.5)
- Para el cálculo del Coeficiente de Biot que es función de la velocidad para parámetros elásticos de la roca se pueden calcular con los métodos de: Ecuación Gassman-Biot-Geertsma, Gregory-Pickett.
- La Relación de Poisson para estos análisis se halla crítica en los intervalos que van desde los 2000m, 2200m y 2600m.
- Observando las graficas y las Tablas de Ventanas de Estabilidad de los 3 intervalos analizados se encuentran dentro de la ventana operacional aceptable, entre la relación de esfuerzo horizontal/esfuerzo vertical, para el rango de densidades con las que se trabajo, por lo que se descarta el problema de deformación del agujero por esfuerzos.
- Por ultimo analizando los gráficos de resistencia Mecánica (Modulo de Mohr), de los 3 intervalos en estudio tenemos que, ocurrirá una fractura hidráulica si la envolvente se localiza al lado izquierdo del eje y esto fuese generado por un incremento excesivo del peso del lodo (esfuerzo normal vs. esfuerzo compresivo) pero nuestro caso se halla dentro de la zona estable.

Conclusión



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 esta 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.

a) Conclusión:

Por los análisis de las operaciones realizadas obtenemos algunas conclusiones:

Presencia de Zonas de gas con alta sobrepresión en zonas más o menos a partir de 2200 m, donde la gráfica de presión de poro vs. sobrecarga se empieza a ser mas estrecha, reduciendo la posibilidad del incremento de densidad. La presión de sobrecarga es fundamental tanto para la estimación de la presión de poro como para la estimación del gradiente de fractura. Que es crítica para el diseño de pozos; S/D es función de la densidad de los sedimentos superiores. Para el cálculo de la Presión de Poro se realizaron con los métodos de Sarda, Wade y Magnally, el primero en función de la porosidad y los dos siguientes en función del tiempo de tránsito, donde varían el exponente contra el esfuerzo matricial, y solo es considerado el esfuerzo vertical; donde los autores suponen que las formaciones son normalmente presionadas y sobrepresionadas y que siguen la misma relación de compactación o sea que tienen velocidades idénticas.

La presión de poro esta influenciada por propiedades que dependen de la compactación de la lutita, tales como porosidad, densidad, velocidad sísmica y resistividad; respecto al calculo de la presión de poro con el esfuerzo efectivo, establece que la compactación del material geológico es gobernada por la diferencia entre la presión total de confinamiento y la presión del fluido en los poros.

- Perdidas de circulación por peso excesivo de lodo que fractura hidráulicamente la formación. Debemos de tomar en cuenta la DEC que es la presión en el fondo circulando.
- Problemas de gasificación y fracturamiento, estan ocurriendo en el mismo agujero indicando ventana operacional estrecha.
- Presencia de invasión de agua salada en zonas de sobrepresión, que causa degradación del lodo y por lo tanto aligeramiento de la columna de lodo, generando así gasificaciones constantes.
- El problema de atrapamiento de sartas no se debe al colapso de las paredes del agujero. El grafico de esfuerzo vertical representa el peso de la columna de rocas vs. la profundidad.


- Perdidas de cemento por fracturamiento hidráulico de la formación.
- Mal manejo de las gasificaciones, sin aplicación de un método definido.
- No considerar la toma de registros parciales, para ir realizando ajustes de los gradientes; si no se cuenta con el uso del equipo de PWD, para ajustes de las ventanas operacionales de los pesos de lodo.
- Malas operaciones durante la cementación de las TR's, y aun malas recementaciones.
- Mal manejo de la entrada de agua por parte de la Compañía de Fluidos.
- Para estos pozos aun en la etapa de Exploratorios, no se recomienda perforar pozos desviados, debido a la falta de información de geomecánica para poder navegar, es más fácil un pozo vertical.
- Planear oportunamente el uso de Equipo Bajo Balance.
- Seguir procedimiento para liberación de sartas detectando puntos libres y posibles string shot.
- Se recomienda realizar pruebas de Goteo, o Pruebas de Integridad de Formación, en la primera arena saliendo de la zapata, si no se cuenta con el equipo de PWD.
- Se recomienda hacer un estudio detallado para la elaboración de modelos de esfuerzos y geomecánica del campo.
- Seguimiento estricto de la Densidad Equivalente de Circulación por la estrecha ventana de pesos de lodo entre la presión de poro y el gradiente de fractura.
- En zonas con altas entradas de agua se desconoce el verdadero peso del lodo debido a una densidad variable con el tiempo.
- Estricto seguimiento de las propiedades reológicas del fluido.
- En un pozo vertical los Breakouts se forman en la dirección del esfuerzo horizontal menor, en el grafico se ven los esfuerzos mínimos a partir de 2000 m donde la presión de formación también se ve incrementada.
- El Esfuerzo Matricial Equivalente que es la Presión de Poro en la pared del agujero es igual a la Presión del Pozo P<sub>f</sub>=P<sub>w</sub> (formación permeable).

- Interpretando la Grafica de la Ley de Hooke y Van Eekelen (σ<sub>h</sub>=S<sub>3</sub>) esfuerzo horizontal mínimo, obtenemos la carga litostática por los diferentes métodos Sobrecarga con Bourgoine y Sobrecarga Promedio.
- Del grafico de Colapso Superior e Inferior calculado con los 3 métodos de Magnally, Sarda y Wade nos indica que el riesgo de colapso mayor es la zona a partir de 2200.
- La grafica del Módulo de Young hallamos un valor promedio de 0.25-0.35 dentro del límite normal (0.5)
- Para el cálculo del Coeficiente de Biot que es función de la velocidad para parámetros elásticos de la roca se pueden calcular con los métodos de: Ecuación Gassman-Biot-Geertsma, Gregory-Pickett.
- La Relación de Poisson para estos análisis se halla crítica en los intervalos que van desde los 2000m, 2200m y 2600m.
- Observando las graficas y las Tablas de Ventanas de Estabilidad de los 3 intervalos analizados se encuentran dentro de la ventana operacional aceptable, entre la relación de esfuerzo horizontal/esfuerzo vertical, para el rango de densidades con las que se trabajo, por lo que se descarta el problema de deformación del agujero por esfuerzos.
- Por ultimo analizando los gráficos de resistencia Mecánica (Modulo de Mohr), de los 3 intervalos en estudio tenemos que, ocurrirá una fractura hidráulica si la envolvente se localiza al lado izquierdo del eje y esto fuese generado por un incremento excesivo del peso del lodo (esfuerzo normal vs. esfuerzo compresivo) pero nuestro caso se halla dentro de la zona estable.

- a) Recomendaciones
- Cambiar la prueba de Goteo por pruebas de Goteo Extendida para poder tener mediciones de Esfuerzos Horizontales y mejorar los cálculos de Gradiente de Fractura.
- No utilizar el registro CBL en pozos con fuertes acuíferos cerca de intervalos productores de gas, utilizar registros de calidad de cemento tales como el registro USIT, SBT, CASTV, que evalúan la presencia del mismo por sectores radiales lo que permite detectar canales pequeños que pueden transportar agua desde otros intervalos.
- Tomar mediciones de esfuerzo mínimo con herramienta MDT modificada para pruebas de Microfrac.
- Realizar ensayos Geomecánicos de laboratorio para definir la Resistencia Mecánica.
- Calibrar correlaciones de DrawDown (que es la diferencia entre la presión estática y la presión de fondo fluyendo), crítico en arenas productoras con la resistencia mecánica de ensayos de laboratorio.
- Calibrar modelo de esfuerzos totales con mediciones por pruebas de inyectividad para determinar gradiente de fractura.
- Metodología y Capacitación al personal de Diseño y Técnico sobre la Geomecánica en Pozos.
- Los lodos a base de agua tienen una presión de propagación de fracturamiento más alta que uno de base aceite y por eso crean menos problemas de pérdida de circulación.



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 esta 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.

- Optimizar los puntos de asentamiento de TR's y pesos de lodos utilizando Geomecánica para definir los gradientes de Fractura, Colapso y Presión de Poro.
- Tomar núcleo geológico para caracterizar las rocas y poder realizar ensayos geomecánicos de laboratorio.
- Los modelos de sobrepresiones dependen de una comprensión completa del ambiente geológico de la cuenca, y del mecanismo de la sobrepresión, más la permeabilidad de las rocas de grano fino en las cuales es creada y retenida (por sellos).
- El Modulo de Young (Y) es la relación de esfuerzos aplicada entre la deformación longitudinal ó la resistencia de la roca a ser deformada bajo una condición de carga (para prevenir las fracturas durante la perforación) y si se incrementan los valores se generaran las fracturas.
- Por falta de imágenes la orientación de los esfuerzos horizontales no se determinó con 100% de certidumbre. Teniendo apenas información de la tectónica regional que indica una orientación N-S para SHmax.
- Núcleos no pudieron ser tomados y por esta razón las propiedades de resistencia de las arenas no pudieran ser calculadas más precisamente. Quedándose apenas las estimadas con datos de sónico, que para estudios de estabilidad de pozo (con modelos elásticos y analíticos) se puede usar sin grandes implicaciones, pero estudios de arenamiento con elementos finitos requieren más precisión en la descripción de los parámetros de resistencia de la roca.

# VI.- <u>Apéndice</u>

- Fórmulas
- Ilustraciones
- Software
- Glosario



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 esta 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.

## VI.- Apéndice

a) Fórmulas

Ecuación # 1.- Presión

P=F/A

Ecuación # 2.- Esfuerzo

 $\sigma$  = F/A; (F/A)  $\alpha$  (L/ΔL)  $\therefore$  (F/A)=E(ΔL/L) Ley de Hooke

Ecuación # 3.- Esfuerzo total

Esfuerzo Total= Presión de Poro + Esfuerzo Efectivo

Ecuación # 4.- Deformación

```
\epsilon = Cambio de Longitud/Longitud Original= lim \Delta L_{\bullet} 0 \delta L/\Delta L
```

Ecuación # 5.- Permeabilidad

 $k = q/A \mu L/\Delta P$ 

Ecuación # 6.- Permeabilidad Relativa

 $k_{rw} = k_w/k$ 

k<sub>ro</sub>= ko/k

Ecuación # 7.- Presión de Poro

 $dp/dz_{TVD}=\rho_f g$ 

- VI.- Apéndice
- b) Ilustraciones

Fig. # 1.- Efecto de la Presión.



La resistencia aparente de la roca se incrementa cuando incrementamos la presión de confinamiento aplicada.

Fig. # 2.- Estado de Esfuerzos.



# Fig. # 2-A.- Estado de Esfuerzos en Sitio.



Fig. # 3.- Esfuerzo Efectivo y Presión de Poro.



Fig. # 4.- Relación Esfuerzo-Deformación.



Fig. # 5.- Permeabilidad.



Fig. # 6.- Variación típica de la permeabilidad relativa, en función de la saturación de agua.



Fig. # 7.- Esfuerzos residuales debido a levantamiento y erosión.



# Fig. # 8.- Gráfica de Presión de Poro.



Fig. # 9.- Tipos de Fallas según Anderson.





Fig. # 10.- Relación entre la deformación transversal y deformación axial.

Fig. # 11.- Relación entre el esfuerzo de corte y la deformación de corte.



Fig. # 12.- Relación entre el esfuerzo medio y la deformación volumétrica bajo condiciones de carga triaxial.



Fig. # 13.- Cuerpo sujeto bajo una condición de carga hidrostática.

















- VI.- Apéndice
- c) Software:
  - Interpretación de Registros (Excel)
    Autor: Dan Krigowski / 2003
  - Cálculo de Esfuerzos Camaronero (Excel)
  - Análisis de Sobrecarga Camaronero (Excel)
  - Circulo de Mohr Camaronero (Excel)
  - Ventanas de Estabilidad Camaronero (Excel)

# VI.- Apéndice

- d) Glosario
  - ACROSS.- por, a través de , sobre.
  - **ATTEMPTING.** intentan.
  - **BECAME.** volverse, llegar a ser, hacerse.
  - **BEHAVIOR.-** comportamiento.
  - BELIEVED.- pensar, creer.
  - **BENT.-** inclinación, tendencia.
  - BREAKOUTS.- zona de menor esfuerzo, existe derrumbes, romper.
  - BRIEF.- informe.
  - BROADLY.- ampliamente.
  - CASED.- revestido (TR)
  - CROOKEDNESS.- desviación.
  - DRAWDOWN.- Abatimiento, es la diferencia entre la presión estática y la presión de fondo fluyendo.
  - ENCOMPASSED.- comprendiendo.
  - GAUGE.- calibre.
  - **HELD.** sostener, tener, poseer.
  - INHIBITOR.- Aditivo empleado para retardar una indeseable acción química de un producto.
  - **IMPROVEMENTS.** mejoras, progreso, mejoramiento.
  - ISIP.- Presión al momento del paro en superficie (minifrac)+Ph= P cierre en el fondo de la fractura. (pero reflejada en la superficie).
  - KNOWN.- saber, conocer.

- LAST.- ultimo, durar, por fin.
- LED.- llevar, conducir, guiar.
- LITTLE.- pequeño, poco.
- MOL.- La unidad fundamental de masa de una sustancia. Una mole de cualquier sustancia es el número de gramos o libras indicado por su peso molecular.
- **OFTEN.** a menudo, frecuentemente, muchas veces.
- **OVERWHELMED.** agobiar, colmar, inundar.
- PATH.- trayectoria.
- **PURSUIT.** seguimiento, ocupación, empleo, búsqueda.
- **REGARD.** contemplar, tomar en cuenta.
- SCREENOUTS.- taponamiento con sustentante.
- **SLEEVE.** casquillo.
- SLIDING.- deslizar.
- **SMOOTH.** suavidad.
- STATED.- declaro.
- **STILL.** aún, todavía.
- SUGGESTED.- sugerido.
- **THUS.** así, de esta manera, tan, tanto, de este modo.
- **TRULY.** en verdad, realmente, sinceramente.
- WISDOM.- sabiduría, juicio, prudencia.
- WHILE.- mientras, aún.
- WOULD.- haría, podría.

#### VII.- Bibliografía

- a) Artículos:
  - Well Bore Breakouts and in Situ Stress
    Mark D. Zoback, Daniel Moos, and Larry Mastin
    Journal of Geophysical Research, Vol. 90, No. B7 pag 5523-5530, June 10,1985.
  - Development of in-situ Stress Measurement Techniques for Deep Drill Holes
     Development Devtoe Access (1999)

By Colleen Barton, August, 1998.

- Log Calculation Spreadsheet (Simple Well Log Analisis Algorithms)
  Dan Krygowski
- Formation Characterization: Rock Mechanics
  M.C.Thiercelin, J.C.Roegiers
- Formation Characterization: Well Logs Jean Desroches, Ton Bratton

#### b) Talleres:

- Taller de Geomecánica
  Dr. Andres R. Vazquez<sup>†</sup>
  Reynosa, Tamaulipas.
- Seminario de Geomecánica
  Halliburton Energy Services
  Región Norte



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 esta 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. c) Materias de Apoyo de la Maestría de Ingría. Petrolera y G.N.:

Seminario de Investigación
 M.I. José Manuel Reyes Aguirre

Geomecánica
 M.I. Joaquín Mendiola Sánchez

Fluidos de Control
 M.C. Jaime Ortiz Ramírez

Perforación Avanzada I y II
 Dr. Rubén Nicolás López

Registros Geofísicos Avanzados
 M.I. Héctor Ricardo Castrejon Pineda

Trabajos de Investigación I, II y III
 M.C. Jaime Ortiz Ramírez

d) Unidades de Apoyo para Información:

Subgerencia de Ingeniería, R.N.
 Nicolás Rodríguez Saucedo
 Salvador Becerra Rosillo
 Roberto Ariel Guzmán Guzmán
 Agustín Jardinez Tena

Subgerencia de Control y Soporte Operativo, R.N.
 Moisés Esteban Cuellar Vázquez
 Gabriel Armando Sosa Alva

Subgerencia de Servicio a Pozos, R.N.
 Luís Fernando Aguilera Naveja