

21, 23



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**“ESTUDIO GEOLOGICO PARA EXTRACCION
SECUNDARIA DE AZUFRE DEL DOMO DE
JALTIPAN, EDO. DE VERACRUZ”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO GEOLOGO

P R E S E N T A :

CARLOS SANTIAGO GARCIA



MEXICO, D. F.,

1987



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ESTUDIO GEOLOGICO PARA EXTRACCION SECUNDARIA DE AZUFRE DEL
DOMO DE JALTIPAN ESTADO DE VERACRUZ

INTRODUCCION	1
OBJETIVO DEL TRABAJO	3
I. <u>GENERALIDADES</u>	3
a) LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO	3
b) VIAS DE COMUNICACION	3
c) POBLACION Y CULTURA	4
d) ECONOMIA	4
e) CLIMA Y VEGETACION	5
II. <u>FISIOGRAFIA</u>	7
a) PROVINCIAS FISIOGRAFICAS	7
b) PROVINCIAS GEOLOGICAS	7
c) GEOMORFOLOGIA	8
d) HIDROGRAFIA	8
e) OROGRAFIA	9
III. <u>GEOLOGIA</u>	10
a) ESTRATIGRAFIA	10
b) GEOLOGIA ESTRUCTURAL	29
c) GEOLOGIA HISTORICA	31

IV.	<u>YACIMIENTOS MINERALES</u>	36
	a) CLASIFICACION DE YACIMIENTOS DE AZUFRE	37
	b) MECANICA DE FORMACION DEL DOMO	37
	c) FORMACION DEL CASQUETE ROCOSO Y DEL AZUFRE	40
	d) PROPIEDADES FISICOCQUIMICAS DEL AZUFRE	42
	e) CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DURANTE LA 1A. ETAPA DE EXPLOTACION DEL AZUFRE EN JALTIPAN	45
	f) FACTORES DETERMINANTES DE LOS REMANENTES DE EXTRACCION DEL AZUFRE EN JALTIPAN	50
	g) MECANICA DE EXPLOTACION PARA LA RECUPERACION SECUNDARIA	50
V.	<u>MECANICA DE EXPLOTACION PARA LA EXTRACCION DEL AZUFRE POR EL METODO FRASCH</u>	52
	a) METODO FRASCH	52
	b) PLANTA DE FUERZA	54
	c) PLANTA DE CALENTADORES	57
	d) ESTACION DE CONTROL	59
	e) POZOS DE PRODUCCION	60
	f) POZOS DE DESFOGUE	61
	g) POZOS DE EXPLORACION	62
	H) USOS DEL AZUFRE	62
	i) ALMACENAJE Y TRANSPORTE	63
IV.	<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	66
	BIBLIOGRAFIA	68

INTRODUCCION

El presente trabajo tiene por objeto el desarrollo de la geología para extracción secundaria de azufre, del domo más importante de la República Mexicana en producción de este no metal; dicha estructura se denomina: Domo de Jáltipan, el cual está localizado en la parte sur del estado de Veracruz.

La estructura constituye una intrusión salina cuya configuración corresponde con la forma elíptica, con su eje de mayor elongación orientado SW-NE. Asimismo, la estructura se encuentra definiendo un pequeño anticlinal cuyo eje muestra una longitud aproximada de 8 km., y es contemporáneo a una intrusión salina menor situada al W y SW, que constituye el Domo de Texistepec.

La explotación de azufre elemental por el sistema Frasch se inició en México en 1954, siendo Azufrera Panamericana, S. A. (A.P.S.A), una de las primeras empresas que lograron extraer este elemento nativo contenido en los casquetes calcáreos de los domos salinos del Istmo de Tehuantepec.

Todos los depósitos de azufre hasta ahora explotados por el proceso Frasch ocurren en casquetes calcáreos de domos salinos o en cuerpos de caliza sedimentaria.

El casquete está confinado por rocas sedimentarias, en la parte superior por arcillas y lutitas y en la parte inferior por yeso y/o anhidrita; asimismo, la anhidrita se encuentra descansada sobre la masa salina -

de espesor desconocido. Estas condiciones litológicas-estructurales permiten la concentración del calor en la roca contenedora de azufre, ya que su permeabilidad provoca que el agua caliente difunda la energía necesaria para alcanzar el punto de fusión (120°C), de ese elemento.

Para el equipamiento de los pozos productores, se perfora hasta la caliza estéril, posteriormente se nu - clean, para conocer exactamente el espesor de la zona mine realizada. Una vez conocido el espesor de azufre neto, se equipa el pozo con tubería de diferentes diámetros, coloca dos concéntricamente, que van desde la superficie hasta el contacto de la zona mineralizada con el yeso.

En los últimos 32 años, se han logrado producir - alrededor de 32 millones de toneladas de azufre, siendo - las reservas probadas de 51 millones aproximadamente, quedando una reserva de 19 millones de toneladas por extraer. De acuerdo con el nivel actual de producción de 2,000 toneladas diarias, se tiene asegurada la producción para 26 - años más.

El azufre en su calidad de recurso natural no renovable y por su importancia estratégica en la actividad industrial y económica de los países de alto desarrollo, demanda una explotación racional en beneficio del interés nacional.

Este producto primario, es utilizado principalmente en la elaboración de ácido sulfúrico y otros productos químicos que se usan principalmente en la elaboración de fertilizantes que son a su vez un insumo en la producción de granos básicos y en consecuencia de importancia vital en los programas alimentarios.

OBJETIVO DEL TRABAJO

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental, desarrollar el estudio geológico para planear adecuadamente la extracción secundaria de azufre del Como de Jáltipan, y conocer con detalle las posibilidades de explotación del remanente de azufre. De esta forma, utilizando los datos obtenidos hasta la fecha, se podrán desarrollar estratégicamente, futuras explotaciones en áreas de mayor cantidad en remanente de este mineral.

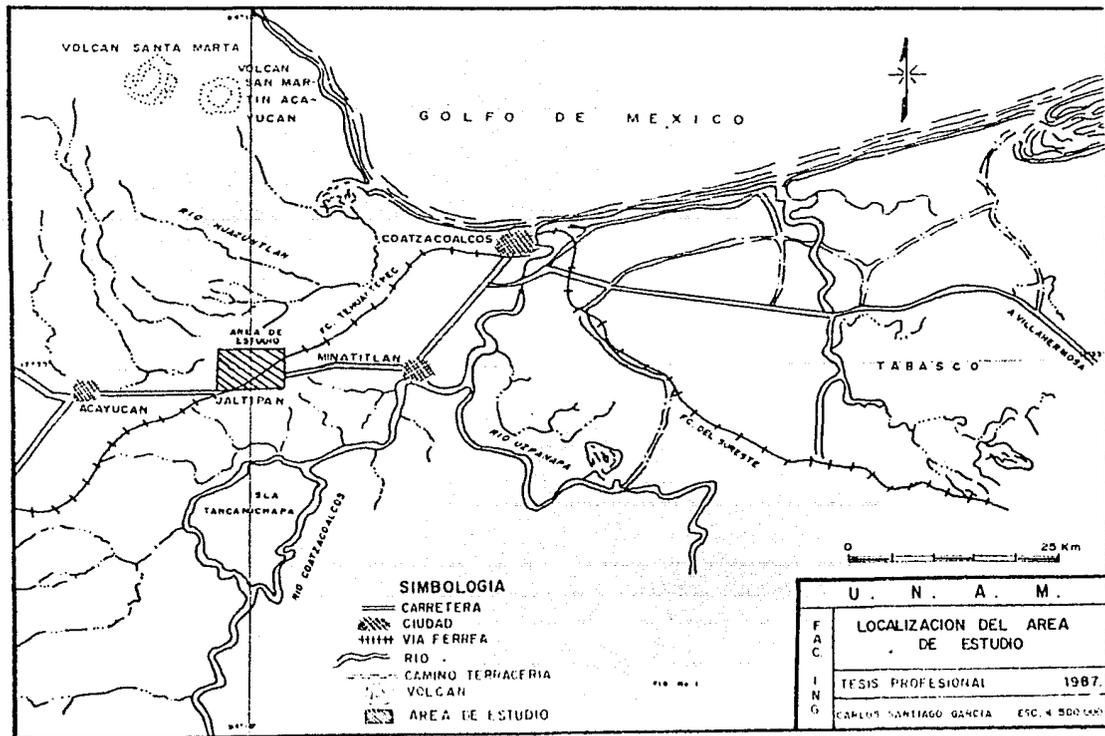
I. GENERALIDADES

a) LOCALIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra localizada al SE - de la República Mexicana, específicamente en la porción sur del estado de Veracruz entre las poblaciones de Acayucan, - Jáltipan y Minatitlán. Encontrándose de éstas, a una distancia de 20 km. con respecto a Acayucan; a 3 km. con respecto de Jáltipan, y a 23 km. de Minatitlán. (Fig. N° 1). - Geográficamente se encuentra aproximadamente a los 17°55' - latitud norte y 94°10' de longitud al oeste de Greenwich.

b) VIAS DE COMUNICACION

El área de estudio es accesible en todo tiempo y cuenta con comunicaciones terrestres y aéreas. En vía terrestre existe la carretera Federal Num. 180 que va de Veracruz a Coatzacoalcos, la carretera Num. 145 México-Puebla - Orizaba-Córdoba-Cd. Alemán-Acayucan y la carretera Num. 185 que va de Coatzacoalcos, Ver., a Salina Cruz, Oaxaca. Asi-



mismo, la región es atravesada por el ferrocarril México-Mérida de FERRONALES, contándose también con el ferrocarril - transístmico que va de Coatzacoalcos a Salina Cruz, Oax. En lo que respecta a comunicaciones dentro del área de estudio, existen varios caminos principales de terracería perfectamente engravada y transitable todo el tiempo. Para trabajos específicos se abren caminos secundarios que sólo funcionan en tiempo de secas y siendo transitables únicamente en tiempo de lluvias por "buggys" y tractores.

En vía aérea, aproximadamente a 30 km., del área de estudio se encuentra el aeropuerto de Canticas, con 3 vuelos diarios a la Ciudad de México, D. F., con naves de tipo - - Boeing 727/200 de la Compañía Mexicana de Aviación.

También se cuenta con pistas para pequeños aviones - y avionetas que comunican a toda la región.

c) POBLACION Y CULTURA

A escasos 3 Km., del área de estudio se encuentra - la ciudad de Jáltipan, Ver., que cuenta con una población de 85,000 habitantes aproximadamente, la tasa de crecimiento de la población muestra un gran incremento en los últimos años, que no va de acuerdo con el desarrollo educativo, ya que la mayoría de las personas no han terminado la educación secundaria. Actualmente se cuenta con 9 jardines de niños, 10 - primarias, 5 secundarias, 1 telesecundaria y 2 preparatorias. Para efectuar estudios a nivel superior se encuentran varios centros ubicados a 30 km. en las ciudades de Minatitlán y - Coatzacoalcos.

d) ECONOMIA

Durante un período mayor de 32 años de existencia -- de la Compañía Azufrera Panamericana, S. A. ésta ha sido un -- gran eje progresista y económico, debido a que ha generado -- fuentes de trabajo que han dado cabida a centenares de perso -- nas, tanto de la ciudad de Jáltipan como lugares circunveci -- nos y también a través de los municipios y organizaciones ci -- viles ha hecho grandes donaciones que han sido de incalcula -- ble valor para JALTIPAN y la región, en virtud de que ha pro -- porcionado un mejor nivel de vida para los pobladores.

Existen asimismo, otras industrias como Materias Pri -- mas de Monterrey, S. A., Harinera de Veracruz, S. A. (MASECA), Maíz Industrializado, S. A. (MINSA), y PURINA, S. A., quienes -- han hecho aportaciones para el desarrollo de JALTIPAN, aunque en menor escala. La mayor parte de estas industrias tienen -- menos de 10 años de haber iniciado operaciones en esta ciudad.

El porcentaje restante de ingresos y aportaciones los proporciona la agricultura, la ganadería y la iniciativa pri -- vada.

Debido a la crisis por la que atraviesa el País y al desarrollo que ha tenido en los últimos años esta zona, la -- elevación de la tasa inflacionaria ha producido como conse -- cuencia, el aumento de los costos de productos en general y -- de servicios. Este aumento de costos, se puede decir, que ha caracterizado a esta zona como una de las de mayor inflación -- en el estado y posiblemente en el País.

e) CLIMA Y VEGETACION

El clima predominante del área es tropical caluroso -- húmedo, con precipitaciones pluviales en los últimos 12 años--

que oscilan entre los 1800 a 2500 mm anuales. Al año presenta solamente dos temporadas: La temporada de secas, con muy escasas lluvias, que tiene una duración aproximada de 4 meses, de febrero a mayo, y la temporada de lluvias que dura aproximadamente 8 meses desde junio a enero, con precipitaciones -- pluviales mínimas de 1800 mm .

La temperatura oscila entre los 15°C, en época de invierno y 44°C, en época de Verano.

La vegetación como lo indica el clima tropical, es exuberante y está formada por encinos, cedros, caoba, tepezuche, roble, nacaste, bambú y numerosas variedades de arbus -- tos y pastos. Gran parte de esta vegetación ha sido desmontada para uso de la agricultura y ganadería.

II FISIOGRAFIA

a) PROVINCIAS FISIOGRAFICAS

De acuerdo con la clasificación de Provincias Fisiográficas de Raisz (1964), el área de estudio se encuentra dentro de la Sub-Provincia del Istmo de Tehuantepec, perteneciente a la Provincia de la Planicie Costera del Golfo, Raisz (Op. Cit), como se muestra en la Fig. Num. 2.

La Sub-Provincia del Istmo de Tehuantepec es en general plana hacia el norte y con algunos pequeños lomeríos al sur; la costa es baja y existen varias lagunas de forma alargada, separadas del mar por barras litorales de carácter arenoso cortada en uno o varios puntos. La región costera representa las tres cuartas partes de la anchura total del Istmo de Tehuantepec; algunos geólogos opinan que la anchura excepcional de esta costa puede ser debido a los vientos alísios, que soplando directamente en esta curvatura continental, facilitaron la formación de las grandes barras y grandes lagunas naturales, donde se hizo posteriormente una amplia sedimentación ayudada por los deltas de los grandes ríos que ahí desaguan. Por esa razón, la mayor parte de esta área es llana y pantanosa.

b) PROVINCIAS GEOLOGICAS

Según la clasificación de Provincias Geológicas adoptada por Eduardo López Ramos (1978), el área del presente estudio se encuentra ubicada dentro de la provincia geológica denominada "Cuenca Salina del Istmo" que está limitada al nor

te por el Golfo de México, al sur por la Sierra Madre de Chiapas y la zona Metamórfica del Istmo, al este por la Plataforma Yucatán y al oeste por la provincia de la Cuenca de Vera Cruz y la provincia del Macizo de San Andrés (fig. Num. 3).

c) GEOMORFOLOGIA

En la zona de trabajo no existen formas topográficas importantes; sólo una serie de lomeríos de poca altura.

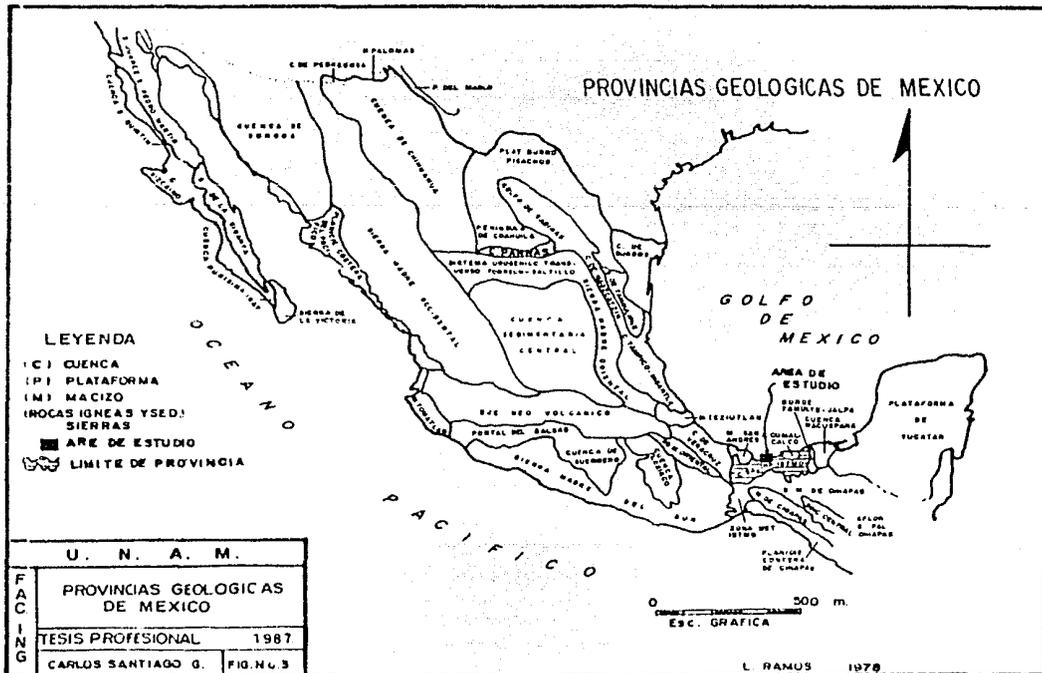
Las elevaciones mayores en la Cuenca Salina del Istmo se encuentran más bien en la parte sur a 35 km, aproximadamente del área de investigación, siendo las principales elevaciones el cerro Palón, el cerro la Encantada, el cerro del Manatí, el cerro del Jimbal, de una elevación de aproximadamente 600 metros sobre el nivel del mar; los demás cerros no pasan de una elevación mayor de los 120 metros sobre el nivel del mar.

En general, la zona se encuentra en el estado de senectud en su desarrollo geomorfológico. Por otra parte, las extensiones de lomeríos bajos que a veces se encuentran en la zona, representan posiblemente zonas de rejuvenecimiento, debidas a las actividades tectónicas de los movimientos de los domos salinos.

d) HIDROGRAFIA

El área de trabajo forma parte de la cuenca hidrográfica del río Coatzacoalcos (perteneciente a la vertiente del Golfo de México).

A consecuencia del colapso de la parte central del domo, se formaron fallas y fracturas, algunas de las cuales fueron aprovechadas por las corrientes de agua, originando -



así los arroyos permanentes que cruzan el área

El arroyo más importante es el Osolopan el cual aguas abajo recibe el nombre de arroyo Chacalapa, que junto con el arroyo San Pedro Soteapan se unen al arroyo Huazuntlán que desemboca en el río Calzadas, que es uno de los brazos del río Coatzacoalcos.

Por otra parte, la fuente de abastecimiento de agua de Azufre Panamericana, S. A., es el arroyo Chacalapa.

e) OROGRAFIA

Como se mencionó anteriormente, no existen formas topográficas positivas importantes, sólo una serie de lomeríos de escasa altura, y a grosso modo se puede decir que el borde del domo está marcado por una serie de lomas que superficialmente siguen en gran parte el contorno del mismo, con una elevación aproximada de 30 m, sobre el nivel del mar.

III GEOLOGIA

a) ESTRATIGRAFIA

Considerando que es interesante hablar de las formaciones de la Cuenca Salina, se describirán las unidades de acuerdo a los trabajos del Ing. Luis Benavides (1955) y según la tesis del Ing. René Cabrera (1963), quién junto con el Ing. Gabriel Domínguez Portilla, modificaron la edad de algunas de las formaciones presentes en la Cuenca Salina del Istmo (Tabla No. 1).

En el área de trabajo con base en datos de geología superficial de Pemex, (figura Num. 4) se observa que la estructura del Domo de Jáltipan está subyaciendo a un pequeño anticlinal afectada por una serie de fallas paralelas que provoca que exista un desplazamiento de las formaciones.

TRIASICO SUPERIOR - JURASICO INFERIOR

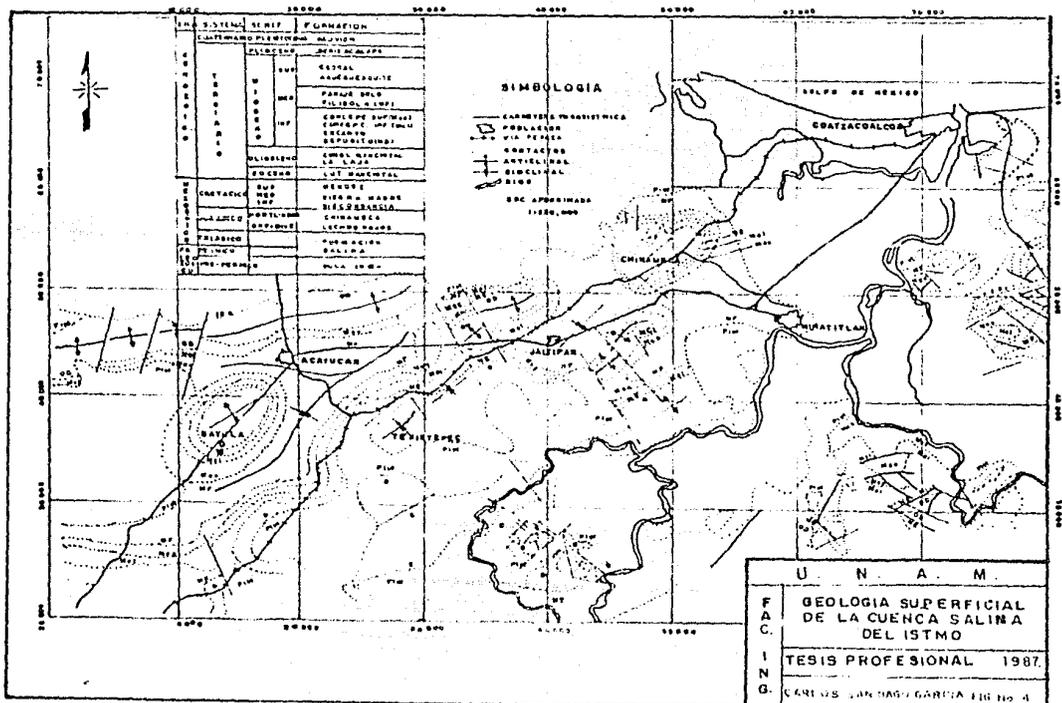
FORMACION SALINA

DISTRIBUCION: Se ha encontrado en toda la Cuenca Salina por pozos perforados en busca de petróleo y en varios de los que se han perforado en prospección del azufre.

LITOLOGIA Y ESPESOR: Esta unidad está representada por sal gema cristalina, opaca color gris claro rosada a gris-oscuro, con intercalaciones de sulfatos (principalmente anhídrita), ligeramente impregnada de hidrocarburos. En general la sal está bien consolidada y sólo ocasionalmente es cavernosa, alojando a veces hidrocarburos.

TABLA ESTRATIGRAFICA DE LA CUENCA SALINA DEL ISTMO
SEGUN BENAVIDES, CABRERA Y DOMINGUEZ TABLA No. 1

ERA	PERIODO	ETAPA	FORMACION - LITOLOGICA	ESPESOR MEDIDO EN MTS.	RELACION CON DOMOS SALINOS	
TERCIARIO	PLEISTOCENO		Aluvión, arenas de playa y depósitos de río	2-40	FORMACIONES POSTERIORES O SIMULTANEAS A LA FORMACION DE DOMOS SALINOS.	
	PLIOCENO		Serie Acalapa Cgl arenisca, arena y arcillas	150		
	MIOCENO	Superior		Cedral Arcillas, arenas y gravas		400-500
			Aqueguazulte	Sub Sedim. salobres Med arenas marinas Inf areniscas fosilíferas		400-500
		Medio	Paraje Solo	Arenas, lutillas y gravas		300-600
			Fillisole	Arenas marinas		250-400
		Burdigallano Superior	Concepción Sup	Lutillas marinas, arenas y areniscas		100-200
		Inferior	Concepción inf	Lutillas y arenas		200-400
	Encanto		Lutillas y arenas	500-800		
	OLIGOCENO			Depósito Lutillas, areniscas y tobos		1000
				Congl Nanchital (Local) Fragmentos de rocas arenáceas y calizas de canchales		500-600
				La Laja. Sup. Areniscas y lutillas tabacáceas Inf Lutillas con capas de arenas y areniscas		1400
EOCENO	Priaboniano Luticeno y Prestano	Lutillas Nanchital Cgl Usapanapa	150	300-1100		
MESOZOICO	CRETACICO	Superior	Méndez Margas	600-900		
		Medio	Caliza Sierra Madre Calizas (Ausente en la parte central de la Cuenca. Afiora en el frente de la Sierra).	1600-1900		
			discordancia local			
	Inferior	Caliza Chinameca	300 400			
	JURASICO	Portlandiano Kim meridiano	Caliza bituminosa en capas delgadas			
	Oxfordiano Divisano.	Formación Salina	3400-3600			
TRIASICO		Conglomerados, areniscas y arenas		FORMACIONES ANTERIORES A LA FORMACION DE DOMOS SALINOS.		

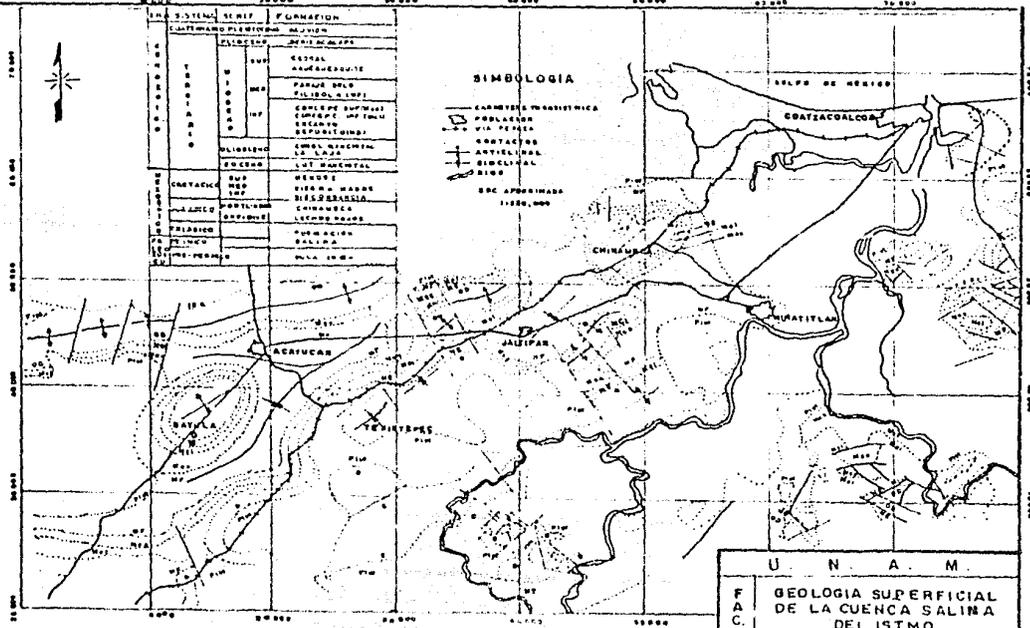


UNITS	SYMBOL	STRATIGRAPHIC POSITION	FORMATION
1	(Symbol)	CUICUILTEPEC	CUICUILTEPEC
2	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
3	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
4	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
5	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
6	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
7	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
8	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
9	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
10	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
11	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
12	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
13	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
14	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
15	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
16	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
17	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
18	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
19	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
20	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
21	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
22	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
23	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
24	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
25	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
26	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
27	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
28	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
29	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
30	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
31	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
32	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
33	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
34	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
35	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
36	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
37	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
38	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
39	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
40	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
41	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
42	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
43	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
44	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
45	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
46	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
47	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
48	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
49	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN
50	(Symbol)	TEHUACAN	TEHUACAN

SIMBOLOGIA

- (Symbol) CARRETERA INGENIERIL
- (Symbol) PROBLEMA VIA FERREA
- (Symbol) CANTON
- (Symbol) ARTIFICIAL
- (Symbol) BIDUCAL
- (Symbol) RIO

ESC. GEOGRÁFICA
1:250,000



La sal, cuando es pura, es de color blanco, pero debido a impurezas adquiere tonalidades anaranjadas, rosas, violetas y moradas, si esta impurezas son hidrocarburos, entonces es gris o negra. Su espesor es considerable, ya que dentro de la Cuenca Salina del Istmo se ha alcanzado su base, en el pozo Sal Somera Num. 1, perforado por Pemex, a 3543 metros de profundidad con un espesor de sal de más de 3400 m.

Descansando sobre la sal se encuentra la roca de cubierta "CAP ROCK" la cual es un residuo dejado por la disolución de la parte superior de la sal, está formado principalmente por yeso o anhidrita.

EDAD Y PALEONTOLOGIA: Esta formación salina carece de fósiles, por tanto, su edad se ha determinado por relaciones estratigráficas, ya que le suprayace la caliza Chinameca que sí contiene fauna. De esta manera a la formación Salina se le asigna una edad Pre-Jurásico Superior (Divesiano-Oxfordiano). Según Deher (1926).

JURASICO SUPERIOR - CRETACICO INFERIOR

FORMACION CALIZA CHINAMECA

DEFINICION: Su nombre fué propuesto por Burckhardt -- (1930) al referirse a las calizas de color crema que afloran a un kilómetro al este del poblado de Chinameca, Ver., en las localidades de cerro de la Grava y cerro de Cal.

DISTRIBUCION: Se encuentra aflorando en el cerro de Chinameca y en el río Playas (cerro Pelón). Se encontró en los pozos Pedregal perforados por Pemex situados en la parte suroriental de la Cuenca Salina.

LITOLOGIA Y ESPESOR: Esta constituida por caliza de color gris obscuro a gris, crema y blanco al intemperismo, - finamente arenosa y hacia la base se presenta en bancos hasta de un metro de espesor. Hacia la cima se presenta estratificada en capas que varían de 7 a 40 cm, de espesor, con - intercalaciones aisladas de arcillas calcáreas de color amarillento, presentándose en algunas partes en forma brechoide.

El espesor de la formación, se estima entre 300 y - 400 metros.

EDAD Y PALEONTOLOGIA: De acuerdo con el Dr. C. Burckhardt (1930) la edad de la formación Chinameca va del Kimmeridgiano al Barremiano. La presencia de fósiles que se - han encontrado son: Ammonitas de la especie *Wagenia-Hacobia Berriasella*, *Neocomites Neocomiensis*, *Crioceras*, *Caprinas* y *Asterios*, etc.

CRETACICO MEDIO

FORMACION CALIZA SIERRA MADRE

DEFINICION: Bosse (1905) le asignó el rango de Formación Caliza Sierra Madre, a un cuerpo constituido por calizas y dolomías.

DISTRIBUCION: Esta formación no existe dentro de la Cuenca Salina del Istmo. Unicamente se ha observado en el - frente de la sierra y en algunas porciones de las márgenes - sur y sureste de la cuenca, en las estribaciones de la Sierra Madre.

LITOLOGIA Y ESPESOR: Esta formación está constituida por calizas cristalinas de color gris y blanco con abundantes rudistas. Es una caliza bastante compacta, con veti-

llas de calcita y estratos potentes que en ocasiones sobrepasan a un metro. El espesor de la formación es estimada en - 1600 a 1900 metros.

EDAD Y PALEONTOLOGIA: La edad de la formación es cretácico Medio y los fósiles encontrados para determinar ésta - son rudistas especialmente radiolites.

CRETACICO SUPERIOR

FORMACION MENDEZ

DEFINICION: Esta unidad fue nombrada por Jeffreys - (1912) para referirse a unas margas rojas que descansan sobre las calizas de la Formación San Felipe, cuyos estratos están expuestos 300 m, al E de la estación Méndez, sobre la vía del ferrocarril San Luis Potosí - Tampico.

DISTRIBUCION: Esta unidad aflora en las márgenes sur y sureste de la Cuenca Salina; ha sido observada solamente en el área de Cerro Pelón, en discordancia sobre la caliza China meca, estando separadas ambas unidades en forma local por una zona de brechas calcáreas de 15 a 20 m, de espesor.

LITOLOGIA Y ESPESOR: Litológicamente está constituida por margas pardo rojizo a gris verdoso; deleznable a semicom-
pacta con intercalaciones de bentonita gris a gris verdoso y-
verde claro y lutita calcárea de color verde grisáceo a pardo
claro, así como pequeños cuerpos de brechas formados por frag-
mentos de mudstone crema arcilloso muy compacto.

El espesor calculado de esta formación oscila entre -
los 600 y 900 m.

EDAD Y PALEONTOLOGIA: De acuerdo a la presencia de - las siguientes especies: Globotruncana Cónica, Globotruncana-Calcareá, Globotruncana Arca. Se le considera una edad del - Cretácico Superior.

Esta formación es correlacionable con la Formación -- Méndez de la Cuenca de Tampico Tuxpan.

EOCENO

CONGLOMERADO UZPANAPA

DEFINICION: Fue descrita inicialmente por Gibson -- (1936) en la región de Ixtlán (sur de la Cuenca Salina del - Istmo) descansando directamente sobre calizas Cretácicas, más tarde fue definida por Benavides (1956) designando como local - lidad tipo al río Uxpanapa localizado aproximadamente a 75 - Km, al SE de Coatzacoalcos, Ver.

DISTRIBUCION: Localmente se encuentra en las áreas - cercanas a los ríos Uxpanapa del cual toma su nombre y Chal - chijapa, al sur de la Cuenca Salina del Istmo, también se en - cuentra en otras zonas dentro de la cuenca, por ejemplo, en - Ranchoapan, Ver., al poniente de Hidalgotitlán y en la región de tígnes, changos, al noreste del cerro Pelón.

LITOLOGIA Y ESPESOR: Esta unidad tiene un espesor va - riable entre 150 y 200 m, y está constituida principalmente - por cantos redondeados de roca ígnea y arenisca, siendo suma - mente escasos los cantos de caliza; dentro del conglomerado - se presentan aisladamente algunas intercalaciones lutíticas.

EDAD Y PALEONTOLOGIA: Por su contenido fosilífero de foraminíferos típicos como son: Hankenina Mexicana Cushman, -

Hankenina Mexicana Var. Aragonesis Cushman, se le asigna una edad Eocénica.

EOCENO SUPERIOR

LUTITA NANCHITAL

DEFINICION: Castillo Tejero (1955). Lo considera perteneciente al Eoceno Superior y sus características litológicas permiten diferenciarlas fácilmente de las formaciones supra o subyacentes. Además su contenido faunal es característico. Se considera como localidad tipo el cerro Nanchital, aunque también se encuentra el cerro Pelón situado a 40 y 75 km, al SE de Coatzacoalcos, Ver.

DISTRIBUCION: Localmente se encuentran en el área comprendida entre el río Playas, el arroyo del Cedro, el río Nanchital y el cerro Pelón (al SE de Coatzacoalcos, Ver.).

LITOLOGIA Y ESPESOR: Esta formación está constituida en su mayor parte de lutitas muy poco arenosas, alteradas en su parte inferior y con intercalaciones de areniscas de grano fino. Su color varía de pardo a gris verdoso y generalmente son plásticas, los colores son muy oscuros en la parte superior y la dureza es mayor presentando bandas de arenisca bastante espaciadas.

La parte inferior es arenosa y contiene areniscas en bandas que varían de entre 10 y 30 cm de espesor. En las arenas se han encontrado concreciones calcáreas y en las lutitas restos de plantas fósiles. Hay porciones de las series lutitas Nanchital donde predominan las arenas de color gris azulado y pardo, estando bien estratificadas en capas que varían entre 1 y 3 m, sobre éstas, descansan en parte, arenas y conglomerados, siendo estos últimos de cantos subredondeados de mate

rial calcáreo y algunos fragmentos de rocas ígneas. La parte final y superior de la formación son lutitas calcáreas de color gris azulado bien estratificadas.

Las lutitas Nanchital se consideran de aguas profundas y su espesor es muy variable de 300 a 1100 m.

EDAD Y PALEONTOLOGIA: Pertenece al Eoceno Superior, dándole esta edad su diferente contenido faunal como son: Hankenina, Brevispina, Cushman, Hankenina, Alabemensis, Cushman, Bulimina Jacksonensis Cushman, Globorotalia Cerroazulensis (Cole), Anomalia Dorri (Cole).

OLIGOCENO INFERIOR

FORMACION LA LAJA

DEFINICION: Fue descrita inicialmente por Gibson (1936) en la región Salina del Istmo, quien la dividió en dos series denominadas en orden estratigráfico ascendente en series la Laja y series Depósito. Castillo Tejero (1955) la eleva a rango de Formación y divide a la Laja en Inferior y Superior, correspondiendo, en términos generales, la primera al Oligoceno Inferior y la segunda al Oligoceno Medio. Estas son muy difíciles de diferenciar. Su localidad tipo se encuentra en los márgenes de la Cuenca Salina, sobre el río Uxpampa a unos 60 km, al S - SE de Coatzacoalcos, Ver.

DISTRIBUCION: Se extiende desde el norte de la cuenca de Veracruz (oriente de Jalapa) hasta la región del Istmo (SE de Veracruz); abarca una distancia de unos 350 km, y una amplitud de 100 km, siendo la parte más profunda la región de Rodríguez Clara, San Juan Evangelista y Sayula, Ver.

LITOLOGIA Y ESPESOR: La Laja Inferior formada esencialmente de lutitas grises azulosas, verdes y aún negras, generalmente compactas, quebradizas y muy bien estratificadas con capas de arenas, areniscas no consolidadas y areniscas, así como lentes y bloques de calizas coralinas.

La Laja Superior está constituida principalmente de areniscas y tobas donde predominan las lutitas tobáceas. La fauna de esta última capa no está muy bien caracterizada pero puede señalarse la ausencia de especies comunes a la formación la Laja Inferior y la formación Depósito. El espesor de las formaciones, Laja Inferior y Laja Superior es aproximado a 1400 m. y su sedimentación en aguas más profundas que las formaciones que tiene sobrepuestas y las que le subyacen. Aparentemente es concordante con las rocas de las lutitas Nanchital del Eoceno y la Formación Depósito del Oligoceno Superior.

EDAD Y PALEONTOLOGIA: Su edad es Oligoceno Inferior y Medio determinada por la ausencia de fauna de la Formación Depósito y la fauna característica de la Laja Inferior. La fauna encontrada corresponde al Oligoceno Medio: Haplophragmoides Coronatus (Brady), Cibicides Cushmani Nuttall, Cibicides Tuxpamensis Cole, Bulimina Semicostata, Var. Ind. Cuclamina Cancellat Brady, Sigmoidela Elegantissima (Parker y Jones), Chilostomelloides Aff. Orbiformia (Sherborn y Champan).

En el Oligoceno Inferior y Medio se tienen Globigerina Ciperiensis que corresponden a unidades bioestratigráficas de foraminíferos planctónicos.

OLIGOCENO INFERIOR Y MEDIO

CONGLOMERADO NANCHITAL

DEFINICION: Sansores (1963) indica que dentro de la,

formación la Laja cerca de su base, hay una o varias zonas - de conglomerados lenticulares, que es lo que habitualmente - se llama Conglomerado Nanchital.

DISTRIBUCION: Está expuesta en el río Uxpanapa, - aguas arriba de la confluencia del río Nanchital (SE de Coat zacolacos). En el cerro Pesquero y en el arroyo del mismo - nombre. En el área de la boquilla y alrededores de la pre - sa Netzahualcōyotl afloran aproximadamente 350 m, de ese con - glomerado.

LITOLOGIA Y ESPESOR: La formación está constituída - de fragmentos de roca ígnea de tipo granitoide y por cantos - de caliza; la arenisca gradúa de grano fino a grano grueso, - dentro del cuerpo conglomerático se presentan capas delgadas de lutita arenosa con microfauna del Oligoceno; su espesor - varía entre 500 y 600 m.

EDAD Y PALEONTOLOGIA: De acuerdo al estudio paleon - tológico hecho por el Dr. Nuttall se sitúa dentro del Oligo - ceno Inferior-Medio, pero sobrepuesta a una serie de lutitas que contienen microfauna de la Formación la Laja como son: - Haplophragmoides Coronatus (Brady), Cibicides Cushman, Nu - ttall, Cibicides Tuxpanensis Cole.

OLIGOCENO SUPERIOR

FORMACION DEPOSITO

DEFINICION: Fue descrita inicialmente por Gibson - (1936) en la región salina del Istmo quien originalmente lo - llamó serie Depósito. Castillo Tejero (1955) lo elevó a ran - go de Formación e indica que pertenece al Oligoceno Superior y descansa normalmente sobre la Laja Superior.

DISTRIBUCION: Tiene una amplia distribución geográ -

fica que se extiende desde el norte de la cuenca de Veracruz, - hasta la región de la Cuenca Salina del Istmo y abarca una distancia de 350 m, de largo y una amplitud de 100 km, se encuentra aflorando al oeste de la Cuenca Salina en las regiones de Achotla y de Acayucan, Ver.

LITOLOGIA Y ESPESOR: Está formada de lutitas gris claro con intercalaciones de arenas y areniscas de grano fino a medio, con lentes y capas de ceniza volcánica y hacia la base una intercalación de conglomerado, formado por fragmentos de roca ígnea, lutitas y areniscas, esporádicamente se presentan gravas de 3 a 5 mm de diámetro, de caliza de color pardo a gris claro.

El espesor máximo es del orden de 1000 m, aunque en la porción central de la Cuenca Salina, ese espesor se reduce considerablemente al grado de variar desde unos cuantos metros hasta los 150 ó 200 m, en los flancos de los domos salinos (área Jáltipan).

EDAD Y PALEONTOLOGIA: De acuerdo a su contenido faunístico se le considera una edad Oligoceno Superior y los fósiles característicos de esta formación son: Rectuvigerina AFF. - Basispinata (Cushman y Jarvis), Siphonima AFF. Tenuicarinata - Cushman, Lagena CF. Aspera Reuss, Textularia AFF. Mexicana -- Cushman, Cyroidina Altispira Cushman y Stainfirth. Este conjunto faunístico indica que al iniciarse su sedimentación, prevalecían condiciones neríticas cambiando a abisales, esta variación muestra los clásicos movimientos oscilatorios de los fondos marinos acaecidos durante el Terciario.

MIOCENO INFERIOR

FORMACION ENCANTO

DEFINICION: Gibson (1936) describe a la Formación Encanto de la manera siguiente: Compuesta de areniscas azules y pardas de grano fino y grueso y pizarras arcillosas muy arenosas. Considera como localidad tipo la cima del anticlinal del Encanto, dentro del municipio de Minatitlán, Ver., de referencia se toma el pozo encanto N° 1 (perforado por Pemex en 1922) que se encuentra a 20 Km al sureste de Minatitlán, Ver.

DISTRIBUCION: Se encuentra aflorando en la porción central de la cuenca Salina del Istmo, en el área comprendida entre la carretera transístmica por el poniente y el río Uxpanapa por el oriente. Se encuentran además algunos afloramientos tanto aislados en la parte centro oriental de Jalapa, así como también al noreste de Teziutlán, Puebla, y al poniente de Nautla, cerca del río de igual nombre.

LITOLOGIA Y ESPESOR: Consiste principalmente de series alternadas de arenas, areniscas de grano fino y lutitas arenosas, su color es variable pero generalmente es gris azulado o gris amarillento, ocasionalmente se encuentran algunos conglomerados. En otras se presenta como una serie de estratos formados por arena de grano grueso a fino parcialmente cementada, ligeramente arcillosa de color gris azulado a gris claro que con frecuencia contiene granos y cristales de ortoclasa además de los de cuarzo. Cuando la cementación es completa se encuentran capas de arenisca compacta de color gris azulado, cuando están húmedas, que varían en espesor entre 10 cm, y 1 m. Estas areniscas están interestratificadas con capas arcillosas compactas, de fractura concoidea, de 5 a 30 cm de espesor. Cuando están expuestas a la erosión, estas arenas y areniscas presentan un color pardo rojizo muy peculiar. La estratificación de las capas de la Formación Encanto es clara en general.

El espesor de esta Formación es variable, pero puede-

tomarse como promedio de 500 a 800 m.

EDAD Y PALEONTOLOGIA: Sus fósiles índices más característicos son los siguientes: Hopkinsina Notohispida Finlay, - Uvigerina Crassistriata Encantoensis Nuttallms y Uvigerina La-
vicolata Coryell y Rivero. Debido a esta fauna se le considera de edad Mioceno Inferior.

FORMACION CONCEPCION INFERIOR

DEFINICION: La Formación Concepción Inferior fue descrita por vez primera por Gibson (1936) como una formación -- constituida por arcillas apizarradas y areniscas que por estar descansando concordantemente sobre la serie Encanto, las atribuyó a la de la Formación Concepción Inferior. La localidad fue estudiada por vez primera en el área de Concepción, Ver. - (de donde toma su nombre), sobre la margen derecha del río Uxpanapa a unos 24 km, al sureste de Minatitlán, Ver.

DISTRIBUCION: Aflora en la porción media de la Cuenca Salina del Istmo, al oriente de Romero Rubio, Soledad, parte media del río Coachapa, Moloacán, Minatitlán, Sayula, San Andrés Tuxtla, Ver. En el subsuelo se encuentra en toda la Cuenca Salina y en la planicie costera del estado de Veracruz que corresponde a la llamada cuenca de sedimentación terciaria de Veracruz, situada al noreste de la Cuenca Salina del Istmo.

LITOLOGIA Y ESPESOR: Está formada principalmente por lutitas bien consolidadas con estratificación burda, de color gris, azul claro y azul oscuro, micáceas, generalmente muy fósilíferas que contienen gasterópodos y pelecípodos junto con una gran variedad de foraminíferos.

La parte superior de la formación es arenosa y semejan

te a la Formación Concepción Superior basal; pero su contenido de arena va disminuyendo desde este contacto hacia la base, donde las lutitas son casi puras y muy micáceas. En algunas ocasiones aparecen, en las fracturas, depósitos de yeso que las rellenan.

La potencia de la formación es muy variable, oscilando entre 200 y 400 m.

EDAD Y PALEONTOLOGIA: Debido a su contenido faunístico se le considera perteneciente al Mioceno Inferior y los fósiles característicos son: Marginulina Marginulinoides Goes, Glabrata y Tuberculata, foraminíferos que definen la cima de la formación: Spiroplectammina Mississippiensis Cushman, Cibicides Floridanus Cushman, Boliviana Nobilis, Hantren, Boliviana Plicatella Cushman y moluscos representado por Pleurotoma Albina Perry Pleurotoma Certely Bose, Natica Canrena Lina.

(BURDIGALIANO SUPERIOR)

FORMACION CONCEPCION SUPERIOR

DEFINICION: Gibson (1936) fue el primero en usar el término Concepción Superior, para designar arcillas apizarradas muy arenosas mal consolidadas y con abundancia de moluscos. Esta formación fue estudiada por primera vez en la región de Concepción, Ver. (de donde toma su nombre), sobre la margen derecha del río Uxpanapa, a unos 24 km, al sureste de Minatitlán, Ver.

DISTRIBUCION: Aflora en la porción central, suroccidental y occidental de la Cuenca Salina del Istmo. Se ha reconocido en las regiones de Concepción, Ver., Soconusco, en -

los poblados de Romero Rubio, en Acayucan, sobre el río Chacalapa y a lo largo del río Jaltepec, así como en la Cuenca de Veracruz, en los alrededores de San Andrés Tuxtla y al sureste de Jalapa.

LITOLOGIA Y ESPESOR: Litológicamente tiene cierta semejanza con los de la Concepción Inferior y constan principalmente de lutitas arenosas de color azul grisáceo, compactas, cuyos planos de estratificación no existen o están muy mal definidos, en ocasiones se presentan concreciones de areniscas de colores pardo y amarillento, cementadas con material calcáreo. Tales concreciones aparecen no sólo en la Formación Concepción Superior, sino también en la base de la Filisola, lo cual dificulta fijar el contacto. Un buen criterio para distinguir la Concepción Superior es la abundancia de fragmentos micáceos que existe en la primera de estas formaciones.

El espesor de esta formación es muy variable oscilando comúnmente entre 100 y 200 m.

EDAD Y PALEONTOLOGIA: Los fósiles característicos son los siguientes: Róbulos rotalutus Lamarck, Cibicides filisolaensis Nuttall, Boliviana Subaenariensis var. Mexicana Cushman. Un criterio importante para distinguirla de la Concepción Inferior es la ausencia de Marginulina Subnirsuta Nuttall y Glabrata y Tuberculata. Debido a este contenido faunístico la unidad pertenece al Mioceno Inferior.

MIOCENO MEDIO

FORMACION FILISOLA

DEFINICION: Fue descrita inicialmente por Gibson (1936) quien la publicó con el vocablo de series. Describe -

conjuntamente la Concepción Superior-Filisola y dice que "Estas formaciones fueron primordialmente observadas en la región de Filisola en donde la diferenciación entre ambas puede hacerse sin mayor dificultad". Benavides (1956) la elevó a rango de Formación y la describe en el área de Cabritos-Tecuanapa (región del río Uxpanapa) donde diferencia con cierto grado de seguridad a la Formación Filisola de la Formación Concepción Superior.

DISTRIBUCION: Se distribuye en la porción central y sur de la cuenca del Istmo, en una longitud de unos 100 km y una amplitud de unos 40 km. Se encuentra aflorando al este de Romero Rubio, Coapacan, Cabritos Tecuanapa (región del río Uxpanapa) e Ixhuatlán-Moloacán, al sureste de Coatzacoalcos.-Ver.

LITOLOGIA Y ESPESOR: Se trata de una formación eminentemente arenosa. La parte superior está constituida por arcillas arenosas de color rojo, que cuando se intemperizan se vuelven rojizas o de color ladrillo. Debajo de estos lechos aparecen arenas cuarcíferas en material arcilloso de color azul grisáceo a pardo, con cuarzo lechoso y abundante y fragmentos de fósiles marinos mal conservados. Los lechos fosilíferos alternan con lechos de arenisca de grano medio, compactos a semicompactos, micáceos que varían en color de pardo en la superficie a gris azulado en la parte inferior. Finalmente, la parte basal está formada por lechos lutíticos compactos de color gris a pardo y por capas de arenisca pobremente cementada. En esta parte basal es común encontrar concreciones lenticulares. La estratificación de la serie descrita es mal definida en general.

El espesor de la formación varía entre 250 y 400 m.

EDAD Y PALEONTOLOGIA: Por su contenido faunístico se

le da una edad de Mioceno Medio y los fósiles son: Ostrea, Mac
tra, Pecten, Solarium y Pleurotomía.

FORMACION PARAJE SOLO

DEFINICION: Fue estudiada por vez primera por S. W. -
Lesnial (1924) en la región de Paraje Solo, dentro del munici -
pio de Motozucán, Ver., de donde toma su nombre, que se encuen -
tra a unos 25 Km, al sureste de Coatzacoalcos, Ver., refiriéndo -
se a areniscas masivas, arcillas arenosas y miembros ligníticos
intercalados. Gibson (1936) define a la Formación Paraje Solo -
como areniscas grises, verdes amarillentas, con intercalaciones
de lignito y lentes de grava.

DISTRIBUCION: Está abundantemente distribuída en la -
parte norte de la Cuenca Salina del Istmo y aflora al oriente -
del río Coatzacoalcos en la región de Paraje Solo, Acalapa, Mo -
loacán, Ixhuatlán, Gavián, Punta Gorda y otros lugares de la -
zona costera. Se ha encontrado también en la cuenca de Vera -
cruz, en la Planicie Costera del Golfo que queda comprendida en
tre el puerto de Veracruz y el macizo de San Andrés Tuxtla.

LITOLOGIA Y ESPESOR: Litológicamente se distinguen --
dos miembros, el miembro superior formado por areniscas de gra -
no grueso a fino, de colores gris y gris pardusco, interestrati -
ficadas con arcillas de color gris azul, más o menos carbonosa.
El miembro inferior está formado por areniscas compactas de gra -
no grueso, de colores gris y pardo, interestratificadas con ar -
cillas seguidas de un horizonte fosilífero y después por arenis -
cas de grano grueso que alternan con láminas arcillosas y mate -
rial lignítico. Los horizontes ligníticos son bastantes cons -
tantes. Las arenas y ligníticas representan depósitos estuari -
nos de textura relativamente uniforme y de distribución amplia.

El espesor de la formación varía entre 300 y los 500 m.

EDAD Y PALEONTOLOGIA: Se le considera como la parte superior del Mioceno Medio de la Cuenca Salina ya que la Formación Agueguexquite representa la base del Mioceno Superior y los fósiles encontrados representan una fauna de aguas someras y la macrofauna reconocida es la siguiente:

PELECIPODOS: Ostrea, Andara Arca, Corbula, Pecten

GASTEROPODOS: Melania, Turritella, Drilla, Merita, Anachis

FORAMINIFEROS: Elphidium Incertum (Willianson) Rotalia Becarri (Linne) y variedades.

MIOCENO SUPERIOR

FORMACION AGUEGUEXQUITE

DEFINICION: Fué estudiada inicialmente por Gibson (1936) aunque no hace una descripción de ella, sólo la asocia con la Formación Paraje Solo y le fija una edad de Mioceno Medio. Castillo Tejero (1955), hace una descripción amplia de esta formación que litológicamente está constituida por areniscas de color gris pardusco y pardo con intercalaciones de arcillas ligníticas de color azul grisáceo, que normalmente se encuentran sobre la Formación Paraje Solo, su localidad tipo no está definida.

DISTRIBUCION: Está muy restringida y aflora en una franja de unos 28 km de largo por 18 de ancho en su porción más amplia, en la parte norte de la Cuenca Salina en la región de Coatzacoalcos, Ver.

LITOLOGIA Y ESPESOR: La parte superior está constituida por arcillas ligníticas de color azul grisáceo, algunas ve -

ces tobáceas con moldes de fósiles. Su parte media está formada de areniscas compactas de grano fino a medio, de color gris-pardusco a gris azulado ligeramente fosilífera y en ocasiones con concreciones calcáreas. La parte inferior de la unidad está constituida de areniscas fosilíferas, suaves, de color pardo, arcillosas muy arenosas, bien laminadas y arenas amarillentas con bandas de arcillas muy arenosas; generalmente contienen abundantes foraminíferos.

El espesor varía entre 400 y 500 m y sólo se encuentra en la parte norte del Istmo.

EDAD Y PALEONTOLOGIA: Debido a la presencia de Anadara Strebila (Gardner) que es una especie índice se le considera del Mioceno Superior. Además se han encontrado Foraminíferos como son: Planulina Depressa (D'Orbigny) Discorbis Floridensis (Cushman) y Siphogenerina Raphanus Parker y Jones.

FORMACION CEDRAL

DEFINICION: Fue estudiada inicialmente por Gibson -- (1936) aunque no hace una descripción de ellas pero sí la marca en la Tabla estratigráfica de su informe fijándole una edad de Mioceno Superior, Castillo Tejero (1955), hace una descripción amplia de esta formación. Litológicamente está formada en términos generales, por arenas, arcillas y conglomerados.

DISTRIBUCION: Está muy restringida, aflorando únicamente en una superficie de unos 600 Km², al SE de Coatzacoalcos, Ver., hasta el río Tonalá. Se encuentra en la parte central norte de la Cuenca Salina del Istmo, entre los campos petroleros de Acalapa- El Plan (38 Km al SE de Coatzacoalcos, aproximadamente).

LITOLOGIA Y ESPESOR: La unidad consiste de una serie-

de arenas, arcillas y conglomerados, con colores abigarrados, - predominando el color rojo amarillento y a veces gris. Se le supone de origen deltaico o de ambiente palustre.

El espesor de la Formación varía de 400 a 500 m.

EDAD Y PALEONTOLOGIA: Se le ha asignado una edad de - Mioceno Superior debido a su posición estratigráfica y sus fósiles encontrados como: Rotalia, Becarri Linne, Elphidium sp. ma crofauna escasa.

PLIOCENO

SERIE ACALAPA

DISTRIBUCION: Se encuentra aflorando en la región de Acalapa (a unos 25 Km al sureste de Coatzacoalcos, Ver. de donde toma su nombre y en donde forma algunas eminencias como son los Cerros de Acalapa, Agata y Xoteapa.

LITOLOGIA Y ESPESOR: La serie está representada por areniscas, arenas y arcillas de color gris a verde azulado con restos de plantas y lignitas y por un cuerpo de conglomerado - que es el miembro estratigráfico más notable. El conglomerado está constituido por fragmentos de roca granítica que recibe el nombre local de serie conglomerado Acalapa. El espesor de esta unidad es de 150 m.

Se le ha supuesto una edad del Plioceno por encontrarse sobreyaciendo a la Formación Cedral.

PLEISTOCENO: En la región de estudio, está representada por gravas, arenas de playa arredondeadas y depósitos de río de color blanco, gris pardo amarillento, en otras partes estos depósitos están formados por clásticos de grano fino y arcillas

de color gris azulado. El espesor es de 2 a 40 m.

b) GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Los estudios geofísicos, especialmente los sismológicos y gravimétricos, han contribuido en forma eficaz al conocimiento de las estructuras en la Cuenca Salina y sus relaciones con las rocas adyacentes. Pero las informaciones más valiosas la han aportado las perforaciones llevadas a cabo en búsqueda de hidrocarburos o azufre lo que lleva a tener un mejor conocimiento de la geología de la región.

El domo de Jáltipan es una estructura formada por el diapirismo de la sal, que aparentemente se inició antes de la sedimentación de la formación más vieja que lo cubre. Si se supone que el depósito de sal, como algunos autores enuncian, es triásico-Jurásico y los sedimentos superyacentes al casquete, son de edad Mioceno-Oligoceno, se debe suponer que durante el resto del Mesozoico y a principios del Cenozoico, la sal se estuvo depositando y también en esta etapa comenzó la subsidencia del fondo marino, que cubrió gradualmente de sedimentos clásticos las evaporitas. Durante el Eoceno se depositó una gran cantidad de sedimentos.

En los pozos petroleros Sayula No. 5 y 6 y San Juan - Evangelista Num. 1 y 1A (perforados por PEMEX), se reportan espesores de 2 652 metros,

Considerando las perforaciones cercanas al domo de Jáltipan y la geología superficial que indican la ausencia del Eoceno y el contacto de la cima del casquete con roca sedimentaria, la edad del domo salino se piensa sea del Oligoceno. Tomando en cuenta también que la geología superficial reporta es-

pesores más o menos uniformes en las formaciones superficiales-superyacentes al casquete, se debe asumir que la relación domo-formación sedimentaria, será discordante y que ésta se debe a erosión o bien a no depósito. Es posible sugerir que el casquete sí estuvo expuesto a erosión subacuosa, comprobándose esto por la irregularidad del domo en su parte culminante y por la presencia de brechas de yeso y caliza en matriz arcillosa, en los canales de esta parte culminante, así como la presencia de arena de calcita que es un producto del intemperismo de la caliza del casquete.

Se sabe que los domos salinos, por su origen y forma, dan lugar a la formación de fallas y fracturas de las formaciones sedimentarias que penetran y subyacen, debido principalmente a dos causas que son:

- 1) La disminución del volumen de la sal al disolverse, por la acción de las aguas subterráneas y concentrase los residuos insolubles. Este fenómeno puede producir un colapso local de la cubierta sedimentaria del domo.
- 2) El diapirismo de la sal, que aunque aprovecha zonas de debilidad de las rocas superyacentes, no deja de obrar como intrusivo, produciendo una fuerza de empuje, que a su vez genera una gran tensión sobre las capas sedimentarias y que en ocasiones llega a fracturarla.

La presencia de estas fallas en el domo de Jáltipan se han detectado por geología superficial. (Petróleos Mexicanos); sin embargo, la geología del subsuelo sólo ha mostrado evidencias de las mismas, por la presencia de milonitas o relieves planchados. Se sabe que salvo casos muy notables, las fallas dentro del casquete son difíciles de determinar porque siendo el casquete de carácter plástico enmascara las fallas resultan-

tes de estos movimientos de la sal.

Geomorfológicamente se pueden reconocer las fallas, mediante formas topográficas predominantes, siendo ellas alineaciones anormales de lomeríos, zanjas que cortan terrenos de diferentes materiales, desniveles topográficos uniformes, por corrientes de agua que aprovechan las fracturas, sirviendo este último caso para demostrar lo dicho en el caso particular de Jáltipan, pues basándonos en la tendencia del arroyo Chacalapa, se puede observar su posición casi en el centro del domo. Finalmente se puede comprobar la existencia de fallas, que no se pueden definir, pero que sí son conspicuos sus efectos.

c) GEOLOGIA HISTORICA

A continuación se tratará de hacer una breve reseña de cada uno de los eventos geológicos a los que ha estado expuesta la zona estudiada, desde los diferentes puntos de vista de algunos investigadores. Durante la mayor parte del Pérmico, parte del área de la Cuenca Salina continuaba como tierra alta, pero al final comenzó a hundirse iniciándose el depósito de las capas rojas continentales, lechos jurásicos y evaporitas, formándose un mar cerrado. Debido a la existencia de algunas someras imperfecciones que se mantenían comunicadas con el mar abierto se recibieron aportaciones intermitentes de sedimentos pérmicos, lo que con la ayuda del clima de tipo desértico que prevaecía, permitió la concentración de las aguas marinas y la precipitación de la sal.

El proceso de precipitación de las sales debe haberse llevado a cabo, en algunas ocasiones completamente, cosa que se comprueba por la presencia de sales potásicas y otras que deben haberse interrumpido antes de terminar, pues la disposición de las sales dentro de los domos salinos es irregular y se presen-

ta para pensar que los ciclos de depósitos fueron numerosos y no siempre completos. El hundimiento gradual de la cuenca se iba alternando con la carga de sedimentos evaporíticos, persistiendo estas condiciones de depósito de sal durante el Triásico y Jurásico.

Burckhardt (1930) señaló que las aguas marinas cubrieron la región de Veracruz a principios del Jurásico Inferior, -- continuando durante el Jurásico Medio, habiendo terminado esta transgresión en el Calloviano, a principios del Jurásico Superior. Imlay (1943) señaló que en esta transgresión Jurásico Superior es cuando se depositan grandes espesores de evaporitas.

Gibson (1958) opina que se llevaron a cabo dos ciclos de evaporación en la Cuenca Salina; el primero se llevó a cabo durante el Pérmico, etapa que se considera que fueron favorables las condiciones para formación de este tipo de depósito y el segundo como resultado de la evaporación de los mares residuales PostPérmicos.

La edad geológica de la sal no ha sido precisada en forma definitiva, aunque algunos autores le han asignado una edad PermoTriásica (Salas, 1957). Benavides (1956) piensa que durante el Cretácico inferior el mar avanzó hacia el sur hasta alcanzar la margen norte del actual maciso de Chiapas y durante el Cretácico Medio, el mar llegó a cubrir dicho macizo.

Durante el Cretácico Medio, el área que actualmente ocupa la Cuenca Salina, sufrió un levantamiento y un cambio de clima de desértico a húmedo. (Alvarez 1950, Benavides 1956); prueba evidente de ello es la discordancia que aparece en las inclinaciones del cerro Pelón, Ver., donde superyaciendo a la caliza Chinameca del Jurásico Superior-Cretácico Inferior, se presentan las lutitas de la Formación Méndez del Cretácico Superior.

Tanto los depósitos del Cretácico Superior representa -

dos por las margas de la Formación Méndez, como las correspondientes al Terciario Inferior, formados en su base por lutitas y sobre ella grandes espesores de conglomerados, son manifestaciones evidentes de cambios de ambiente en el depósito de estos sedimentos.

En el Terciario Inferior (dentro de la Revolución Laramide) con los movimientos del macizo de Chiapas y Oaxaca se produjo el plegamiento del Geosinclinal Mexicano, siendo afectados los sedimentos del Triásico-Jurásico-Cretácico dando como resultado fallas y plegamientos de la Cuenca Salina. Dichos movimientos provocaron el desplazamiento de la sal hacia los anticlinales y a través de las fallas transversales.

Como antepaís pudieron haber fungido el macizo de San Andrés Tuxtla y posiblemente el supuesto macizo paralelo a la actual Costa del Golfo que detuvo los movimientos del macizo de Chiapas hacia el norte, produciendo el plegamiento de las capas y posiblemente la Formación Salina (Triásico-Jurásico) actuó como base lubricante para el plegamiento de las capas superiores.

Al principiarse el Terciario, los mares se hicieron más profundos y es cuando la carga de sedimentos sobre la sal adquirió importancia y pudo ser motivo de la iniciación de la deformación de la sal. La transgresión cubrió con sedimentos más jóvenes las rocas cretácicas depositándose casi sin discontinuidad las series del Paleoceno y Eoceno.

El mar del Eoceno debió haber sido más extenso pues cubre parcialmente las calizas del Cretácico por encima del macizo de Chiapas, depositándose en este período las lutitas Nanchital.

El conglomerado Uxpanapa, presente en algunas partes de la Cuenca Salina, puede considerarse como producto de algu -

nos levantamientos locales de origen ígneo en las partes marginales de la Cuenca.

Hasta el Oligoceno Inferior, las condiciones que prevalecieron fueron más bien de sumersión, depositándose las lutitas de la Formación La Laja. Sin embargo, hubo movimientos de ascenso y descenso (transgresión y Regresión), según se comprueba con varios horizontes de areniscas y conglomerados presentes en el Oligoceno.

Durante el Oligoceno Superior, el mar cubrió toda la porción norte del Istmo, transgresión que se efectuó durante el Mioceno Inferior; a finales de esta época hubo un movimiento Orogénico de grandes proporciones manifestado claramente por una discordancia en la base de la Formación Concepción Superior (Mioceno Inferior) que pasan a areniscas marinas de la Formación Filisola (Mioceno Medio) y después a depósitos de aguas salobres de la Formación Paraje Solo (Mioceno Medio).

A fines del Mioceno y durante el Plioceno, la Revolución Cascadiana se manifiesta por un empuje WNW-ESE, que orientó las estructuras sobrepuestas a la sal en dirección SW-NE, al empujarlas sobre el macizo de San Andrés.

De esta manera se produjo un período de sumersión al sureste de Coatzacoalcos, finalizando así el primer ciclo de sedimentación y dando principio al segundo con el depósito de las lutitas de la Formación Agueguexquite del Mioceno Superior, a las que cubrieron sedimentos marinos de la misma formación y finalizando con el depósito de la Formación Cedral del Mioceno Superior.

Se conocen exclusivamente depósitos de tipo continental tanto del Plioceno como del Pleistoceno, lo que demuestra que desde entonces hasta nuestros días la Cuenca Salina del Ist

mo está en condiciones de emersión. Por lo tanto se puede concluir que el Istmo de Tehuantepec a nivel regional sufrió los efectos de la Revolución Laramídica, así como una típica tectónica salina, que conjuntamente provocaron las condiciones tectónicas actuales de la Cuenca.

IV. YACIMIENTOS MINERALES

El azufre abunda en la naturaleza, se le considera formando el 0.64% de la corteza del planeta y es el octavo elemento más abundante en el mismo.

Generalmente se presenta combinado en forma de sulfuros, siendo los más importantes los de plomo (galena), zinc (blenda) y el fierro (pirita); también en forma de sulfatos como el del calcio (yeso) ó el de estroncio (celestita). Principalmente se le encuentra disuelto en aguas termales o en hidrocarburos en forma de ácido sulfhídrico; en estado nativo, se presenta en terrenos de origen volcánico o finalmente, contenido en los casquetes de los domos salinos.

Los principales yacimientos de azufre comercial se encuentran en la costa del Golfo de México, en los Estados Unidos de América, y en el Istmo de Tehuantepec asociado a los domos salinos. El azufre se obtiene como subproducto de los sulfatos en algunos países de alto desarrollo como Italia, España, Chipre, Portugal, Estados Unidos, Canadá, Noruega, Suráfrica, Australia, Europa Oriental, etc.

Existen yacimientos de origen volcánico, que se localizan en Italia, Japón, Colombia, Chile, etc. Asimismo, este elemento se produce en Francia, Canadá, Estados Unidos, México, y algunos países con producción petrolera, como recuperación secundaria de azufre, del gas amargo de petróleo, (Proceso Claus).

En 1953, fue descubierto en TARNOBRZEG POLONIA un yacimiento de azufre elemental contenido en una capa de caliza estratificada, con reservas calculadas en más de 50 millones de toneladas. Se ha explotado por métodos mineros a cielo abierto

y últimamente por el método Frasch, tecnología que los polacos - adquirieron en México, y se ha aplicado con gran éxito.

a) CLASIFICACION DE YACIMIENTOS DE AZUFRE

Los depósitos de azufre nativo, están distribuidos en - todo el mundo y corresponden a dos tipos de ambientes geológicos (Ruckmich, 1979). Cuencas que contienen hidrocarburos y zonas - de vulcanismo, y en base a ésto se clasifican como sigue:

1. Depósitos de azufre biogénico

a) Bioepigenético

a.1 Asociado a Domo Salinos (Cap-Rock)

a.2 Asociado a Depósitos evaporíticos estratificados

b) Depósitos de azufre biosingenético

2. Depósitos volcánicos

3. Depósitos en la zona de oxidación

4. Acumulación termogénica

b) MECANICA DE FORMACION DEL DOMO

Se ha definido a los domos salinos como cuerpos verticales de sal de sección circular sensiblemente elíptica.

Según esta definición, en la Cuenca Salina del sureste de México, son muy pocos los que reúnen estas condiciones, por lo que se les ha designado como " Estructuras Salinas "

Estas estructuras salinas, son cuerpos verticales - -

de sal que adquieren en ocasiones una forma de hongo, mientras que los domos salinos de Estados Unidos de América son cuerpos de sal con paredes casi verticales. La casi total ausencia de verdaderos diapiros en la Cuenca, quizás se deba a que durante los períodos subsecuentes a la depositación de la sal no se han depositado espesores potentes de sedimentos que por su peso hubieran ejercido mayor presión sobre la sal, provocando con ellos las rupturas correspondientes para formar los domos-salinos.

Existen otros factores que intervienen en el movimiento ascendente de la sal y que probablemente no fueron los ideales para la formación de verdaderos domos y son los siguientes:

1. Resistencia a la viscosidad de la sal
2. Composición, carácter y espesor de la capa original
3. Resistencia a la fractura de las rocas que la cubren
4. Contenido de agua en las capas de sal y en las rocas adyacentes

Diversos autores han opinado, que para la formación de estos enormes cuerpos de sal se requieren grandes vasos de evaporación, los cuales son alimentados continuamente por las aguas de los océanos, de donde posteriormente son precipitadas las sales en solución consistentes en cloruros, sulfatos y carbonatos, las que se depositan en orden inverso a su solubilidad y directo a su concentración.

Pettijohn (1957), dice que de una columna de 300 metros de agua de mar que es evaporada; se obtienen 5 metros de-

sal precipitada, de los cuales 3.86 metros son sales de Cloruro de Sodio, 0.14 metros son de Sulfato de Calcio y 1.00 metro de sales de Potasio y Magnesio.

Se ha llegado a la conclusión de que la sal es de origen sedimentario, resultante de la evaporación de agua de mar, en épocas en las que existieron condiciones tan áridas que permitieron el depósito de considerables espesores de evaporitas en cuencas sedimentarias de poca profundidad, que sufrían continuos hundimientos.

Así pues, los domos salinos y las estructuras formadas por la evolución de éstos, fueron originados en donde las condiciones geológicas fueron favorables para la precipitación de evaporitas, las que posteriormente quedaron cubiertas por un grueso espesor de sedimentos. Esto es explicable debido a las propiedades físicas de las evaporitas, tales como la plasticidad de alguna de ellas, y el peso de los sedimentos suprayacentes que produce presiones sobre éstas. Como generalmente las fuerzas que ejercen estos sedimentos no son uniformes, se forman diferencias de presiones, las que provocan que la sal por su misma plasticidad, se mueva hacia las zonas de menor presión tratando de equilibrar las fuerzas. Ese movimiento es hacia las zonas de debilidad generalmente fallas o lugares donde los sedimentos suprayacentes tienen menor espesor y menor peso.

Al empujar y penetrar la masa de sal en los sedimentos suprayacentes, eleva la superficie de éstos sobre el nivel de su depósito original, ocasionando con ello el adelgazamiento de los depósitos sedimentarios sobre la intrusión salina (o bien la falta de éstos) y la formación de zonas de fallamiento provocadas por el deslizamiento y la dislocación que sufren los estratos al ser rotos por la intrusión salina. Posteriormente puede completarse el panorama actual ya sea, por ero-

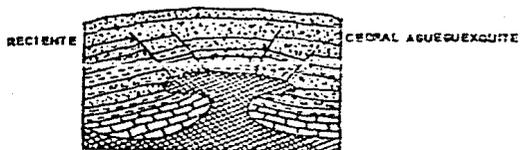
sión de las cimas emergentes o bien por sedimentación subsiguiente.

La teoría del flujo plástico supone que teniéndose depositados grandes espesores de sal, originalmente horizontales y posteriormente, debido a movimientos orogénicos regionales, motivaron plegamientos y movimientos de sal, puesto que la fluidez de ésta aumenta con la presión y facilita los plegamientos. Consecutivamente debido al peso de los sedimentos más recientes, el bajo peso específico de la sal y sus condiciones de fluidez provocaron un movimiento ascendente disímil, acorde a la variación de espesores suprayacentes al efecto ocasionado por fallamientos y arrastre de esos sedimentos intrusionados, así como a la disolución de la sal por aguas circulantes. Todo lo anterior ocasionó altos salinos conocidos como domos y que en ocasiones son verdaderas columnas de sal, de espesores impresionantes, intrusivas en sedimentos más recientes. (En la figura Nº 5 se muestra la evolución de un domo salino).

La disolución causada por las aguas circulantes motiva la concentración de materiales insolubles (principalmente anhídrita) que coronan a los domos salinos, siendo por tanto de origen secundario la existencia del casquete de anhídrita.

c) FORMACION DEL CASQUETE ROCOSO Y DEL AZUFRE

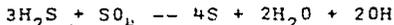
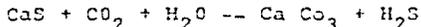
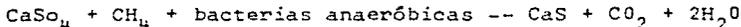
Ralph E. Taylor, Hanna y Goldeman, han demostrado que la acumulación residual de la anhídrita contenida en la sal motivó la formación de un casquete sobre la masa salina de ese sulfato insoluble. Este fenómeno se presenta cuando el domo salino crece atravesando sedimentos y poniéndose en contacto con acuíferos que disuelven la sal, quedando cristales de anhídrita como residuo. Estos son compactados y recristalizados para formar el



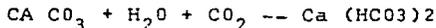
U. N. A. M.	
F A C. I M G.	EVOLUCION DE UN DOMO SALINO
	TESIS PROFESIONAL 1987.
	CARLOS SANTIAGO GARCIA
	FIG. No. 5

casquete de anhidrita masiva y que al ser en ocasiones hidratada da lugar a la formación de yeso.

Estudios de laboratorio han demostrado que la anhidrita se reduce en presencia de hidrocarburos, bajo la acción de bacterias anaeróbicas, del género desulfovuidrio desulfuricans, cuya existencia se ha comprobado en los casquetes, se forma caliza y azufre según las reacciones que a continuación se escriben:



Se ha experimentado con hidrocarburos más pesados que el metano, con resultados positivos. Para satisfacer esta reacción, se ha demostrado que bacterias anaeróbicas queman hidrocarburos, como fuente de energía, usando azufre en lugar de oxígeno como captador de hidrógeno. Los productos finales son ácido sulfídrico y carbonato de calcio. El H_2S , reacciona más lentamente con el ión sulfato, produciéndose azufre elemental y agua. El azufre disuelto en agua saturada con H_2S , se transforma en polisulfuro y puede precipitarse posteriormente como azufre cristalino, también se ha observado que CO_2 redisuelve parte de la calcita, produciéndose cavernas en el casquete. Esto último está representado por la reacción:



Las características anteriores son evidentes en el domo de Jáltipan, en particular en los pozos 1-69, 1-72, 1-79, en donde se observó que en el contacto de lutita-caliza se pierde la circulación y la barrena o muestrero tiene un avance muy rápido-

con nula recuperación, lo que demuestra su característica de ser cavernosa.

En los casquetes calcáreos, la ausencia de azufre posiblemente se deba al escape de H_2S , reaccionando en ocasiones con fierro por ejemplo. Por lo que es común encontrar pirita y marcasita en la caliza. Este proceso ha sido comprobado con la química nuclear, estudiando los 4 isótopos estables del azufre, pero preferentemente la relación S^{32} / S^{34} , en anhídrita de la -- sal, del casquete y en el azufre elemental de los depósitos.

Igual estudio se hizo con los isótopos del carbono, tanto del casquete, como de los hidrocarburos de la costa del Golfo y comparándolos con la relación $C12/C13$ de la caliza sedimentaria, obteniéndose una conclusión determinante.

Por lo anteriormente explicado, la hipótesis del origen biogenético de los depósitos azufrosos es la que presenta mayores evidencias y la que se considerará en el presente estudio, como causante del depósito de azufre.

Es importante hacer notar que los casquetes calcáreos con azufre que se han encontrado en la cuenca están emplazados prácticamente desde la superficie (pozo PE-27 Petapa) cerca de -- Unidad Jáltipan, hasta profundidades mayores a los 3 000 m., (pozos Panal N° 8, y San Ramón N° 1A).

d) PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DEL AZUFRE

El azufre se encuentra normalmente en estado sólido a -- la temperatura ordinaria, es de color amarillo brillante, varían do con las impurezas del amarillo oscuro a verde, gris y rojo. -- Tiene lustre resinoso y fractura concooidal; en la escala de MOHS

tiene dureza de 1.5 a 2.5, cruécero indistinto y raya blanca. Se presenta en la naturaleza en forma de cristales, masivo, terroso o estalactítilico, cristaliza en el sistema ortorrómbico o mo nooclínico; es pobre conductor del calor y no conduce la electri cidad.

Cristalizado, tiene peso específico de 2.07 en estado sólido y 1.79 en estado líquido (a 135°C), y disminuye ligera - mente por la presencia de hidrocarburos. (Tabla N° 2).

El azufre en su forma elemental, puede ser corrosivo - particularmente cuando está húmedo. El aluminio es el material más resistente a la acción destructiva del azufre, desde el pun to de vista de seguridad y resistencia a la corrosión.

El azufre tiene un punto de ignición relativamente bajo (248°C), pero las nubes de polvo de azufre pueden incendiarse a temperaturas más bajas, el polvo de azufre como la mayor - parte de los materiales poco conductores de la corriente eléc - trica, rápidamente adquieren una carga eléctrica estática en la atmósfera húmeda.

Es insoluble en agua y ácido, pero muy soluble en bi - sulfuro de carbono y varios líquidos orgánicos, esta propiedad - se incrementa con la temperatura.

En la tabla periódica su número atómico es 16, su peso atómico 32.066, aunque químicamente se considera una mezcla de isótopos estables con la siguiente distribución 95.1% S³², 0.7% S³³, y 4.2 % S³⁴, sus valencias son de -2, +4 y +6 tanto como - oxidante o reductor.

La densidad volumétrica del azufre en estado sólido va ría dependiendo del tamaño de los trozos, y de los espacios que se llenan con material fino, pero esa densidad varía entre --

1.280 y 1.360 por metro cúbico su porcentaje de abundamiento es de 50%.

(Tabla Nº 2 Densidad del Azufre)

DENSIDAD DEL AZUFRE PURO LIQUIDO

Temperatura °C

121.1	- - - - -	1.8037
135.0	- - - - -	1.7912
148.9	- - - - -	1.7795

AZUFRE CONTAMINADO LIQUIDO

% CARBON	T °C	Gr./ml
0.25	- - - - 135.0	- - - 1.7864
0.50	- - - - 135.0	- - - 1.7817
0.25	- - - - 148.9	- - - 1.7750
0.50	- - - - 148.9	- - - 1.7705

AZUFRE PURO SOLIDO

Monoclínico	1.96 grs. / ml.
Rómbico	2.07 grs. / ml.
Amorfo	1.92 grs. / ml.

El azufre dependiendo de su estado de cristalización - funde entre 112°C y 119°C, su temperatura de solidificación es de 114.15°C y su punto de ebullición es de 444.6°C.

La viscosidad del azufre líquido varía con la temperatura teniendo la mayor fluidez en el intervalo de 120°C a 158°C en donde la viscosidad no es mayor de 10 centipoises; si la temperatura se eleva más allá de los 160°C, el azufre se vuelve más viscoso hasta llegar al máximo a 188°C, en donde tiene una viscosidad superior a los 900 centipoises, volviendo a bajar a temperaturas mayores.

La tensión superficial en estado líquido también varía con la temperatura, habiéndose obtenido en el laboratorio las fórmulas siguientes:

$$\text{Abajo de } 159^{\circ}\text{C } Y = 73.4 - 0.105 T$$

$$\text{Arriba de } 159^{\circ}\text{C } Y = 65.7 - 0.056 T$$

$$Y = \text{Dinas/cm} \quad T = \text{Temperatura en } ^{\circ}\text{C}$$

El calor específico de la sustancia está en función de la temperatura y su valor aproximado se obtiene por las fórmulas:

$$\text{Para } S \text{ (r} \text{ómbico)} - - - cp = 3.58 + 6.24 \times 10^{-3} T.$$

$$\text{Para } S \text{ (monocl} \text{ínicico)} - cp = 3.56 + 6.96 \times 10^{-3} T.$$

El azufre explotado en el domo de Jáltipan, se encuentra contaminado con hidrocarburos, lo que motiva cambios en la coloración, la densidad y la viscosidad de acuerdo al grado de contaminación, pero muy raras ocasiones dicha contaminación es superior al 1%. Debido a esto los depósitos de Jáltipan pueden explotarse por el método Frasch con grandes ventajas.

e) CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DURANTE LA 1A. ETAPA DE EXTRACCION DEL AZUFRE EN JALTIPAN.

La extracción se inició el 1° de Noviembre de 1954, - en el área N°1, Lotes 21 y 22, siendo el 1er. pozo productor - el N° 9 que dió una producción total de 1253 toneladas.

El 1er. frente de producción. fue controlado por el - relay N° 1, y se desarrolló flanco abajo de la estructura, con los siguientes primeros pozos: 21, 9, 38, 41, 39, 40, 42, 5, - 44, 46, que arrojaron una producción de 159,761 T. M. El frente de explotación continuó (Flanco abajo) hasta 1967, dando - una producción de (1'475.379 T. M.) en 1968; simultáneamente a la explotación sistemática en el área N° 1, se hicieron pruebas y se inició la explotación del área N° 3 (lote N° 36); esta área es la parte estructuralmente más alta del yacimiento.

Con la explotación de estas dos áreas, también coincidió la explotación de los lotes 20 y 25 pertenecientes al área N° 1, y localizados flanco arriba de la zona de explotación. - Dicha explotación finalizó en 1969 por baja eficiencia en la - relación, agua inyectada por tonalada extraída.

La explotación en el área N° 1, continuó regularmente, simultáneamente con el área N° 3 hasta 1975, año en que se inicia la explotación del área N° 2, que hasta la fecha es el -- área soporte de la producción. El área N° 3 finalizó su explotación por agotamiento en 1978, año que entró en explotación - el área N° 4 (lote 2J).

A continuación se muestra un análisis del estado actual del yacimiento de Jáltipan, analizando una a una las -- áreas que conforman dicho yacimiento, como se muestra en el - (plano de configuración de la cima de yeso y/o anhídrita del - domo de Jáltipan, anexo).

Esta área fue la primera que se puso en explotación en 1954 y está conformada por los lotes 13, 14, 15, 20, 21, 22, 25, 26 y 27. Sección 2-2' .

En su mayor parte está agotada, lotes 15, 21, 26, el lote 27 está parcialmente agotado (75% aproximadamente), quedando un pequeño remanente de azufre, de muy difícil recuperación, debido a una complicación estructural que no permite una eficiente aplicación del sistema Frasch (Bloques no correlacionables en distancias muy cortas). Los lotes 22, 13, y 14, aunque han sido explotados; la dificultad de dicha explotación ha ocasionado que en repetidas ocasiones se dejen de explotar para irse a áreas de más fácil extracción. Por lo que aún cuentan con un remanente minable considerable (ver tabla de reservas N° 3).

Los lotes 20 y 25 localizados en la parte más somera, fueron explotados en 1968, con muy malos resultados, en cuanto a recuperación de mineral y a eficiencia. Esto se debió a que simultáneamente flanco abajo directamente, había un frente de explotación y los lotes 20 y 25, no tenían desfogue, sufrían una presión y desplazamiento de agua causados por el paso de una corriente, provocada por la inyección de agua caliente en el frente de explotación de abajo y la zona de menor presión localizada en las fugas, flanco arriba de los lotes 20 y 25.

Al no estar produciendo flanco abajo, se aprovechó de esta condición, armando un frente de producción con un frente de desfogue equivalente. Este arreglo, permitió estar actualmente extrayendo azufre de estos lotes con buena eficiencia.

A R E A 2

Esta área se compone de la parte sur del lote 37, parte sur del lote IJ, parte este del lote J, lote 4J, lote 1, y parte

TABLA N° 3

LOTE	RESERVAS PROBADAS	RESERVAS PROBABLES	PRODUCCION AL 31 DE DICIEMBRE 1986	RESERVAS AL 31 DE DIC./86	%
J	2'560,322	11,904	1'994,234	592,148	23
1J	2'274,370	135,604	1'782,045	492,325	22
2J	669,041		472,679	196,362	29
4J	172,492		283,662	(111,170)	
5J	2'021,115		1'410,751	610,364	30
F	1'191,823			1'091,923	100
5F	395,852			395,852	100
1	3'796,439		2'149,785	1'646,650	43
13	1'662,759		407,477	1'255,286	75
14	4'851,870		1'341,464	3'510,406	73
15	293,944		85,724	208,220	71
20	343,999		489,973	(145,974)	
21	6'356,366		6'669,708	297,658	4
22	10'550,676		4'243,932	6'306,744	60
25	509,519		319,092	190,427	27
26	3'438,923		3'511,306	(172,383)	
27	2'091,430		1'512,629	568,801	27
35	117,163			117,163	100
36	3'856,053		2'545,182	1'310,831	34
37	2'849,920	33,901	2'239,682	610,238	21
45	934,564	79,524	166,151	768,413	82
TOTAL:	51,483,709	260,833	30'866,411	20'617,298	
TONELAJE PROBADO = 20'617, 298					
TONELAJE PROBABLE= 130,418					
TONELAJE POZOS EN- 322,711					
PRODUCCION.					
RESERVAS = 20'414,480					

del lote 22, así como el lote 5J, considerada esta área como soporte durante los años de producción de la misma, de 1974 a -- 1984", la extracción del azufre la ha agotado totalmente, quedando a la fecha pequeños remanentes en el lote 5J, J y 4J. La explotación de desarrollo ha abierto las posibilidades de aumentar hacia el este un poco el límite de mineralización y por tanto la extracción en el lote 4J.

Las mayores reservas de esta área se localizan en la parte sur del lote J, y en la parte este del lote 22. En estas zonas hay gruesos espesores de caliza altamente mineralizados - que permitirán que esta área se considere soporte por aproximadamente 3 años más, pero ya en condiciones de menores volúmenes de producción y eficiencia, dado lo reducido del área y la gran extensión de formación agotada flanco arriba.

A R E A 3

Comprende los lotes 35, 36, 45 y la parte norte del - IJ y del 37. Esta área está totalmente agotada, aunque quedan remanentes considerables, en cuanto a volumen, su ubicación es complicada y dispersa, gran parte, se encuentra bajo instalaciones, que no es posible mover y sí dañar si se extrae dicho azufre por la planta de fuerza. Probablemente cuando el yacimiento de Jáltipan decline de tal manera que se tenga que hacer una recuperación secundaria, que exigirá altos costos y una modificación al clásico sistema Frasch, se pueda recuperar una parte de este azufre. Obviamente requerirá una planeación muy detallada.

A R E A 4

Totalmente comprendida en el lote 2J, se le extrajo -

aproximadamente el 70%, del total de sus reservas. Su posición estructural y arreglo de la mineralización, la hacían casi un-
 área confinada. Lo que dificultó su total explotación dejando-
 remanentes que en condiciones ideales serían recuperables, es -
 decir, al no haber continuidad aparente de la caliza hacia el -
 este fue imposible desfogar provocando presiones en los poros -
 de producción que hacían que el azufre no fluyera, haciendo muy
 difícil su extracción.

Con el programa de exploración de desarrollo de 1981, -
 se abrió la posibilidad de recuperar estas reservas, pero se re-
 quiere mayor información del subsuelo y se hace necesario con -
 tar con recursos adicionales que aún no se tienen.

A R E A 5

Llamada también Potrerillos, está formada por los lo -
 tes P y 5P. Contiene una buena cantidad de reservas insitu, pe-
 ro se preven dificultades de extracción, en virtud de su posi -
 ción estructural y la presencia de hidrocarburos en gran canti-
 dad.

Se ha dejado esta área para una etapa final, pues aun-
 que nunca se ha explotado, su localización la hace un poco com-
 plicada. Ya se están haciendo los estudios para su próxima ex-
 plotación.

Está aproximadamente a 3 kms. de la planta, hay que -
 cruzar el arroyo Chacalapa y está en terrenos ejidales.

Hay fugas hacia la superficie de hidrocarburos, por lo
 que se presume que al inyectar agua caliente, ésta también flu-
 ya.

f) FACTORES DETERMINANTES DE LOS REMANENTES DE EXTRACCION DE AZUFRE EN JALTIPAN

Considerando los cálculos de reservas del domo de Jáltipan, y los volúmenes extraídos hasta la fecha, se observó que aún existen reservas susceptibles de ser explotadas, para lo cual se diseñó un programa de extracción secundaria principalmente de los Lotes 1 y 22.

Se llegó a calcular el monto de reservas originales - IN SITU, que fueron de 3'796,439 T. M., para el Lote 1 y - - 10'550.676 del lote 22; posteriormente al 31 de Diciembre de - 1986, cuando dichos lotes se encontraban en su última etapa de explotación, el tonelaje extraído para el Lote 1 era de - - 2'149,789 y para el 22 de 4'243,932 T.M., por lo que existe un remanente de 1'646,650 para el Lote 1 y 6'306.744 T. M., para el Lote 22, dichos remanentes fueron el factor principal para planear la recuperación secundaria. También se consideró el - espesor neto de azufre, la buena porosidad que es de 16 a 18%, la permeabilidad de la caliza mineralizada sin contaminación - de hidrocarburos, y la profundidad de la misma.

g) MECANICA DE EXPLOTACION PARA LA RECUPERACION SECUNDARIA.

De acuerdo con las tablas A del lote 1 y B del lote - 22, se establecieron los datos de reservas originales, producción y remanentes en esos lotes.

Una vez establecida la existencia de reservas remanentes en el domo de Jáltipan, principalmente del Lote 1 y 22, se inició el programa de recuperación secundaria, el cual consistió en perforar pozos intermedios en los frentes de pozos explotados en la primera etapa; en dichos pozos, se pudo compro-

bar que se encuentra una zona superior agotada por el bombeo de la primera etapa, posteriormente se encuentra una zona que muestra el azufre recalentado que no alcanzó a fundirse y finalmente en la base se encuentra la zona de azufre vírgen. Ver sección N° 1-1', pozos 22-404 y 22-406.

Para una mejor recuperación de azufre, se planeó la perforación de pozos intermedios, en lugares donde los primeros pozos se encuentran más distantes, y en los lugares donde existe un tonelaje mayor de remanente. Ver plano geológico de explotación de los lotes 1 y 22 para recuperación secundaria.

V. MECANICA DE EXPLOTACION PARA LA EXTRACCION DEL AZUFRE POR EL METODO FRASCH

a) METODO FRASCH

El método Frasch fue inventado en el año de 1890, por el Doctor Alemán Herman Frasch y puesto en práctica en los domos salinos de los Estados Unidos, a principios del presente siglo; fue originado por los graves problemas técnicos y económicos -- cuando el azufre de los domos salinos se intentaba explotar por cualquier otro método minero. Con el Método Frasch, sufrió una gran disminución el precio del azufre en el mercado mundial, el cual era surtido por las legendarias minas de Sicilia, que usaban y continúan usando, métodos mineros tradicionales.

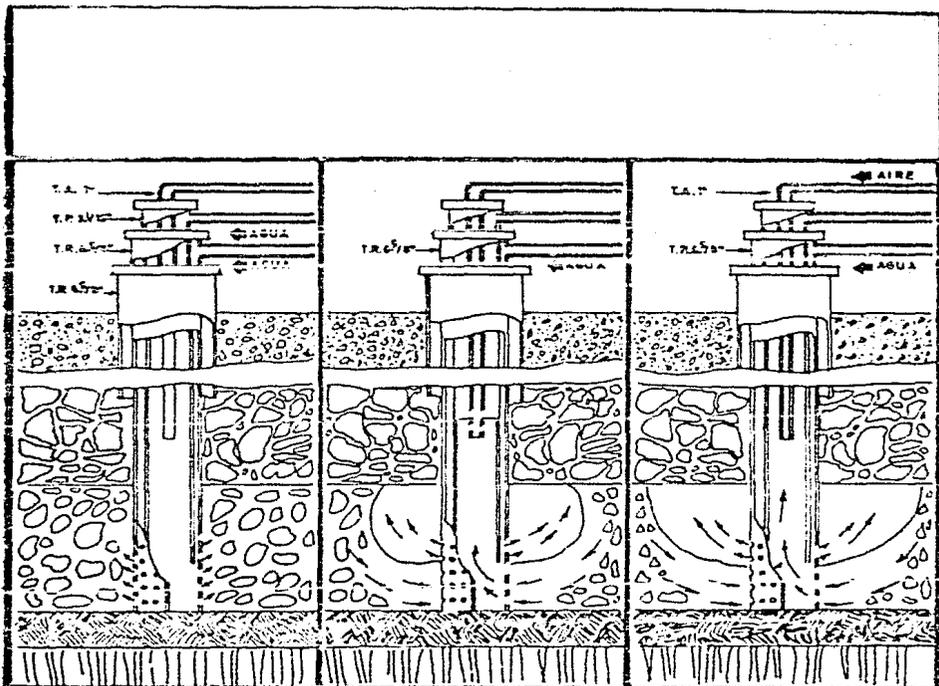
Todos los depósitos de azufre hasta ahora explotados por el proceso Frasch ocurren en casquetes calcáreos de domos salinos y en cuerpos de caliza sedimentarias, cubiertos en su parte superior por arcillas y lutitas y en la parte inferior por yeso y/o anhidrita. Asimismo la anhidrita se encuentra descansando sobre la masa salina de espesor desconocido, estas condiciones litológicas estructurales permiten la concentración del calor en la roca contenedora de azufre, ya que su permeabilidad provoca que el agua caliente difunda la energía necesaria para alcanzar el punto de fusión (120 °C) de ese elemento.

El método Frasch se basa en cuatro características físicas del azufre:

1. Bajo punto de Fusión (entre 115 y 120°C)
2. Densidad dos veces mayor que la del agua aproximadamente
3. Insoluble en agua
4. Mal conductor del calor

Estas cuatro condiciones hacen posible que el metaloide sea fundido con la inyección de grandes volúmenes de agua sobrecalentada (160°C) y que por su insolubilidad y mayor densidad, tienda a alojarse en el fondo del pozo, por el cual se está introduciendo el agua caliente a manera de un cono invertido con su vértice en el fondo del mismo. A esta forma cónica se le ha denominado "TAZA", y por cuyas paredes escurre el azufre fundido; el problema consiste en fundir el mayor volumen de azufre con el menor volumen de agua sobrecalentada y extraerlo por medio de aire comprimido.

El equipo subterráneo del pozo consiste en tubos de diferentes diámetros, colocados concéntricamente, que van desde la superficie hasta más abajo del depósito con azufre (cima yeso). El sistema consta de un tubo de $8\ 5/8$ ", de diámetro exterior, que sirve de ademe, y desde la superficie, se extiende hasta la cima del casquete o cuerpo calcáreo conteniendo azufre; dentro de este tubo se introduce un tubo de $6\ 5/8$ " de diámetro exterior, y que llega más abajo que el anterior, pasando por la zona con azufre y descansando sobre la cima yeso. El tercer tubo ($3\ 1/2$ ") se encuentra dentro del segundo tubo, extendiéndose casi hasta el fondo de la formación que contiene el metaloide y descansa sobre un anillo interior que cierra el espacio anular entre ambos tubos ($6\ 5/8$ " y $3\ 1/2$ "), finalmente un tubo de 1" de diámetro que se utiliza para inyectar aire, el cual se encuentra dentro del tubo de $3\ 1/2$ ", y se extiende hasta una profundidad ligeramente más arriba del anillo antes mencionado. El tubo de $6\ 5/8$ " que llega más abajo que los demás, lleva una pichancha de 2.9 m de largo con un anillo anular y está adecuadamente perforado en dos niveles diferentes siendo dichas perforaciones separadas por el anillo interior, las perforaciones superiores permiten el escape de agua caliente al subsuelo, y las perforaciones inferiores se utilizan para que el azufre entre en forma líquida a la tubería de $3\ 1/2$ ", para su extracción por medio de aire comprimido que se inyecta por el tubo de 1" (Fig. N° 6).



A

B

C

A INYECCION DE AGUA POR LAS LINEAS DE 3 1/2" Y 3"

B CIERRE DE INYECCION DE AGUA POR LA DE 3 1/2" Y EL AZUPRE FUNDIDO TIENDE A INTRODUCIRSE EN LA PICHANCHA

C POR MEDIO DE LA PRESION HIDROSTATICA EJERCIDA POR LA INYECCION DE AIRE POR LA T.A. 1" EL AZUPRE TENDRA SUBIR A LA SUPERFICIE.

U. N. A. M.

F
A
C.

I
N
G.

SECUENCIA DE OPERACION
DEL METODO FRASH

TESIS PROFESIONAL 1987.

CARLOS SANTIAGO GARCIA FIG. No. 5

En el calentamiento de un pozo, el agua a 160°C , baja dentro del espacio anular de $6\ 5/8''$ a $3\ 1/2''$, y es descargada en la formación porosa cerca de la base del pozo, por medio de las perforaciones superiores del tubo, de $6\ 5/8''$; la parte por donde circula esta agua en la formación, es calentada a una temperatura mayor del punto de fusión del azufre (119°C). El azufre líquido - siendo más pesado que el agua se va hacia el fondo, alrededor de la base del pozo y después de entrar por las perforaciones inferiores se eleva por el tubo de $3\ 1/2''$, la altura a la que el azufre sube dentro del tubo de $3\ 1/2''$ es el resultado de su gravedad específica y de la presión hidrodinámica en el sistema establecido por la presión de operación, la cual es necesaria para forzar el agua caliente dentro del depósito. La altura puede ser del orden de $1/2$ a $2/3$ de la profundidad del pozo. El aire comprimido, que sale desde el extremo inferior del tubo central de $1''$, asciende mezclándose con la columna de azufre cuyo peso es reducido por la aereación y así bombeado por el aire comprimido saliendo a la superficie. el agua caliente que continúa inyectándose al pozo por el tubo de $6\ 5/8''$, compensa el enfriamiento que provoca la inyección de aire frío en el interior del pozo, obteniéndose así un azufre en estado líquido a 140°C .

b) PLANTA DE FUERZA

Esta planta, tiene como objetivo la generación de energía eléctrica, la producción de vapor, generación de agua sobre calentada a 160°C en grandes volúmenes (que servirá para fundir el azufre que yace en el subsuelo) y aire comprimido (que se usará para elevar ese azufre fundido a la superficie).

La capacidad máxima actual de esta planta es de:

Vapor producido: $6\ 360,000\ \text{Kg/Día}$

Agua a Mina:	6'182,488 Gals/Día
Energía Eléctrica	50,000 Kw/Día
Aire Comprimido	160,000 m ³ /Día

Cuenta con el siguiente equipo principal para el desarrollo de estas funciones: 9 calderas, 5 calentadores, 12 compresores, 3 turbogeneradores, 1 motogenerador, 1 planta de tratamiento de agua y un equipo de turbobombas y de control.

El proceso de la planta de fuerza es el siguiente:

El agua cruda empleada en la planta proviene del río - Chacalapa y es bombeada a la presa por tres bombas verticales. De la presa fluye el agua por gravedad a dos cisternas a las que están conectadas las succiones de las bombas de agua cruda. Estas envían el agua a los economizadores o chimeneas de las calderas donde el agua cae desde la parte más alta en forma de lluvia, calentándose por contacto directo con los gases de escape que ascienden. En los economizadores, el agua alcanza una temperatura aproximada de 50°C. El agua cruda precalentada, se acumula en la parte inferior de los economizadores que están dotados cada uno de controles de nivel automático.

De los economizadores el agua pasa a los cabezales de succión de las bombas que alimentan a los suavizadores que están dotados también, cada uno de controles de nivel automático, así como de medidores de flujo de orificio integradores. Estos medidores envían, con una frecuencia proporcional a su flujo de alimentación, señales a un sistema de dosificación de lechada de cal y carbonato de sodio (reducción de dureza) por un lado y sulfato férrico (coagulación) por otro lado. La lechada y el sulfato férrico son añadidos a los suavizadores, entonces proporcionalmente a la alimentación de agua de cada uno de ellos, y de acuerdo con el análisis químico del agua cruda. Las pur -

gas continuas de calderas son retornadas a los suavizadores, para elevar la temperatura del agua cruda de 50°C a 105°C y con el vapor de escape de las máquinas y el vapor vivo adicional necesario. El agua es tratada para reducir su dureza, su turbidez y desaaereada. El agua pasa entonces por los filtros para efectuar su clarificación.

El agua tratada pasa a los cabezales de succión de bombas dividiéndose aproximadamente de la siguiente manera:

Alimentación de Calentadores	70%
Alimentación de Calderas	30%

Al agua de alimentación de calderas se le inyecta, a intervalos fijos, en la succión de bombas de alimentación de calderas, la solución de substancias químicas necesarias para el tratamiento interno de calderas (Hexometafosfato de Sodio, Sulfito de Sodio, Nitrato de Sodio y Sosa Cáustica). La batería de calderas cuenta con una capacidad total de 344 toneladas métricas de vapor saturado por hora, a 9 Kg/cm².

Del vapor producido por la batería de calderas, las diferentes máquinas consumen aproximadamente los siguientes porcentajes, a una carga diaria de 4'000 000 galones de agua a minas:

Calentadores	43%
Compresores	15%
Turbogeneradores	9%
Bombas, Equipo auxiliar y pérdidas	24%
Vapor adicional a suavizadores	4%
Vapor al campo	5%

Los calentadores producen agua sobrecalentada a 12 -

kg/cm^2 y 162°C , por contacto directo entre su alimentación de agua tratada y vapor vivo. El agua es entonces bombeada al campo a una capacidad máxima de 6'182 488 galones diarios. El agua sobrecalentada es inyectada directamente a los pozos de azufre.

Los compresores producen aire comprimido aproximadamente a 40 Kg/cm^2 que se utiliza para el bombeo, del azufre y agua de desfogue, así como en la planta de filtración.

Los turbogeneradores producen la energía eléctrica necesaria para el equipo eléctrico de todas las instalaciones de la compañía.

El vapor de escape de las máquinas de vapor en ocasiones no es suficiente para precalentar el agua cruda, por lo que se hace necesario inyectar a los suavizadores, a través de válvulas reductoras, vapor vivo adicional.

La planta de fuerza provee al campo con el vapor necesario para uso en serpentines de azufreductos y tanques de almacenamiento, chaquetas de vapor, etc., así como con agua de servicio a 10 Kg/Cm^2 .

c) PLANTA DE CALENTADORES

En 1967 y en virtud de haberse cubicado un mayor número de reservas en este yacimiento, se decidió construir una segunda planta con tecnología más avanzada a este tipo de mina; esta planta se denominó planta de calentadores, y se terminó en el año de 1968.

La planta consta de 8 calentadores, 6 compresores, 2 clarificadores, 5 filtros, 10 suavizadores (intercambiadores de zeolita), y 2 deareadores, la capacidad de generación de agua -

sobrecalentada (160°C), es de 4'100 000 Gals/Día.

La planta de calentadores usa para su suministro de agua, 4 bombas verticales del tipo pozo profundo, las bombas descargan su gasto en una sola línea llevando el agua a un tanque o cámara de mezcla, donde se le inyecta el coagulante.

El agua así mezclada pasará a 2 tanques clarificadores donde se le somete a un proceso de clarificación en frío, para eliminar los materiales que le producen turbidez, el agua que sale de los tanques clarificadores pasa por 5 filtros de arena para quitarle aquellas partículas en suspensión que no fueron precipitadas en el proceso de clarificación. Después de los filtros de arena pasa a un tanque colector de agua limpia ya filtrada.

De este tanque, el agua es impulsada por medio de tres bombas centrífugas horizontales, hacia un proceso de ablandamiento. Este se efectúa en 5 parejas de suavizadores de zeolita de sodio y cada pareja consta de un suavizador primario, donde la mayor parte de la dureza es absorbida y un secundario o pulidor donde la dureza del agua es totalmente eliminada.

El agua después de ser suavizada pasa a los economizadores de los calentadores y posteriormente a través de 2 desae-readores de vacío, eliminándose del agua el aire y los gases no condensables, y por último pasa a los calentadores, para así pasar el flujo completo a la mina.

El objetivo de la planta de calentadores es el calentar agua a 160°C y generar aire comprimido, su capacidad actual es de:

- 8 Calentadores que generan 4'100 000 Gals/Día
- 6 Compresores con 76.2 m³/min= 109,728 m³/día

Esta unidad es relativamente nueva, sus equipos están en buenas condiciones, permitiendo que su programa de mantenimiento se cumpla totalmente, el único problema es depender de C. F. E. por dos factores que existen:

1. La capacidad de generación de energía eléctrica no es suficiente para abastecer a la planta de calentadores.

2. Por diseño, no se puede instalar un turbogenerador en la planta de calentadores por no haber calderas.

D) ESTACION DE CONTROL

La función de la estación de control es esencial en la explotación del AZUFRE; regula el flujo de los insumos como son agua sobrecalentada, vapor y aire; que serán inyectados al yacimiento. Está equipado con válvulas, manómetros y registros que sirven para controlar y medir cada uno de los elementos dependiendo de sus condiciones y demanda.

Las características físicas normales de los citados insumos, al llegar a la estación de control son los siguientes:

Agua sobrecalentada	2400 gals/min.
Vapor	5 kg/cm ²
Aire	40 kg/cm ²

Y el agua fría de servicio, a la presión necesaria para enviarla a los pozos en perforación.

Generalmente en la estación de control existen bombas especiales para aumentar la presión de agua caliente, a fin de

estar en condiciones de resolver problemas especiales del yacimiento como es poca permeabilidad, mayor profundidad o mayor demanda. El aire se acondiciona antes de enviarlo al yacimiento, regulando su presión y calentándolo para que no robe calor al azufre que va a elevar a la superficie.

En esta estación se controla el flujo del azufre extraído del subsuelo, el cual se deposita en un tanque colector, en donde se determinan los niveles de extracción en toneladas por hora.

e) POZOS DE PRODUCCION

Su principal función es extraer el azufre por bombeo, para ser enviado líquido a los colectores, empleando el proceso Frasch que se explicó con anterioridad.

Para la perforación de pozos de producción se cuenta con ocho equipos de tipo rotario. El departamento geológico es el encargado de programar el frente de producción, por medio de un estudio minucioso de planos estructurales del domo salino como son: cima yeso y/o anhídrita, cima casquete, isopacas de caliza e isopacas de azufre neto.

El procedimiento para la perforación de pozos de producción es el siguiente:

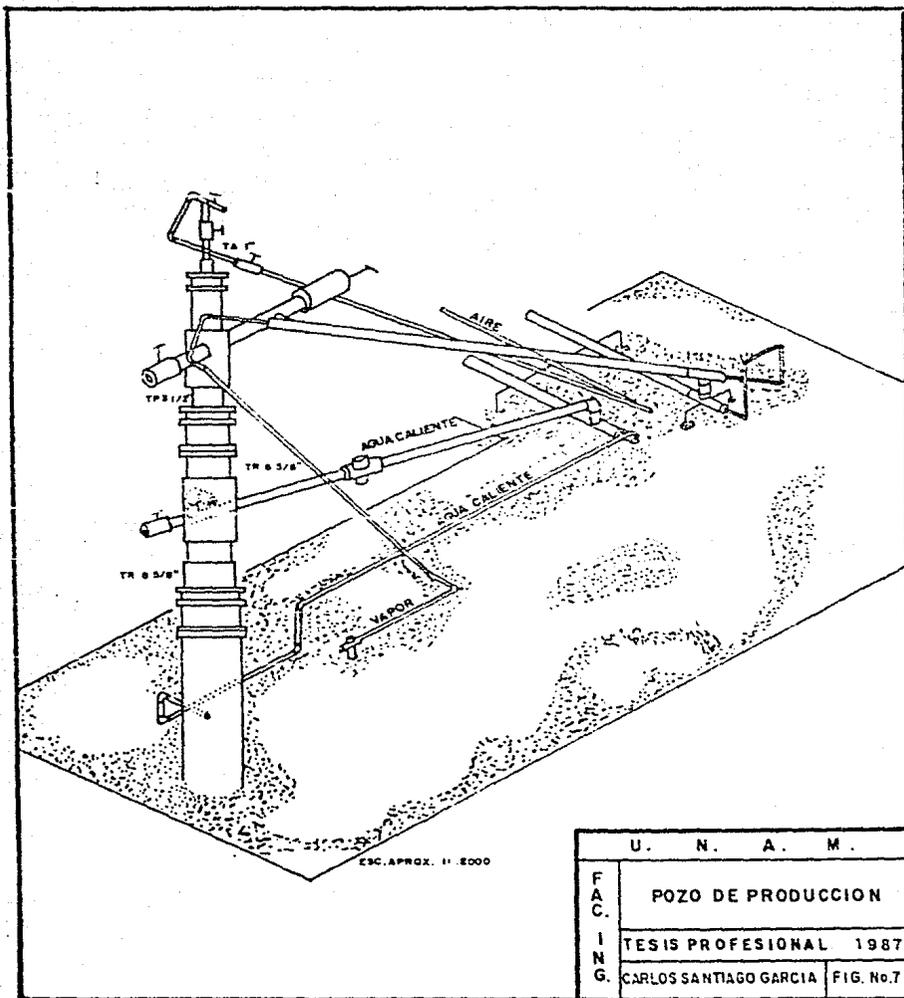
- Localización del punto de perforación por medio del topógrafo
- Construcción de presa de lodos utilizando bentonita
- Perforación con barrena de 1 1/2" a la profundidad de 20 m.
- Instalación de tubo conductor de TR 1 3/8".

Este tubo se cementa con el objeto de evitar desprendimientos en la superficie del pozo y ayudar a conducir la tubería de perforación hacia adentro del pozo, consiguiendo con esto conservar la verticalidad en la que se inició el mismo. Posteriormente se espera un fraguado de 24:00 hrs. Se continúa perforando con barrena de 12 1/4" hasta la cima casquete, donde se elimina barrena y con muestreo de 7 7/8" se nuclea hasta la cima yeso y/o lutita negra. Una vez conocida el espesor de caliza con azufre se instala la T. R. de 8 5/8" desde la superficie hasta la cima de caliza con azufre (Fig. N° 7). La T. R. de 8 5/8 se conecta con estopero en la superficie, con la tubería de 6 5/8", y ésta a su vez en la misma forma se conecta con la tubería de 3 1/2", que se arma con un cabezal, que se ancla a la tubería de revestimiento la cual quedó debidamente instalada. El cabezal queda conectado con la estación de control para recibir los flúidos que se introducirán por el pozo al yacimiento.

f) POZOS DE DESFOGUE

Su función es la de extraer el agua que ha cedido su calor a la formación, de ser posible el mismo volumen que se inyecta y así evitar presiones excesivas en el yacimiento.

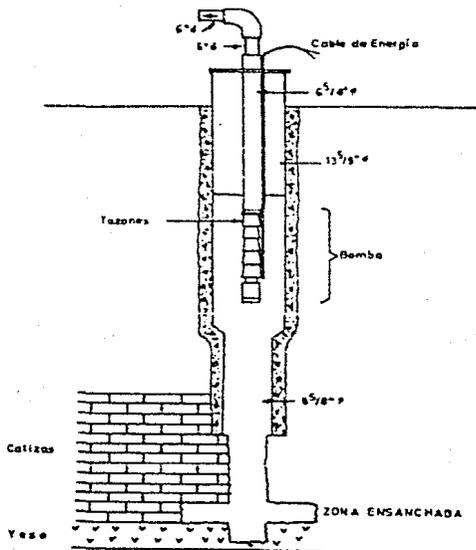
Estos pozos se perforan flanco abajo una distancia lo más lejos posible (60.00 m) de los pozos productores a fin de lograr un calentamiento mayor en la zona de producción y que el agua al drenar salga lo más fría posible. Su equipamiento se puede considerar similar a los de producción. En ocasiones la tubería de 1" es galvanizada o de bronce para resistir la corrosión, ésto es en pozos equipados con aire. Dependiendo de la profundidad del yacimiento y el nivel de agua de mina, su equipamiento puede ser con bomba medina, bomba pomona o de aire (figs. 8 y 9).



U. N. A. M.

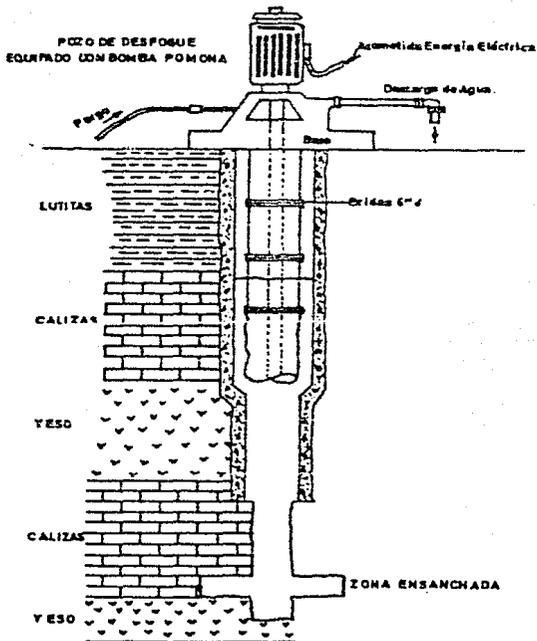
F A C. I N G.	POZO DE PRODUCCION	
	TESIS PROFESIONAL 1987.	
	CARLOS SANTIAGO GARCIA	FIG. No.7

POZO DE DESFOGUE EQUIPADO CON DISPOSITIVO SUMERGIBLE
(BOMBA MEDINA)



ESCALA APROXIMADA 1:5000.

U . N . A . M .	
F A C. I N G.	POZO DE DESFOGUE EQUIPADO CON DISPOSITIVO SUMERGIBLE (BOMBA MEDINA)
	TESIS PROFESIONAL 1987.
CARLOS SANTIAGO GARCIA	FIG. N.º 8



ESCALA APROXIMADA 1:1000

U. N. A. M.	
F A C. I N G.	POZO DE DESFOQUE EQUIPADO CON BOMBA POMONA
	TESIS PROFESIONAL 1987.
	CARLOS SANTIAGO GARCIA FIG. N.º 1

Al agua que se desfoga de estos pozos, se le miden su gasto y temperatura, para tener una relación con la cantidad de agua inyectada y evitar posibles reventones en el yacimiento. - El agua es dirigida por medio de canales artificiales, para evitar contaminaciones en los cultivos, ríos o lagunas y es almacenada en la presa de agua de mina, en donde por areación, evaporación y dilución con las aguas de lluvia, se reduce el contenido de sulfuros y cloruros. Antes de verterla al río Chacalapa se lleva un estricto control de calidad, de estas aguas de desperdicio.

g) POZOS DE EXPLORACION

La finalidad de los pozos de exploración es la de conocer la estructura del yacimiento y nuevas áreas mineralizadas.

En el domo de Jáltipan estos pozos se hacen con la finalidad de determinar el límite de la estructura y verificar el remanente existente en las áreas ya explotadas y así poder programar la recuperación secundaria.

En el caso de que el pozo exploratorio contenga azufre en cantidades económicamente explotables, se toma como base para perforaciones futuras. En el momento en el que el frente de explotación avanza hacia la zona donde se perforó el pozo exploratorio, se perfora un pozo gemelo de producción en base a que el pozo exploratorio proporcionó información acerca de los espesores de azufre económicamente explotable, que se encontró en ese lugar.

h) USOS DEL AZUFRE

La mayor parte del azufre que se produce en el mundo-

(87%), es empleado en la elaboración de ácido sulfúrico (H_2SO_4) cuyo principal empleo es fabricar fertilizantes a partir de fosfatos, que son a su vez un insumo en la producción de granos básicos y en consecuencia vital en los programas alimentarios.

Es utilizado para fabricación de pulpa para la elaboración del papel, hule sintético, etc.

A continuación se presenta un diagrama sobre los usos del azufre y en el porcentaje aproximado (Fig. Num. 10).

i) ALMACENAJE Y TRANSPORTE

Uno de los aspectos importantes a tomar en cuenta dentro de toda la secuencia, en la explotación del azufre es contar con el equipo necesario para su almacenamiento así como para cargarlo y transportarlo a los lugares de comercio. Para realizar esto último es necesario contar con adecuadas vías de comunicación ya sean marítimas con embarcaciones de poco calado como los "chalanés" o terrestres como vagones de ferrocarril y pipas.

En el momento que se extrae el azufre a la superficie es almacenado en unos tanques llamados panes de almacenamiento, los cuales se encuentran localizados en las unidades de control, dependiendo de su calidad es bombeado directamente (por medio de bombas especiales para azufre, las que tienen una chaqueta de vapor que evita la solidificación del metaloide) a una área adyacente donde se deja enfriar solidificándose a la intemperie en forma de grandes bloques rectangulares llamados vats. Estos dependiendo de la producción pueden llegar a pesar aproximadamente 80 000 toneladas.

El procedimiento general usado para la construcción -

LA MAYOR PARTE DEL AZUFRE SE EMPLEA EN LA FABRICACION DE ACIDO SULFURICO. EL RESTO SE USA EN SU FORMA ELEMENTAL O EN DIVERSOS COMPUESTOS QUIMICOS, NO OBTANTE QUE EL AZUFRE ES ESENCIAL EN CASI TODAS LAS RAMAS DE LA INDUSTRIA. SE USA GENERALMENTE COMO AGENTE EN EL PROCESO Y MUY POCAS VECES APARECE EN EL PRODUCTO FINAL.

SUPERFOSFATOS.
FOSFATOS DE AMONIO.
SULFATOS DE AMONIO.
FERTILIZANTES MIXTOS.

ACIDO SULFURICO
87 %

REVISTAS Y PAPEL PARA IMPRESION, PAPEL FINO Y PARA ESCRITURA
PAPEL PARA BOLSAS Y ENVOLTURAS, PAPEL DE SEDA Y SANITARIO.

PAPEL ABSORBENTE, RECIBIENTES Y CAJAS
PAPEL PARA PERIODICO
PULPA PARA MATOR Y PELICULAS

OTROS 13 %

MATOR
CELOFAN
TETRAFLUORURO DE CARBONO
SUSTANCIAS QUIMICAS PARA LA FABRICACION DE HULE

INSECTICIDAS,
FUMIGACIONES
VULCANIZACION DEL HULE
AGENTE MEJORADOR DE HUELOS

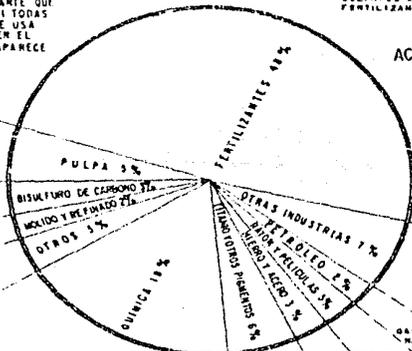
PRODUCTOS QUIMICOS PARA LA QUIMICA,
ACENOS ESPECIALES
NABENSIO

COLORANTES
BLANQUEADORES,
EXTRACCION DE SODA,
TRATAMIENTO DE PILES
FOTOGRAFIA.

CUBIERTAS PROTECTORAS
COLORANTES,
REGULACION POCOS PETRO-
LEOS
REDUCTORES DE ALUMINIO
COLAS Y ENSAJES PARA
PAPEL.

DETERGENTES SINTETICOS,
ADITIVOS COMESTIBLES,
BALSOLINA ANTIDETONANTE,
RESINAS SINTETICAS

TRATAMIENTO DE AGUA,
PRODUCTOS FARMACEUTICOS,
INSECTICIDAS,
ANTICORRELANTE



EXPLOSIVOS,
METALES NO FERROSOS,
HULE SINTETICO
ACUMULADORES
ACABADOS TEXTILES.

BASOLINA PARA
LAMPARAS
LUBRICACIONES
CUCURUS PARA
LUBRICACIONES

OTROS PRODUCTOS
DE FIBRA DE
REFINERIA.

PROPIETES COBINARAS
CELOFAN,
SALFANIS-
FOTOGRAFICAS.

U. N. A. M.	
F	USOS DEL AZUFRE
A	
C	
I	TESIS PROFESIONAL 1907
N	
G	CARLOS SANTIAGO GARCIA FIG No 10

del vat o recipiente es derramar una gruesa capa de azufre líquido confinado sobre el área donde se construirá el vat, capa que a su vez actuará como base del recipiente mismo.

El espesor de la base puede variar de uno a tres pies, sobre esta base se insertan postes de aluminio estriados que sirven de apoyo para clavar hojas de hierro galvanizado de aproximadamente ocho pies de longitud por tres pies de ancho, de esta manera queda construido el recipiente en el que se vacía el azufre líquido para solidificarse. Como el recipiente va creciendo hacia arriba constantemente, las hojas inferiores son desprendidas y colocadas más arriba, hasta alcanzar la altura necesaria, procediendo a quitar todas las láminas, quedando el bloque de azufre de aproximadamente 100,000 toneladas.

Para el almacenamiento del azufre líquido se cuenta con tres tanques cisternas con capacidad de cada tanque (Nº 1 = 2179 Toneladas, Nº 2 = 5404 Toneladas y Nº 3 = 5726 Toneladas) donde es enviado el azufre por medio de tuberías, desde los pannes de almacenamiento, ubicados en las unidades de control o de la planta de filtros ya tratado. Estos tanques están contruídos por dentro con un sistema de serpentines por donde se inyecta vapor para poder mantener el azufre en estado líquido.

TRANSPORTE DEL AZUFRE

Para transportar el azufre es necesario romper el vat anteriormente construido, por medio de palas mecánicas de dos o tres yardas cúbicas de capacidad.

Pasándolo por quebradores, el azufre se reduce a fragmentos de cuatro pulgadas de diámetro, con el objetivo de poderlo manipular fácilmente por medio de un sistema de bandas y por cu -

charones de quijadas.

El azufre triturado es cargado directamente en carros de ferrocarril y enviado a los diversos clientes nacionales y extranjeros. Coatzacoacoicos es el puerto donde se realiza el comercio hacia el mercado exterior.

El azufre también es transportado por carretera en estado líquido, esto se hace por medio de pipas especiales las cuales mantienen el azufre líquido en el transcurso de su transporte. Las pipas tienen diferentes capacidades, hay pipas de 25 y 10 toneladas, las cuales son cargadas constantemente durante el día a partir del tanque de almacenamiento de azufre líquido, y va a las empresas consumidoras de azufre.

Este medio es conveniente principalmente para los fabricantes de ácido sulfúrico, ya que en estado sólido es necesario volver a fundirlo en estufas especiales, para que de esta manera se forme el dióxido de azufre, que es el primer paso para la fabricación de ácido sulfúrico. Actualmente con la forma de transporte en estado líquido, se tiene la ventaja de que está libre de impurezas, y no hay necesidad de refundirlo y por lo tanto, hay un ahorro en tiempo y dinero.

Existe otro medio para transportar el azufre líquido, que es el fluvial, en donde el azufre es transportado por medio de embarcaciones de poco calado como los llamados "chalanestermo" siendo este el caso de la Unidad Coachapa.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La sal se considera de origen sedimentario resultado de la evaporación de agua de mar, y de una edad Pre-jurásico Superior. (TRIASICO-JURASICO).

Los domos salinos se formaron teniendo depositados grandes espesores de sal y posteriormente debido al peso de sedimentos más recientes y a movimientos tectónicos, lo que hizo que la sal subiera a áreas de menor presión debido a su bajo peso específico provocando así altos salinos conocidos como domos.

El casquete de estos domos fue el resultado de la acumulación residual de la anhidrita insoluble contenida en la sal, considerando a la anhidrita de carácter primario, mientras que el yeso, caliza y el azufre de carácter secundario.

En base a diversos estudios, la hipótesis que más se acepta sobre el origen del azufre es la del origen biogénico.

El método Frasch consiste en fundir azufre en el subsuelo inyectando grandes cantidades de agua y extraerlo por medio de aire comprimido. Para esto debe contar con la infraestructura de la planta de fuerza, planta de calentadores que generan el agua, aire, vapor y energía eléctrica.

Analizando las reservas del domo de Jáltipan, se asegura que si es factible la extracción secundaria de azufre en el yacimiento de Jáltipan, en virtud de que existen importantes remanentes de la extracción primaria ya efectuada.

En la sección 1'-1' se muestran los pozos explotados en el caso del 22-384 se nota que no llegó a su base de yeso y/o an

hidrita por lo cual se recomienda que en los pozos de recuperación secundaria se perforen o nucleen hasta llegar a su base y así poder tener un control importante de zona mineralizada virgen, espesor de azufre neto, que es factor necesario para el cálculo de su reserva y la producción.

observando el plano geológico de explotación secundaria se nota que la mayor mineralización y remanente existente están en la parte sur de los lotes 1 y 22 por lo cual es recomendable seguir explotando la zona y poder recuperar el remanente y así darle un largo período de vida a estos lotes, aprovechando que las estaciones de control (relay) están estratégicamente bien ubicadas dentro de la zona de explotación.

Es recomendable que por cada cuatro pozos de producción se haga uno de desfogue, esto es con la finalidad de que la cantidad de agua inyectada a los pozos de producción no se acumule con el agua de mina y esto a la vez, no robe calor a los mismos y también para evitar en lo futuro posibles fugas o reventones en la superficie del terreno.

Finalmente en la unidad APSA, se han perforado y explotado una infinidad de pozos cuyos datos son imposibles de manejar manualmente por lo que es recomendable adquirir una microcomputadora marca NCR sistema PC'S(2), de 5 megabytes, con capacidad de 512 kbytes o sea 5'159 152 bytes de memoria rom, para controlar todos los datos geológicos y estadísticos de producción de cada pozo y así poder obtener un mejor control geológico del yacimiento.

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

- | | | |
|---|------|---|
| ACEVEDO E. ANTONIO | 1956 | EL AZUFRE EN MEXICO
ED. CULTURA, T. G., S. A. |
| ALVAREZ JR. MANUEL | 1954 | GEOLOGIA PALEOGEOGRAFIA
Y TECTONICA DE MEXICO |
| BARRAGAN H. ADALBERTO
BUSTOS VERA GUILLERMO
TEJERO RODRIGUEZ JUAN | 1983 | ESTUDIO GEOLOGICO DE SEMIDETALLE
DE LOS PROYECTOS TLAHUALILO Y AM-
PLIACION TLAHUALILO, EDO. DE -
COAHUILA Y DURANGO.
APSA (EGEOMESA) |
| BENAVIDES LUIS | 1956 | SYMPOSIUM SOBRE YACIMIENTOS DE PE-
TROLEO Y GAS
XX CONGRESO GEOLOGICO INTERNACIO-
NAL. MEXICO |
| BRIGADA COAHUILA
BRIGADA JALTIPAN
BRIGADA TEXISTEPEC | 1981 | INFORME DE LAS PRACTICAS DE GEOLO-
GIA DE CAMPO AVANZADA
TRABAJO INEDITO FAC. DE INGENIERIA
U. N. A. M. |
| CABRERA CASTRO RENE | 1963 | ESTUDIO BIOESTRATIGRAFICO DE LA
PORCION OCCIDENTAL DE LA CUENCA
SALINA DEL ISTMO
TESIS PROFESIONAL I.P.N. |
| CASTILLO TEJERO CARLOS | 1955 | BOSQUEJO ESTRATIGRAFICO DE LA CUEN-
CA SALINA DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC
" BOLETIN DE LA ASOCIACION MEXICA-
NA DE GEOLOGOS PETROLEROS " |

- | | | |
|--|------|---|
| DANA S. EDWARD
FOED E. WILLIAM | 1979 | TRATADO DE MINERALOGIA |
| DOMINGUEZ PORTILLA GABRIEL | 1972 | INFORME DE LAS CONDICIONES ACTUA-
LES DEL YACIMIENTO DE JALTIPAN
(INFORME INTERNO DE APSA) |
| | | INFORME GEOLOGICO DEL DOMO DE
JALTIPAN
(INFORME INEDITO DE APSA) |
| FEELY, H. N. Y KULP, J. L. | 1957 | ORIGIN OF SULF SALT DOME SULPHUR
DEPOSITS, A. A. P. G., VOL. 41
NUM. 8 |
| HERRERA AVILA NICOLAS | 1984 | ESTUDIO GEOLOGICO ECONOMICO DEL
DOMO SALINO DE JALTIPAN, VER.
TESIS PROFESIONAL |
| HUNGSBERG, ULRICH | 1950 | ORIGEN DEL AZUFRE EN EL CASQUETE
DE LOS DOMOS SALINOS CUENCA SALINA
DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC
" BOLETIN NO. 51 DEL C.R.N.N.R. " |
| LOPEZ DOMOS EDUARDO | 1983 | GEOLOGIA DE MEXICO
TOMO III (EDICION ESCOLAR) |
| MARQUEZ P. AREMOS
VIVEROS J. MANUEL
SERNA V. REYES | 1964 | DEPOSITO DE SAL Y AZUFRE EN LA
CUENCA SALINA DEL ISTMO, VER.
BOLETIN NUM. 64, C.R.N.N.R. |
| PAVON HUERTA RUBEN | 1964 | III CONVENCION NACIONAL
ASOCIACION DE INGENIEROS PETROLEROS
DE MEXICO |

T A B L A A

RESUMEN DE RESERVAS, PRODUCCION Y REMANENTE DE AZUFRE DE LOS POZOS DE PRODUCCION DEL LOTE 1

Nº POZOS	RESERVAS	PRODUCCION EXTRAIDA T. M.	REMANENTE T. M.	E. E. A. S. (PROMEDIO EN M.)
167	3'796 439	2'149 789	585 354	3.5

Nº POZOS	RESERVAS	E.E.A.S.	PRODUCCION	REMANENTE	INICIO	TERMINO	TIEMPO DE OPERACION (MESES)
1-38	8 277	2.9	217	(8 060)	Ago. /77	Nov. /77	3
1-39	9 422	3.3	7 860	(1 556)	Ago. /77	Feb. /78	6
1-42	5 139	1.8	8 888	3 749	Dic. /77	Sep. /78	9
1-43	4 282	1.5	234	(4 049)	Ene. /78	Jun. /78	6
1-33	12 738	2.7	9 567	(3 171)	Feb. /78	Sep. /78	7
1-44	13 207	2.8	7 409	(5 798)	Mar. /78	Jun. /78	3
1-47	3 964	0.5	6 219	2 255	Jun. /78	Ago. /78	2
1-46	7 685	2.0	2 860	(4 825)	Mar. /78	Abr. /78	1
1-49	8 490	1.8	9 957	1 467	Jun. /78	Nov. /78	5
1-51	8 490	1.6	3 244	(5 246)	Jun. /78	Oct. /78	4
1-34	3 087	0.5	2 367	(720)	Jul. /78	Ago. /78	1
1-35	7 874	2.3	4 837	3 037	Jul. /78	Sep. /78	2
1-57	453	0.7	23	(430)	Jul. /78	Sep. /78	2
1-59	15 856	2.0	6 476	(9 380)	Ago. /78	Oct. /78	2
1-58	4 077	0.7	1 638	(2 439)	Sep. /78	Dic. /78	3
1-62	12 814	2.2	7 809	(5 005)	Sep. /78	Feb. /79	5

1-61	5 824	1.0	3 804	2 016	Oct. /78	Enc. /79	4
1-37	4 659	1.8	7 992	3 333	Nov. /78	Apr. /79	5
1-40	6 343	0.8	6 820	477	Nov. /78	Apr. /79	5
1-64	26 162	3.3	24 305	(1 857)	Nov. /78	Jun. /79	7
1-65	4 077	0.7	18 608	14 531	Dec. /78	Jun. /79	6
1-66	22 991	2.3	15 018	(7 973)	Feb. /78	Jul. /78	5
1-67	11 649	2.0	6 578	(5 071)	Feb. /78	Jul. /78	5
1-68	12 738	2.7	18 554	5 516	Mzo. /78	Agc. /78	5
1-69	9 313	1.6	6 908	(2 405)	Mzo. /78	Agc. /78	5
1-70	7 573	1.3	5 720	(1 853)	Apr. /78	Sep. /78	5
1-71	14 560	2.5	9 755	(4 805)	Apr. /78	Oct. /78	6
1-72	4 659	0.8	12 460	7 801	Apr. /78	Dec. /78	8
1-73	20 388	3.5	11 371	(9 017)	Apr. /78	Nov. /78	7
1-41	23 883	4.1	10 543	(13 340)	May. /78	Enc. /79	8
1-74	17 474	3.0	15 875	(1 599)	May. /79	Enc. /80	8
1-78	26 162	3.3	20 598	(5 573)	Jun. /79	Feb. /80	8
1-79	11 795	2.5	22 293	10 498	Jun. /79	May. /80	11
1-80	13 470	1.7	7 397	6 081	Jul. /79	Feb. /80	7
1-81	19 220	3.3	14 612	(4 608)	Jul. /79	May. /80	10
1-45	5 999	1.0	8 623	2 624	Agc. /79	Enc. /80	5
1-82	7 573	1.3	23 054	15 481	Agc. /79	Apr. /80	8
1-83	15 143	2.6	18 056	2 913	Agc. /79	Mzo. /80	7
1-85	23 255	3.3	11 690	(11 565)	Oct. /79	Feb. /80	4
1-87	27 378	5.2	24 660	(2 718)	Nov. /79	Jul. /80	8
1-86	31 715	4.5	12 066	(19 649)	Dec. /79	Jun. /80	6
1-88	33 203	5.1	10 360	(22 843)	Enc. /80	Jun. /80	5

1-89	8 738	1.5	3 802	6 436	Ene./80	Abr./80	3
1-92	14 561	2.5	10 355	4 694	Ene./80	Ago./81	7
1-91	10 351	2.1	12 166	1 817	Feb./80	Ago./80	5
1-92	15 063	1.9	9 941	(5 122)	Feb./80	Jul./80	5
1-96	19 415	1.4	17 872	1 543	Mzo./80	Sep./80	6
1-95	7 140	1.7	10 912	8 872	Abr./80	Nov./80	7
1-97	5 964	2.7	7 517	1 553	Abr./80	Ago./80	4
1-98	16 246	3.3	17 416	1 170	Abr./80	Nov./80	7
1-104	12 098	2.2	10 570	(1 518)	Abr./80	Oct./80	6
1-93	7 840	1.6	11 015	(3 175)	May./80	Dic./80	7
1-94	8 508	1.7	10 278	1 770	May./80	Sep./80	4
1-99	11 340	2.7	15 051	3 711	May./80	Nov./80	6
1-107	19 481	4.6	13 297	(6 184)	May./80	Dic./80	7
1-100	12 181	3.0	15 721	3 541	Jun./80	Dic./80	6
1-102	19 404	3.3	23 722	4 318	Jun./80	Mzo./81	9
1-54	13 104	2.8	9 473	(3 631)	Jul./80	Feb./81	7
1-101	12 600	3.0	2 903	(9 697)	Jul./80	Dic./80	5
1-55	19 656	3.9	24 890	5 234	Ago./80	Abr./81	8
1-103	52 504	1.5	6 802	45 692	Ago./80	Dic./80	4
1-109	1 134	1.5	4 060	2 926	Ago./80	Dic./80	4
1-111	4 900	0.4	5 045	145	Ago./80	Feb./81	6
1-112	13 776	4.1	19 688	5 912	Sep./80	Abr./81	7
1-52	5 460	3.0	2 871	(2 589)	Oct./80	Dic./80	2
1-113	13 608	2.7	12 419	(1 189)	Oct./80	Abr./81	6
1-114	31 416	6.8	12 463	(18 953)	Nov./80	Abr./81	5
1-117	18 942	4.1	16 372	(2 570)	Nov./80	May./81	6

1-125	17 220	4.1	20 323	3 103	Nov./80	Jul./81	8
1-110	4 900	0.4	82	(4 818)	Dic./80	Dic./80	1
1-116	6 720	2.1	9 787	3 067	Dic./80	Jul./81	7
1-118	26 680	6.3	8 418	(18 262)	Dic./80	Jul./81	7
1-124	10 328	4.4	17 165	(3 163)	Dic./80	Jul./81	7
1-126	10 080	2.4	1 750	(8 330)	Dic./80	Feb./81	2
1-128	7 560	2.4	1 180	(6 380)	Dic./80	Feb./81	2
1-130	14 784	3.2	14 942	158	Feb./81	Ago./81	6
1-131	22 176	4.4	11 442	10 734	Mzo./81	Nov./81	8
1-132	13 300	3.8	20 619	7 319	Abr./81	May./82	13
1-136	7 840	3.2	9 740	1 900	Abr./81	Nov./81	7
1-137	10 080	3.6	6 629	(3 451)	Abr./81	Dic./81	8
1-135	4 725	2.4	4 775	50	May./81	Sep./81	4
1-138	10 500	3.0	14 152	3 652	May./81	Mzo./82	10
1-119	19 900	3.4	14 453	(5 447)	Jul./81	Abr./82	9
1-166	14 755	5.7	84 991	70 236	Feb./84	Dic./85	20
1-167	2 514	1.2	42 043	39 527	Feb./84	Jun./85	16
1-120	16 800	4.8	9 092	7 708	Jul./81	May./82	10
1-133	12 880	4.6	1 998	(10 932)	Jul./81	Sep./81	2
1-121	11 325	2.8	14 648	3 323	Ago./81	Jun./82	10
1-122	18 936	4.2	27 163	8 227	Nov./81	Ago./82	9
1-143	4 936	1.6	556	(4 380)	Nov./81	Ene./82	2
1-129	20 560	4.7	9 044	(11 516)	Mzo./82	Jul./82	4
1-143 "A"	3 873	1.2	4 712	839	Abr./82	Jul./82	3
1-145	16 756	3.8	5 936	(10 820)	Jun./82	Sep./82	3
1-147	15 775	3.9	7 150	(8 625)	Jun./82	Dic./82	6
1-148 "A"	15 726	2.7	9 608	/ 6 118)	Jun./82	Mzo./83	20

1-150	50 000	5.4	11 314	(38 686)	Jul./82	Abr./83	9
1-149	31 132	5.4	11 973	(19 159)	Ago./82	Abr./83	8
1-151 "A"	60 000	8.2	24 904	(35 096)	Ago./82	Jun./83	10
1-152	8 200	2.2	6 538	(1 662)	Sep./82	May./83	10
1-155	1 568	3.8	2 480	912	Mar./83	Jul./83	4
1-160	22 246	5.5	52 860	30 614	Abr./83	Nov./84	19
1-159	12 134	2.8	9 742	(3 392)	May./83	Ene./84	8
1-157	11 325	2.8	3 260	(8 045)	Jun./83	Sep./83	3
1-162	23 460	5.8	36 753	(13 233)	May./83	Jun./84	13
1-161	12 539	0.06	9 221	(3 318)	Jul./83	Sep./84	14
1-163 "A"	10 885	1.5	16 931	6 046	Abr./84	Ago./84	4
1-164	5 663	1.4	5 942	279	Abr./84	Ago./84	4
1-170	24 830	4.5-4.2	9 233	(15 597)	Jun./84	Feb./85	8
1-171 "A"	15 273	5.9	18 616	3 343	Jun./84	Ene./85	7
1-169	10 811	3.3	19 774	8 963	Jul./84	Feb./85	7
1-173	7 919	4.1	30 040	22 121	Ago./84	Jun./85	10
1-176	8 028	3.1	47 961	39 933	Ago./84	Ago./85	12
1-177	6 775	2.9	28 672	21 897	Ago./84	Jun./85	10
1-178 "A"	12 500	5.2	19 469	6 969	Sep./84	Oct./85	13
1-174	8 178	3.9	13 865	5 687	Oct./84	Feb./85	4
1-183	7 973	3.8	2 320	(5 653)	Oct./84	Ene./85	3
1-184	10 025	4.2	14 652	4 627	Nov./84	Jul./85	8
1-179	6 140	2.9	35 092	38 952	Dic./84	Ene./86	13
1-186	5 470	2.9	5 191	(285)	Dic./84	May./85	6
1-188 "A"	3 291	1.5	17 631	14 340	Ene./85	Sep./85	9
1-190	4 098	3.2	2 131	(1 967)	Feb./85	Abr./85	2

1-181	3 235	2.9	980	2 255	Mzo./85	May./85	2
1-189	5 250	4.8	17 111	11 861	Mzo./85	Nov./85	8
1-195	5 693	3.4-3.8	63 232	57 539	Ene./85	Dic./86	11
1-192	3 180	4.7	27 326	24 146	May./85	Dic./85	7
1-196	3 348	1.9	35 452	32 104	May./85	Ago./86	15
1-197	3 180	1.7	16 158	12 978	Jun./85	Dic./85	6
1-198	2 057	1.1	(890)	1 167	Jun./85	Ago./85	2
1-200	11 902	3.8	18 824	6 922	Jun./85	Jun./86	12
1-208	13 840	7.4	22 193	8 353	Jun./85	Abr./86	10
1-199	6 279	2.2	7 926	1 647	Ago./85	Ene./86	5
1-203	9 645	4.6	14 693	5 048	Jul./85	Mzo./86	8
1-204	3 710	1.3	8 133	4 423	Ago./85	Dic./85	4
1-193	5 071	0.75	3 587	1 516	Sep./85	Feb./86	5
1-210	6 937	3.5	6 591	(346)	Sep./85	Ene./86	4
1-207	9 578	3.7	11 514	1 936	Nov./85	Mzo./86	4
1-212	9 117	4.6	16 144	7 027	Nov./85	May./86	6
1-216	2 713	2.3	8 259	5 546	Nov./85	Jun./86	7
1-211	3 883	1.5	5	(3 878)	Dic./85	Dic./85	1
1-221	3 110	3.1	8 887	5 777	Dic./85	Jul./86	8
1-201	2 136	3.3	1 387	(749)	Ene./86	Feb./86	1
1-202	6 472	2.5	3 650	(2 822)	Ene./86	Jun./86	5
1-217	4 375	4.0	6 576	2 201	Ene./86	May./86	4
1-220	11 782	10.8	31 008	19 226	Ene./86	Nov./86	10
1-222	2 654	2.3	302	(2 352)	Ene./86	Ene./86	1
1-218	4 644	3.7	4 907	263	Feb./86	Abr./86	1
1-225	13 136	3.8	5 654	(7 482)	Mzo./86	Jun./86	3

1-229	6 148	9.5	6 371	223	Abr./86	Ago./86	4
1-231	4 051	6.2	1 349	2 702	Abr./86	Jul./86	4
1-232	4 574	7.0	29 116	24 542	Abr./86	Ene./87	8
1-226	2 287	3.5	19	(2 266)	May./86	May./86	1
1-234	6 732	4.9	16 985	10 253	May./86	Ene./87	8
1-235	2 266	1.2	407	(1 859)	May./86	Jun./86	1
1-224	21 544	20.7	10 874	(10 670)	Jun./86	Oct./86	4
1-227	1 488	2.3	3 002	1 514	Jun./86	Ago./86	2
1-238 "A"	5 090	6.5	5 124	34	Jun./86	Abr./87	10
1-230	2 718	4.2	4 953	2 235	Jul./86	Oct./86	3
1-237	1 094	0.9	30 345	19 251	Jul./86	May./87	10
1-240	2 410	1.9	2 662	252	Jul./86	Ago./86	2
1-241	10 613	3.1	4 286	(6 327)	Ago./86	Dic./86	4
1-242	3 282	1.6	9 392	6 110	En producción		
1-243	3 463	0.9	18 827	15 364	En producción		
1-245	11 435	17.5	11 425	(10)	Oct./86	Oct./87	12
1-246	8 822	24.0	14 716	5 894	Oct./86	Abr./87	6
1-247	6 578	2.1	371	(6 207)	Oct./86	En producción	
1-248	1 470	1.0	228	(1 242)	Nov./86	Dic./86	
1-249	1 941	3-2.7	12 807	10 866	En producción		

NOTA: No se tomaron en cuenta para el cálculo de reserva total del Lote 1, los pozos de exploración, desfogue y pozos no equipados - por diferentes problemas.

T A B L A B

RESUMEN DE RESERVAS, PRODUCCION Y REMANENTE DE AZUFRE EN LOS POZOS DE PRODUCCION DEL LOTE 22

Nº POZOS	RESERVAS	PRODUCCION EXTRAIDA T. M.	REMANENTE T. M.	E. F. A. S. (PROMEDIO EN M.)
167	3'796 439	1'149 789	585 354	3. 5

Nº POZOS	RESERVAS	E. F. A. S.	PRODUCCION	REMANENTE	INICIO	TERMINO	TIEMPO DE OPERACION (MESES)
22-63	-----	0.0	78 344	-----	Ago./64	Ene./66	17
22-64	21 034	5.2	59 857	38 823	Ago./64	Nov./65	15
22-65	-----	0.0	35,931	-----	Oct./64	May./65	7
22-66	-----	0.0	26 917	-----	Oct./64	Mzo./65	5
22-67	21 188	6.9	19 827	17 639	Oct./64	Mzo./65	5
22-69	-----	---	93 389	-----	Nov./64	Dic./66	25
22-68	34 364	5.9	65 692	31 308	Ene./65	Jun./66	17
22-75	24 270	6.1	17 896	6 374	Feb./65	Ago./65	6
22-76	35 572	6.1	24 258	11 314	Feb./65	Sep./65	7
22-77	20 220	5.0	34 833	14 613	Mzo./65	Ene./66	10
22-78	2 589	4.1	1 500	1 089	Mzo./65	Mzo./65	1
22-83	15 775	3.9	18 656	2 881	Mzo./65	Oct./65	7
22-82	23 864	5.9	26 158	2 294	Abr./65	Sep./65	5
22-79	18 515	4.7	6 994	11 521	May./65	Ago./65	3
22-81	4 939	5.3	36 679	31 740	May./65	May./66	12
22-88	885	3.8	2 012	1 127	Jun./65	Sep./65	3
22-80	20,224	5.1	10 652	9 572	Jul./65	Nov./65	4

22-86	20 582	4.8	66 429	45 847	Ago./65	Oct./66	14
22-94	10 100	5.4	61 753	61 653	Ago./65	Nov./66	15
22-84	23 053	5.7	68 001	44 948	Sep./65	Nov./66	14
22-97	9 139	3.6	5 314	(4 005)	Nov./65	Jul./66	8
22-85	21 842	5.4	51 598	29 756	Dic./65	Sep./66	9
22-96	9 978	4.8	37 645	28 667	Dic./65	Ene./67	24
22-98	10 962	3.5	2 288	(8 674)	Dic./65	Feb./66	2.
22-117	19 820	4.9	14 841	(4 979)	May./66	Sep./66	4
22-97	8 410	3.6	401	(8 009)	Jun./66	Jul./66	1
22-110	-----	---	27 755	-----	Jul./67	Ene./67	6
22-119	36 468	4.6	1 343	(35 125)	Jul./66	Ago./66	1
22-91	16 179	4.0	31 375	15 196	Ago./66	Abr./67	8
22-95	10 934	6.6	17 560	6 626	Ago./66	Dic./66	4
22-122	20 224	5.03	29 999	9 775	Ago./66	Mzo./67	7
22-123	27 504	6.8	36 587	9 083	Sep./66	Jun./67	9
22-124	26 227	10.1	46 211	9 984	Sep./66	Jun./67	9
22-125	18 380	7.1	20 818	2 438	Sep./66	Feb./67	5
22-126	50 673	8.7	43 866	(6 807)	Sep./66	Jun./67	9
22-127	12 232	8.4	49 572	37 340	Sep./66	May./67	8
22-129	26 407	10.2	67 073	40 666	Sep./66	Jul./67	10
22-87	15 524	8.3	54 807	39 283	Oct./66	Jul./67	9
22-128	20 968	8.1	44 208	23 240	Oct./66	May./67	7
22-132	20 968	8.1	13 624	(7 344)	Oct./66	Feb./67	4
22-109	24 592	9.5	7 987	(16 605)	Nov./66	Feb./67	3
22-133	9 112	5.5	1 865	(7 247)	Nov./66	Dic./66	1
22-137	21 227	8.2	13 784	(7 443)	Dic./66	Mzo./67	3
22-139	11 035	5.9	4 118	(6 917)	Dic./66	Feb./67	2

22-140	8 791	4.7	6 138	(2 653)	Dic./66	Feb./67	2
22-141	12 426	4.8	7 562	(4 864)	Ene./67	Mzo./67	2
22-142	30 057	2.2	14 794	(11 737)	Ene./67	Jul./67	6
22-144	59 459	7.5	50 592	(8 867)	Ene./67	Ene./68	12
22-138	-----	---	2 072	-----	Feb./67	Mzo./67	1
22-143	-----	---	14 304	-----	Feb./67	Jul./67	5
22-147	8 721	1.1	14 303	(5 582)	Feb./67	Jul./67	5
22-100	18 607	4.6	3 555	(15 052)	Mzo./67	May./67	2
22-116 "A"	33 167	8.2	43 168	10 001	Mzo./67	Nov./67	8
22-148	17 474	3.0	5 145	(12 329)	Mzo./67	May./67	2
22-149	34 086	4.3	2 728	(31 358)	Mzo./67	Abr./67	1
22-99	19 819	4.9	1 141	(18 678)	Abr./67	May./67	1
22-150	18 606	4.6	540	(18 066)	Abr./67	Abr./67	1
22-151	25 002	7.3	74 018	49 016	Abr./67	Abr./68	12
22-152	21 841	5.4	23 818	1 997	Abr./67	Ene./68	9
22-145	35 384	7.5	78 660	42 276	May./67	May./68	12
22-153	19 788	3.9	30 460	10 672	May./67	Sep./67	4
22-154	24 673	6.1	25 733	1 060	May./67	Dic./67	7
22-155	6 115	4.2	3 401	(2 714)	May./67	Jul./67	2
22-157	57 938	5.6	4 019	(53 964)	Jun./67	Ago./67	2
22-158	44 525	4.3	3 435	(41 090)	Jun./67	Ago./67	2
22-146	26 690	6.6	45 136	(18 446)	Jun./67	Feb./68	8
22-159	14 156	3.5	8 532	(5 624)	Jul./67	Oct./67	3
22-160	18 201	4.5	40 853	22 652	Jul./67	Mzo./68	8
22-161	7 572	1.3	22 203	14 631	Ago./67	Nov./67	3
22-162	16 097	4.7	51 058	34 961	Sep./67	Ago./68	11
22-163	13 250	9.1	23 524	10 274	Sep./67	Ene./68	4

22-164	69 368	6.7	60 083	(9 295)	Oct./67	Oct./68	12
22-165	42 413	6.4	(39 713)	(2 700)	Oct./67	Jun./68	8
22-167	62 130	6.0	10 278	(51 852)	Nov./67	Feb./68	3
22-166	2 589	1.0	219	(2 370)	Dic./67	Dic./67	1
22-168	17 603	6.8	16 612	(991)	Dic./67	Abr./68	4
22-170	14 157	3.5	5 976	(8 181)	Ene./68	Abr./68	3
22-171	12 427	4.9	31 594	19 167	Ene./68	Sep./68	8
22-172	25 078	6.2	54 505	29 427	Ene./68	Oct./68	9
22-173	17 344	6.7	15 267	(2 077)	Feb./68	May./68	3
22-174	7 571	1.3	678	(6 893)	Feb./68	Mzo./68	1
22-175	10 873	4.2	22 952	12 079	Feb./68	Jul./68	5
22-177	72 430	5.7	21 743	(50 687)	Feb./68	Jul./68	5
22-134 "A"	4 593	4.2	13 178	8 585	Mzo./68	Jun./68	3
22-176	10 598	4.1	14 204	3 606	Mzo./68	Jun./68	3
22-180	15 771	3.9	16 508	737	Mzo./68	Sep./68	6
22-181	44 844	7.7	21 052	(23 792)	Abr./68	Sep./68	5
22-182	5 049	7.8	13 856	8 807	Abr./68	Oct./68	6
22-184	10 097	3.9	24 656	14 559	Abr./68	Sep./68	5
22-185	4 951	3.5	12 371	7 420	May./68	Ago./68	3
22-186	11 908	4.8	7 531	(4 377)	May./68	Ago./68	3
22-178	21 875	5.0	16 862	(5 013)	Jun./68	Nov./68	5
22-187	9 321	6.4	17 376	8 055	Jun./68	Nov./68	5
22-188	5 954	2.3	6 425	471	Jun./68	Sep./68	3
22-190	37 839	6.5	12 339	(25 500)	Jun./68	Nov./68	5
22-191	10 613	4.1	6 795	(3 818)	Jul./68	Oct./68	3
22-192	13 396	2.3	13 246	(150)	Jul./68	Nov./68	4
22-195	2 831	0.4	10 612	7 781	Jul./68	Oct./68	3

22-197	8 882	6.1	12 754	3 972	Ago./68	Ene./69	5
22-198	13 782	4.4	15 707	1 925	Ago./68	Ene./69	5
22-201	-----	---	10 061	-----	Ago./68	Dic./68	4
22-202	2 245	1.2	8 073	5 828	Ago./68	Nov./68	3
22-194	11 132	4.3	34 840	23 708	Sep./68	Jul./69	10
22-199	41 357	7.1	12 529	28 828	Sep./68	Ene./69	4
22-200	31 455	5.4	6 547	(24 908)	Sep./68	Dic./68	3
22-204	46 596	8.0	25 818	(20 778)	Oct./68	May./69	7
22-205	30 284	5.2	15 742	(14 542)	Oct./68	Abr./69	6
22-206	23 459	5.8	16 453	(7 006)	Oct./68	Feb./69	4
22-207	6 213	2.4	15 764	9 551	Nov./68	May./69	6
22-211	5 436	1.5	2 689	(2 747)	May./69	Jun./69	1
22-213	3 833	1.5	462	(3 421)	Jun./69	Jul./69	1
22-169	29 932	7.4	8 124	(21 803)	Jul./69	Oct./69	3
22-212	38 053	4.8	4 778	(33 275)	Jul./69	Oct./69	3
22-214	6 406	4.4	5 492	(914)	Oct./69	Feb./70	4
22-215	23 859	5.9	4 204	(19 655)	Jul./69	Ene./70	6
22-217	19 674	7.6	15 227	(4 477)	Jul./69	Nov./69	4
22-218	2 265	3.5	2 462	197	Jul./69	Sep./69	2
22-219	21 028	5.2	5 495	(15 534)	Jul./69	Dic./69	5
22-220	4 368	3.1	1 843	(2 525)	Jul./69	Oct./69	3
22-209	30 290	5.2	3 868	(26 422)	Feb./69	Abr./69	2
22-74 "A"	41 940	4.7	9 733	(32 207)	Mzo./69	Jul./69	4
22-208	19 416	4.8	5 950	(13 466)	Abr./69	Jul./69	3
22-210	30 265	7.2	5 298	(24 987)	Abr./69	Jul./69	3
22-216	7 863	5.4	7 228	(635)	Ago./69	Feb./70	6
22-222	15 532	6.1	1 523	(4 009)	Sep./69	Nov./69	2

22-223	19 805	3.4	3 857	(6 255)	Nov./69	Mzo./70	4
22-228	9 578	3.8	2 932	6 646	Dic./69	Mzo./70	3
22-231	16 989	4.8	1 699	(15 290)	Dic./69	Mzo./70	3
22-232	10 485	1.8	597	(9 888)	Ene./70	Mzo./70	2
22-234	19 222	3.3	7 175	(12 047)	Ene./70	Jul./70	6
22-229	3 884	1.5	2 929	(955)	Feb./70	Abr./70	2
22-236	18 057	3.2	3 572	(14 485)	Feb./70	Jun./70	4
22-237	8 285	3.3	9 435	1 150	Ago./70	Mzo./71	7
22-240	6 774	6.7	7 200	426	Dic./70	Abr./71	4
22-244	2 523	12.0	25 529	23 006	May./71	Ene./72	8
22-245	5 767	11.0	10 852	5 085	May./71	Ene./72	8
22-248	19 868	6.0	4 876	(14 992)	Oct./71	Ene./72	3
22-249	1 116	6.9	902	(214)	Sep./72	Nov./72	2
22-250	2 365	4.3	3 848	(1 483)	Dic./72	Abr./73	4
22-251	4 950	9.2	20 071	15 121	Dic./72	Jun./73	6
22-252	5 388	7.9	33 739	28 351	Abr./73	Ene./74	9
22-254	3 623	8.5	13 654	10 031	Ago./73	Feb./74	6
22-255	3 947	12.8	30 534	26 587	Ago./73	Jun./74	10
22-256	5 680	11.3	52 610	46 930	Sep./74	Ago./75	11
22-257	582	8.0	31 074	30 492	Oct./73	Oct./74	12
22-258	2 349	9.5	7 874	5 525	Nov./73	Jul./74	8
22-259	1 294	9.0	15 340	14 046	Mzo./74	Sep./74	6
22-260	14 084	12.1	1 030	(13 054)	Mzo./74	May./74	2
22-239	12 813	3 1	4 727	(8 086)	May./74	Sep./74	4
22-261	1 641	10.2	5 512	3 871	May./74	Oct./74	5
22-263	2 330	0.9	4 306	1 976	May./74	Jul./74	2
22-264	7 507	2.9	9 156	1 649	May./74	Dic./74	7

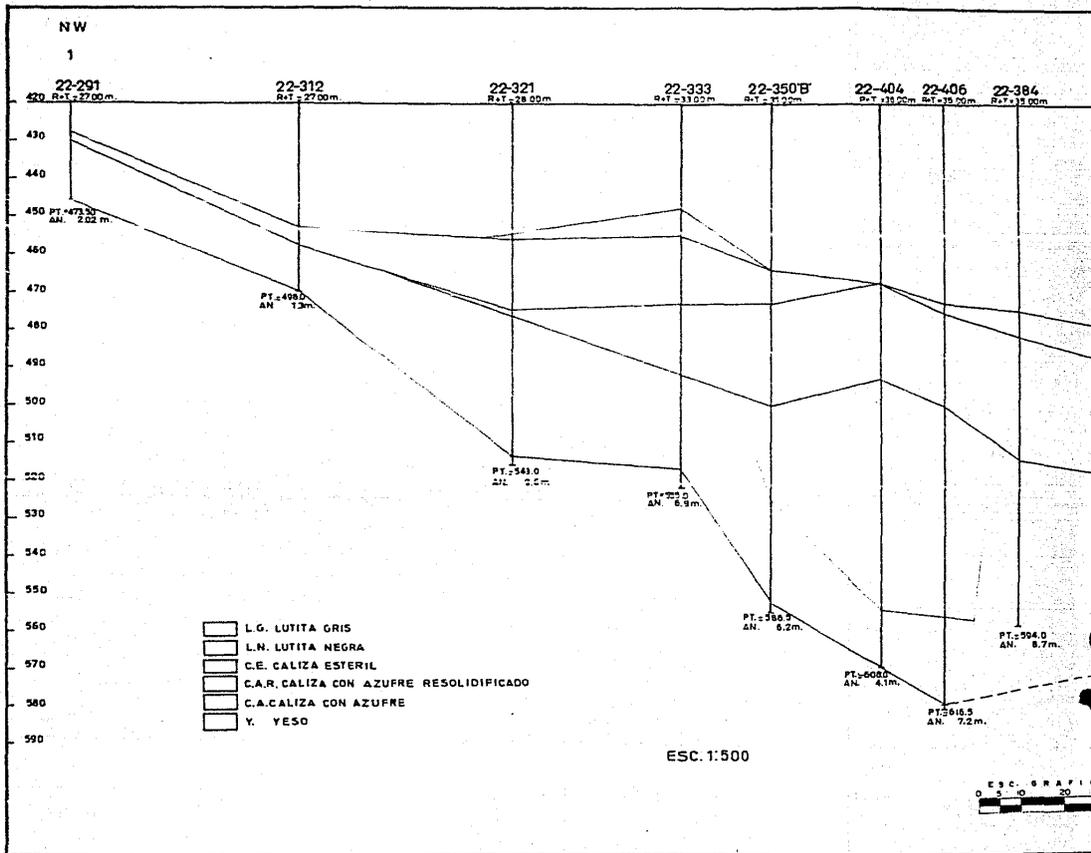
22-265	2 071	0.8	3 760	1 689	Ago./74	Oct./74	2
22-267	1 747	1.4	3 830	2 083	Sep./74	Ene./75	4
22-268 "A"	15 428	5.8	8 160	7 268	Oct./74	Ene./75	3
22-270	2 815	15.0	712	(2 103)	Dic./74	Ene./75	1
22-273	17 474	2.3	35 619	18 145	Oct./76	Ago./77	10
22-274	21 552	3.8	37 632	16 080	Nov./76	Ago./77	9
22-277	13 980	2.5	357	(13 623)	Nov./76	Ago./77	9
22-278	11 067	1.9	3 173	(7 894)	Ene./77	Abr./77	3
22-279	14 563	2.5	11 988	(2 575)	Ene./77	Abr./77	3
22-280	8 737	1.5	3 869	(4 868)	Oct./77	Dic./77	2
22-281	6 870	1.7	-----	(6 870)	Oct./77	Ene./78	3
22-282	14 965	3.7	-----	(14 965)	Nov./77	Ene./78	2
22-284	13 398	2.3	2 549	(10 849)	Feb./78	Oct./78	8
22-285	6 466	1.6	8 295	1 829	Feb./78	Nov./78	9
22-286	15 073	1.9	3 212	(11 751)	Feb./78	Ago./78	6
22-287	4 800	2.8	1 367	(8 433)	Abr./81	Jul./81	4
22-288	3 150	0.9	8 131	4 981	Abr./81	Sep./81	5
22-289	4 200	1.0	8 725	4 525	May./81	Oct./81	5
22-291	7 000	2.0	7 030	30	Jul./81	Feb./82	7
22-297	6 472	1.6	881	(5 591)	Ago./81	Sep./81	1
22-298	6 731	2.6	3 054	(3 677)	Sep./81	Ene./82	4
22-292	6 562	1.3	10 850	4 288	Feb./82	Ago./82	6
22-293	5 663	1.3	1 472	(4 191)	Mzo./82	May./82	2
22-301	1 618	0.3	14 695	(13 077)	Sep./82	Ene./83	4
22-302	12 943	3.2	24 394	11 451	Sep./82	Feb./83	5
22-300	5 258	1.3	17 433	12 175	Oct./82	Ene./83	3
22-303	10 516	2.6	35 036	21 520	Oct./82	May./83	7

22-304	6 876	1.7	8 606	1 730	Oct./82	Jun./83	8
22-312	7 610	1.3	9 493	1 883	Oct./82	Feb./83	4
22-313	"A" 35 000	6.0	15 781	(19 219)	Oct./82	May./83	7
22-315	21 296	7.02	41 952	20 656	Oct./82	Jun./84	20
22-318	20 969	3.6	8 193	(12 776)	Oct./82	May./83	7
22-320	9 902	1.7	1 533	(8 369)	Dic./82	Jul./83	7
22-305	2 202	0.5	1 507	(619)	Ene./83	Abr./83	3
22-319	18 129	6.7	34 077	15 948	Ene./83	Nov./83	10
22-321	15 411	3.8	10 428	(4 938)	Feb./83	Jun./83	4
22-322	30 070	9.6	35 754	5 684	Feb./83	Abr./84	14
22-322	21 842	5.4	22 842	1 000	Feb./83	Sep./83	7
22-290	38 830	9.8	9 162	(29 668)	May./83	Sep./83	4
22-323	20 224	4.95	16 714	(3 510)	May./83	Feb./84	9
22-299	9 624	2.2	17 574	7 950	Oct./81	Jul./82	9
22-314	7 119	1.8	2 513	(4 606)	Jun./83	Jul./83	1
22-316	4 142	1.9	3 601	(541)	Jun./83	Aug./83	2
22-325	11 562	3.1	4 296	(9 266)	Jul./83	Nov./83	4
22-327	8 090	2.0	4 926	(3 164)	Oct./83	Abr./84	6
22-328	13 752	3.4	3 525	(10 227)	Oct./83	Feb./84	4
22-329	3 365	1.3	11 162	7 798	Dic./83	Ago./84	8
22-332	774	1.8	3 953	79	Dic./83	Ago./84	8
22-333	11 390	6.9	18 520	7 130	Ene./84	Oct./84	9
22-331	878	3.9	5 034	(3 840)	Feb./84	Oct./84	8
22-334	2 433	1.9	22 433	20 000	Feb./84	Jun./84	4
22-336	12 613	7.8	58 516	47 903	Mar./84	Oct./84	7
22-338	25 693	11.6	3 917	(21 770)	Abr./84	Jul./84	3
22-341	22 195	9.5	21 029	(1 160)	Jul./84	Sep./85	14

22-340	10 014	5.2	20 601	10 587	Sep./84	Feb./86	17
22-350 "A"	36 454	16.3	24 157	(12 297)	Sep./84	Mzo./86	18
22-351	3 715	3.2	16 143	(12 428)	Sep./84	Mzo./85	6
22-353	20 514	19.3	17 470	(3 044)	Oct./84	May./85	7
22-349	4 638	3.1	6 149	1 511	Nov./84	Abr./85	5
22-355	4 660	7.2	4 423	(237)	Feb./85	Abr./85	2
22-359	3 858	4.1	5 092	1 234	Feb./85	May./85	3
22-252 "A"	3 180	18.5	8 942	5 762	Abr./85	May./86	13
22-356 "B"	26 938	5.2	3 583	(23 555)	Abr./85	Ago./85	4
22-357	4 470	1.2	7 672	3 202	May./85	Dic./85	7
22-363	2 226	3.5	49 980	47 754	Jun./85	Ene./87	19
22-358	4 676	2.5	1 138	(3 538)	Ago./85	Nov./85	3
22-362	30 919	15.5	31 204	285	Ago./85	Nov./86	15
22-360	41 553	24.9	35 648	(5 605)	Sep./85	Dic./86	15
22-364	14 166	15.2	26 897	12 731	Oct./85	Ago./86	10
22-365	17 393	17.2	13 043	(4 350)	Oct./85	Abr./86	6
22-364	5 922	8.3	17 039	11 117	Oct./85	Jun./86	8
22-370	4 703	4.3	12 559	7 856	Ene./86	Jul./86	6
22-367	7 037	8.9	10 328	3 291	Mzo./86	Ago./86	5
22-368	7 151	7.6	11 505	4 354	Mzo./86	Ago./86	5
22-371	4 507	5.7	5 748	1 241	Mzo./86	Jul./86	4
22-373	22 087	4.95	23 105	1 018	Abr./86	Abr./87	12
22-374	3 282	4.6	9 880	6 598	May./86	Ene./87	8
22-376 "A"	11 218	7.8	12 125	907	May./86	En producción	
22-375	2 050	2.2	29 091	27 041	Jun./85	En producción	
22-378	7 416	5.3	7 116	(300)	Jul./86	Nov./86	4

22-377	5 426	4.6	23 750	18 324	Ago./86	En producción	
22-379	16 109	12.7	6 124	9 955	Ago./86	Ene./87	5
22-380	16 017	10.95	26 037	10 020	Ago./86	En producción	
22-384	3 365	8.7	17 179	13 814	Ago./86	Mzo./87	7
22-386	3 858	4.1	9 814	5 956	Sep./86	En producción	
22-388	4 752	5.1	8 470	3 718	Nov./86	Mzo./87	3
22-389	3 933	10.7	5 580	1 647	Dic./86	Mzo./87	3
22-393	6 080	11.5	17 889	11 809	Dic./86	En producción	

NOTA: NO SE TOMARON EN CUENTA PARA EL CALCULO DE RESERVA TOTAL DEL LOTE Nº 22, LOS POZOS DE EXPLORACION, DESFOGUE Y POZOS NO EQUIPADOS POR DIFERENTES PROBLEMAS.

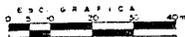


SE

T

22-321
R.T. = 28.00m22-333
R.T. = 37.00m22-350B
R.T. = 47.00m22-404
R.T. = 35.00m22-406
R.T. = 35.00m22-384
R.T. = 35.00m22-347
R.T. = 35.00m22-395
R.T. = 35.00mPT. = 583.0
AN. = 9.6m.PT. = 595.0
AN. = 6.9m.PT. = 586.5
AN. = 6.2m.PT. = 605.5
AN. = 4.1m.PT. = 610.3
AN. = 7.2m.PT. = 554.0
AN. = 8.7m.PT. = 621.0
AN. = 8.3m.PT. = 524.5
AN. = 5.5

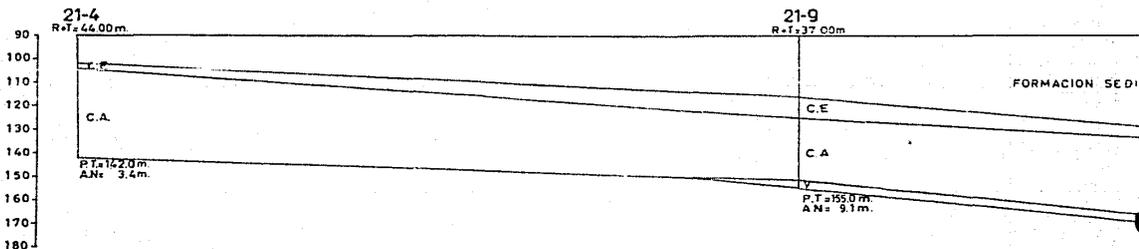
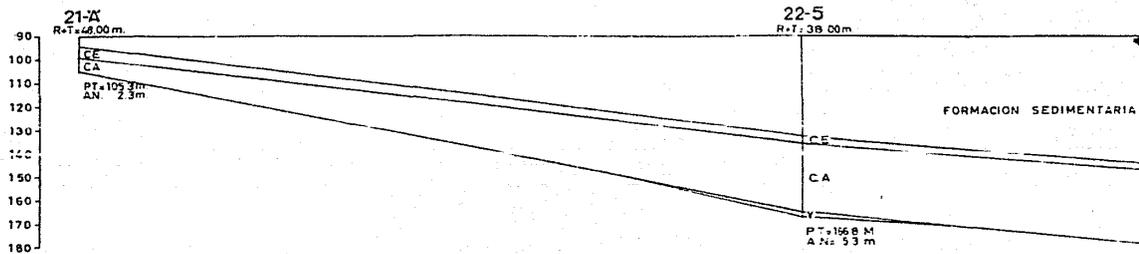
ESC. 1:500



U. N. A. M.	
F.	SECCION 1 - F
C.	DEL LOTE 22
N.	TESIS PROFESIONAL 1987
G.	IGNACIO BARRALDO GARCIA

RA
RIL
AZUFRE RESOLIDIFICADO
AZUFRE

NW
2



- LN-LUTITA NEGRA
- C.E.-CALIZA ESTERIL
- C.A.-CALIZA CON AZUFRE
- Y-YESO

ESC. 1:1000



SE
2

22-5
R=1:38.00m

22-11
R=1:30.00m

FORMACION SEDIMENTARIA

C.E

C.A

P.T.=156.8 M
A.N.= 9.3 m

C.E

C.A

P.T.=193.7 m
A.N.= 6.7 m

21-9
R=1:37.00m

22-10
R=1:39.00m

FORMACION SEDIMENTARIA

C.E

C.A

P.T.=155.0 m
A.N.= 9.1 m

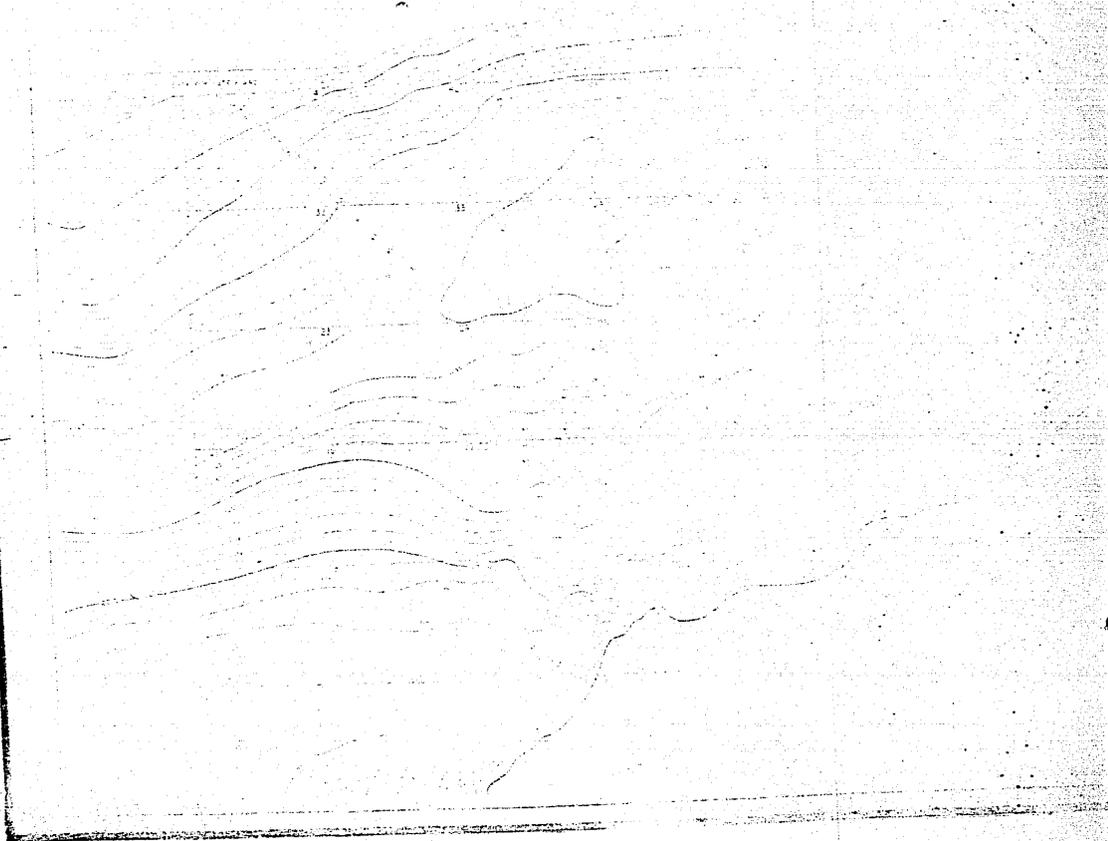
C.A

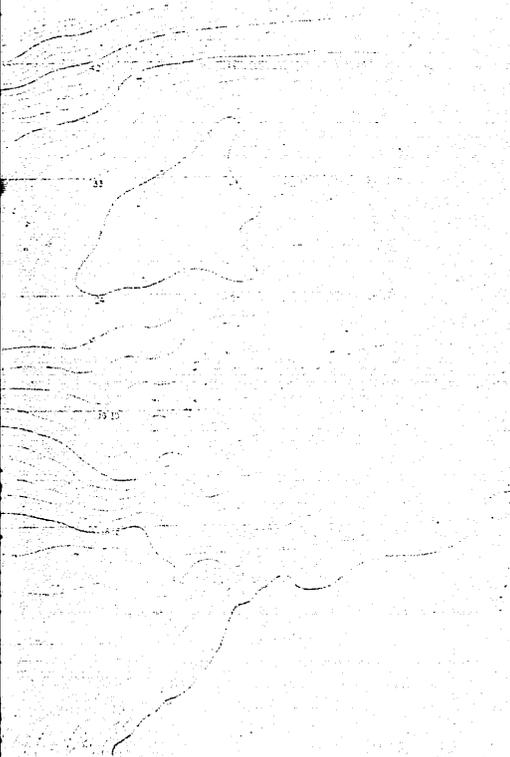
P.T.=185.6 m
A.N.= 6.0 m



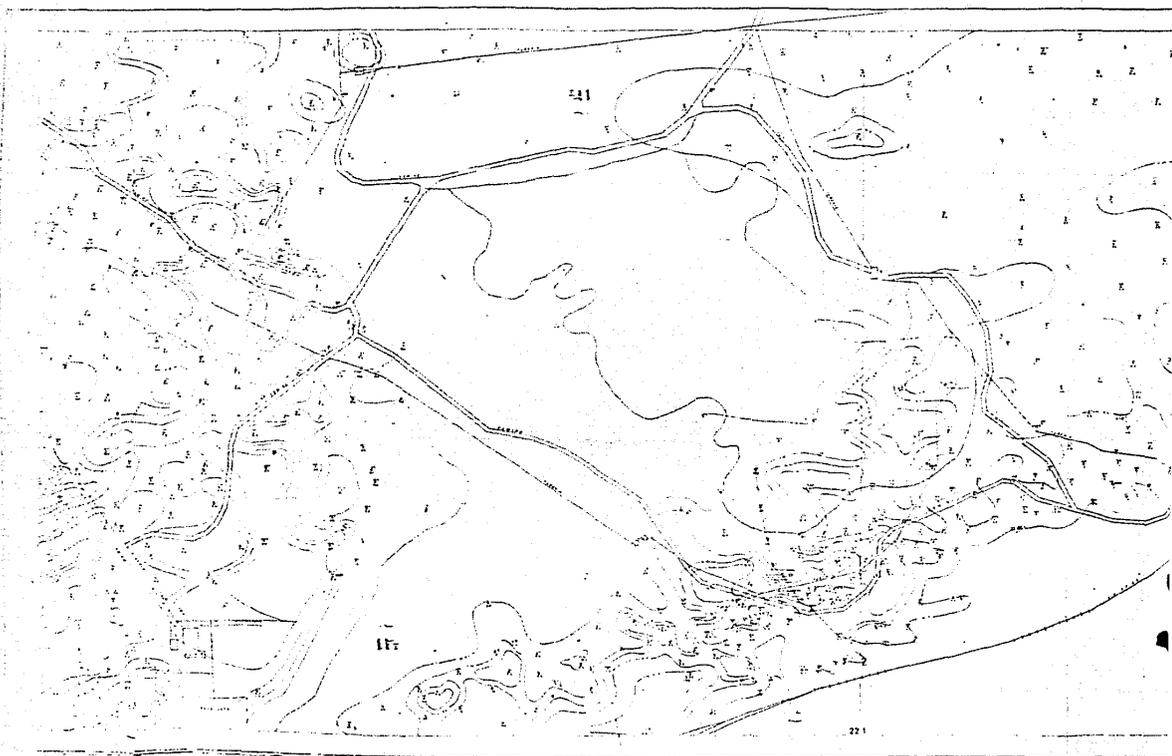
IL
UFRE

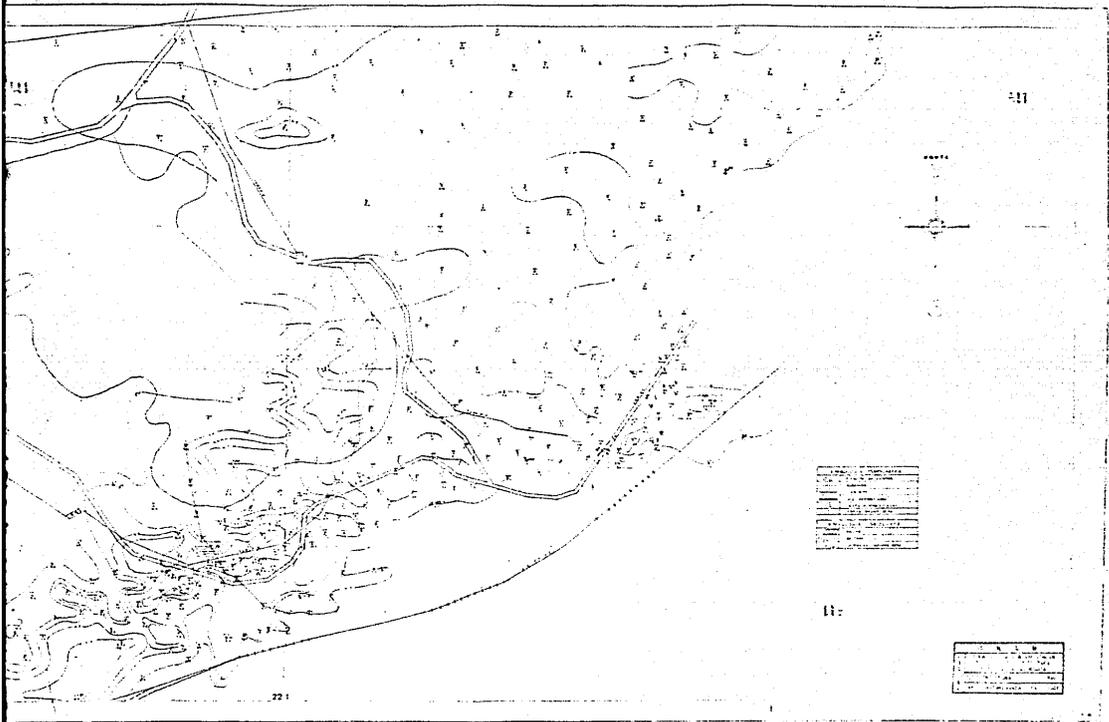
U. N. A. M.	
P. A. C.	SECCION 2-2' DE LOS LOTES 21 Y 22
I. N. G.	TESIS PROFESIONAL 1987. CARLOS SANTIAGO GARCIA





	U. N. A. M.
F	CONFIGURACION DE LA
A	CIMA DE PESO PUN. ANTIQUITA
C	DOMO DE JALISCO.
I	TESIS PROFESIONAL 1958
N	CARLOS SANTIBANDEZ
G	





1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----