

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y PETRÓLEOS

**INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA Y ESTRUCTURAL DEL
ÁREA DE TRANSVAAL Y NAVARRA, MEDIANTE REGISTROS
ELÉCTRICOS Y SÍSMICA 3D, PENÍNSULA DE SANTA ELENA.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA GEÓLOGA**

TATIANA ELISA GONZA CABASCANGO

tatianagonza852@gmail.com

DIRECTOR: ING. VICENTE EFRAÍN VALAREZO TORRES

vicente.valarezo@petrobell.com.ec

QUITO, NOVIEMBRE 2015

DECLARACIÓN

Yo, Tatiana Elisa Gonza Cabascango, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Tatiana Elisa Gonza Cabascango

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Tatiana Elisa Gonza Cabascango, bajo mi supervisión.

Ing. Vicente Valarezo
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida y permitirme seguir gozando de ella en todo instante.

A mi madre quien siempre me ha apoyado en todo lo emprendido en mi vida.

Para mis queridos hermanos por su cariño y locuras compartidas durante estos años.

A mi padre que a pesar de la distancia me ha animado mucho.

A mis tutores en este proyecto: Carolina Bernal y Vicente Valarezo quienes con sus consejos y conocimiento ha sabido guiar este trabajo.

A cada uno de los miembros del Grupo Synergy E&P: Raúl Dubie, Gabriela Chirinos, Washington Alarcón y en especial a Washington Sevilla; quienes con su amistad y sapiencia me han conducido y ayudado durante estos años.

A todos los profesores de la especialización de Geología de la Facultad de Ingeniería en Geología y Petróleos de la Escuela Politécnica Nacional quienes me han brindado todo su saber y las herramientas básicas para afrontar los retos profesionales que se presenten.

Para mis amigos incondicionales: Javier Y.; Klever C.; Cristina P. y Carla P. quienes conocí en las distintas etapas estudiantiles de mi vida y me han brindado su apoyo y amistad sincera e incondicional siempre.

A mis compañeros geólogos y petroleros especialmente a: Mafer N.; Pedro E.; César B.; Magdalena P.; Andrea M.; y Alejandro V.; Edgar Ch.; Cristian P.; los cuales han sabido hacerme sonreír en la vida con sus historias.

A mis grandes amigas Mercy Eras y Gabriela Chancusig quienes se han convertido en parte de mi familia en estos años de convivencia, gracias chicas por todo su amor y paciencia.

Al ser creativo, inocente y lleno de imaginación que se ha mantenido intacto en mí, el cual ha contribuido a la culminación de muchos proyectos con amor y dedicación.

Al running y montañismo, quienes han abierto una ventanita para que mi vida sea más natural y llena de libertad.

DEDICATORIA

A mi madre la persona que ha sido la fuente de inspiración y estímulo para continuar con mis retos personales y profesionales.

A mis hermanos quienes han sabido aportar momentos de alegría a mi vida.

A todas aquellas personas que en el camino de la vida han forjado la mujer que ahora soy.

CONTENIDO

DECLARACIÓN	I
CERTIFICACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA	IV
CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XII
LISTA DE ACRÓNIMOS	XIII
RESUMEN.....	XIV
CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	3
1.4 ALCANCE	4
1.5 ÁREA DE ESTUDIO	4
1.5.1 UBICACIÓN	4
1.5.2 MORFOLOGÍA	5
1.5.3 CLIMA.....	6
1.6 METODOLOGÍA.....	6
CAPÍTULO 2	7
MARCO GEODINÁMICO REGIONAL.....	7
2.1 GEODINÁMICA ACTUAL	7
2.2 ESTRATIGRAFÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	9
SECUENCIAS CRETÁICAS.....	10
2.2.1 FORMACIÓN PIÑÓN	10
2.2.2 FORMACIÓN CAYO	10
2.2.3 FORMACIÓN SANTA ELENA.....	11
SECUENCIAS PALEOCÉNICAS	12
2.2.4 FORMACIÓN O GRUPO AZÚCAR.....	12
SECUENCIAS EOCÉNICAS	13

2.2.5 FORMACIÓN PASSAGE BEDS	13
2.2.6 FORMACIÓN CLAY PEBBLE BEDS	14
2.2.7 FORMACIÓN SANTO TOMÁS	15
2.2.8 FORMACIÓN SOCORRO	15
2.2.9 FORMACIÓN SECA	16
2.2.10 FORMACIÓN PUNTA ANCÓN	16
SECUENCIAS CUATERNARIAS	17
2.2.11 FORMACIÓN TABLAZO	17
2.3 MARCO ESTRUCTURAL REGIONAL.....	18
CAPÍTULO 3	20
MARCO TEÓRICO.....	20
3.1 TECTÓNICA EN SISTEMAS DE SUBDUCCIÓN	20
3.1.1 DUPLEXES Y ESTRUCTURAS EN FLOR.....	22
3.1.2 INVERSIÓN TECTÓNICA	23
3.1.3 ESTRUCTURAS DE INVERSIÓN TECTÓNICA.....	23
3.2 TURBIDITAS	26
3.2.1 PROCESOS Y MECANISMOS PARA LA GENERACIÓN DE TURBIDITAS	28
3.2.2 DEPÓSITOS DE TURBIDITAS	29
3.3 ABANICOS SUBMARINOS.....	35
3.4 CAÑONES SUBMARINOS Y CANALES	36
3.5 ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL.....	39
3.6 MÉTODOS SÍSMICO DE REFLEXIÓN	44
3.6.1 SÍSMICA 3D	47
3.6.2 INTERPRETACIÓN SÍSMICA	51
3.7 REGISTROS ELÉCTRICOS DE POZOS	55
3.7.1 REGISTRO SP	55
3.7.2 REGISTRO GAMMA RAY.....	56
3.7.3 REGISTRO RESISTIVIDAD.....	58
3.7.4 REGISTRO NEUTRÓNICO.....	58
3.7.5 REGISTRO SÓNICO	59
CAPÍTULO 4	60
DATOS Y METODOLOGÍA.....	60
4.1 COMPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN LITOLÓGICA, MICROPALAEONTOLÓGICA, DE WORKOVERS Y ACUMULADAS DE POZOS ESTRATÉGICOS	60

4.2	CORRELACIONES ESTRATIGRÁFICAS.....	66
4.3	GEOFÍSICA: INTERPRETACIÓN DE DATOS DE LA SÍSMICA 3D.....	66
4.3.1	BASE DE DATOS SISMICA 3D.....	66
4.3.2	CORRELACIÓN SÍSMICA- GEOLOGÍA.....	67
4.3.2.1	SISMOGRAMAS SINTÉTICOS.....	67
4.3.2.2	CALIBRACIÓN SÍSMICA-POZO.....	69
4.4	INTERPRETACIÓN SÍSMICA.....	70
4.4.1	INTERPRETACIÓN DE HORIZONTES.....	70
4.4.2	INTERPRETACIÓN DE FALLAS.....	72
4.4.3	SUPERFICIES EN TIEMPO.....	74
4.4.4	MAPAS ISÓCRONOS.....	74
4.4.5	CONVERSIÓN DE TIEMPO A PROFUNDIDAD.....	74
	CAPÍTULO 5.....	76
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	76
5.1	RESULTADOS DE LA INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS SISMO-ESTRATIGRÁFICO: SECUENCIAS SISMO-ESTRATIGRÁFICAS.....	76
5.2	INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS SÍSMICO-ESTRUCTURAL.....	83
5.3	CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA Y GENERALIDADES.....	90
	DEPOSITACIONALES DE LAS FORMACIONES TERCIARIAS.....	90
5.4	PROSPECTIVIDAD DE LAS FORMACIONES TERCIARIAS.....	98
	CAPÍTULO 6.....	101
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	101
6.1	CONCLUSIONES.....	101
6.2	RECOMENDACIONES.....	103
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
	TABLAS.....	111
	ANEXOS.....	131

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.- MAPA DE UBICACIÓN DEL ÁREA TRANSVAAL Y NAVARRA DENTRO DEL BLOQUE GUSTAVO GALINDO VELASCO.....	5
FIGURA 2.- MAPA TECTONO-GEOGRÁFICO INDICANDO EL AMBIENTE TECTÓNICO DE CONVERGENCIA DEL ECUADOR (TOMADO DE PEDOJA ET AL., 2006).....	8
FIGURA 3.- COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA DEL BLOQUE ANCÓN (TOMADO DE MALONE ET AL., 1999).....	9
FIGURA 4.- MAPA CON LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE FALLAS EN LA COSTA ECUATORIANA Y LAS CORRESPONDIENTES CUENCAS NEÓGENAS (TOMADO DE FLORES, 2011).	19
FIGURA 5.- DIAGRAMA TRANSVERSAL DE UN MARGEN CONTINENTAL CONVERGENTE. (TOMADO DE BURG, 2014).....	20
FIGURA 6.- CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE LOS SISTEMAS DE EMPUJE. (TOMADO DE BURG, 2014).	21
FIGURA 7.- ESTRUCTURAS TIPO FLOR NEGATIVA (A) Y FLOR POSITIVA (B) DENOTANDO EL FALLAMIENTO ASOCIADO DERIVADO DE SU CARÁCTER MIXTO TRANSCURRENTE-NORMAL Y TRANSCURRENTE-INVERSO (TOMADO DE WOODCOCK & FISCHER, 1986).....	23
FIGURA 8.- GEOMETRÍAS BIDIMENSIONALES POSIBLES EN TERRENOS INVERTIDOS (TOMADO DE COSTA, 2011)	25
FIGURA 9.- MODELO DE FACIES TURBIDÍICAS DONDE SE MUESTRAN LAS DIVISIONES DE LA SERIE DE BOUMA Y LAS INTERPRETACIONES DE MIDDLETON Y HAMPTON (1973), LOWE (1982), STOW Y SHANMUGAM (1980); (TOMADO DE RODRÍGUEZ, 2010).	26
FIGURA 10.- SECUENCIA STOW PARA CORRIENTES TURBIDÍICAS DE GRANO FINO (TOMADO DE RODRÍGUEZ, 2010).....	27
FIGURA 11.- SECUENCIA DE LOWE PARA EL RECONOCIMIENTO DE CORRIENTES TURBIDÍICAS DE ALTA DENSIDAD (TOMADO DE RODRÍGUEZ, 2010).	28
FIGURA 12.- ESQUEMA DONDE SE MUESTRA LOS CUATRO PROCESOS BÁSICOS DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS HACIA AGUAS PROFUNDAS (TOMADO DE SHANMUGAM, 2006).	29
FIGURA 13.- SECUENCIA DE BOUMA PARA LAS TURBIDITAS CLÁSICAS.....	30
FIGURA 14.- <i>STRUCTURELESS SANDSTONES</i> CONTENIENDO AMALGAMACIÓN Y SOCAVAMIENTO (TOMADO DE POSAMENTIER Y WALKER, 2006).	31
FIGURA 15.- <i>PEBBLY SANDSTONE</i> DE UN METRO DE ESPESOR MOSTRANDO ESTRATIFICACIÓN GRADADA. ANNOT SANDSTONE (SUR DE FRANCIA). (TOMADO DE POSAMENTIER Y WALKER, 2006).	32
FIGURA 16.- FACIES CONGLOMERÁTICAS, INDICANDO IMBRICACIÓN Y GRADACIÓN DE INVERSA A NORMAL (TOMADO DE POSAMENTIER Y WALKER, 2006).	33
FIGURA 17.- <i>PEBBLY MUDSTONES</i> , CLASTOS DISPERSOS POR TODA LA MATRIZ LIMOSA JUNTO A CAPAS DE ARENISCAS ENROLLADAS (TOMADO DE POSAMENTIER Y WALKER, 2006).	34
FIGURA 18.- <i>SLUMPS</i> (IZQUIERDA) Y <i>SLUMPS</i> CON BLOQUES ESTRATIFICADOS (DERECHA) (TOMADO DE POSAMENTIER Y WALKER, 2006).....	34
FIGURA 19.- VISTA EN PLANTA DEL MODELO DE ABANICO SUBMARINO CONCEPTUALIZADO Y SECUENCIA REGRESIVA HIPOTÉTICA DE UN MODELO DE ABANICO SUBMARINO. (TOMADO DE RODRÍGUEZ, 2010).	36
FIGURA 20.- DIAGRAMA REPRESENTANDO LOS SISTEMAS DE CAÑONES Y CANALES; <i>LEVEED CHANNELS</i> ; <i>CREVASSE SPLAY</i> ; <i>FRONTAL LOBES</i> . (TOMADO DE DA COSTA, 2011).	37
FIGURA 21.- TIPOS DE CONJUNTOS DE PARASECUENCIA DEFINIDOS POR LA FLUCTUACIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA	40
FIGURA 22.- NOMENCLATURA DE LOS SYSTEMS TRACTS Y EL TIMING DE LOS LÍMITES DE SECUENCIAS PARA LOS EXISTENTES MODELOS DE SECUENCIAS ESTRATIGRÁFICAS. (HST) SISTEMA DE TRACTOS ALTOS; (SB) LÍMITE DE SECUENCIA; (FSST) ETAPA DE DESCENSO DE SISTEMAS DE TRACTOS; (LST) SISTEMAS DE TRACTOS BAJOS; (TS) SUPERFICIES TRANSGRESIVAS; (TST)	

SISTEMAS DE TRACTOS TRANSGRESIVOS; (MFS) SUPERFICIES DE MÁXIMA INUNDACIÓN. (TOMADO DE CATUNEANU ET AL, 2009).....	41
FIGURA 23.- ESQUEMATIZACIÓN DE LOS SYSTEMS TRACTS.	43
FIGURA 24.- ESQUEMA DEL PROCESO DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE SÍSMICA DE REFLEXIÓN. (TOMADO DE JUSTINIANO, 2007)....	44
FIGURA 25.- PROCESO DE GENERACIÓN DEL SISMOGRAMA SINTÉTICO.	47
FIGURA 26.- CONFIGURACIÓN ORTOGONAL EN CAMPO. SOURCE INTERVAL (SI); SOURCE LINE INTERVAL (SLI); RECEIVER INTERVAL (RI); RECEIVER LINE INTERVAL (RLI) (TOMADO DE ONDAS ELÁSTICAS - UCE, 2008).....	48
FIGURA 27.- ESQUEMA DEL PROCESO DE DECONVOLUCIÓN.	49
FIGURA 28.- TIPOS DE FILTROS.	50
FIGURA 29.- (A) FIGURAS TRIDIMENSIONALES DE LAS UNIDADES DE FACIES SÍSMICAS (FORMAS EXTERNAS). (B) LÍMITES DE SECUENCIAS.....	54
FIGURA 30.- CONFIGURACIÓN Y ARREGLO GEOMÉTRICO INTERNO DE LOS REFLECTORES (TOMADO DE MITCHUM ET AL., 1977).	54
FIGURA 31.- REGISTRO SP CON SU INTERPRETACIÓN LITOLÓGICA.....	56
FIGURA 32.- REGISTRO GAMMA RAY INDICANDO DIFERENTES LITOLÓGÍAS DE ACUERDO AL COMPORTAMIENTO DE LA CURVA....	57
FIGURA 33.- REGISTRO RESISTIVO Y SU COMPORTAMIENTO DEBIDO A LAS DIFERENTES LITOLÓGÍAS.	58
FIGURA 34.- REGISTROS DE CORRELACIÓN Y DE POROSIDAD ENTRE LOS CUALES ESTÁ EL REGISTRO NEUTRÓNICO (LÍNEA ENTRECORTADAS ROJAS) Y REGISTRO SÓNICO (LÍNEA NEGRA ENTRECORTADA).	59
FIGURA 39.- CONSTRUCCIÓN DEL SISMOGRAMA SINTÉTICO PARA EL POZO ANC1985. SE APRECIA EL REGISTRO SÓNICO (NEGRO), VELOCIDAD INTERVÁLICA (TURQUESA), COEFICIENTE DE REFLEXIÓN (VERDE), TRAZA SÍSMICA (AZUL) Y EL SISMOGRAMA SINTÉTICO (ROJO).	68
FIGURA 40.- CALIBRACIÓN SÍSMICA-POZO ANC1985. SE PUEDE OBSERVAR EN LA CIRCUNFERENCIA COMO LOS MARCADORES ESTRATIGRÁFICOS DETERMINAN LOS HORIZONTES POR LOS CUALES SE DEBE REALIZAR LA INTERPRETACIÓN; DE COLOR ROJO SE OBSERVA EL SISMOGRAMA SINTÉTICO PARA EL RESPECTIVO POZO.....	69
FIGURA 41.- INICIO DE LA INTERPRETACIÓN EN EL TOPE DE LA FORMACIÓN ATLANTA EN EL POZO ANC1985 SOBRE EL INLINE 199. MOSTRANDO PRINCIPALES SECUENCIAS Y SUS RESPECTIVOS LÍMITES HORIZONTES LÍMITES; LA ESCALA VERTICAL ESTÁ DADA EN MS.....	71
FIGURA 42.- VISUALIZACIÓN 3D DE LOS POLÍGONOS DE FALLA (FA3, FA4, FA5 Y FA6), QUE AFECTAN AL HORIZONTE H3 A PARTIR DE LA INTERPRETACIÓN SÍSMICA 3D.....	73
FIGURA 44.- HORIZONTES Y FACIES SÍSMICAS DEFINIDAS CON SUS LÍMITES CONCORDANTES Y DISCORDANTES A) SOBRE EL INLINE 190. B) ZONA DE NAVARRA SOBRE INLINE 190.	78
FIGURA 45.- INTERPRETACIÓN SISMO-ESTRATIGRÁFICA EN EL INLINE 196, VISUALIZANDO DISCORDANCIAS Y LAS DISTINTAS SECUENCIAS. ESCALA VERTICAL ESTÁ DADA EN MILLISEGUNDOS.....	82
FIGURA 46.- INTERPRETACIONES DE PLANOS DE FALLAS FA1, FA2, FA3, FA10 A) INTERPRETACIÓN SOBRE INLINE190 SECCIÓN VERTICAL B) INTERPRETACIÓN HORIZONTAL TIME-SLICE C) POLÍGONOS DE FALLA VISUALIZACIÓN 3D.....	86
FIGURA 47.- INTERPRETACIONES DE PLANOS DE FALLAS FA4, FA5, FA6, FA7, FA8 Y FA9 A) INTERPRETACIÓN SOBRE INLINE190 SECCIÓN VERTICAL B) INTERPRETACIÓN HORIZONTAL TIME-SLICE C) POLÍGONOS DE FALLA VISUALIZACIÓN 3D.....	87
FIGURA 48.- ESTRUCTURA DE ROLL-OVER CON DEPOCENTRO ORIGINADO POR AMBIENTE DISTENSIVO. A) MAPA ESTRUCTURAL EN TIEMPO DOBLE DEL HORIZONTE H3 MOSTRANDO EL DEPOCENTRO EN SECCIÓN VERTICAL POR SOBRE EL ROLL-OVER B) SECCIÓN SÍSMICA MOSTRANDO LA ESTRUCTURA DE ROLL-OVER Y SU POSTERIOR RELLENO, ESCALA VERTICAL EN MS TWT.	89
FIGURA 49.- MAPA DE LOCALIZACIÓN DE POZOS, MOSTRANDO LOS CORTES ESTRUCTURALES Y ESTRATIGRÁFICOS REALIZADOS EN LA ZONA DE SÍSMICA 3D.....	90
FIGURA 50.- REGISTRO ELÉCTRICO DEL POZO ANC2003 MOSTRANDO LA RESPUESTA A LA CAPA DE CONGLOMERADOS Y A LA SECUENCIA DE ARENISCAS FISURADAS QUE RELLENAN UN CANAL PREEXISTENTE DENTRO DE UN SISTEMA DE BASIN FLOOR FAN LOCALIZADO EN LA ZONA DE NAVARRA.	91
FIGURA 51.- REGISTRO ELÉCTRICO DEL POZO ANC0701 CON LA DISCRIMINACIÓN DE LOS DISTINTOS MIEMBROS QUE CONFORMAN LA FORMACIÓN PASSAGE BEDS Y SU CORRESPONDIENTE RELACIÓN CON UN SISTEMA DE LOWSTAND SYSTEM TRACT CON DEPOSITACIÓN INTERCALADA DE ARENISCAS Y LUTITAS CON PRESENCIA INCLUSIVE DE SLUMPS.	92

FIGURA 52.- REGISTRO ELÉCTRICO DEL POZO TIGRE 41 CON LA DISCRIMINACIÓN DE LOS DISTINTOS MIEMBROS QUE CONFORMAN LA FORMACIÓN CLAY PEBBLE BEDS Y SU CORRESPONDIENTE RELACIÓN CON UN SISTEMA DE TRANSGRESIVE SYSTEM TRACT CON DEPOSITACIÓN DE LÓBULOS EXTENSOS.	95
FIGURA 53.- CORTE ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN N-S EN LA ZONA DE NAVARRA, MUESTRA LOS MIEMBROS QUE CONFORMAN LAS DISTINTAS FORMACIONES PALEOCÉNICAS-EOCÉNICAS: ATLANTA, PB, CPB, CONJUNTAMENTE ASOCIADAS A LAS FALLAS QUE LAS AFECTAN.	96
FIGURA 54.- CORTE ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN O-E, MUESTRA LA DISTRIBUCIÓN DE LOS MIEMBROS DE LA FORMACIÓN PASSAGE BEDS CON LAS PRINCIPALES FALLAS QUE LAS ATRAVIESAN.	97

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.- TABLA DE DATOS DE ACUMULADAS PARA LOS POZOS DE LA ZONA DE TRANSVAAL Y NAVARRA.....	111
TABLA2.- TABLA DE POZOS CON REGISTRO SÓNICO Y SUS CORRESPONDIENTES INTERVALOS.....	115
TABLA 3.- TABLA CON DATOS DE LAS FRECUENCIAS DOMINANTES DE CADA POZO QUE POSEE REGISTRO SÓNICO.	116
TABLA 4.- TABLA DE DATOS DEL POZO TRANSVAAL 1.....	117
TABLA 5.- TABLA DE DATOS DEL POZO TAMBO 5.	118
TABLA 6.- TABLA DE DATOS DEL POZO ANC1942.	118
TABLA 7.- TABLA DE DATOS DEL POZO ANC1882.	119
TABLA 8.- TABLA DE DATOS DEL POZO ANC1211.	120
TABLA 9.- TABLA DE DATOS DEL POZO MATILDE 1.	121
TABLA10.- TABLA DE DATOS DEL POZO MATILDE 4.	122
TABLA11.- TABLA DE DATOS DEL POZO ANC1978.	123
TABLA12.- TABLA DE DATOS DEL POZO ANC0775.	124
TABLA13.- TABLA DE DATOS DEL POZO ANC0701.	125
TABLA14.- TABLA DE DATOS DEL POZO ANC0589.	126
TABLA15.- TABLA DE DATOS DEL POZO ANC1234.	127
TABLA16.- TABLA DE DATOS DEL POZO ANC2003.	128
TABLA17.- TABLA DE DATOS DEL POZO TIGRE 15.	129
TABLA18.- TABLA DE DATOS DEL POZO TIGRE 41.	130

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO 1.- CORTE ESTRUCTURAL PARA LA ZONA DE TRANSVAAL.
- ANEXO 2.- CORTE ESTRATIGRÁFICO AL TOPE DE LA FORMACIÓN PASSAGE BEDS.
- ANEXO 3.- CORTE ESTRATIGRÁFICO AL TOPE DE LA FORMACIÓN CLAY PEBBLE BEDS.
- ANEXO 4.- VISUALIZACIÓN 3D DE LOS POLÍGONOS DE FALLA (FA1, FA2, FA3, FA4, FA5, FA6, FA7) GENERADOS EN LOS HORIZONTES H2 Y H4.
- ANEXO 5.- VISUALIZACIÓN 3D DE LOS POLÍGONOS DE FALLA (FA6, FA8, FA9) QUE ATRAVIESAN EL HORIZONTE H7 SEGÚN LA INTERPRETACIÓN SÍSMICA.
- ANEXO 6.- MAPA ESTRUCTURAL EN TIEMPO DOBLE DEL HORIZONTE H1.
- ANEXO 7.- MAPA ESTRUCTURAL EN TIEMPO DOBLE DEL HORIZONTE H2.
- ANEXO 8.- MAPA DE ESPESOR EN TIEMPO DE LA SECUENCIA S1.
- ANEXO 9.- MAPA DE ESPESOR EN TIEMPO DE LA SECUENCIA S2.
- ANEXO 10.- MAPA DE ESPESOR EN TIEMPO DE LA SECUENCIA S3.
- ANEXO 11.- MAPA ESTRUCTURAL EN PROFUNDIDAD DEL HORIZONTE H4.
- ANEXO 12.- MAPA ESTRUCTURAL EN PROFUNDIDAD DEL HORIZONTE H5.
- ANEXO 13.- MAPA ESTRUCTURAL EN PROFUNDIDAD DEL HORIZONTE H6.
- ANEXO 14.- MAPA ESTRUCTURAL EN PROFUNDIDAD DEL HORIZONTE H7.
- ANEXO 15.- MAPA ESTRUCTURAL EN PROFUNDIDAD DEL HORIZONTE H8.
- ANEXO 16.- MAPA ESTRUCTURAL EN PROFUNDIDAD DEL HORIZONTE H9.
- ANEXO 17.- MAPA DE ESPESOR DE LA SECUENCIA S4.
- ANEXO 18.- MAPA DE ESPESOR DE LA SECUENCIA S5.
- ANEXO 19.- MAPA DE ESPESOR DE LA SECUENCIA S6.
- ANEXO 20.- MAPA DE ESPESOR DE LA SECUENCIA S7.
- ANEXO 21.- MAPA DE ESPESOR DE LA SECUENCIA S8.
- ANEXO 22.- MAPA ISÓPACO DE LA FORMACIÓN ATLANTA SEGÚN REGISTROS ELÉCTRICOS.
- ANEXO 23.- MAPA ISÓPACO DEL MIEMBRO MPB1 SEGÚN REGISTROS ELÉCTRICOS.
- ANEXO 24.- MAPA ISÓPACO DEL MIEMBRO MPB2 SEGÚN REGISTROS ELÉCTRICOS.
- ANEXO 25.- MAPA ISÓPACO DEL MIEMBRO MPB3 SEGÚN REGISTROS ELÉCTRICOS.
- ANEXO 26.- MAPA ISÓPACO DEL MIEMBRO MPB4 SEGÚN REGISTROS ELÉCTRICOS.
- ANEXO 27.- MAPA ISÓPACO DEL MIEMBRO MCPB1 SEGÚN REGISTROS ELÉCTRICOS.
- ANEXO 28.- MAPA ISÓPACO DEL MIEMBRO MCPB2 SEGÚN REGISTROS ELÉCTRICOS.

LISTA DE ACRÓNIMOS

A.E.O.	Anglo Ecuadorian Oilfields
M.E.C.	Manabí Exploration Company
TecEc.	Tennessee de Ecuador
CEPECA	Cautivo Empresa Ecuatoriana
CEPE	Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana
ESPOL	Escuela Politécnica del Litoral
C.G.C.	Compañía General de Combustibles S.A.
C.P.B.	Clay Pebble Beds
P.B.	Passage Beds
Fm.	Formación
Fig.	Figura
LST	Low System Tract
FSST	Falling-Stage System Tract
TST	Transgressive System Tract
HST	High System Tract
BM	Bombeo Mecánico
HL	Herramienta Local
PT	Parado Transitorio
SW	Swab
FY	Fluyente
Bls	Barriles
Mscf	Millones de pies cúbicos
ms	milisegundos
MPB	Miembro Passage Beds
MCPB	Miembro Clay Pebble Beds

RESUMEN

El actual estudio presenta un análisis estratigráfico y estructural para las zonas de Transvaal y Navarra localizadas en la parroquia de Ancón provincia de Santa Elena en Ecuador, mediante el análisis de registros eléctricos y la interpretación de la sísmica 3D existente.

Para las formaciones geológicas Atlanta (Paleoceno), Passage Beds y Clay Pebble Beds (Eoceno inferior a medio), presentes en la zona de estudio se confirmó un ambiente turbidítico de depositación dentro de la sección media de un abanico submarino por presentar estructuras de slump y deslizamientos en masa con sucesiones de lóbulos; durante un periodo de Low System Tract.

Se definieron los miembros MPB1, MPB2, MPB3 y MPB4 para la formación Passage Beds y los miembros MCPB1 y MCPB2 para la formación Clay Pebble Beds por sus características petrofísicas y litológicas. Mediante la interpretación sísmica se determinaron 8 secuencias (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8). Mediante la integración de ambos análisis se determinaron las posibles correlaciones: MPB1 con la secuencia S4; los miembros MPB2 y MPB3 con S5; MPB4 con S6 y los miembros MCPB1 y MCPB2 con S7 y S8 respectivamente, además que S3 correspondería a la formación Atlanta depositada en la zona de canal de Navarra, evidenciándose una deformación sin y pos-deposicional.

La estructura de roll-over y el depocentro, son las estructuras preponderantes y de mayor interés en la zona central de Transvaal, mientras que en la zona de Navarra se evidencia una estructura de canal, rellena con depósitos de la formación Atlanta de gran prospectividad tanto por datos de producción y amplitudes sísmicas registradas.

El juego de fallas que afectan a las secuencias y formaciones del área de estudio poseen un rumbo N-S; NNE-SSO y NNO-SSE; se las catalogó como fallas lítricas convergentes originadas en un ambiente distensivo y afectadas posteriormente por un régimen compresivo de dirección E-O.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Desde la perforación del primer pozo petrolero, el Ancón 1 en la región Costa en 1911 por la empresa inglesa Anglo del cual se extrajo crudo de 32° API, se inició entonces la época de explotación de petróleo en el país, específicamente en la península de Santa Elena (INREDH, 2011).

En el caso del Bloque Ancón, las diversas áreas que lo conforman han sido concesionadas desde los años 1870 a 1996 donde la Escuela Politécnica del Litoral (ESPOL) obtiene la concesión del Bloque de 1200 km² y lo renombra como “Gustavo Galindo Velasco” y designa como su operadora a la Compañía General de Combustibles S.A. (C.G.C.) hasta el año 2002 en que Pacifpetrol S.A. toma a cargo la operación del Bloque hasta la actualidad (Malone et al., 1999).

Entre 1919 y 1964 se realizaron numerosos trabajos geológicos donde debido a la complejidad estructural y sedimentaria sumada a la carencia de modelos conceptuales y falta de sísmica de calidad (Malone et al., 1999) se generaron varias interpretaciones muy diferentes y hasta contradictorias de un mismo fenómeno geológico.

Los primeros modelos se basaron en ideas que iban desde una tectónica distensiva acompañada por pliegues a una tectónica de gravedad con presencia de estructuras caóticas. Para varios autores, las estructuras del Bloque Ancón eran producto de un sobrecorrimiento generado por esfuerzos compresivos con la formación de brechas tectónicas conocidas como Clay Pebble Beds (C.P.B.) (Berry, 1916; Cunningham, 1920; Barrington, 1922; Murray, 1923).

Después de 1930 se postula el origen sedimentario de CPB como depósitos de remoción en masa y que la presencia de grandes fallas normales de importante rechazo eran producto de una tectónica gravitacional vinculada a deslizamientos (Barrington, 1935; Hunt 1950).

A partir de la década de los sesenta, se desarrollaron las teorías de la tectónica de placas, deformación por transcurrencia y modelos sedimentarios turbidíticos, las cuales han servido de base para una interpretación geológica más ajustada; es así que con los trabajos de Azad 1964, desarrollaron un modelo de amplia aceptación, utilizado por CEPE y por Petroproducción.

Posteriormente se desarrolló la idea de un Modelo Olistostrómico de naturaleza caótica, en el cual no fueron aplicados conceptos geológicos básicos como el principio de superposición, correlación estratigráfica o cambios laterales de facies. Esta circunstancia contribuyó a que no se lleve a cabo un plan exploratorio convencional por parte de A.E.O.

Con el inicio de la operación de C.G.C., se definió un modelo utilizado en la cuenca Talara del Perú. El mismo suponía la existencia de un sistema de fallamiento enteramente normal acompañado por una simplificación de la estratigrafía; estos conceptos utilizados para definir el modelo estructural del campo de Ancón no resultaron válidos. Posteriormente la compañía C.G.C. realizó un completo análisis de toda la información disponible, y reinterpreto la geología del área usando modelos conceptuales desarrollados a partir de los años 70.

A partir de la reversión de los campos de Ancón a CEPE, se marcó una nueva tendencia integrando la interpretación sísmica y el análisis de pozos; definiendo así, un sistema estructural complejo relacionado a una tectónica compresiva de desplazamiento de rumbo. Las características principales de este sistema es el desarrollo de patrones de fallas principales y secundarias, presencia de bloques fallados, y anticlinales asimétricos afectados por fallas secundarias (Moreno, 1983; Benítez, 1995; Jaillard et al., 1995).

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El sector petrolero tiene un papel preponderante para el crecimiento del país, proporcionando las divisas necesarias al gobierno central, el cuál reinvierte en diferentes tipos de obras como: viales, educativas, salud, etc. De igual forma, las comunidades aledañas a los campos de producción petrolera son beneficiados

directamente por parte de las empresas petroleras con programas de inclusión tales como: inserción laboral, mejoras de los accesos viales, vinculación de conocimientos y tecnologías, proyectos de seguridad, etc.

Dentro del Bloque Gustavo Galindo Velasco localizado en la parroquia Ancón perteneciente a la provincia de Santa Elena, las áreas petroleras de Transvaal y Navarra no han sido estudiadas a detalle, sin embargo se han realizado previas campañas de investigación con adquisición de sísmica 2D, análisis petrográficos, geoquímicos y paleontológicos para todo el bloque desde principios del siglo pasado. No obstante debido a la gran variedad de compañías con sus propias interpretaciones y nomenclaturas, esta información hasta la actualidad es difícil de analizar y manipular además de estar inconclusa por lo que es importante y necesario profundizar, unificar y aportar al conocimiento geológico del área con el fin de planificar la gestación de futuros prospectos hidrocarburíferos dentro de estas áreas, en pos de nuevas operaciones petroleras.

El presente trabajo aportará con investigación detallada de la continuidad de los cuerpos arenosos de mayor interés, que hasta el momento no ha sido tratada; además de proporcionar una nueva interpretación de la información. Todo lo expuesto es de gran significado para para la industria petrolera ecuatoriana y en especial para el grupo Synergy E&P pues lograría incrementar la producción del campo y promover el crecimiento del mismo dado que en más de 100 años de explotación, las producciones actuales aún son representativas y rentables.

1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El objetivo general de este estudio es contribuir al desarrollo de nuevos prospectos de exploración en las áreas de Transvaal y Navarra, Península de Santa Elena, mediante registros eléctricos y sísmica 3D.

Los objetivos específicos son:

Compilar bibliografía disponible de informes técnicos y datos obtenidos por medio de los distintos métodos de exploración del área de estudio.

Ajustar topes y bases de las formaciones del área de estudio basado en criterios petrofísicos y litológicos, según información existente.

Realizar cortes y mapas estructurales para las secuencias de edad Paleocénica-Eocénica.

Interpretar la sísmica 3D para identificar principales reflectores sísmicos por medio de sismogramas sintéticos e identificar elementos estructurales, con el fin de conocer las etapas de deformación.

Establecer los límites de las areniscas más prospectivas mediante la elaboración de mapas isópacos.

Identificar y proponer de entre los pozos existentes, varios para intervenirlos y reacondicionarlos con el fin de incrementar la densidad de datos.

1.4 ALCANCE

En esta investigación se ha planteado la siguiente hipótesis: La interpretación estratigráfica y estructural del área de Transvaal y Navarra, mediante registros eléctricos y sísmica 3D, Península de Santa Elena; definirá el límite de las secuencias estratigráficas de edad Paleocénica-Eocénica, a partir de un enfoque principalmente sedimentario contribuyendo así al desarrollo de nuevos prospectos de exploración en las áreas citadas anteriormente.

1.5 ÁREA DE ESTUDIO

1.5.1 UBICACIÓN

La Provincia de Santa Elena se encuentra ubicada al suroeste de la cuenca hidrográfica del río Guayas, dentro de la región costera del Ecuador correspondiente a una zona de cuencas de antearco y posee una superficie de 3 762.8 Km²; dentro de la cual se ubica el área de estudio que pertenece al bloque Gustavo Galindo Velasco, localizado a 120 Km al oeste de la ciudad de Guayaquil.

En particular, el área de Transvaal y Navarra comprende un área de 30.58 Km² definida por el área de la sísmica 3D, limitada al norte el poblado de El Tambo, al

este por el pueblo de Entre Ríos, al sur por el pueblo de Ancón y al oeste con la represa Velasco Ibarra (Figura 1).

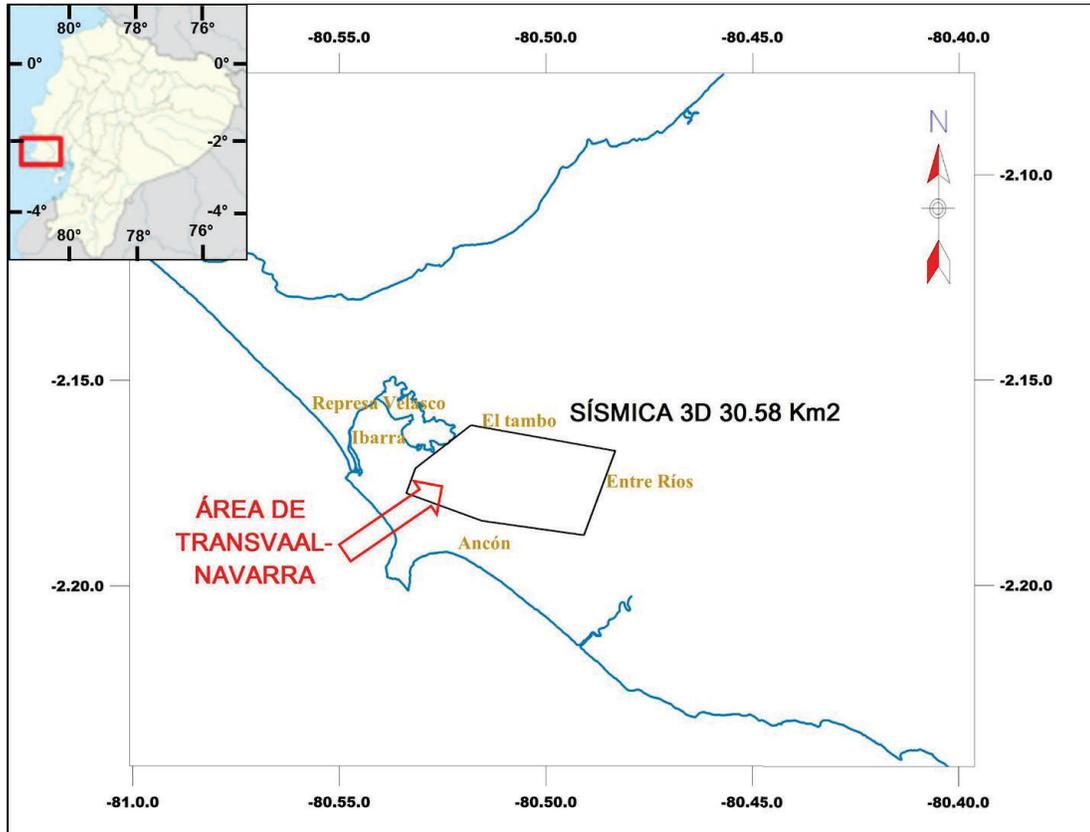


Figura 1.- Mapa de ubicación del área Transvaal y Navarra dentro del Bloque Gustavo Galindo Velasco.

1.5.2 MORFOLOGÍA

Aproximadamente el 48% de la superficie de la provincia de Santa Elena contiene un relieve casi plano con ligeras ondulaciones del terreno, con pendientes inferiores al 5%; las áreas con pendientes moderadas se encuentran en los alrededores de los cerros la Estancia-Chanduy de pendientes mayores al 12% y en el pie de monte de la cordillera de Chongón Colonche destacándose como la más alta elevación ubicada al este y Sureste de la península llegando a una altura máxima de 300 msnm (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial; 2012-2021).

1.5.3 CLIMA

El más representativo es el clima tropical megatérmico árido a semiárido, observándose diversas zonas climáticas como el bosque seco, bosque muy seco, monte espinoso matorral desértico y el desierto; con una temperatura anual media de 24°C, con una mínima de hasta 16 °C entre los meses de Julio y Agosto y una máxima que rara vez supera los 32°C en los meses de febrero y marzo. Varios factores inciden en las condiciones climáticas de la provincia entre estas están: la corriente cálida de El Niño y la corriente fría de Humboldt que al momento en que confluyen, provocan una corriente de aire húmedo que se dirige al este, dirección en la cual va perdiendo humedad por efectos de choque con la cordillera de Chongón Colonche. Las precipitaciones anuales son inferiores a los 500 mm y están concentradas en una sola estación lluviosa que se desarrolla entre los meses de enero a abril (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial; 2012-2021).

1.6 METODOLOGÍA

Actividades a realizarse en este estudio son las siguientes:

Procesamiento y análisis de la información disponible (reportes, presentaciones, informes, documentos científicos publicados, etc.).

Análisis de los registros eléctricos de la base de datos de los yacimientos.

Ambientación y aplicación de software del paquete Geo Graphix Discovery; enfatizando en los módulos de SeisVision, Prizm, XSection, Wellbase, GeoAtlas (Mapping).

Realizar correlaciones estratigráficas entre pozos.

Realización de mapas estructurales e isópacos de las formaciones identificadas.

Interpretación sísmica 3D con análisis sismoestratigráfico.

Unificación de los resultados obtenidos de la sísmica 3D con los resultados de los registros eléctricos.

Redacción de informe final.

CAPÍTULO 2

MARCO GEODINÁMICO REGIONAL

2.1 GEODINÁMICA ACTUAL

El Ecuador se localiza en una zona de intensa deformación crustal, dentro de un ambiente tectónico de convergencia entre las placas Sur Americana y Nazca; esta última se encuentra subyaciendo conjuntamente con la cordillera asísmica de Carnegie bajo la placa Sur-Americana (Gutscher et al., 1999).

Este sistema geodinámico deforma el denominado bloque Norandino el mismo que se encuentra limitado al oeste por la zona de trinchera y al este por la sutura de Cauca-Pallatanga y cuyo movimiento hacia el Noreste se da a una velocidad de escape de 6 ± 2 mm/a. Está siendo controlado por un sistema de fallas regionales principales de dirección noreste-suroeste conocido como Megashear Guayaquil-Caracas dentro de un sistema de esfuerzos regional (Ego et al., 1996); con una dirección de compresión E-O a ESE-ONO y una de extensión NNE-SSO; este hecho ha sido corroborado por datos sísmicos los cuales revelan una componente transcurrente de tipo dextral (Daly, 1989; Bethoux et al., 2011; Trenkamp et al., 2002) (Figura 2).

Adicionalmente, el impacto de la colisión de la Cordillera de Carnegie genera deformación tipo transpresional desde la zona de trinchera extendiéndose hacia el interior hasta más allá del arco volcánico a una distancia de 500 Km. generando un gap sísmico y un amplio arco volcánico perturbado; adicionalmente, se le atribuye la deformación y levantamiento de la costa ecuatoriana (Gutscher et al., 1999).

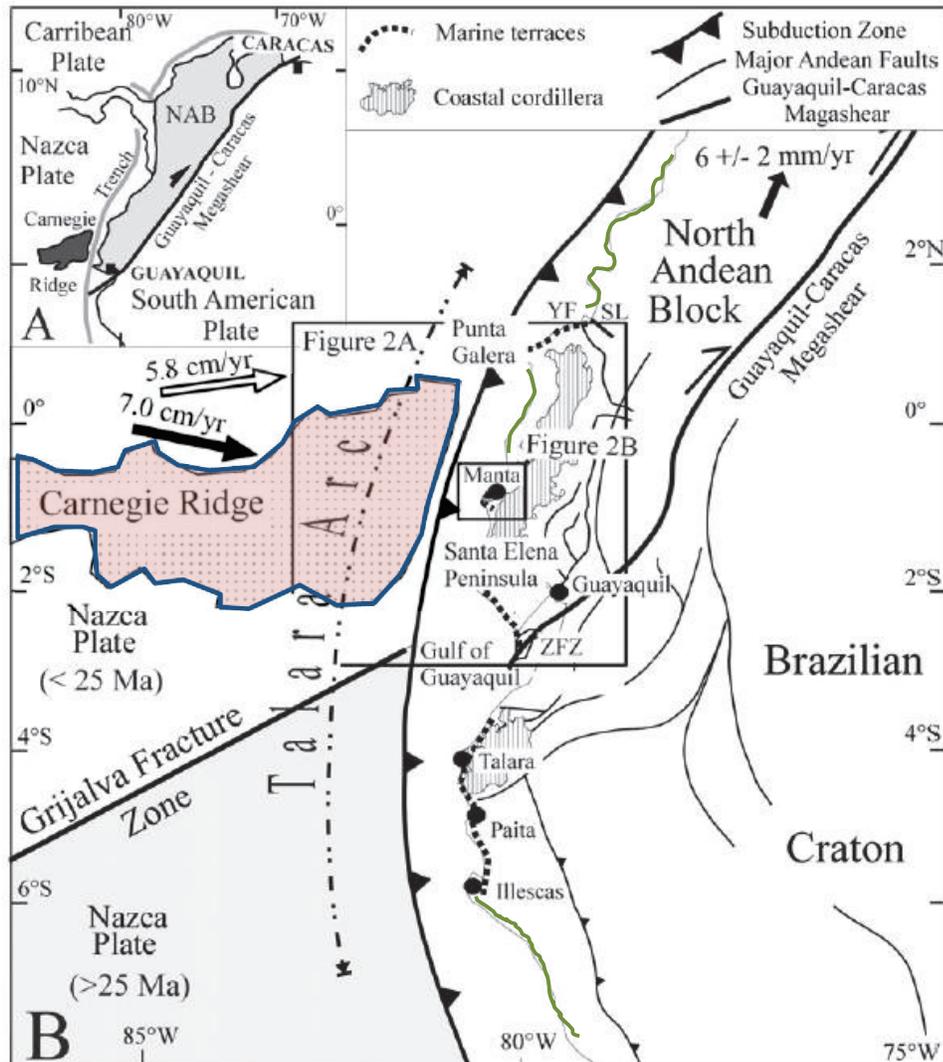


Figura 2.- Mapa Tectono-Geográfico indicando el ambiente tectónico de convergencia del Ecuador (Tomado de Pedoja et al., 2006).

Este sistema de subducción oblicuo en la costa del Ecuador ha controlado la evolución tectono-estratigráfica de las distintas cuencas marginales de antearco formadas en el terciario, entre un arco insular activo en el Cretácico superior (Arco Cayo) y un arco insular activo en el final del Cretácico superior y Paleoceno (Arco San Lorenzo) localizados sobre un basamento acrecionado de composición oceánico tipo plateau (Formación Piñón) de una edad Cretácica temprana de ≈ 123

Ma; y una edad de acreción al margen continental entre el Paleoceno tardío y el Eoceno temprano, formando así un margen costero de aproximadamente 200 Km de ancho (Jaillard et al., 1995; Luzieux et al., 2006; Pedoja et al., 2006).

2.2 ESTRATIGRAFÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

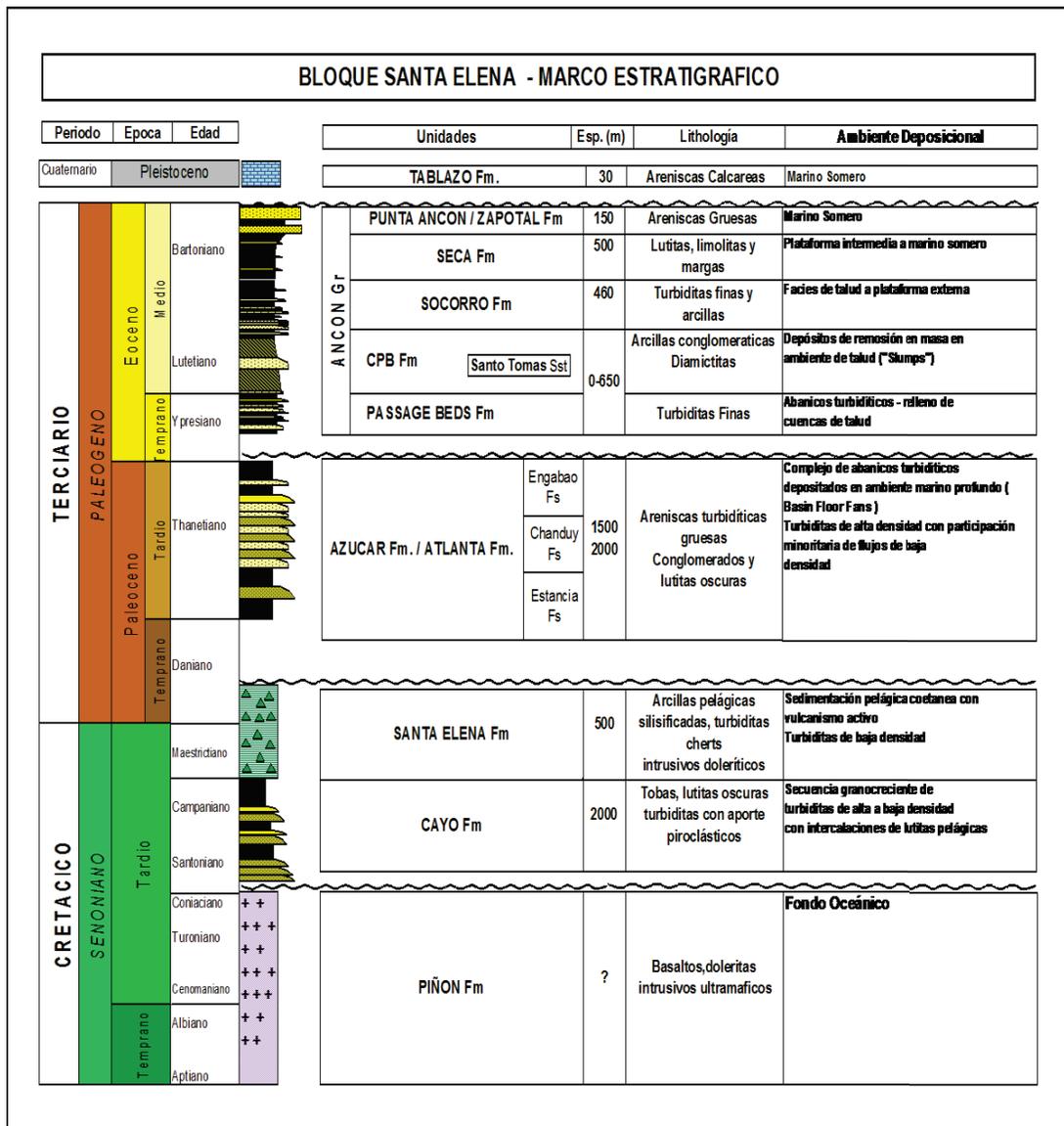


Figura 3.- Columna litoestratigráfica del bloque Ancón (Tomado de Malone et al., 1999).

SECUENCIAS CRETÁICAS

2.2.1 FORMACIÓN PIÑÓN

Ocurrencia: Su nombre es tomado del río Piñón que cruza aproximadamente 3 Km de afloramientos a 20 km al norte de Jipijapa. Otros afloramientos también existen en la cordillera de Chongón-Colonche y en la zona de Jama-Coaque (Bristow y Hoffstetter, 1977).

Litología: Posee más de 1000 m de espesor y está constituida por basaltos afaníticos almohadillados, flujos de lavas masivos, asociado a brechas hialoclásticas, doleritas intrusivas y algunas intrusiones gabroides y ultramáficas (Lebras et al., 1987; Luzieux et al., 2006). Además posee escasos lentes y capas delgadas de argilitas y wackes incluyendo complejos de diques (Feininger y Bristow, 1980).

Ambiente: De origen cortical oceánico y naturaleza basáltica, según análisis geoquímicos como fragmentos de un plateau oceánico y un arco interoceánico subacuoso (Aleman, 2000; Goossens and Rose, 1973; Lebras et al., 1987; Luzieux et al., 2006). Además por la vesiculación que presentan las lavas indica aguas profundas pero no necesariamente extrusión abisal (Toro, 1994).

Edad: La edad ha sido determinada como Aptiano Superior – Albiano y Coniaciano (Goossens y Rose, 1973).

Correlaciones estratigráficas: Son la prolongación de las rocas ofiolíticas que componen principalmente la Cordillera Occidental de Colombia (Grupo Dagua y Fm. Diabásica (Feininger y Bristow, 1980).

2.2.2 FORMACIÓN CAYO

Subyace en aparente discordancia sobre la Fm. Piñón (Baldock, 1982). Es arbitrariamente definida en la base erosiva primaria de una capa turbidítica de grano grueso (Van Melle et al., 2008).

Ocurrencia: Se encuentra en la orilla sur de la bahía de Cayo al SO de Cayo y en los alrededores de Guayaquil atravesando la cordillera Chongón - Colonche.

Litología: representa una serie de flujos de detritos y lito arenitas turbidíticas que muestran la serie de Bouma en ciertos afloramientos; tiene aproximadamente 3000 m de espesor y que no aflora en la zona de la Península de Santa Elena. Está constituida por sedimentos marinos (lutitas bituminosas y turbiditas finas), volcánicos (lavas almohadilladas) y volcanoclásticos (tobas), lutitas tobáceas. (Jaillard et al., 1995; Luzieux et al., 2006; Aleman, 2000; Van Melle et al., 2008).

Ambiente: Se le asigna un ambiente batial, por la ocurrencia de foraminíferos bentónicos, radiolarios y la escasa presencia de dinoflagelados (Ordoñez et al., 2006), dándole a su origen un contexto relacionado a la formación de un arco de islas para la secuencia volcánica (Toro, 1994). Además se describen ciclos con espesores y tamaños de grano que podrían indicar aproximaciones a ambientes de abanicos medios (Aleman, 2000) y se la interpreta como un depósito de tras arco según Van Melle et al, 2008.

Edad: Radiolarios presentes y dataciones realizadas determinan una edad del Campaniano medio a Maastrichtiano medio (Luzieux et al., 2006).

Correlaciones estratigráficas: No se reporta correlaciones, se la ha identificado como única, por estar muy bien estratificada sobre la formación Piñón.

2.2.3 FORMACIÓN SANTA ELENA

Litología: Está constituida por depósitos turbidíticos finos de aguas profundas, deslizamientos y flujos de detritos, representados por niveles finamente estratificados de pelitas silíceas y radiolaritas con participación tobácea de colores blanquecinos. Esta unidad ha sido también conocida como Wildflisch Santa Elena, Olistostromo Wildflisch, Chert de Carolina o Chert Santa Paula. La base de la Fm. Santa Elena y consecuentemente su espesor son desconocidos, aunque al ser correlacionable con la Fm. Guayaquil, que posee unos 400 m al NE de la Falla Chongón-Colonche, no se descartan potencias equivalentes (Malone et al., 1999; Jaillard et al., 1995).

Deformación: El conjunto se caracteriza por una intensa deformación de tipo dúctil con desarrollo de clivaje penetrativo que determina pliegues y fallamientos de diferentes órdenes y geometría. Sus planos de falla poseen un buzamiento al sur y los ejes de pliegues son de dirección ENE-OSO a ONO-ESE. Estas estructuras definen escamas tectónicas (Jaillard et al., 1995).

Ambiente: Por el contenido de radiolarios y la presencia de foraminíferos bentónicos de ambiente profundo, el ambiente de depósitos de los sedimentos de la Fm. Santa Elena, es marino profundo; lo corrobora el carácter fino y monótono de la sedimentación (Ordóñez et al., 2006).

Edad: La parte inferior de la formación tiene una edad de Cretácico tardío, piso Maastrichtiano, alcanzando el Paleoceno en su tope por su asociación microfosilífera encontrada.

Correlaciones estratigráficas: La Fm. Santa Elena es un equivalente lateral del Fm. Guayaquil (Jaillard et al., 1995).

SECUENCIAS PALEOCÉNICAS

2.2.4 FORMACIÓN O GRUPO AZÚCAR

Está estratigráficamente acotada entre la Fm. Santa Elena y el Grupo Ancón y constituye el principal reservorio del campo Ancón. Su nombre fue tomado del poblado y cerro de nombre Azúcar.

Ocurrencia: Se ubica a lo largo de del río Mango, también conocido como río Cuyuyo; otros afloramientos son observados al oeste de Playas.

Litología: De acuerdo a descripciones de afloramientos, el Grupo Azúcar está constituido por tres formaciones, debido a la presencia de una facies conglomerática que separa a dos facies areno-arcillosas (Ordóñez et al., 2006; Malone et al., 1999).

a) Facies La Estancia: Secuencia de areniscas grises, micáceas, con tonos de alteración rojizos y niveles de rodados cuarcíticos, que alternan con pelitas negras duras y estratos finos de areniscas micáceas con restos de materiales carbonosos.

b) Facies Chanduy: Areniscas grises silíceas de dureza media, conglomerados de rodados de cuarcitas con alternancias de areniscas y conglomerados, y al tope, alternancias de pelitas negras y areniscas duras. En subsuelo son conocidas como Atlanta Sandstones.

c) Facies Engabao: Areniscas castañas macizas, friables, con concreciones de tipo "bala de cañón", con intercalaciones de bancos delgados de pelitas y areniscas y conglomerados de rodados de cuarcita, ocasionalmente las pelitas son localmente dominantes. Estas facies corresponderían en subsuelo al denominado San José Shales (Malone et al., 1999).

Ambiente: La asociación de foraminíferos bentónicos de grandes profundidades y presiones batimétricas, determinan ambiente marino profundo probable batial de 2000 a 3000 m de profundidad (Malone et al., 1999).

Edad: Tomando en cuenta la ocurrencia de foraminíferos bentónicos se le atribuye Cretácico tardío a Paleoceno (Ordoñez et al, 2006).

Correlaciones estratigráficas: No se reportan.

SECUENCIAS EOCÉNICAS

2.2.5 FORMACIÓN PASSAGE BEDS

Esta unidad se conoce solamente en el subsuelo de Ancón y fue definida por Marchant, 1957 como la transición entre el Grupo Azúcar y el Grupo Ancón. Parte de estos niveles fueron identificados como "Atlanta Shales" (Malone et al., 1999).

Litología: Son pelitas duras con estratos delgados de areniscas, que incluyen intercalaciones de areniscas calcáreas de grano medio a grueso y arcillolitas con restos carbonosos, además de clastos de arcillas. Esta secuencia sobreyace en discordancia angular a la Fm. Azúcar/Atlanta. Tiene una potencia variable entre 0

a 500m. Los mayores espesores se dan en los ejes sinclinales o bajos de fallas, disminuyendo hacia los altos estructurales de la Fm. Azúcar/Atlanta.

Ambiente: Las asociaciones paleontológicas y las características litológicas indican una depositación rápida en un medio bastante profundo que recicló e involucró materiales provenientes de depósitos litorales, depósitos por procesos gravitatorios en ambiente de talud (Aleman, 2000).

Edad: Se le asigna una edad del Eoceno Inferior a Medio por presencia de foraminíferos planctónicos (Ordoñez et al., 2006).

2.2.6 FORMACIÓN CLAY PEBBLE BEDS

El tope de esta formación aflora en los acantilados de Ancón, con un espesor de 180 m.

Ocurrencia: Los acantilados de Ancón donde aflora a lo largo de 3 Km desde la quebrada La Clínica hasta unos 2 Km al NO de la Quebrada.

Edad: Por microfauna y microflora se le asignó una edad de Eoceno inferior – Eoceno medio.

Litología: Se trata de una secuencia de 700m aproximadamente diamictítica maciza de matriz arcillosa de color verde grisáceo y areniscas en bancos rotos con bloques de areniscas, lutitas, cherts y calizas; constituida esencialmente por flujos de alta densidad tipo mudflow o debrisflow (Jaillard et al., 1995; Ordoñez et al., 2006).

Deformación: se encuentra fallada y presenta deformaciones de origen tectónico compresivo.

Ambiente: Correspondiente a la parte externa de la plataforma continental de aguas frías y cálidas evidenciando un ambiente poco profundo.

2.2.7 FORMACIÓN SANTO TOMÁS

Ocurrencia: No se ha reconocido afloramientos en superficie, solo por perforaciones y registros eléctricos.

Litología: La Arenisca Santo Tomás consiste de un banco de areniscas de potencias modestas conocida solamente en el subsuelo en el sector homónimo, hacia el extremo NE del campo Ancón (Malone et al., 1999).

Ambiente: Constituye la culminación del ciclo turbidítico de la Fm. Passage Beds.

Edad: Eoceno medio por encontrarse dentro de la formación Clay Pebble Beds.

2.2.8 FORMACIÓN SOCORRO

Varios autores la describen como formación, como serie y hasta como un deslizamiento tectónico.

Ocurrencia: Toma su nombre de la parcela Socorro o de la quebrada Socorro, sitios donde aflora (Bristow y Hoffstetter, 1977).

Litología: El espesor promedio fluctúa entre 390m y 457m. Se trata de una secuencia clástica con lutitas laminadas, limolitas, areniscas de grano fino intercaladas con areniscas turbidíticas que muestran la serie de Bouma claramente y pelitas que recubren a la Fm. Clay Pebble Beds. Consta de una arenisca basal (saturada de petróleo) con conglomerados erosivos y areniscas canalizadas con texturas de descarga de fluidos, depositados por corrientes densas (Aleman, 2000). Le siguen niveles arcillo-limosos masivos con intercalaciones de areniscas turbidíticas centi-decimétricas con ondulitas indicativas de turbiditas distales. Hacia el tope se presentan areniscas limosas de deslizamientos con tendencia granocreciente (Jaillard et al., 1995; Malone et al., 1999).

Ambiente: Corresponden a la transición de abanicos turbidíticos – talud, depositado por procesos de gravedad en aguas marinas profundas.

Edad: El contenido fosilífero indica edades Eoceno medio-superior a Eoceno superior.

2.2.9 FORMACIÓN SECA

Ocurrencia: Aflora sobre la costa desde la Ocurrencia hacia Mambra al SE (Bristow y Hoffstetter, 1977).

Litología: El espesor promedio es de 300m. Está constituida por arcillolitas gris verdosas con raras intercalaciones de areniscas finas a medias que hacia el techo obtienen un color amarillento rojizo.

Ambiente: Corresponden a depósitos marinos de plataforma intercalados con facies de abanicos submarinos. El modelo de depositación basado en relaciones estratigráficas sugiere que esta formación representaría el Low-stand de un System Tract (Aleman, 2000).

Edad: La edad asignada es del Eoceno Medio a Superior por su posición estratigráfica (Aleman, 2000).

Correlaciones estratigráficas: Se correlaciona esta formación con la Lutita Punta Blanca la cual pertenece a la formación Tosagua (Bristow y Hoffstetter, 1977).

2.2.10 FORMACIÓN PUNTA ANCÓN

Representa la unidad superior del grupo Ancón, descansa en contacto abrupto sobre la formación Seca y presentan un espesor de 160m aproximadamente.

Ocurrencia: Es en Punta Ancón donde 120m de estratos están expuestos; además otros afloramientos se localizan en Santa Elena, San Pablo y en la zona de Santa Paula (Bristow y Hoffstetter, 1977).

Litología: Son areniscas grises de base erosiva con alternancias de pelitas grises finas de color castaño e incluyen la Arenisca Blanca de Punta Ancón, lodolitas y areniscas tobáceas (Aleman, 2000). Incluye areniscas masivas de color verde

oscuro, con laminaciones horizontales, bioturbaciones, abundantes restos de plantas y troncos carbonizados; calizas a veces conglomeráticas enturbiadas; arcillas con yeso y láminas de limolitas con ondulitas (Malone et al., 1999).

Ambiente: Corresponden a depósitos marinos localizados entre la plataforma externa y la parte superior del talud continental representando parte de un sistema transgresivo (Aleman, 2000; Benítez, 1995).

Edad: El contenido paleontológico de la Fm. Punta Ancón señala una edad Eoceno Medio a Superior.

Correlaciones estratigráficas: La Fm. Punta Ancón es un equivalente parcial de la formación Zapotal (Jaillard et al., 1995). Hacia el extremo Norte, niveles equivalentes de esta formación están cartografiados como Fm. Zapotal, nombre formacional corrientemente utilizado en la Cordillera Chongón-Colonche. A pesar de parecerse a parte de la formación Zapotal o parte del grupo Ancón por sus facies marinas y la abundancia en conglomerados, en la formación Zapotal se sugiere una tectónica totalmente diferente del ambiente de depositación (Aleman, 2000).

SECUENCIAS CUATERNARIAS

2.2.11 FORMACIÓN TABLAZO

Bosworth dio este nombre a las terrazas del Perú en 1922 y en Ecuador también se adoptó este nombre para los depósitos cuaternarios de la costa.

Ocurrencia: Se presenta al SO de la Cuenca Progreso ocupando una extensión de 5 Km. Se la encuentra al Oeste de la Isla Puná y en los litorales costeros donde aparece en forma de terrazas (Deniaud, 1998).

Litología: Terrazas marinas compuestas de coquinas, areniscas conchíferas, conglomerados y areniscas con espesores centimétricos a métricos en la parte basal. Sobre los estratos de areniscas, que se caracterizan por presentar estratificación cruzada, se encuentran capas subhorizontales de limolitas finas y arcillolitas de colores gris claros, de espesores milimétricos a centimétricos y

bandas de arenas sueltas gris oscuras estratificadas (Benítez, 1995). La potencia varia de 0 a 10 m (Ordoñez et al., 2006).

Ambiente: El hallazgo de raros foraminíferos miliólidos, sugieren un ambiente de depósito marginal marino (mar abierto).

Edad: Se asume una edad de Pleistoceno, por la ausencia de microfósiles diagnósticos.

2.3 MARCO ESTRUCTURAL REGIONAL

A partir del Mioceno inferior hasta hoy la zona costera del Ecuador se constituye como un zona de antearco ligada al proceso de subducción de la placa Nazca por debajo de la placa Sur-Americana. Como efectos de este proceso de subducción oblicua, se evidencia en la región costa varios sistemas de fallas de rumbo entre los más importante tenemos: Guayaquil-Babahoyo, Carrizal, La Cruz, Puná-Pallatanga, Jipijapa y Chongón Colonche; los mismos que han sido determinante para la aparición de cuencas en transtensión con subsidencia importante durante parte del Neógeno. En estos sistemas de fallas prepondera la dirección NE-SO y NO-SE siendo la falla Guayaquil la de mayor importancia por haber sido considerada como un límite de placa, con una rata de movimiento de 1cm/año y con una edad de 10 Ma aproximadamente (Figura 4).

El límite oriental de la cordillera costera es el frente de la cuenca Manabí, con fallas de rumbo NE-SO con movimiento dextral, esto evidenciado por la curvatura de la Cordillera de Chongón Colonche; a la vez esta cordillera se encuentra dividida en segmentos por sistemas de fallas con rumbo NO-SE (Figura 4). Al sur de la Cordillera Chongón Colonche también se evidencia la presencia de estos dos sistemas de fallas aunque con una situación más compleja por las distintas fracturas heredadas del basamento y del continuo movimiento dextral de la falla Guayaquil en dirección NE-SO (Flores, 2011) (Figura 4).

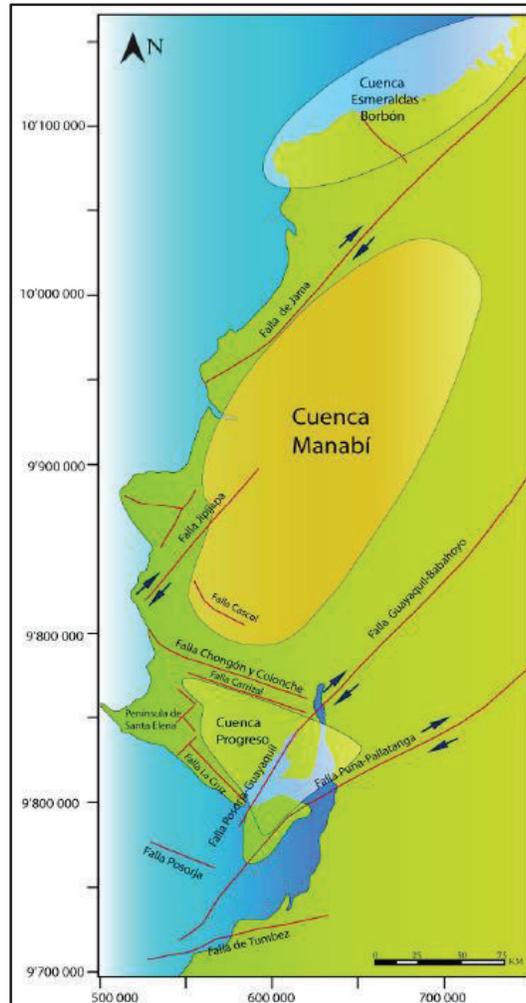


Figura 4.- Mapa con los principales sistemas de fallas en la costa ecuatoriana y las correspondientes cuencas Neógenas (Tomado de Flores, 2011).

En dirección sur hacia la zona de Talara, los altos estructurales no son tan continuos y adquieren direcciones oblicuas al sistema que son más bien rasgos heredados de estructuras antiguas o que probablemente son activada por la influencia de la falla de Guayaquil.

En la zona del Golfo de Guayaquil no se evidencia relieves emergidos sin embargo por datos de sismica y gravimetría se considera un levantamiento estructural de rocas de edad Paleógena y/o Cretácicas de una magnitud casi comparable a la de la cordillera costera (Flores, 2011).

CAPÍTULO 3

MARCO TEÓRICO

3.1 TECTÓNICA EN SISTEMAS DE SUBDUCCIÓN

Dentro de un sistema de subducción están relacionados diferentes zonas: la trinchera, un prisma de acreción con una cuenca de antearco sobreyacente, el área de arco con sus respectivas cuencas intramontañosas, un cinturón de pliegues y cabalgamientos y las cuencas de trasarco.

Dentro de la zona de trinchera se tiene el slab el cual desciende bajo el manto, donde los sedimentos dominantes son turbiditas y graywackes de grano fino con porcentajes de componentes pelágicos.

La zona del prisma de acreción formado por sistemas de esfuerzos compresivos, consiste de una serie de escarpes inclinados, limitados por fallas, estos separan bloques que contienen sedimentos y rocas volcánicas que se encuentran sobre el slab subductante. El prisma es intensamente deformado produciendo zonas de melange (Burg, 2014) (Figura 5).

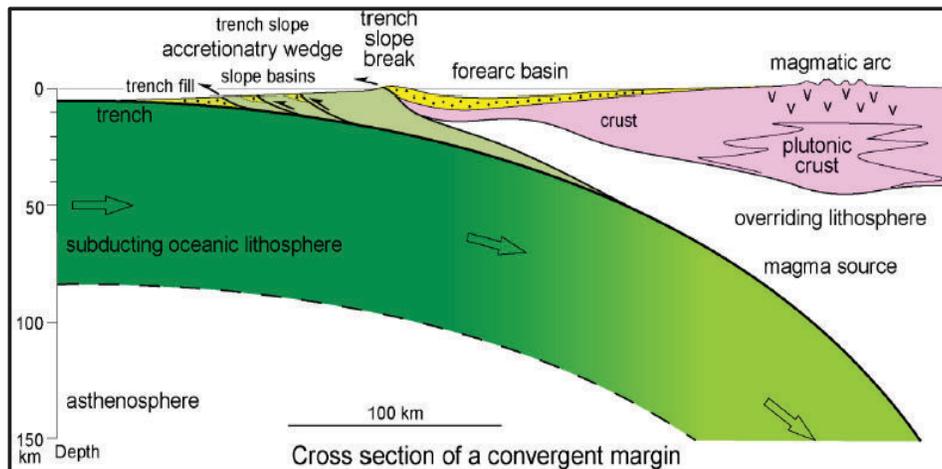


Figura 5.- Diagrama transversal de un margen continental convergente. (Tomado de Burg, 2014).

Las cuencas de antearco son cuencas de depósito marino principalmente relleno con depósitos de turbiditas compuestas por sedimentos provenientes del continente y de sedimentos pelágicos. Generalmente las corrientes turbidíticas entran por los

cañones submarinos como flujos a lo largo del eje de la trinchera; donde la mayoría de sedimentos detrítico son arcillas, limos, arenas y sedimentos gruesos; claro que si la zona de trinchera está cerca a tierra, esta tendrá sedimentos más continentales (Benitez, 1995).

Dentro de las zonas de compresión tectónica las formas más usuales asociadas a este tipo de régimen que son producidas por las fallas inversas, entre estas se identifican: cabalgamientos y mantos de corrimiento. En algunas zonas de compresión con desarrollo de cabalgamientos con despegue en la base de la corteza superior o más profunda, pueden originar elevaciones de tipo **pop-up** y depresiones de tipo **pop-down**; en ambos casos se encuentran limitados por fallas inversas.

Ligado a este contexto tenemos para el caso de la costa ecuatoriana una componente de tipo transcurrente cuyo componente principal de deslizamiento es horizontal, pueden delimitar localmente zonas de compresión y extensión, las mismas que originan hundimientos y elevaciones. En el área de traslape entre dos fallas próximas, en las zonas de curvaturas de la falla, se produce una zona local de fracturación cuya dirección es oblicua o perpendicular a la dirección de desplazamiento principal, formando así imbricaciones y dúplex asociados (Figura 6).

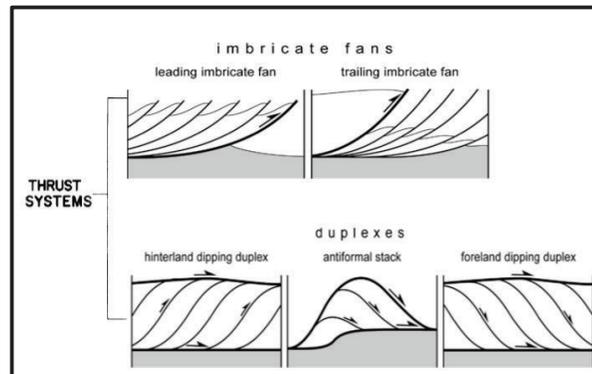


Figura 6.- Clasificación de los sistemas de los sistemas de empuje. (Tomado de Burg, 2014).

3.1.1 DUPLEXES Y ESTRUCTURAS EN FLOR

Los duplexes son producidos por la presencia de inflexiones y saltos a lo largo de una falla (Woodcock & Fischer, 1986). Las rocas que se encuentran dentro de la zona de influencia de una inflexión o salto se pueden fallar progresivamente, generando sistemas imbricados en relación a la falla principal. Por otra parte en el caso de fallas de traza recta, la formación de un dúplex puede originarse a través del desarrollo de fracturas de Riedel.

El análisis del proceso de formación de duplexes puede realizarse a través de dos mecanismos: procesos de deformación planar (*plane-strain*) y de deformación no planar (*non-plane strain*) (Davis y Reynolds, 1996).

La diferencia principal que presentará la formación de duplexes por deformación no planar (caso más cercano a la realidad) se encuentra en la compensación volumétrica por hundimientos y levantamientos. Así en duplexes extensionales se formaran hundimientos, y en los compresionales, levantamientos.

Unas de las estructuras más notables derivadas de la deformación no planar son las denominadas flores positivas y flores negativas (Woodcock y Fischer, 1986) que a la vez corresponden con los casos de duplex compresional y extensional, respectivamente (Figura 7). La geometría interior de las fallas secundarias en un dúplex muestra que estas convergen en profundidad hacia una zona de falla única. En el caso de una estructura en flor negativa, las fallas secundarias dentro del dúplex tendrán un comportamiento mixto, transcurrente-normal, por lo cual podemos decir que la zona interior está en extensión y sometida a hundimiento; por el contrario, en una estructura tipo flor positiva, las fallas interiores se comportarán como transcurrentes-inversas, por lo cual podemos decir que la zona está en compresión y por lo tanto sometida a levantamiento.

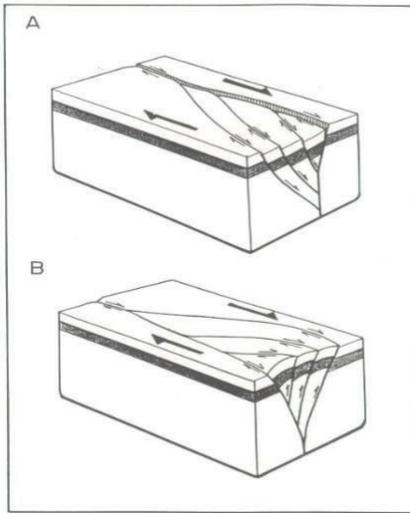


Figura 7.- Estructuras tipo flor negativa (A) y flor positiva (B) denotando el fallamiento asociado derivado de su carácter mixto transcurrente-normal y transcurrente-inverso (Tomado de Woodcock & Fischer, 1986).

3.1.2 INVERSIÓN TECTÓNICA

Los fenómenos de inversión tectónica ocurren cuando ciertas secuencias estratigráficas afectadas por fallas previas son reactivadas bajo la acción de un régimen tectónico opuesto, dándose así dos casos muy particulares; a) inversión tectónica positiva cuando fallas normales son reactivadas como fallas inversas b) inversión tectónica negativa: este es un caso no tan común, donde se efectúan extensiones sobre terrenos previamente acortados, y que como en el caso anterior, reutilizan las fallas preexistentes para acomodar el esfuerzo producido (Costa, 2011).

3.1.3 ESTRUCTURAS DE INVERSIÓN TECTÓNICA

Es bien conocida la complejidad de las distintas estructuras de inversión tectónica que en general son mayor a las de las estructuras puramente extensionales y de las estructuras puramente compresionales ya que en la mayoría de casos los esfuerzos que dieron origen a una y otra etapa no son coaxiales. A continuación se

describen varias geometrías comúnmente encontradas en regiones afectadas por inversión tectónica.

En muchos casos el ángulo de la falla original es muy elevado hacia arriba y la inversión en ese tramo es mecánicamente inviable. Una de las maneras en que se resuelve el acortamiento en estos casos, es con la formación de una **falla de atajo** o *shortcut* sobre la pared basal (Fig. 8c). En muchos casos se forman abanicos imbricados de fallas de atajo (Fig. 8e), que como casi todas las estructuras de inversión tectónica tiene secuencias de crecimiento inversa (las más modernas hacia el retropaís). Otras veces, se forman **corrimientos de paso** o *bypass* en secuencia inversa en la pared colgante (Fig. 8d y 8f) o se desarrollan **retro-corrimientos** (*back-thrust*) como se puede observar en la figura 8g. La combinación de estas dos últimas estructuras puede dar origen a las conocidas como geometrías **pop-up** (Fig. 8i).

En cuanto a los pliegues relacionados a inversión tectónica, los más comunes son los de propagación de falla. Estos se generan cuando la falla originalmente directa, comienza a propagarse a través de los depósitos post-extensionales. En general el ángulo de corte (Θ) de estas estructuras es muy elevado y pueden dar geometrías anticlinales con vergencia aparentemente contraria. Los pliegues de propagación de falla de cizalla triangular (*trishear*) son muy comunes en este tipo de ambientes. Cuando los niveles de inversión son muy grandes y se generan corrimientos de atajo, se pueden dar estructuras de flexión de falla que involucren grandes láminas de basamento.

En algunas regiones de inversión tectónica es muy común que las antiguas fallas directas de alto ángulo, no se inviertan o lo hagan en muy bajo grado. Cuando esto ocurre, y si existe por detrás alguna lámina de corrimiento que este trasladando rechazo hacia dicha falla, los depósitos de sinrift que se encuentran sobre su bloque colgante se aplastan contra el plano de falla. Esto es conocido como **tectónica de contrafuerte** o *buttressing*, y en muchas ocasiones produce estructuras bastante complicadas, sobre todo cuando la geometría inicial de la falla directa era escalonada en el rumbo.

La geometría que se forman a partir de la combinación entre los distintos tipos de estructuras analizadas emprime a las regiones con inversión tectónica una complejidad singular, este imprime complicaciones en el sentido de transporte.

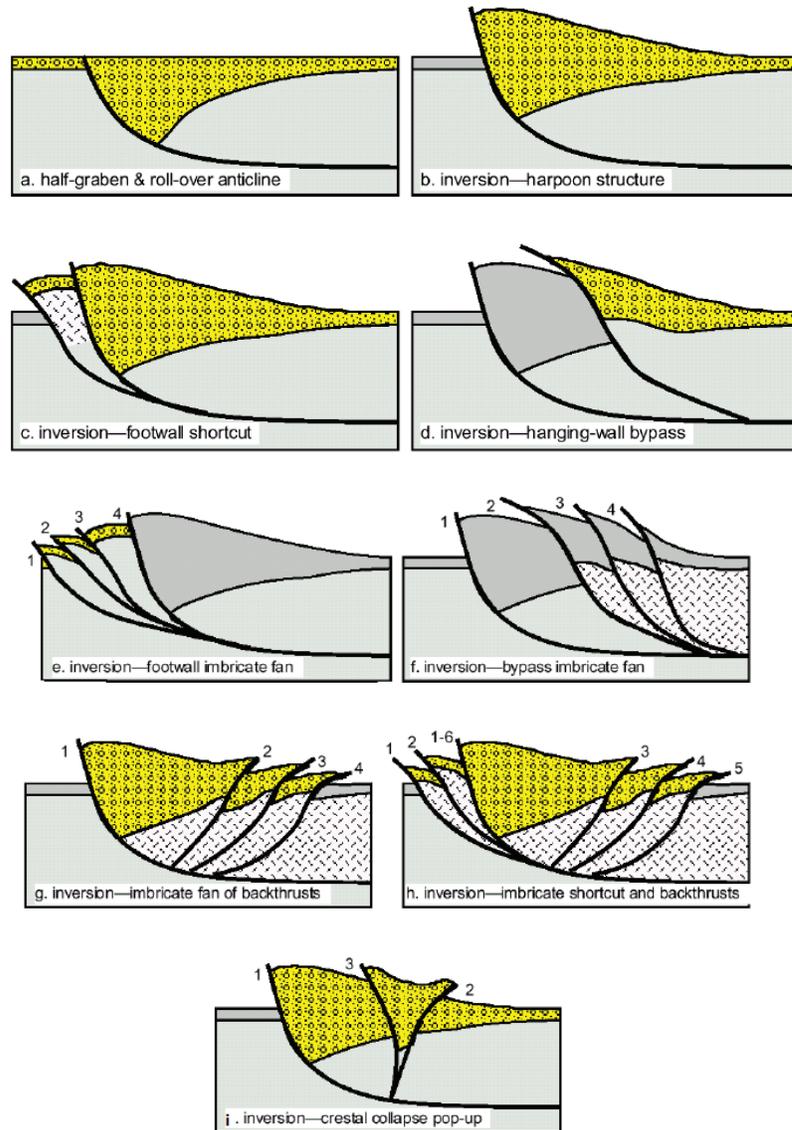


Figura 8.- Geometrías bidimensionales posibles en terrenos invertidos (Tomado de Costa, 2011)

3.2 TURBIDITAS

Una turbidita es una facies sedimentaria que se deposita durante una corriente turbidítica, que redistribuye grandes cantidades de sedimentos clásticos provenientes del continente hacia las profundidades oceánicas.

En 1962 Arnold H. Bouma fue el primero en proponer una secuencia idealizada para las turbiditas con 5 horizontes, se la conoce como Secuencia Bouma. Desde entonces se han generado varias modificaciones con el propósito de encontrar secuencias más completas o bien desde otros puntos de vista, aunque siempre basado en la Secuencia Bouma original (Figura 9). Tales contribuciones fueron realizadas por: Middleton y Hampton (1973), Lowe (1982), Stow y Shanmugam (1980). La Secuencia Bouma también ha funcionado como una herramienta muy importante para diferenciar las facies proximales, medias y distales en un abanico submarino. Sin embargo una turbidita no siempre representa facies de abanico submarino, por lo que puede darse que en un afloramiento se observe solo ciertas facies de la Secuencia.

Tamaño de Grano	Divisiones Bouma (1962)		Middleton y Hampton (1973)	Lowe (1982)	Shanmugam (2006)
	Arquilla	Te	Homogénea ó Laminada	Pelágicos y turbiditas de baja densidad	Pelágicos y hemipelágicos
Arena-Limosa	Td	Laminación paralela hacia la cima	Corrientes Turbidíticas	Corrientes turbidíticas de baja densidad	Corrientes superficiales retrabajadas
	Tc	Estratificación convoluta, ondulada, ripples			
Tb	Laminación planar paralela				
Arena (Gránulos hacia la base)	Ta	Gradación normal, masiva	Corrientes turbidíticas de alta densidad	Flujo de detritos arenosos	

Figura 9.- Modelo de facies turbidíticas donde se muestran las divisiones de la serie de Bouma y las interpretaciones de Middleton y Hampton (1973), Lowe (1982), Stow y Shanmugam (1980); (Tomado de Rodríguez, 2010).

Stow y Shanmugam (1980), proponen una secuencia más detallada para turbiditas de grano fino que se correlacionan con las facies Tc, Td y Te de las facies de Bouma que consta de nueve horizontes de T0 a T8 permitiendo diferenciar a detalle horizontes de turbiditas lodosas o flujos saturados Figura 10.

Secuencia Stow-Shanmugam (1980)		
T8		Hemi-Pelágicos Bioturbación
T7		Arcilla sin gradación pseudonódulos de limo
T6		Arcilla gradada y lentes de limo
T5		Lam. ondulada y convoluta
T4		Lam. indiferenciada
T3		Lam. paralela delgada
T2		Lam. delgada irregular Baja amplitud y ripples hacia la cima
T1		Lam. convoluta
T0		Lam. Basal lenticular

Figura10.- Secuencia Stow para corrientes turbidíticas de grano fino (Tomado de Rodríguez, 2010).

Lowe (1982), realiza un análisis para las corrientes turbidíticas de alta densidad, donde propone una secuencia con 6 divisiones dentro de la división *Ta* de la Secuencia Bouma (Figura 11). El principal objetivo de Lowe fue diferenciar el mecanismo de depositación de los sedimentos gruesos, pasando por la suspensión, tracción y cargas en tracción.

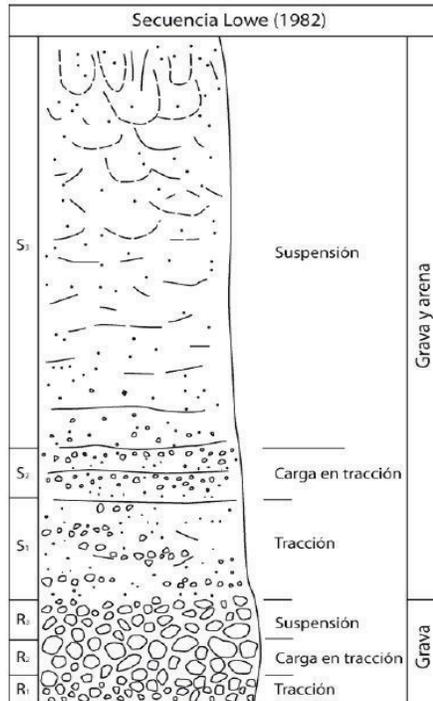


Figura 11.- Secuencia de Lowe para el reconocimiento de corrientes turbidíticas de alta densidad (Tomado de Rodríguez, 2010).

3.2.1 PROCESOS Y MECANISMOS PARA LA GENERACIÓN DE TURBIDITAS

La distribución, geometría y características de los depósitos de talud y sistemas sedimentarios de aguas profundas, son absolutamente controlados por sus procesos depositacionales (Shanmugam, 2006).

Los mecanismos de transporte dependen del tamaño de la partícula y de la reología del fluido en el que se deslizan. Los mecanismos por los cuales los sedimentos se depositan pendiente abajo se conocen como flujos de sedimentos por gravedad y se dividen por la relación de sus granos y la plasticidad del fluido que los transporta, y son:

Corrientes turbidíticas: contienen fluido en turbulencia y sus granos se encuentran en turbulencia.

Flujos fluidizos: los granos fluyen hacia la superficie dentro de un fluido newtoniano o de alta viscosidad.

Flujo de granos: existe interacción entre los granos dentro de un fluido newtoniano.

Flujo de detritos: los granos se encuentran soportados por la matriz.

Para generalizar la geometría de los cuerpos turbidífticos y transporte de masas hacia aguas profundas se definieron cuatro tipos principales y son: deslizamientos, slumps, flujo de detritos y corrientes turbidífticas (Figura 12).

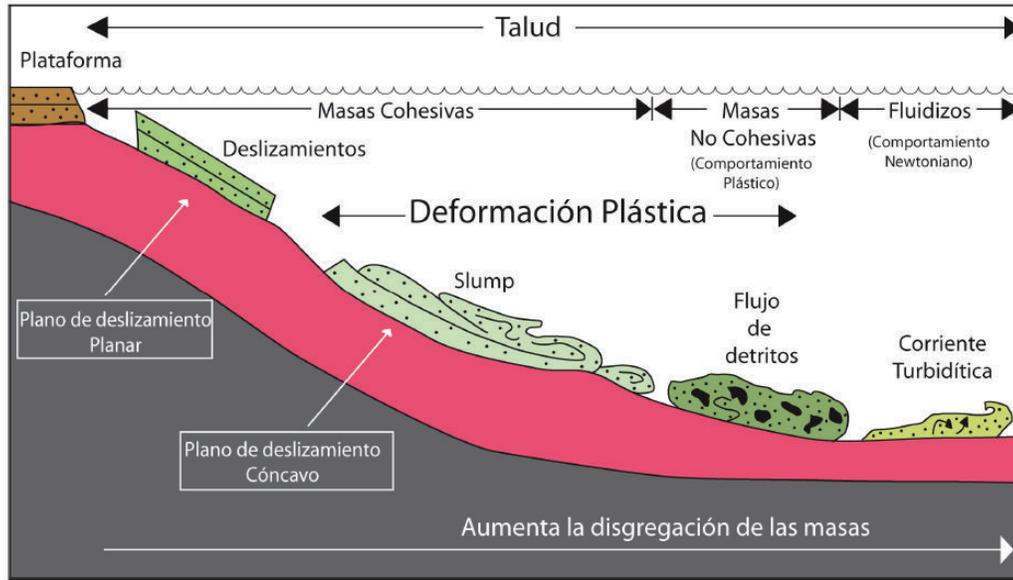


Figura 12.- Esquema donde se muestra los cuatro procesos básicos de transporte de sedimentos hacia aguas profundas (Tomado de Shanmugam, 2006).

3.2.2 DEPÓSITOS DE TURBIDITAS

Son el producto de las corrientes turbidífticas y generalmente presentan gradación grano decreciente. Muestran texturas y estructuras sedimentarias típicas. En estos depósitos es común observar la Secuencia Bouma, así como los horizontes de la Secuencia Stow y Lowe. Las turbiditas se pueden separar por su granulometría y la densidad de granos *versus* matriz que transporta una corriente de turbidez.

Lowe, 1982 separa los depósitos turbidífticos de la siguiente manera:

En las turbiditas de **baja densidad** predominan los tamaños de grano finos, arena fina a arcillas donde los granos se encuentran suspendidos de manera independiente y pueden fluir como flujos de granos en turbulencia. Conllevan carga en tracción al inicio del depósito y posteriormente sedimentación por tracción y suspensión.

Las turbiditas de **alta densidad** pueden contener diversos tamaños de grano desde arcillas hasta arenas gruesas, gránulos y gravas que pueden ser transportados en tracción hacia la base o suspensión dentro de un fluido mezclado con sedimento fino.

Sin embargo para efectos del presente estudio se ha tomado como referencia el trabajo de Posamentier y Walker, 2006; donde en base a un criterio descriptivo y basado en el tamaño de grano, dan preponderancia al aspecto ambiental de las facies antes que a los mecanismos de flujo y depositación, es así que se definen y sugieren una variedad de elementos depositacionales, los mismos que poseen distintas asociaciones de facies. De acuerdo al mencionado trabajo se identificaron cinco categorías y son: 1) Turbiditas clásicas; 2) *Structureless Sandstones*; 3) *Pebbly Sandstones*; 4) Conglomerados y 5) Facies exóticas.

Turbiditas clásicas: están todas las rocas originalmente consideradas como turbiditas entre los años 1950 y 1960; conteniendo parte o todo de la primera división propuesta por Bouma (1962), donde la sucesión de estructuras está formada de base a tope por un intervalo "a" de gradación o masivo, un intervalo "b" de laminación paralela u ondulada y un intervalo "c" de laminación cruzada o convoluta, luego el intervalo "d", o de laminación paralela superior y por último un intervalo de naturaleza pelítica designado con la letra "e" (Figura 13).

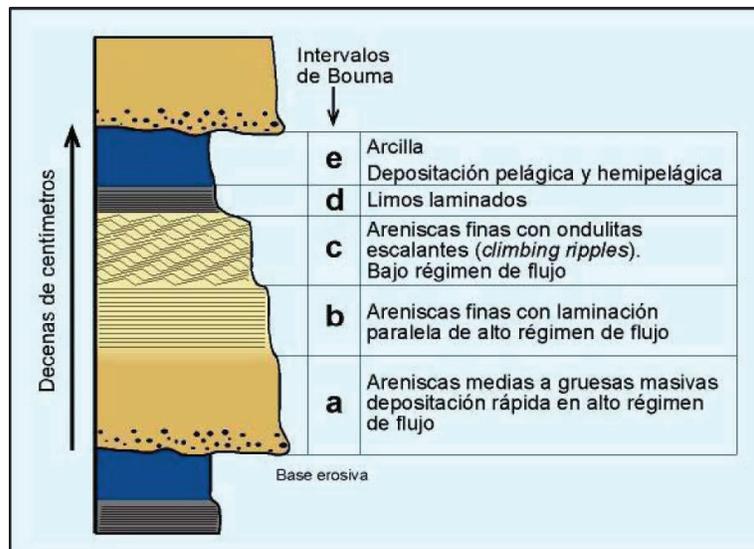


Figura 13.- Secuencia de Bouma para las turbiditas clásicas.

Structureless Sandstones: posee mayores espesores (varias decenas de centímetros a unos pocos metros) que las turbiditas clásicas, y las limolitas existentes entre capas tienden a ser de poco espesor o ausentes. Estos depósitos pueden estar amalgamados y a una escala mayor el socavamiento en estas facies es de varios metros (Figura 14); también se observan verticales y subverticales *Fluid-Escape Pipes*, también se observan estructuras aplanadas (*Dish Structure*). Aquí no se observa la monótona interestratificación de areniscas y limolitas existentes en las turbiditas clásicas y rara vez se observan laminación paralela y *Ripple Cross Lamination*.



Figura 14.- *Structureless Sandstones* conteniendo amalgamación y socavamiento (Tomado de Posamentier y Walker, 2006).

Pebbly Sandstones: son areniscas granulares producto de la gradación de las facies de las *Structureless Sandstones*. Es muy común observar estratificación gradada (Figura 15), internamente las capas podrían mostrar una tosca estratificación horizontal y en muy raros casos estratificación cruzada y planar tabular. Los elementos de la secuencia de Bouma no se encuentran presentes aquí.

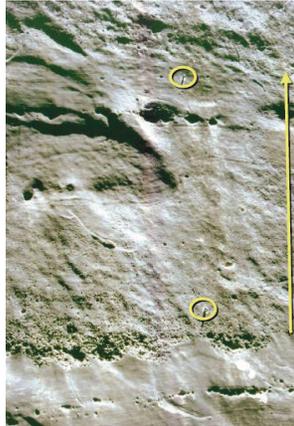


Figura 15.- *Pebbly Sandstone* de un metro de espesor mostrando estratificación gradada. Annot Sandstone (Sur de Francia). (Tomado de Posamentier y Walker, 2006).

Conglomerados: no son tan comunes como las *Pebbly Sandstones*, sin embargo caracterizan una importante parte del registro sedimentario de aguas profundas. Los rasgos usados para clasificar en facies este elemento son: el estilo de gradación (inversa o normal), el tipo de estratificación y la fábrica; y su combinación definen cuatro facies bien reconocidas (Posamentier y Walker, 2006).

La primera consiste de capas normalmente gradadas y gradúan hacia arriba a *Pebbly Sandstone* de grano fino.

La segunda consiste de capas con gradación normal únicamente sin ningún componente estratigráfico.

La tercera contiene capas que inician con gradación inversa y pasan posteriormente a una gradación normal hacia el tope (Figura 16).

La cuarta facie no posee las estructuras explicadas arriba o simplemente se describe como desorganizada o carente de estructuras.

Las tres primeras facies podrían también mostrar imbricación de clastos, y los espesores en estas facies conglomeráticas son muy variables.

Se dan sugerencias sobre la interpretación de estas facies conglomeráticas como la de que podrían ser depósitos residuales dejados por los principales flujos, sin

embargo se mantienen como especulativa por la falta de trabajos experimentales a escalas mayores.

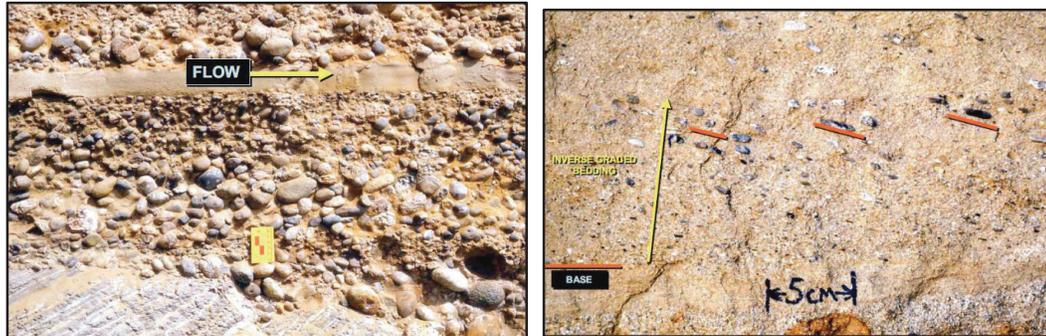


Figura 16.- Facies conglomeráticas, indicando imbricación y gradación de inversa a normal (Tomado de Posamentier y Walker, 2006).

Facies exóticas: se caracterizan por tener un pobre sorteo y ausencia de rasgos estratigráficos coherentes, algunos de los principales tipos son: *Pebbly Mudstones*, *Slumps* y *Slumps* con bloques estratificados.

Pebbly Mudstones.- están conformados por gránulos y guijarros con clastos de areniscas distorsionadas, todo incrustado en una matriz lutítica deformada (Figura 17). Son sugeridos dos tipos de mecanismos para su origen; el primero por emplazamiento por flujo de debris y el segundo implica el paso de una corriente turbidítica areno/guijarrosa sobre una capa de fluido saturado, lodo no compacto.

Slumps.- comprenden una gran gama de variados sedimentos deformados. Su principal litología son las limolitas, además contiene capas de areniscas separadas por tracción o enrolladas dentro de una matriz limosa. Para todos estos casos la depositación fue probablemente muy rápida con entrapamiento de agua intersticial, seguido de la depositación de lutitas y el sellado del fluido de poro (Figura 18). Algunos slumps podrían moverse a velocidades altas, lo suficiente como para que la mayor parte del sedimento se mantenga en suspensión con características de turbulencia de flujo, transformando la masa en una corriente de turbidez.

Slumps con bloques estratificados.- son bastante comunes, estos bloques estratificados pueden llegar a tener metros de diámetro compuestos por capas interestratificadas de areniscas y limolitas y posiblemente puedan ser derivados de una socavada y colapsada pared de canal, donde consecuentemente fueron enterrados por sedimentos de corrientes turbidíticas (Figura18). Este tipo de depósito es caracterizado por estatificación no deformada bajo y sobre el horizonte desplomado, las capas son de poco espesor y están asociadas a capas de espesores también pequeños y a las turbiditas “CCC” interpretadas como depósitos de levee.



Figura 17- *Pebbly Mudstones*, clastos dispersos por toda la matriz limosa junto a capas de areniscas enrolladas (Tomado de Posamentier y Walker, 2006).

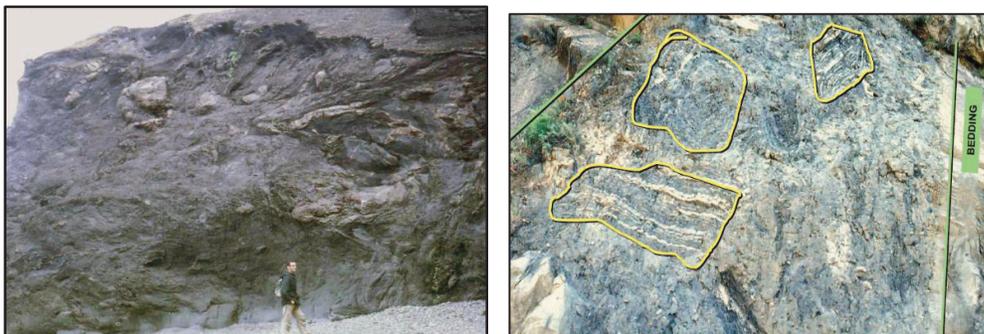


Figura 18.- *Slumps* (izquierda) y *Slumps* con bloques estratificados (derecha) (Tomado de Posamentier y Walker, 2006).

3.3 ABANICOS SUBMARINOS

Los abanicos submarinos son conformados por lóbulos de turbiditas y canales, se forman al pie del talud en una llanura abisal, su dirección de extensión es perpendicular a la orientación de la cuenca, sin embargo la topografía del piso puede modificar tanto en forma como en orientación a estos depósitos.

Un abanico se puede diferenciar por su promedio en el tamaño de grano, pueden ser abanicos de arena o de lodo dependiendo de la fuente clástica y actividad del ambiente tectónico. Los abanicos de arena comprenden extensiones más pequeñas y se asocian a márgenes activas, en cambio los abanicos de lodo abarcan áreas más extensas y ocurren en márgenes pasivas (Rodríguez, 2010).

Los abanicos submarinos pueden ser subdivididos en varias facies según su proximidad a la línea de costa (Figura 19):

El abanico interno: representa la porción más proximal conformada por canales y cañones, como zona de alimentación del abanico se caracteriza por contener litofacies de turbiditas de grano grueso, areniscas conglomeráticas frecuentemente lenticulares y facies de lutitas bioturbadas.

Abanico medio: desaparecen los cañones y se desarrollan lóbulos principales caracterizados por ser sistemas ricos en arenas graduando a lentes de debritas o arenas de grano más grueso en el desarrollo de los canales. En cada lóbulo pueden presentar distintos sistemas de canales como trenzados, meándricos, etc.

Se presentan sucesiones con engrosamiento hacia el tope, facies de grano medio y cantidades menores de hemipelagitas; adicionalmente se puede desarrollarla secuencia de Bouma completa.

Abanico externo: representa la parte distal del abanico donde se encuentran los sedimentos de facies turbidíticas de grano fino-medio y más fino; lateralmente de muy buena continuidad con intercalaciones de hemipelagitas.

Plano de cuenca: se caracterizan por turbiditas de granos muy finos y muy delgados, donde las lutitas pelágicas y hemipelágicas representan la mayor proporción dentro de las facies presentes.

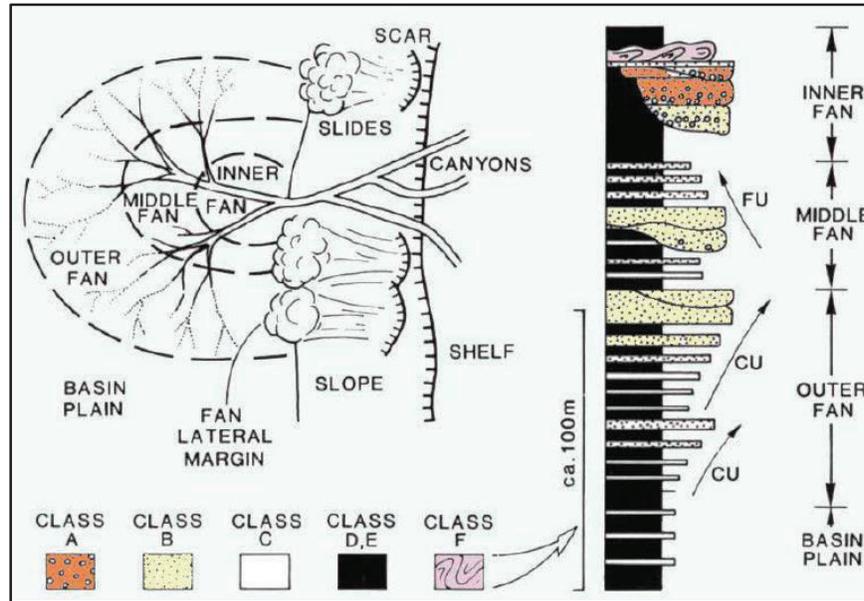


Figura 19.- Vista en planta del modelo de abanico submarino conceptualizado y secuencia regresiva hipotética de un modelo de abanico submarino. (Tomado de Rodríguez, 2010).

3.4 CAÑONES SUBMARINOS Y CANALES

Los cañones submarinos y los canales son importantes componentes de los márgenes continentales de aguas profundas, forman los principales conductos para el transporte de sedimentos hasta las cuencas oceánicas a través de diferentes tipos de flujos ya mencionados anteriormente.

Los principales elementos arquitectónicos que componen los sistemas de deposición en aguas profundas son: **Canyons**, **Leveed Channels Complexes** y **Frontal Lobe Complexes** (Posamentier y Walker, 2006).

Canyons: son considerados como los principales rasgos erosivos y pueden ser sistemas muy complejos, su origen es a menudo relacionado con la aparición de grandes depresiones o deslizamientos de tierra (Figura 21). Su desarrollo también

está vinculada a los ciclos eustáticos, con erosión pronunciada y derivación de sedimentos durante los Lowstand, seguido por un progresivo relleno de cañón que va disminuyendo durante las transgresiones (Slatt, 2006).

Los márgenes de las secciones del cañón superior y medio, a menudo se caracterizan por múltiples escarpes debido a la destrucción de su pared lateral, creando terrazas de tamaño variable a lo largo de su trayectoria. La re-movilización de sedimento acumulado en esta misma región, puede ser desencadenada por eventos intermitentes (como terremotos o tormentas), inestabilidad de laderas (sedimentación rápida, aumento excesivo o cambios en la presión de poro) o ser más continua en el tiempo como en sistemas de cañones alimentados por grandes ríos. El alto relieve de las paredes del cañón tiende a confinar completamente flujos de turbidez, sin embargo rara vez sobrepasan a los márgenes más altos del cañón; la eficacia del confinamiento tiende a disminuir pendiente abajo hacia la zona de transición a un *Leveed Channels Complexes* (Da Costa, 2011).

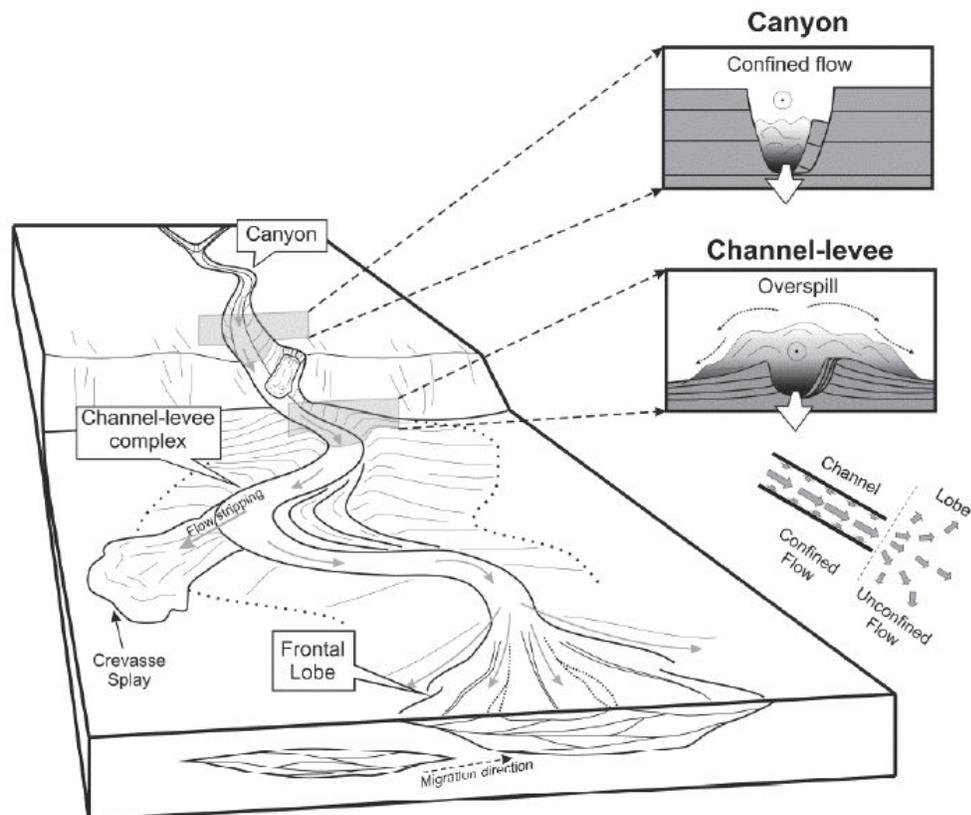


Figura 20.- Diagrama representando los sistemas de cañones y canales; *Leveed Channels*; *Crevasse Splay*; *Frontal Lobes*. (Tomado de Da Costa, 2011).

Leveed Channels.- están genéticamente vinculados con *Canyon Channels* (Posamentier y Walker, 2006) (Figura 20). Pueden ser de construcción si se produce agradación, de erosión si es formado por la erosión de canal, o mixtos.

Los *Levees* asociados son depósitos generalmente asimétricos cóncavos-up, en forma de gaviota que flanquean los canales (Figura 20). Los sedimentos en el eje del canal son predominantemente de grano grueso, mientras que los *Levees* se caracterizan por depósitos de lodo, limo y arenas finas (Slatt, 2006); sin embargo áreas de *Levee* cerca al eje del canal contienen la fracción más gruesa de los sedimentos finos.

Los *Leveed Channels* van desde rectos a muy sinuosos, las zonas más escarpadas tendrán canales menos sinuosos, mientras que zonas de gradientes bajas desarrollarán canales de alta sinuosidad; la disminución repentina de la energía promueve la deposición de turbiditas de grano fino sobre el flanco de los *Levees* (Slatt, 2006).

Crevasse Splay también constituye un importante tipo de depósito de desborde (Figura 20). Es el resultado de ruptura de levee por las fracciones más densas de las corrientes de turbidez, que se producen preferentemente en las curvas de los canales. Esto conduce a la depositación de sedimentos de grano grueso dentro del levee medio y distal dominado por limos y lodo. (Posamentier y Walker, 2006; Slatt, 2006).

Frontal Lobe Complexes pueden formarse ya sea en el extremo de los *Leveed Channels Complexes* cuando el flujo de turbidez es parcial o no confinado, o en lugares con importantes pendiente (Figura 20).

Lóbulos tienen una forma tabular y se forman predominantemente por areniscas, se caracterizan por canales distributarios aunque también pueden ocurrir patrones trenzados y son poco profundos (Da Costa, 2011).

El punto de transición de un *Leveed Channel* a un *Frontal Lobe* está controlado por las características de flujo de turbidez (arena: relación de barro, de volumen, altura y velocidad) (Posamentier y Walker, 2006). Los lóbulos se forman cuando decrece el confinamiento, inducido por la reducción en la anchura del canal, la profundidad, la sinuosidad y la altura del *Levee*; lo que permite una dispersión lateral de los

vectores del flujo, con la consecuente disminución de la velocidad y la depositación de sedimentos en los canales distributarios (Figura 20) (Posamentier y Walker 2006).

3.5 ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL

La estratigrafía trata del estudio e interpretación de las rocas entre ellas las sedimentarias a partir de la identificación y descripción de los materiales que las constituyen y tomando en cuenta la secuencia temporal. Entre las muchas divisiones de la estratigrafía nos centraremos en la estratigrafía secuencial.

Aloestratigrafía: toma en cuenta discontinuidades que incluyen superficies de erosión, superficies de máximos de inundación, tobas, tempestitas y/o turbiditas como marcadores de tiempo.

Estratigrafía secuencial: trata del estudio de las secuencias deposicionales y las unidades tectosedimentarias, conjuntos de sedimentos agrupados con criterios genéticos, sedimentológicos y tectónicos; es decir es un modelo aloestratigráfico de un nivel más alto, el cual interpreta el origen deposicional de los estratos sedimentarios como producto de “cambios del nivel relativo del mar”.

La potencial utilidad del uso de la metodología de la Estratigrafía Secuencial como parte de este trabajo, lleva a considerar ciertos conceptos principales; tales como la definición de cortejos sedimentarios tectónicos (Systems Tracts).

Cada System Tract contiene un conjunto de sistemas deposicionales ligados, que presentan una paleografía coherente y una polaridad deposicional definida; además cada uno corresponde en su formulación original, al conjunto sedimentario depositado concreto de un ciclo completo de subida y bajada del nivel del mar, con el antecedente que actualmente se considera que estos sistemas están controlados por la relación entre eustatismo, tectónica y aporte de sedimentos.

Los System Tracts constituyen las divisiones mayores establecidas dentro de una secuencia deposicional, mientras que la división menor es la parasecuencia.

Parasecuencias: son bloques fundamentales de las secuencias. Una parasecuencia es una sucesión relativamente conformable de estratos genéticamente relacionados, limitados por superficies de inundación y sus superficies correlativas (Catuneanu et al., 2009). Dentro de este concepto también se manejan la progradación, agradación y retrogradación; mismos que indican la forma de apilamiento de los sedimentos.

Si las facies se somerizan hacia arriba, se dice que es una progradación. Si los sedimentos se acumulan hacia arriba se habla de una agradación; mientras que si se profundizan hacia arriba es una retrogradación (Figura 21).

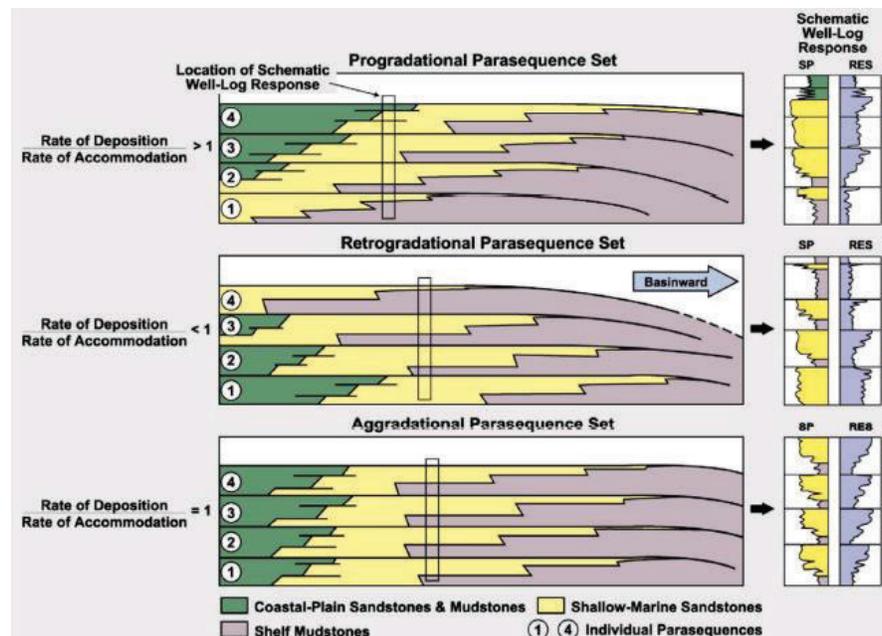


Figura 21.- Tipos de conjuntos de parasecuencia definidos por la fluctuación de la línea de costa.

Systems Tracts: es la conexión de sistemas deposicionales contemporáneos que forman la subdivisión de una secuencia. Incluye todos los estratos acumulados a través de la cuenca durante una etapa particular de un cambio de la línea de costa, sus interpretaciones son basadas en: 1.- modelo de apilamiento estratal; 2.- posición dentro de la secuencia y 3.- tipos de superficies que los limitan.

Los Systems Tracts son interpretados como depósitos durante incrementos específicos de la curva eustática. **LST (Low System Tract)** durante el aumento eustático temprano; **FSST (Falling-Stage System Tract)** durante la caída eustática tardía; **TST (Transgressive System Tract)** durante un aumento rápido del nivel eustático y **HST (High System Tract)** durante la parte tardía de un aumento eustático o nivel eustático constante (Figura 22).

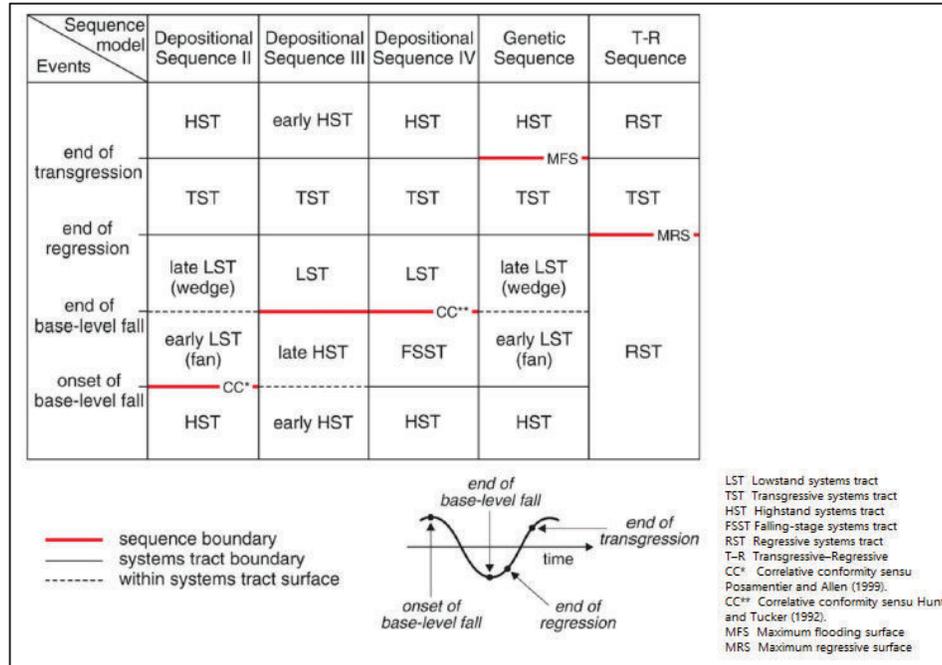


Figura 22.- Nomenclatura de los Systems Tracts y el timing de los límites de secuencias para los existentes modelos de secuencias estratigráficas. (HST) Sistema de tractos altos; (SB) Límite de secuencia; (FSST) Etapa de descenso de sistemas de tractos; (LST) Sistemas de tractos bajos; (TS) Superficies transgresivas; (TST) Sistemas de tractos transgresivos; (MFS) Superficies de máxima inundación. (Tomado de Catuneanu et al, 2009).

HST: caracterizado por un apilamiento progradacional por un movimiento descendente del nivel del mar, eventualmente el nivel del mar cae por debajo del nivel base de los arroyos en la línea de costa y comienzan a erosionarse los propios depósitos deltáicos, con lo que el HST queda expuesto y se crea una superficie de erosión (Figura 23.1).

FSST: el Sistema de apilamiento de los estratos es progradacional, donde todos los estratos que se acumulan en la cuenca se derivan de una regresión forzada de la línea de costa y antes del inicio de la próxima elevación del nivel relativo del mar (Figura 23.2).

LST: aquí los sedimentos son transportados por ríos a través de valles de incisión y son depositados en ambientes de estuario y playas; pero si continúan su transporte a través de la plataforma hasta aguas profundas, son depositados en tres parasecuencias distintas que son: depósitos de abanicos de piso de cuenca; sistemas de abanicos de talud y la última parasecuencia corresponde al Complejo Progradante (Figura 23.3).

TST: caracterizado por un apilamiento retrogradacional, por la elevación del nivel base, se encuentra condicionado al aporte de sedimentos y a la topografía de la planicie costera; se desarrolla en ambientes de estuarios, islas de barrera, lagunas marginales y planicies costeras (Figura 23.4).

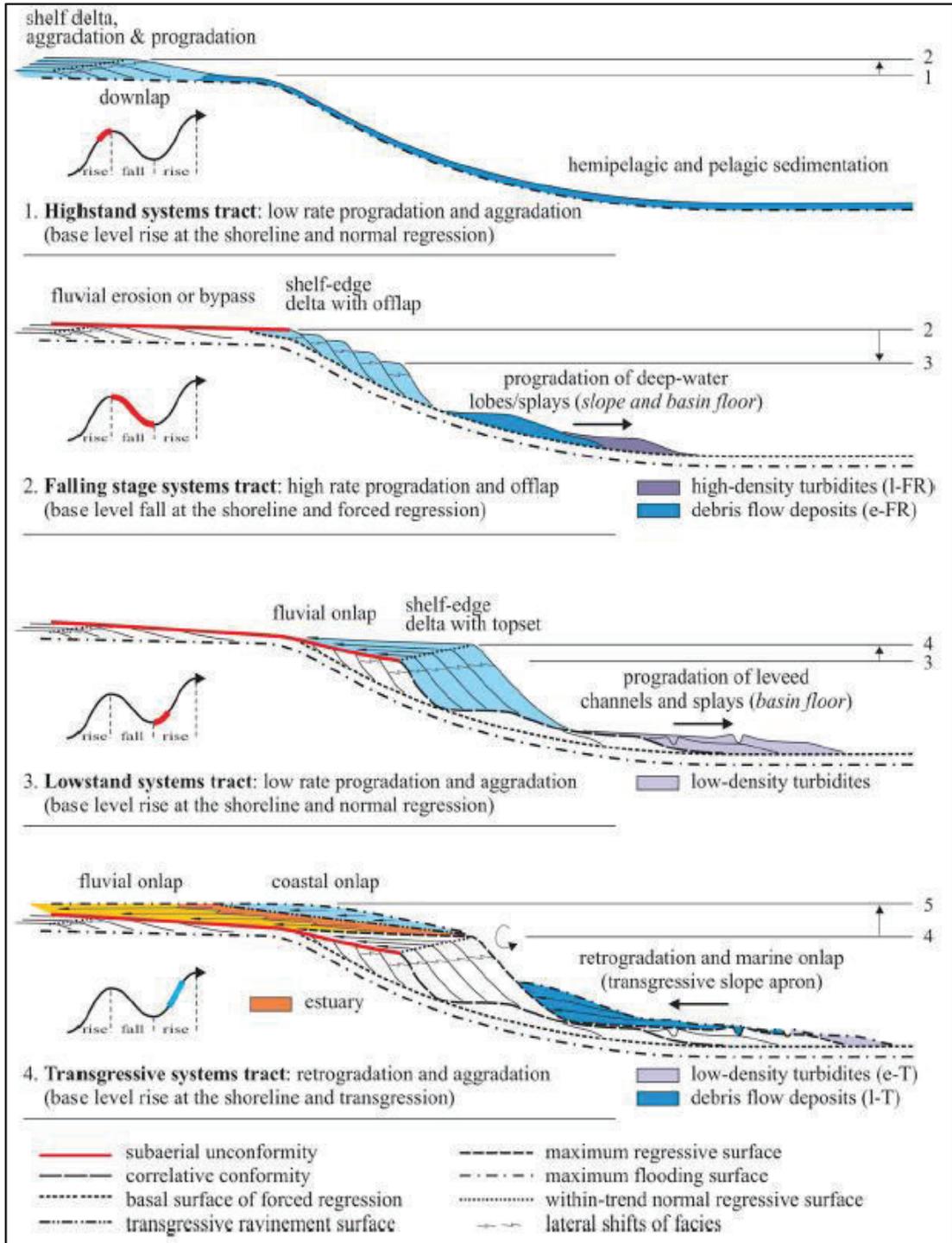


Figura 23.- Esquemización de los Systems Tracts.

3.6 MÉTODOS SÍSMICO DE REFLEXIÓN

Este método geofísico es muy utilizado en la exploración y producción de hidrocarburos gracias a la gran capacidad de resolución y penetración que posee y cuyo objetivo fundamental es reconstruir la estructura de las rocas en el subsuelo y las características físicas a partir de la información de tiempos, amplitudes, fases, frecuencias, etc.

La técnica fundamental consiste en generar microsismos artificiales utilizando fuentes de energía como: explosivos, vibradores, etc., y en medir con ayuda de equipos de grabación sofisticados, el tiempo transcurrido desde la generación de la onda hasta que esta es recibida en los distintos geófonos ubicados en superficie, los mismos que la envían a un sismógrafo donde esta información se graba y se grafica (Figura 24).

Las trayectorias de las ondas sísmicas se pueden reconstruir a través del registro de toda la traza; es decir la toma de los tiempos de ida y vuelta de la energía sísmica y de las velocidades de propagación. El tiempo de recorrido es una función de las propiedades físicas de las rocas, así como de su disposición en el subsuelo.

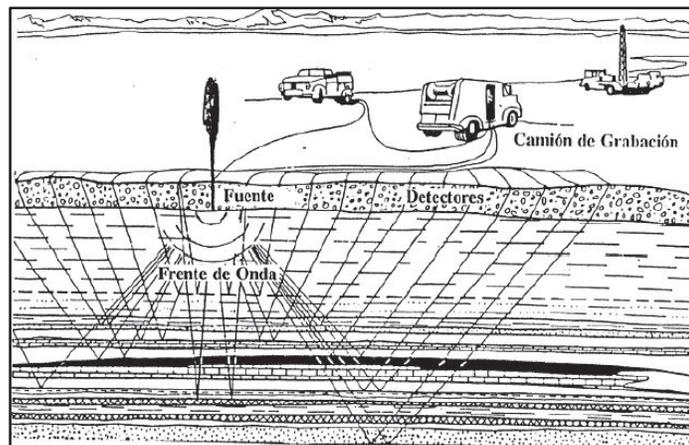


Figura 24.- Esquema del proceso de adquisición de datos de sísmica de reflexión.
(Tomado de Justiniano, 2007)

Entre los fundamentos teóricos básicos de este método tenemos:

Principio de Huygens: Reconoce que cada punto de un frente de onda que avanza es de hecho el centro de una nueva perturbación y la fuente de un nuevo tren de ondas; y que la onda que avanza como un todo se puede mirar como la suma de todas las ondas secundarias que surgen de puntos en el medio ya atravesado.

Coefficiente de reflexión: Denota la relación entre la amplitud de la onda reflejada y la incidente, y entre la energía incidente y la reflejada (Lamus, 2011).

Para incidencia normal, $i = 0$ vale la fórmula:

$$CR_{1,2} = \frac{V_2\rho_2 - V_1\rho_1}{V_2\rho_2 + V_1\rho_1} = \frac{I_2 - I_1}{I_2 + I_1}$$

V = velocidad en la que se desplaza la vibración.

ρ = densidad del medio.

I = Impedancia acústica

Traza sísmica: Una traza sísmica representa la respuesta del campo de ondas elásticas a la velocidad y los contrastes de densidad a lo largo de las interfases de las capas de rocas o los sedimentos a medida que la energía viaja a través de las capas del subsuelo, desde una fuente hasta un receptor o un arreglo de receptores.

Ondícula: es un impulso unidimensional, que generalmente es la respuesta básica de un solo reflector; sus atributos clave son su amplitud, frecuencia y fase. La ondícula se origina como un paquete de energía proveniente del punto fuente, que tiene un origen específico en el tiempo, y retorna a los receptores como una serie de eventos distribuidos en el tiempo y como energía. La energía de cualquier ondícula recibida decae con el tiempo conforme se produce una separación posterior en las interfases pero también decaen debido a la pérdida de energía como calor durante la propagación.

Ondícula de Ricker: Una ondícula de fase cero convolucionada generalmente con una traza de reflectividad para generar un sismograma sintético (Gil, 2011).

Reflector: Es una interfase entre capas de propiedades acústicas, ópticas o electromagnéticas contrastantes. Las ondas de electromagnetismo, calor, luz y sonido pueden reflejarse en este tipo de interfase. Podría representar un cambio litológico, una falla o una discordancia.

Convolución: Es una operación matemática con dos funciones para arrojar una tercera función, que es la representación más general del proceso de filtrado lineal (invariante), mientras que la deconvolución se utiliza extensivamente en el procesamiento sísmico para contrarrestar ese filtrado (Bernaez, 2010).

Deconvolución: Permite recuperar las altas frecuencias, atenuar las múltiples, ecualizar las amplitudes, producir una ondícula de fase cero, o para otros fines que por lo general afectan la forma de onda. Además, puede mejorar los datos sísmicos afectados adversamente por el filtrado, o la convolución que se produce naturalmente a medida que la energía sísmica es filtrada por la Tierra.

Sección sísmica: Es una representación de datos sísmicos a lo largo de una línea y consta de numerosas trazas representadas en el eje X y el tiempo de viaje doble o la profundidad en el eje Y. Esta sección se denomina sección de profundidad si ha sido convertida de tiempo a profundidad y sección de tiempo si esto no se hizo.

Impedancia Acústica: Es la resistencia que oponen los estratos del subsuelo a las ondas que se propagan a través de los mismos y se define como el producto entre la densidad del medio de propagación y la velocidad de la onda P.

$$AI = \rho \times V_P \quad \text{Donde} \quad AI: \text{Impedancia acústica}$$

ρ : Densidad del medio

V_P : Velocidad de la onda

Su importancia radica en que permite la determinación de los coeficientes de reflexión, los cuales describen la Amplitud (o la intensidad) de una onda reflejada respecto a la onda incidente, en la interfaz de materiales que poseen diferentes impedancias acústicas (Gil, 2011).

Velocidad sísmica: Es un valor definido como la rapidez de propagación de una onda sísmica y el registro sísmico es la principal herramienta para medir este tipo de velocidades.

Sismograma sintético: Para algunos intérpretes sísmicos un sismograma sintético, es un modelo unidimensional directo de la energía acústica que se propaga a través de las capas de la Tierra; es empleado para identificar marcadores sísmicos y calibrar las superficies o eventos sísmicos en tiempo y amplitud.

El sismograma sintético es generado mediante la convolución de la reflectividad derivada de los registros acústicos y de densidad digitalizados. El registro acústico se calibra generalmente con la información de los primeros arribos de un perfil sísmico vertical (VSP) o un levantamiento de tiros de pruebas de velocidad antes de combinarlo con el registro de densidad para producir la impedancia acústica (Gil, 2011) (Figura 25).

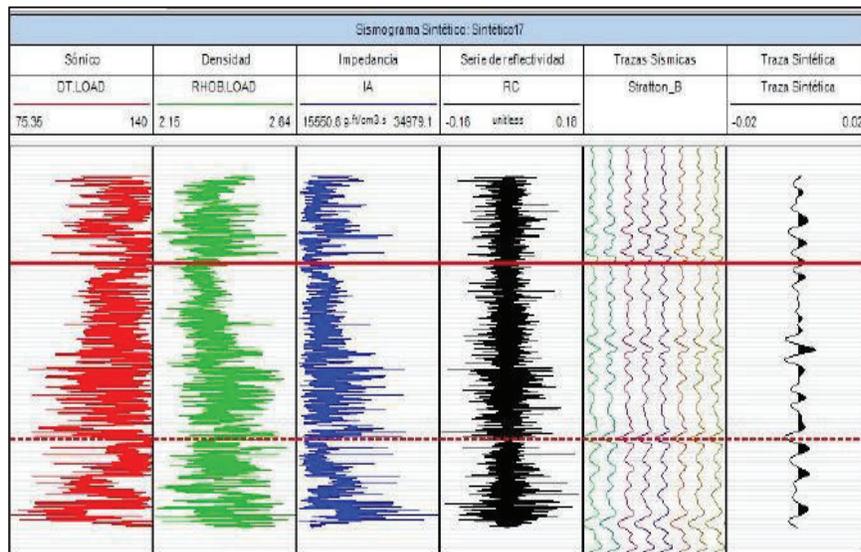


Figura 25.- Proceso de generación del sismograma sintético.

3.6.1 SÍSMICA 3D

La sísmica 3D es aplicada para campos nuevos o campos ya conocidos o perforados para obtener un mejor detalle en áreas determinadas y aumentar el

conocimiento geofísico, geológico que permita maximizar el recobro de las reservas.

En este tipo de sísmica, lo más recomendado y lo más utilizado es una geometría ortogonal en la cual las líneas fuente y las líneas receptoras están dispuestas perpendicularmente entre sí (Figura 26). Esta geometría es de gran ayuda para el desarrollo de las actividades que cumplen los grupos de topografía, taladro y registro.

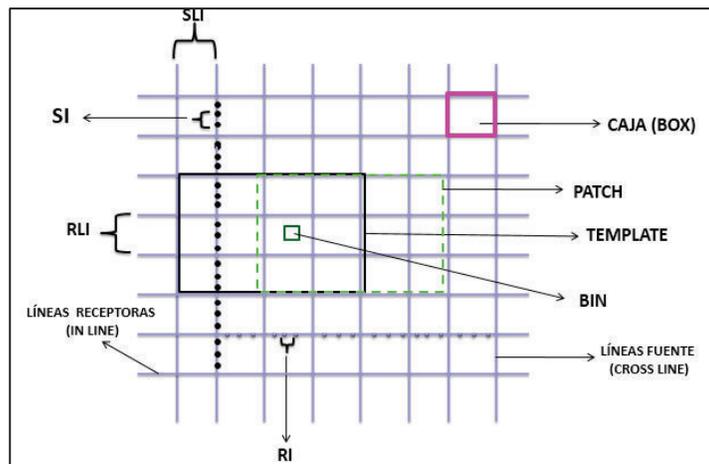


Figura 26.- Configuración ortogonal en campo. Source Interval (SI); Source Line Interval (SLI); Receiver Interval (RI); Receiver Line Interval (RLI) (tomado de Ondas elásticas - UCE, 2008).

Una vez obtenidos los datos sísmicos, estos requieren someterse a un procesamiento sísmico cuyas etapas más importantes son:

Recuperación de amplitudes: compensa las pérdidas sufridas por la señal en su recorrido sin perder la relación de amplitudes, es decir compensar en tiempo. Las pérdidas se producen por absorción y la divergencia esférica (Chelloti et al., 2009).

La recuperación se realiza de manera empírica, buscando el mejor balance visual.

Deconvolución: La deconvolución es un proceso que mejora la resolución temporal de los datos sísmicos por medio de la compresión de la onda sísmica básica. Este proceso también nos ayuda a remover gran cantidad de energía

múltiple presente en los datos (Figura 27). Se aplica antes del Apilamiento aunque también se puede aplicar sobre datos post-apilados (Justiniano, 2007).

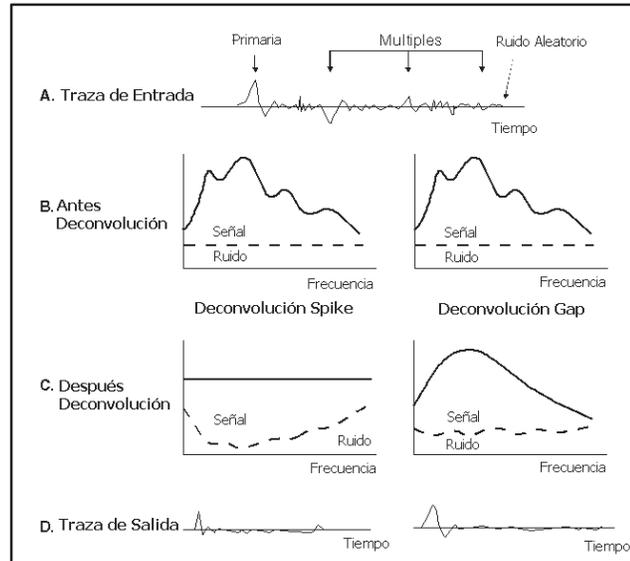


Figura 27.- Esquema del proceso de deconvolución.

Cálculo de correcciones estáticas: Las variaciones laterales de las capas cercanas a la superficie de la tierra distorsionan los tiempos de viaje de las reflexiones sísmicas de los eventos más profundos. En la práctica, sin embargo, las distorsiones pueden ser, a menudo, asumidas como independientes de los tiempos de reflexión y por tanto pueden ser corregidas aplicando una corrección estática a cada traza la cual va asociada con la posición del disparo y del receptor (Reporte final de procesamiento Ancón 3D por Westerngeco, 2003).

Mute: Esta aplicación cumple la función de eliminar la señal proveniente de los primeros arribos generados a partir de la onda refractada y las reflexiones que debido a la corrección dinámica y por su mayor offset, hayan sufrido un estiramiento mayor al 20%.

Filtros: Los filtros son redes que permiten el paso o detiene el paso de un determinado grupo de frecuencias (banda de frecuencias); una de sus

características principales es su frecuencia de corte, que limita el grupo de las frecuencias que pasan o no pasan por el filtro (Figura 28).

Filtro de corte alto.- en el filtro paso alto pasarán las frecuencias por encima de la frecuencia de corte.

Filtro de corte bajo.- en el filtro paso bajo pasarán las frecuencias por debajo de la frecuencia de corte.

Filtro pasa banda.- es un circuito diseñado para pasar señales solo en cierta banda de frecuencias en tanto que rechaza todas las señales fuera de esta banda (Justiniano, 2007).

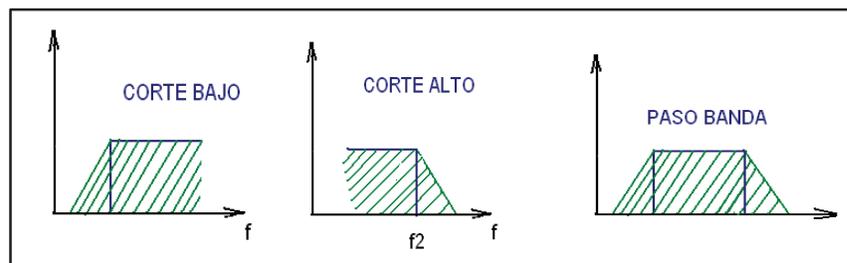


Figura 28.- Tipos de filtros.

Migración: Es la propiedad de poner todos los reflectores en su verdadera posición en el espacio, se practican pruebas con diferentes algoritmos y porcentajes de velocidades de apilado suavizadas para así poder observar qué algoritmo y con qué porcentaje se resuelven mejor los modelos esperados.

Con la migración se intenta reconstruir los efectos de la propagación de ondas a partir de los resultados registrados, para producir una imagen en el subsuelo. La migración colapsa las difracciones producidas por estructuras anómalas, definiendo de manera más clara: planos de fallas, fuertes buzamientos, diapirismo, etc.; en otras palabras la migración tiene como objetivo hacer una aproximación de la sección sísmica a un perfil geológico pero en tiempo. La falta de migración o una migración inadecuada por lo general produce buzamientos erróneos, falsas estructuras, difracciones y cambios laterales de velocidad no corregidos (Ondas elásticas- UCE, 2008).

3.6.2 INTERPRETACIÓN SÍSMICA

Con la traza sintética sobre la sísmica y utilizando como apoyo todos los registros eléctricos, se realiza el vínculo entre la sísmica y el pozo en el cual a partir de marcadores estratigráficos, se busca establecer la mejor correlación entre los reflectores observados en la sísmica con los máximos y mínimos de amplitud observados en el sintético. De la misma manera también se ha tomado en cuenta los cambios litológicos reportados en el registro Gamma Ray para poder correlacionar de mejor manera.

Una vez realizado el vínculo entre la sísmica y los diferentes pozos, se desplazan los pozos y sus respectivos topes o marcadores estratigráficos en la sísmica, para así iniciar la interpretación de horizontes, límites de secuencias y fallas.

En la sísmica 3D la interpretación se la realiza, por recomendación, cada 2 o 4 líneas; para el caso de nuestra área se la ha hecho cada 3 Inlines, comparando cada una con la siguiente, y a la vez controlando con dos o tres transversales que las cruzan en diferentes sectores estratégicos; además existe otro método como ir controlando con secciones horizontales o timeslice.

Para el caso del área de estudio por su complejidad sedimentaria y tectónica no se ha podido aplicar el seguimiento automático de horizontes.

Con el avance de la interpretación se puede a la par nominar las fallas, agregar las más pequeñas y rayar reflectores adicionales y casualmente recurrir al uso de atributos sísmicos, etc.

Interpretación Sismoestratigráfica.- Para iniciar el análisis sismoestratigráfico, solo en zonas tectónicamente estables se puede comenzar directamente sin una previa evaluación del marco estructural. Se utilizará la metodología de la estratigrafía sísmica y el análisis de facies sísmicas (Mitchum et al., 1977).

Para lo cual se tomaron en cuenta los siguientes conceptos básicos:

Secuencia sísmica: es un conjunto de reflectores continuos en el espacio y en el tiempo genéticamente relacionado, que están limitados en su base y en su techo por discontinuidades o por sus continuidades correlativas.

Facies sísmicas: Es una unidad tridimensional, compuesta por reflexiones sísmicas, cuyos parámetros acústicos (amplitud, frecuencia, continuidad, velocidad de intervalo) difieren de los correspondientes a las unidades adyacentes dentro de la misma secuencia. Las facies sísmicas deben indicar características de los ambientes y procesos de sedimentación.

Además se establecen diferentes parámetros para definir y diferenciar entre una secuencia Sismoestratigráfica y una facie sísmica y son:

Secuencia Sismoestratigráfica	Facie Sísmica
Reconocimiento de discordancias	Configuración dominante
Extrapolación de discordancias a lugares concordantes	Continuidad de la reflexión
	Relaciones de contacto
Definición de secuencias separadas por discordancias o conformidades correlacionables.	Amplitud y frecuencia
	Velocidad interna
Espesor, geometría, orientación, etc.	Geometría externa

Para esto se ha puesto en consideración varios conceptos básicos como:

Límites de secuencias, patrones de configuración interna y formas externas:

Son superficies de discontinuidad interpretadas como discordancias o su relativa continuidad lateral. En la sección sísmica se identifican tanto por la terminación y continuidad de los reflectores sísmicos sobre superficies depositacionales. Estos límites pueden ser discordantes o concordantes y para cada secuencia sísmica se tiene un límite de secuencia superior e inferior. Los límites discordantes tienen terminaciones sísmicas en Onlap, Downlap y Toplap, así como las discordancias erosivas o truncaciones (Figura 29B); mientras que los límites concordantes muestran patrones sísmicos relativamente paralelos sin mostrar inclinaciones aparentes. También se toma en cuenta las formas externas, las cuales identifican en dos dimensiones la forma externa o geometría que presenta cada secuencia a lo largo de toda la sección y estas pueden ser: sheet, cuniforme, lenticular, monticular, etc. (Figura 29A). Los patrones de configuración interna son de tipo paralelas, divergentes, subparalelos y caóticos, formas progradacionales sigmoides u oblicuas, formas monticulares, en abanico, valles cavados, truncación erosiva y

distintos tipos de traslazo (Mitchum et al., 1977) (Figura 30). Todos los parámetros antes mencionados se resumen en el siguiente recuadro.

PARÁMETROS DE LA INTERPRETACIÓN DE FACIES SÍSMICAS				
Terminaciones de reflexiones		Configuración de reflexiones		Formas externas
Onlap		Parallel		Sheet
Downlap		Subparallel		Sheet drape
Truncation	<i>Erosional</i>	Divergent		Wedge
	<i>Structural</i>	Prograding clinofoms	<i>Sigmoid</i>	Bank
Concordance	<i>Oblique</i>		Lens	
			<i>Complex sigmoid-Oblique</i>	Mound
			<i>Shingled</i>	Fill
			<i>Hummocky Clinofom</i>	
		Chaotic		
		Reflection-free		
		Modifying terms	<i>Even</i>	
			<i>Wavy</i>	
			<i>Regular</i>	
			<i>Irregular</i>	
			<i>Uniform</i>	
<i>Variable</i>				
<i>Hummocky</i>				
<i>Lenticular</i>				
<i>Disrupted</i>				
	<i>Contorted</i>			

Características depositacionales primarias, que se relacionan con la disposición de capas sedimentarias, procesos de deposición, erosión, etc. Se establece según el parámetro de configuración. **Paralela**: igualdad de espesor de estratos, sedimentación y acomodación constante de sedimentos sobre una cuenca estable o plataforma uniforme y subsidente. **Divergente**: engrosamiento hacia la cuenca, variación lateral de tasas de sedimentación, basculamiento sin-depositacional de la cuenca o superficie de sedimentación. **Progradante**: Propagación desde los márgenes de la cuenca, acreción lateral hasta formar pendientes suaves, tasa de aporte importante. **Caótico**: sin estructuras, deformación sin-sedimentaria y deposición en ambientes de alta energía (Mitchum et al., 1977).

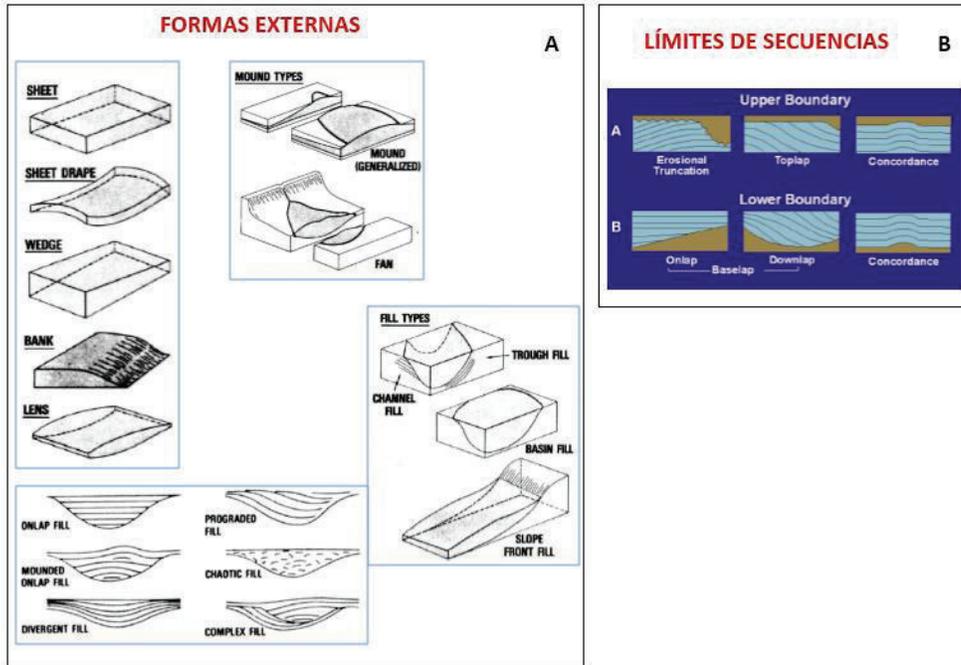


Figura 29.- (A) Figuras tridimensionales de las unidades de facies sísmicas (formas externas). (B) Límites de secuencias

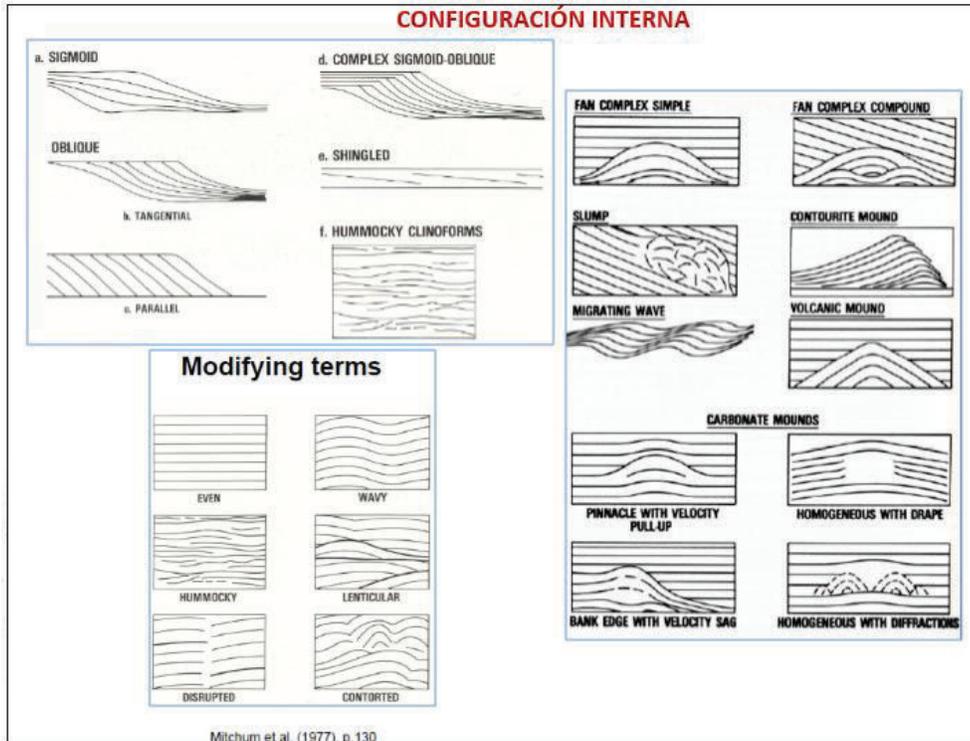


Figura 30.- Configuración y arreglo geométrico interno de los reflectores (Tomado de Mitchum et al., 1977).

Espesor: para el caso en que no se cuenta con una sección sísmica en profundidad, los espesores de las secuencias se refieren en tiempo de reflejo (mseg), que corresponde a la diferencia en tiempo entre el tope y la base de la secuencia.

Continuidad de la reflexión: Referido al grado de coherencia presente entre reflectores continuos, al espaciamiento entre capas y al contenido de fluidos. A lo largo de las secciones se puede identificar reflectores sísmicos continuos, discontinuos o parcialmente continuos (Aguayo, 2010).

Amplitud de la reflexión: Se refiere a la magnitud de los eventos de reflexión y están íntimamente relacionados con las impedancias acústicas de los medios rocosos atravesados; entre mayor es el contraste, mayor es la amplitud y viceversa.

Frecuencia de la reflexión: característica de la naturaleza del pulso sísmico, dependiente del espaciamiento de los banco y del contenido de fluidos (Aguayo, 2010).

3.7 REGISTROS ELÉCTRICOS DE POZOS

Abarca todo el estudio de las propiedades físicas y químicas que describen la incidencia y comportamiento de las rocas y los fluidos presentes en ellas, a través del análisis de perfiles de pozo y muestras de núcleos, a fin de proveer información sobre la prospectividad de un área determinada.

Los registros eléctricos de pozos son las mediciones de propiedades presentes en los sedimentos de las paredes de un pozo, tomadas a lo largo del mismo; proporcionan información *in situ* del subsuelo, que difícilmente son obtenidas por otros métodos.

3.7.1 REGISTRO SP

Es un registro no inducido. El SP de los materiales del subsuelo se origina en las células electroquímicas formadas por el contacto entre las arcillas, las arenas y el

lodo de perforación, y como consecuencia del efecto electrocinético de los fluidos que se mueven a través de la zona permeable. No se ha demostrado una relación directa entre la magnitud de la deflexión de SP y la permeabilidad, en general una deflexión negativa (hacia la izquierda) indica una zona permeable (si el lodo es más dulce que el agua de formación). Las deflexiones del SP son reducidas por la presencia de arcillas y una desventaja es que no es útil en lodos no conductivos (Unidad de Perforación y Mantenimiento de pozos, 2000).

Las arenas poco consolidadas que contiene agua dulce poseen registros SP positivos y las arenas que contienen agua salada dan registros SP negativos. La unión de todos los puntos con SP un los (0) permite trazar una línea denominada *Línea Base de las Arcillas* (Figura 31).

Por tanto el SP es utilizado para identificar capas porosas, para calcular la salinidad del agua de formación y la resistividad del agua de formación (R_w).

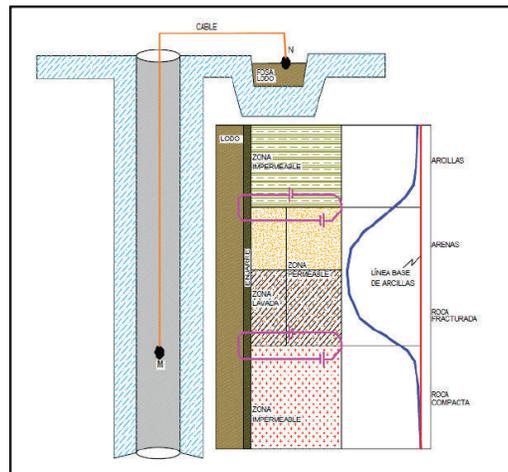


Figura 31.- Registro SP con su interpretación litológica.

3.7.2 REGISTRO GAMMA RAY

Los rayos gamma son impulsos de ondas electromagnéticas de gran energía que son emitidos espontáneamente por algunos elementos radiactivos.

El registro Gamma Ray, mide la radiactividad natural de las formaciones y es útil para determinar y evaluar los depósitos de minerales radiactivos tales como el Potasio y Uranio.

En formaciones sedimentarias el registro refleja normalmente el contenido de arcilla de la formación; esto debido a que los elementos radiactivos tienden a concentrarse en el material arcillosos.

Las formaciones limpias poseen un bajo nivel radiactivo a no ser que contaminantes radiactivos como las cenizas volcánicas, granitos deslavados o aguas de formación con sales disueltas de potasio, estén presentes (Unidad de Perforación y Mantenimiento de pozos, 2000).

Ventajas que nos brinda es indicar la existencia de arcillosidad, permitir correlaciones y detectar marcas o trazadores radiactivos (Figura 32).

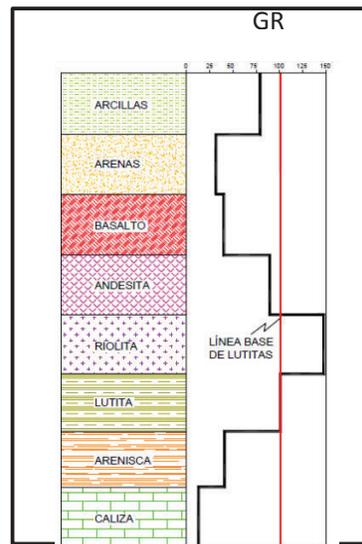


Figura 32.- Registro Gamma Ray indicando diferentes litologías de acuerdo al comportamiento de la curva.

3.7.3 REGISTRO RESISTIVIDAD

Es un registro inducido. La resistividad es la capacidad de las rocas de oponerse al paso de corriente eléctrica y es el inverso de la conductividad. Proporciona evidencia del contenido de fluidos presentes en los poros de las rocas.

Si los poros de una formación contienen agua salada presentará alta conductividad y por lo tanto la resistividad será baja; pero lo contrario sucede si los poros estuviesen llenos de petróleo o gas; además las rocas compactas como las calizas también tendrán resistividades altas (Unidad de Perforación y Mantenimiento de pozos, 2000) (Figura 33).

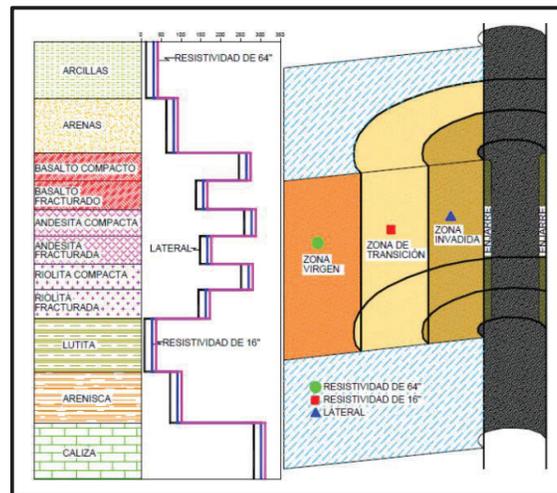


Figura 33.- Registro resistivo y su comportamiento debido a las diferentes litologías.

3.7.4 REGISTRO NEUTRÓNICO

Se ubica dentro de los registros de porosidad. Este registro en particular se basa en la medición de concentraciones de hidrógenos, lo que indicaría la presencia de agua o de hidrocarburos (Figura 34). Posee una fuente de neutrones, los mismos que colisionan con los hidrógenos presentes en los poros de la roca (Unidad de Perforación y Mantenimiento de pozos, 2000).

Se mide los neutrones dispersos liberados en las colisiones. Si el registro neutrón es alto indica alto índice de neutrones y si es bajo, indica bajo índice de neutrones.

3.7.5 REGISTRO SÓNICO

Este registro mide el tiempo de tránsito “tlog” (en microsegundos) que tarda una onda acústica compresional en viajar a través de un pie de la formación, por un camino paralelo a la pared del pozo. El tiempo de tránsito en formaciones sedimentarias depende principalmente del material que constituye la matriz de la roca (arenisca, lutita, etc.) y de la distribución de la porosidad (Figura 34). Mientras mayor es el tiempo de tránsito, menor es la velocidad, y por lo tanto, mayor es la porosidad de la roca (Unidad de Perforación y Mantenimiento de pozos, 2000).

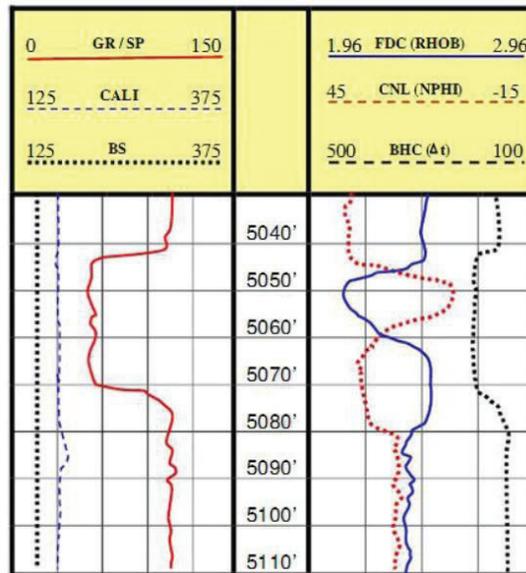


Figura 34.- Registros de correlación y de porosidad entre los cuales está el registro neutrónico (línea entrecortadas rojas) y registro sónico (línea negra entrecortada).

CAPÍTULO 4

DATOS Y METODOLOGÍA

4.1 COMPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN LITOLÓGICA, MICROPALAEONTOLÓGICA, DE WORKOVERS Y ACUMULADAS DE POZOS ESTRATÉGICOS

Para iniciar con la compilación de información fue necesario realizar un sondeo y determinar el número total de pozos dentro de la zona con sísmica 3D, una vez realizado esto se determinó que existen 172 pozos (ver figura 35); no todos poseen registros eléctricos, información litológica o paleontológica por lo que se decidió partir el estudio desde los pozos con mayor o información más útil.

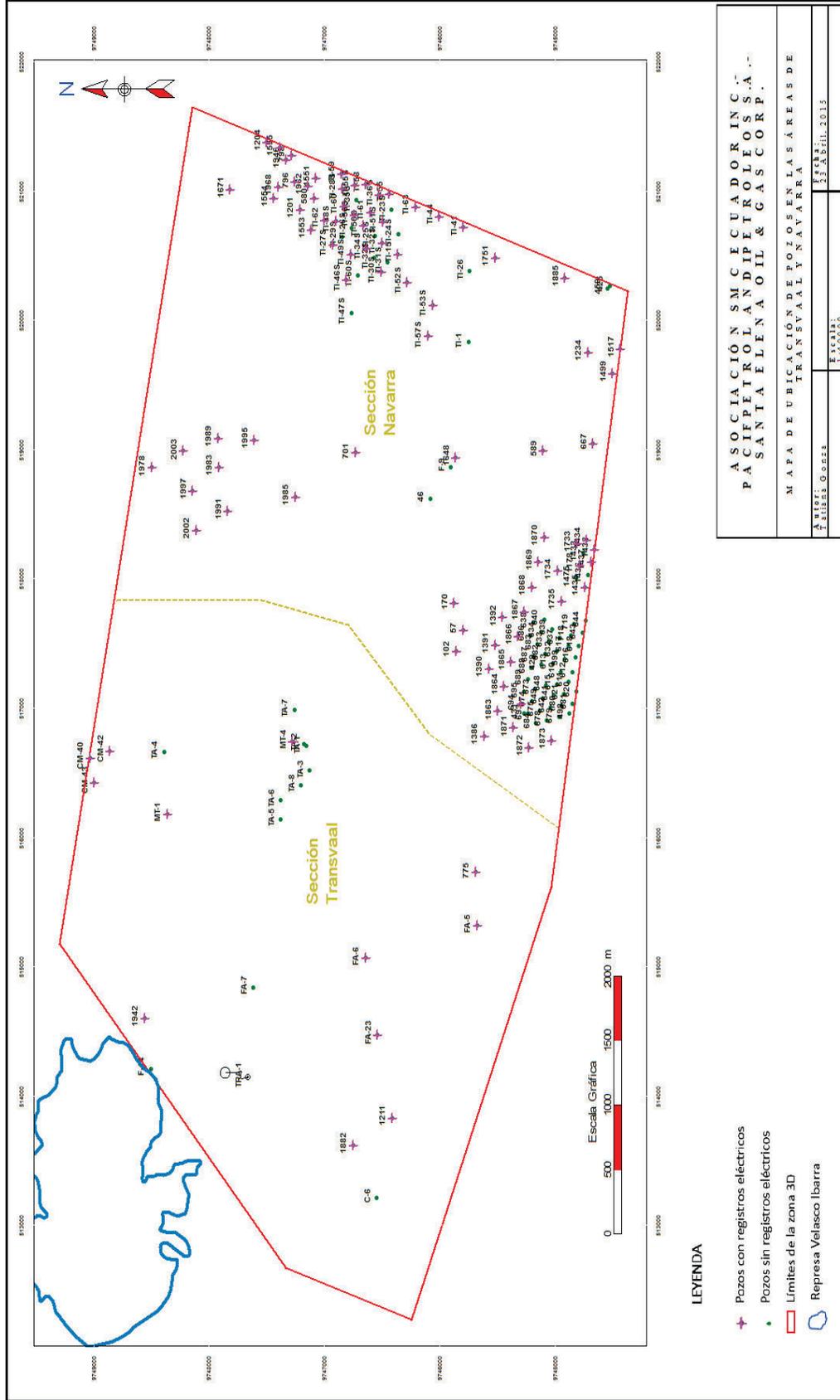


Figura 35.- Mapa de distribución de pozos en las secciones de Transvaal y Navarra.

Lo primero fue extraer información litológica, paleontológica, indicios de gas o petróleo y pérdidas de circulación; para con ello establecer ciertas características litológicas, edades de posible depositación y un probable potencial de producción de las distintas secuencias establecidas.

En la sección de Tablas, se visualizan las fichas elaboradas para los pozos con mayor información según el siguiente listado:

POZO	
TRA0001	TABLA N°4
TAM0005	TABLA N°5
ANC1942	TABLA N°6
ANC1882	TABLA N°7
ANC1211	TABLA N°8
MAT0001	TABLA N°9
MAT0004	TABLA N°10
ANC1978	TABLA N°11
ANC0775	TABLA N°12
ANC0701	TABLA N°13
ANC0589	TABLA N°14
ANC1234	TABLA N°15
ANC2003	TABLA N°16
TIG0015	TABLA N°17
TIG0041	TABLA N°18

Para el análisis sobre el potencial de cada zona del área, se realizó una tabla con la información de acumuladas para petróleo, agua y gas (ver Tabla 1); para una mejor visualización de la distribución de las acumuladas, también se elaboró mapas de burbujas para cada una respectivamente (Fig. 36; Fig. 37 y Fig.38).

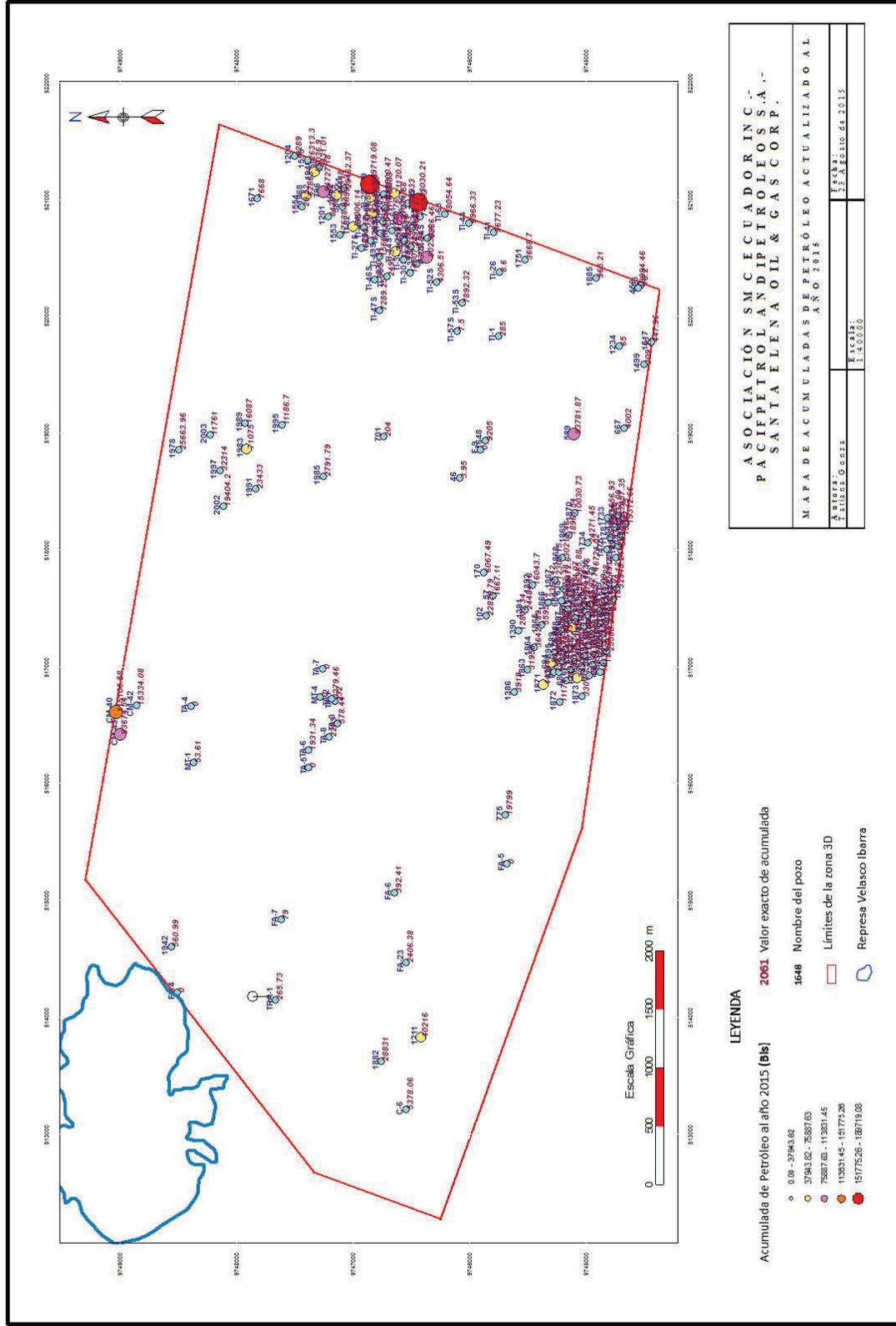


Figura 36.- Mapa de acumulada de petróleo actualizado al 2015.

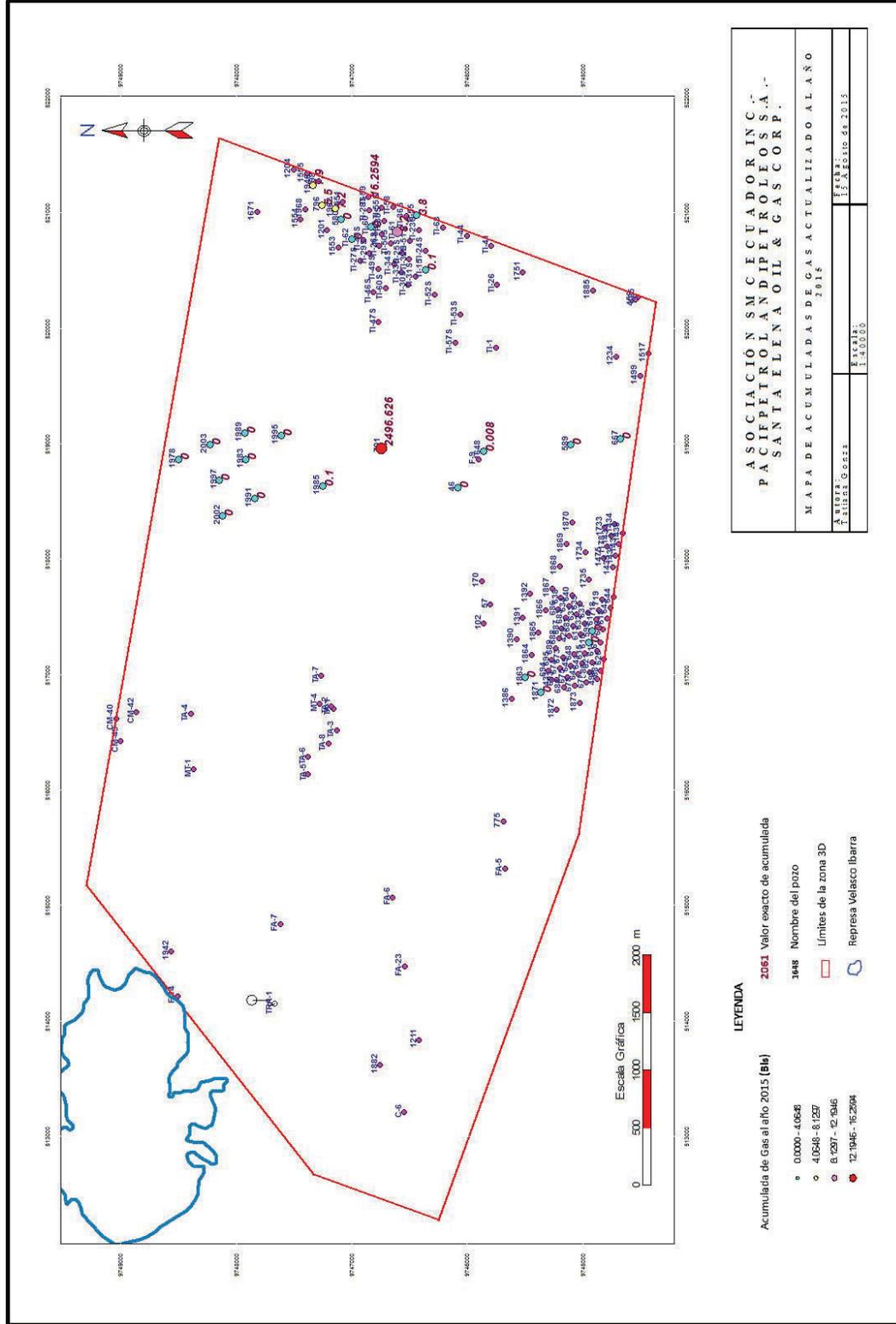


Figura 37.- Mapa de acumulada de gas actualizado al 2015.

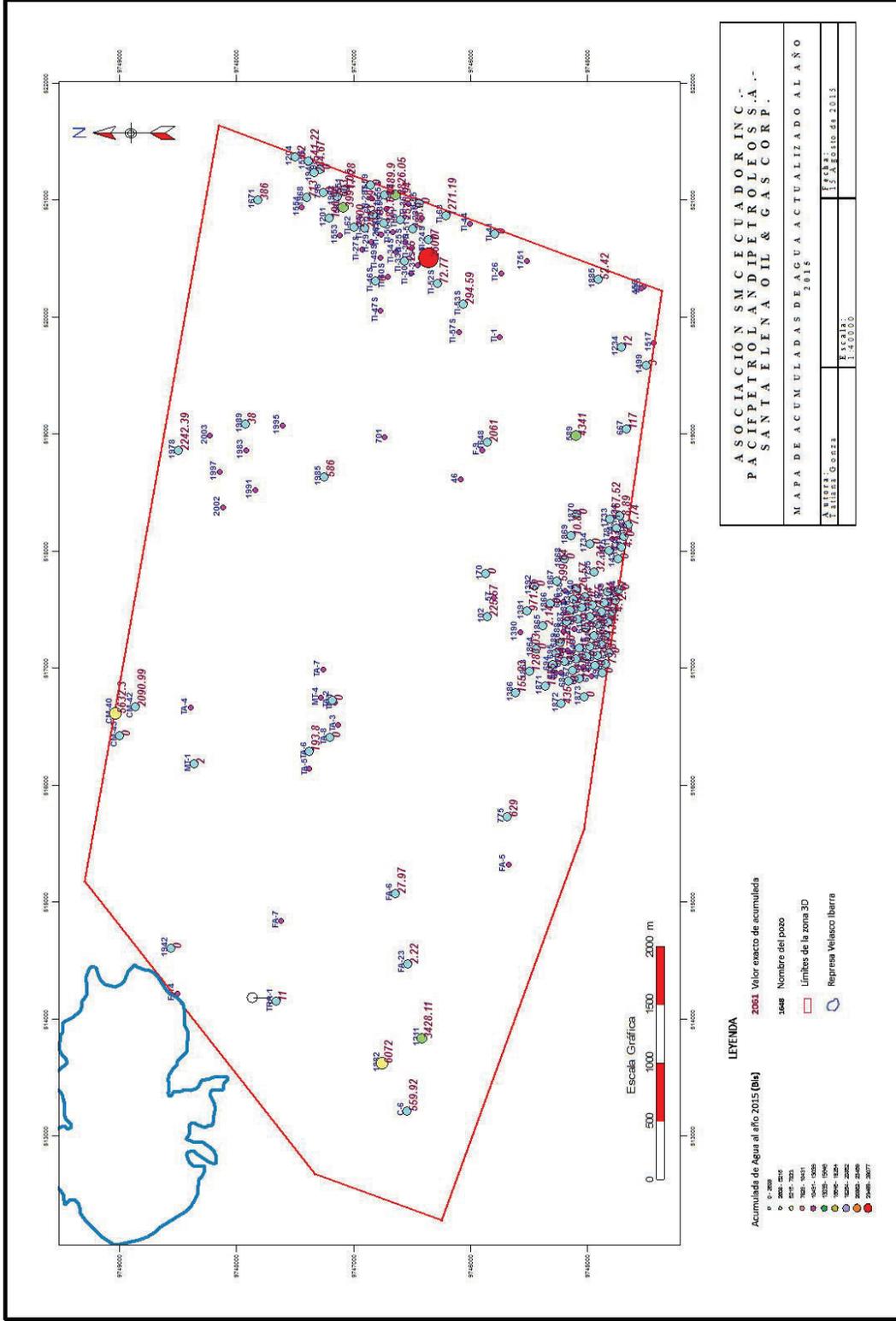


Figura 38.- Mapa de acumulada de agua actualizado al 2015.

4.2 CORRELACIONES ESTRATIGRÁFICAS

La correlación estratigráfica a base de registros eléctricos es una herramienta útil para establecer las correspondientes continuidades o discontinuidades laterales de para las secuencias terciarias; partiendo de la identificación de niveles guía y marcadores importantes petrofísicamente hablando.

Para el caso del siguiente estudio se dividió la zona en dos sectores estratégicos: sección Transvaal y sección Navarra (ver figura 35), en consideración a los trabajos realizados anteriormente en el área (ver capítulo 1); los mismos que definen características especiales en la paleografía y la razón de la recuperación de reservas, entre otros. Una vez agrupados los registros eléctricos correspondientes a los pozos de cada sección se procedió a realizar correlaciones de los topes de varias formaciones basados en el criterio de equivalencia y similitudes entre las diferentes curvas y la variación de su comportamiento en distintas direcciones. Con esto se generaron tanto mapas estructurales e isópacos para cada una de los topes formacionales y miembros de secuencias respectivamente.

El siguiente paso fue realizar cortes estructurales en ambos sectores (Fig.52 y Anexo 1) y al final un corte regional a una escala conveniente (Fig. 53); posteriormente se realizaron cortes estratigráficos horizontalizando al tope de formación PB y CPB (Anexo 2 y 3).

El resultado arrojado permitió detallar acñamientos, continuidad y espesor de las formaciones, además de visualizaciones sobre la cronología sedimentaria de la zona, cambios importantes en el estilo de depósito y posibles zonas de fallas que limitan o cortan la continuidad de las formaciones terciarias.

4.3 GEOFÍSICA: INTERPRETACIÓN DE DATOS DE LA SÍSMICA 3D

4.3.1 BASE DE DATOS SISMICA 3D

La sísmica 3D de la zona de estudio fue adquirida durante el periodo comprendido entre el 11 de marzo y el 27 de abril de 2003 y cubrió un área de 30.582 Km²; esta

información obtenida fue procesada en dos fases: Procesamiento de Migración Pre-Stack y proceso de migración Post-Stack en tiempo.

El cubo sísmico presentaba las siguientes características:

INLINES: 162	Primera: 103	Última: 264
CROSSLINES: 617	Primera: 508	Última: 1124
VENTANA DE TIEMPO	0-4998 ms	

Inline es una línea sísmica de un levantamiento 3D paralela a la dirección de adquisición de los datos, mientras que el crossline es la línea en dirección perpendicular a la toma de datos.

4.3.2 CORRELACIÓN SÍSMICA- GEOLOGÍA

4.3.2.1 SISMOGRAMAS SINTÉTICOS

Para proceder a la interpretación sísmica, es necesario generar sismogramas sintéticos de aquellos pozos que posean información acústica y en el mejor de los casos datos de sísmica de pozos.

Con el objetivo de identificar y correlacionar los distintos reflectores sísmicos a eventos geológicos importantes, se elaboró los sismogramas sintéticos de los pozos que poseen registro sísmico, cabe mencionar que para el caso del área de estudio se realizó solo para el intervalo final de algunos pozos de la tabla 2. Esto debido a que los mencionados pozos son los únicos que poseen este tipo de registro y solo en sus intervalos finales.

De los intervalos disponibles del registro sísmico se ha tomado 4 mediciones de frecuencias y calculado una promedio con el fin de ajustar lo mejor posible la ondícula de Ricker; este proceso se realizó para cada uno de los correspondientes pozos (Ver tabla 3); y, a través de la aplicación SynView del módulo de SeisVision del programa GeoGraphix Discovery, se obtuvo el sismograma sintético final para cada pozo.

Posteriormente se desplegó el sismograma sintético sobre la sísmica y se realizó un amarre “visual” para el ajuste entre sísmica y registros eléctricos, el cual consiste en observar si las reflexiones del sismograma sintético coinciden con las reflexiones importantes de las secciones sísmicas (Fig.39).

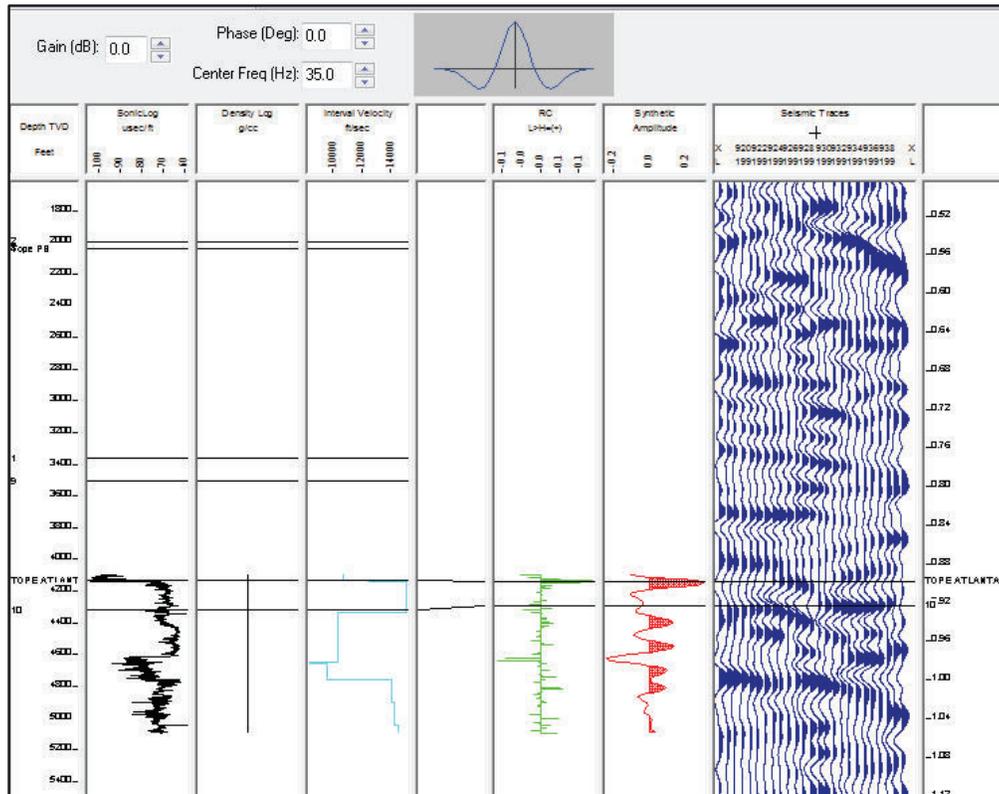


Figura 39.- Construcción del Sismograma Sintético para el pozo ANC1985. Se aprecia el registro Sónico (negro), velocidad Interválica (turquesa), Coeficiente de reflexión (verde), traza sísmica (azul) y el sismograma sintético (rojo).

Para el caso de este estudio se realizaron varias modificaciones manuales de las correspondencias entre los reflectores, porque varios de los mismos se posicionaban por debajo o encima de los visualizados en la sección sísmica.

4.3.2.2 CALIBRACIÓN SÍSMICA-POZO

Al inicio de la interpretación es necesario realizar una calibración de los pozos con la sísmica, es por esto que la información de topes existente fue utilizada para identificar la respuesta sísmica de los reflectores y de esta manera realizar el amarre de los mismos con los marcadores estratigráficos.

Este proceso se lo realizó en el módulo SeisVision de Geographix, y se procedió a realizar el atado entre la sísmica y el pozo. Con el despliegue de los marcadores estratigráficos se buscó establecer la mejor correlación entre estos y los reflectores observados en la sísmica, tomando en cuenta los topes de secuencias y los máximos y mínimos visualizados en el sismograma sintético (Fig.40).

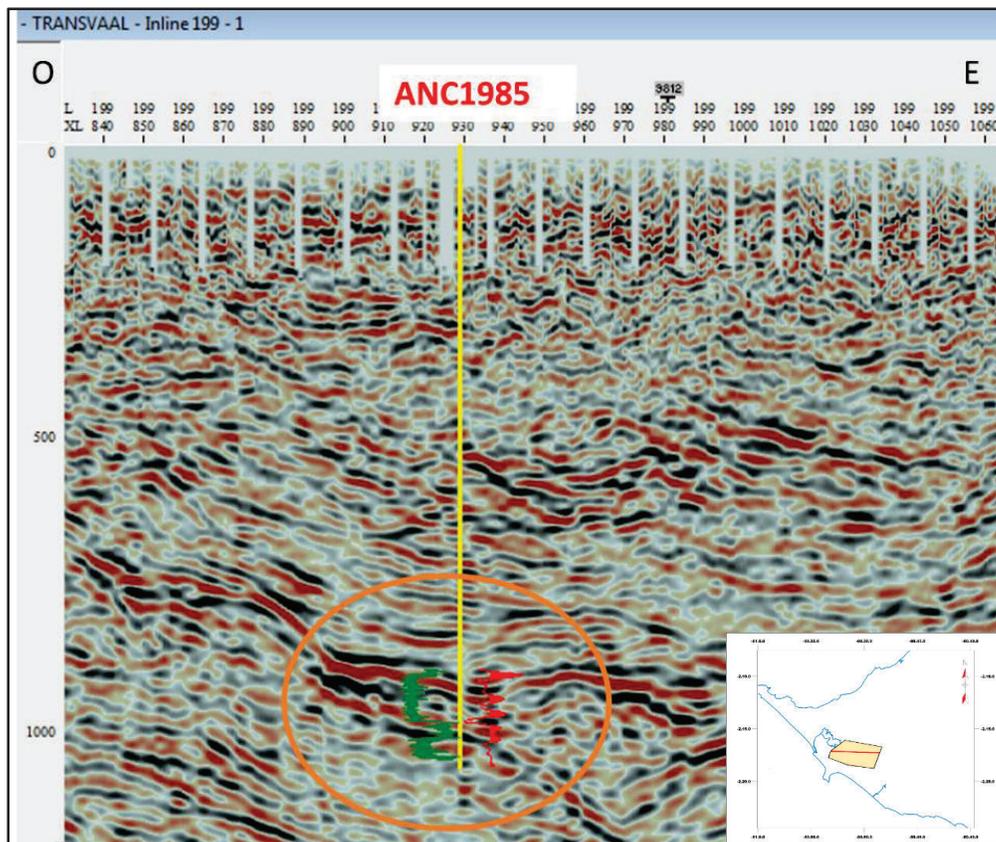


Figura 40.- Calibración sísmica-pozo *ANC1985*. Se puede observar en la circunferencia como los marcadores estratigráficos determinan los horizontes por los cuales se debe realizar la interpretación; de color rojo se observa el sismograma sintético para el respectivo pozo.

El presente trabajo solo permitió establecer un horizonte confiable, correspondiente al marcador estratigráfico de la formación Atlanta para la zona de Navarra.

4.4 INTERPRETACIÓN SÍSMICA

Una vez realizada la correlación entre la sísmica y el pozo se procedió a la interpretación sísmica con la ayuda de la información de los pozos y sus respectivos marcadores desplegados, es decir las formaciones geológicas ya determinadas en estudios anteriores.

4.4.1 INTERPRETACIÓN DE HORIZONTES

La interpretación de horizontes se hizo a partir de varios pozos empezando por el pozo *ANC1985* y *MATILDE 4*, localizado en el área de Navarra, en el Inline 199 ligándolo con el Crossline 929. Se siguieron 10 horizontes de los cuales la mayoría corresponde a un tope formacional y los otros representan cambios en el estilo o límites de depositación; a continuación de tope a base se enlistan los horizontes límites y las secuencias sísmicas delimitadas: (Fig.41).

HORIZONTES	SECUENCIAS SÍSMO-ESTRATIGRÁFICAS
Horizonte 9 (H9)	
Horizonte 8 (H8)	Secuencia 8 (S8)
Horizonte 7 (H7)	Secuencia 7 (S7)
Horizonte 6 (H6)	Secuencia 6 (S6)
Horizonte 5 (H5)	Secuencia 5 (S5)
Horizonte 4 (H4)	Secuencia 4 (S4)
Horizonte 3 (H3)	Secuencia 3 (S3)
Horizonte 2 (H2)	Secuencia 2 (S2)
Horizonte 1 (H1)	Secuencia 1 (S1)

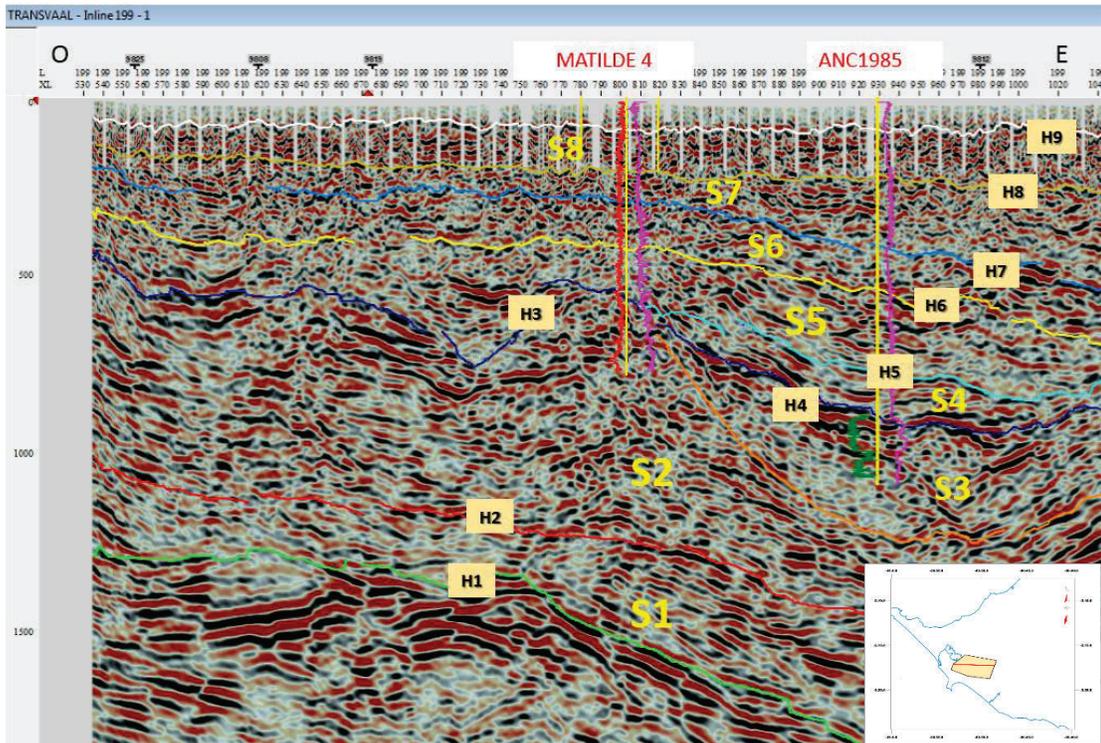


Figura 41.- Inicio de la interpretación en el tope de la formación Atlanta en el pozo ANC1985 sobre el Inline 199. Mostrando principales secuencias y sus respectivos límites horizontales límites; la escala vertical está dada en ms.

La interpretación comenzó a partir de los marcadores principales desde el tope del basamento (en la zona de estudio se considera a la Formación Santa Elena) hasta aproximadamente 250 ms (milisegundos) en la sísmica que es hasta donde se tiene una clara resolución en las secciones sísmicas.

La interpretación se realizó cada tres Inline y en zonas de mayor complejidad se las ha hecho cada 1 Inline, con el objetivo de mejorar el detalle en la interpretación.

Una herramienta de gran ayuda en esta fase del trabajo es la denominada *Create Correlation Polygon* (perteneciente al módulo de SeisVision de GeoGraphix) que permite tomar un fragmento de una sección sísmica ya interpretada y compararla con una zona aún no interpretada y así correlacionar visualmente nuestros horizontes y aumentar la confiabilidad en la dirección por donde seguir el picado del horizonte de interés.

4.4.2 INTERPRETACIÓN DE FALLAS

Se interpretó las fallas cada tres Inline y con la ayuda de Crosslines determinados; dependiendo las zonas de fallas de ser necesario se interpretará fallas en secciones sísmicas orientadas en cualquier dirección tratando de hacerlo perpendicularmente al rumbo de las mismas. De igual forma se utilizó la herramienta de Time Slice el cual permite visualizar una sección horizontal con las diferentes amplitudes y atributos de la sección; la misma nos proporciona la dirección de la falla a un determinado tiempo en milisegundos.

Una vez finalizada la interpretación de fallas en la sísmica, se procedió a colocar los saltos de falla, posteriormente, el software construyó los polígonos de fallas, un ejemplo se visualiza para el horizonte H3 de la figura 42. Se definieron 10 fallas principales en la zona de estudio, las mismas se encuentran cortando a las diferentes secuencias sísmicas; estas se observan en las visualizaciones en 3D en los Anexos 4 y 5.

A continuación se enlista las fallas generadas:

FALLAS	SÍMBOLO
FALLA 1	FA1
FALLA 2	FA2
FALLA 3	FA3
FALLA 4	FA4
FALLA 5	FA5
FALLA 6	FA6
FALLA 7	FA7
FALLA 8	FA8
FALLA 9	FA9
FALLA 10	FA10

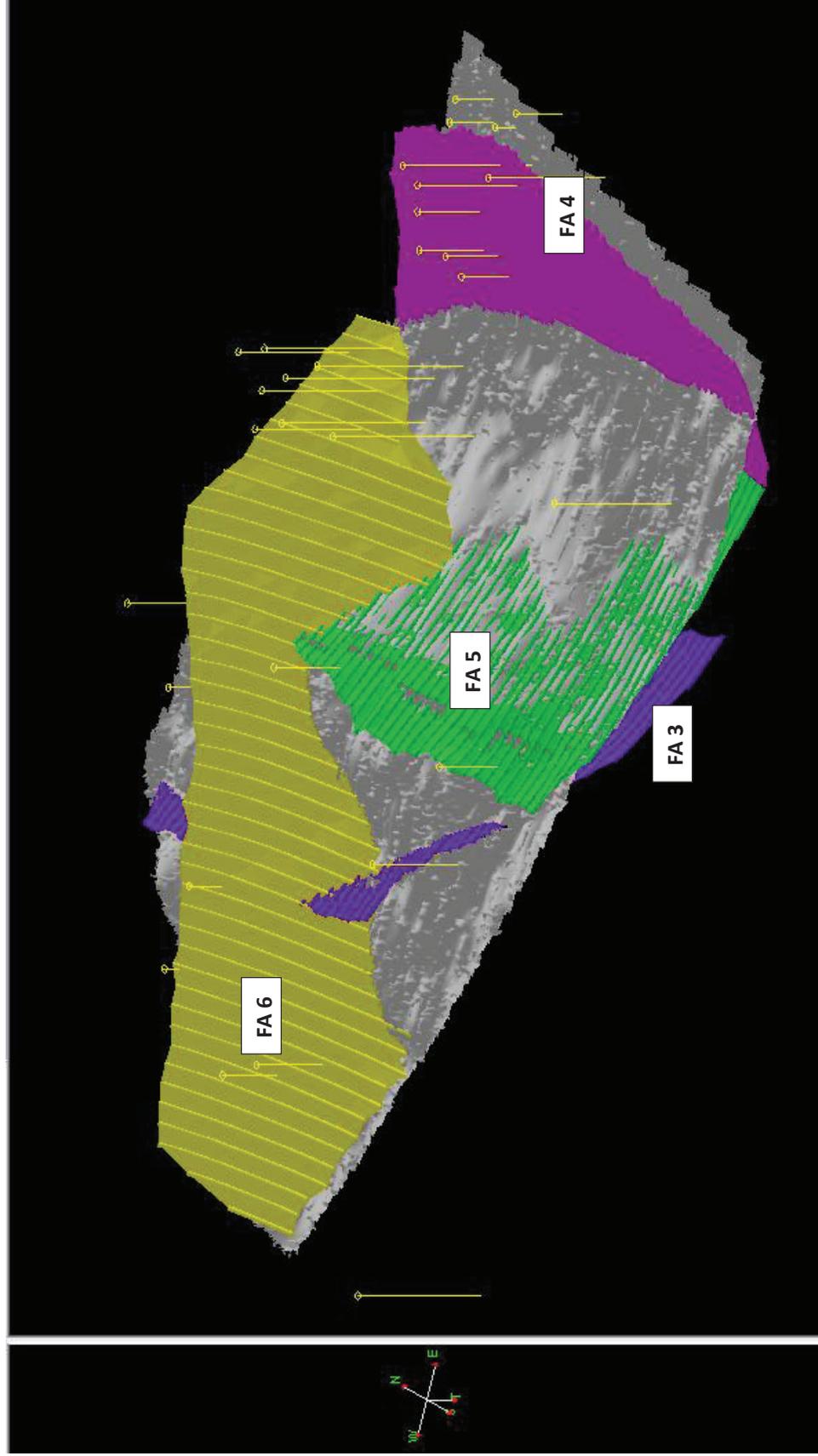


Figura 42.- Visualización 3D de los polígonos de falla (FA3, FA4, FA5 y FA6), que afectan al horizonte H3 a partir de la interpretación sísmica 3D.

4.4.3 SUPERFICIES EN TIEMPO

Una vez interpretados los Inlines y los Crosslines, se procedió a elaborar las superficies en tiempo correspondientes a los horizontes H1, H2 y H3. Para ello se aplicó la interpolación entre las líneas interpretadas, a través del módulo “Correlation 3D Autopick”. El resultado de este procedimiento fueron mapas estructurales en tiempo para los mencionados horizontes (Fig.43, Anexos 6 y 7).

4.4.4 MAPAS ISÓCRONOS

Una vez generadas las superficies en tiempo, se procedió a realizar los mapas de espesor en tiempo para las secuencia sismo-estratigráfica S1, S2 y S3, esto mediante la utilización del módulo “Attribute and Surface Calculator”, la cual nos permite operar entre horizontes y obtener un mapa de espesores en tiempo. Este procedimiento se realizó para los tres horizontes antes mencionados, los mismos que no pudieron ser correlacionados con un tope de formación, razón por la cual no se los pudo transformar a profundidad. (Anexos 8, 9, 10)

4.4.5 CONVERSIÓN DE TIEMPO A PROFUNDIDAD

Para llevar las superficies previamente generadas del dominio del tiempo al dominio de profundidad, generalmente es necesario la construcción de un modelo de velocidades interválicas, sin embargo para la zona de estudio debido a la ausencia de datos no fue posible realizarlo.

Tomando en cuenta lo dicho anteriormente, se efectuó manualmente una tabla de tiempo-profundidad para varios pozos; estableciendo una correlación entre reflector visualizado, con el dato del tope formacional dado directamente del pozo; esto generó un modelo de velocidades para cada pozo. Con estos datos generados se obtuvo un modelo de velocidades sintético-estándar para toda la zona; y con él, se efectuó la transformación de tiempo a profundidad, para generar los respectivos mapas estructurales en profundidad (Anexos 11, 12, 13, 14, 15, Y 16) y de espesores para cada horizonte y secuencia sismo-estratigráfica respectivamente (Anexos 17, 18, 19, 20, 21).

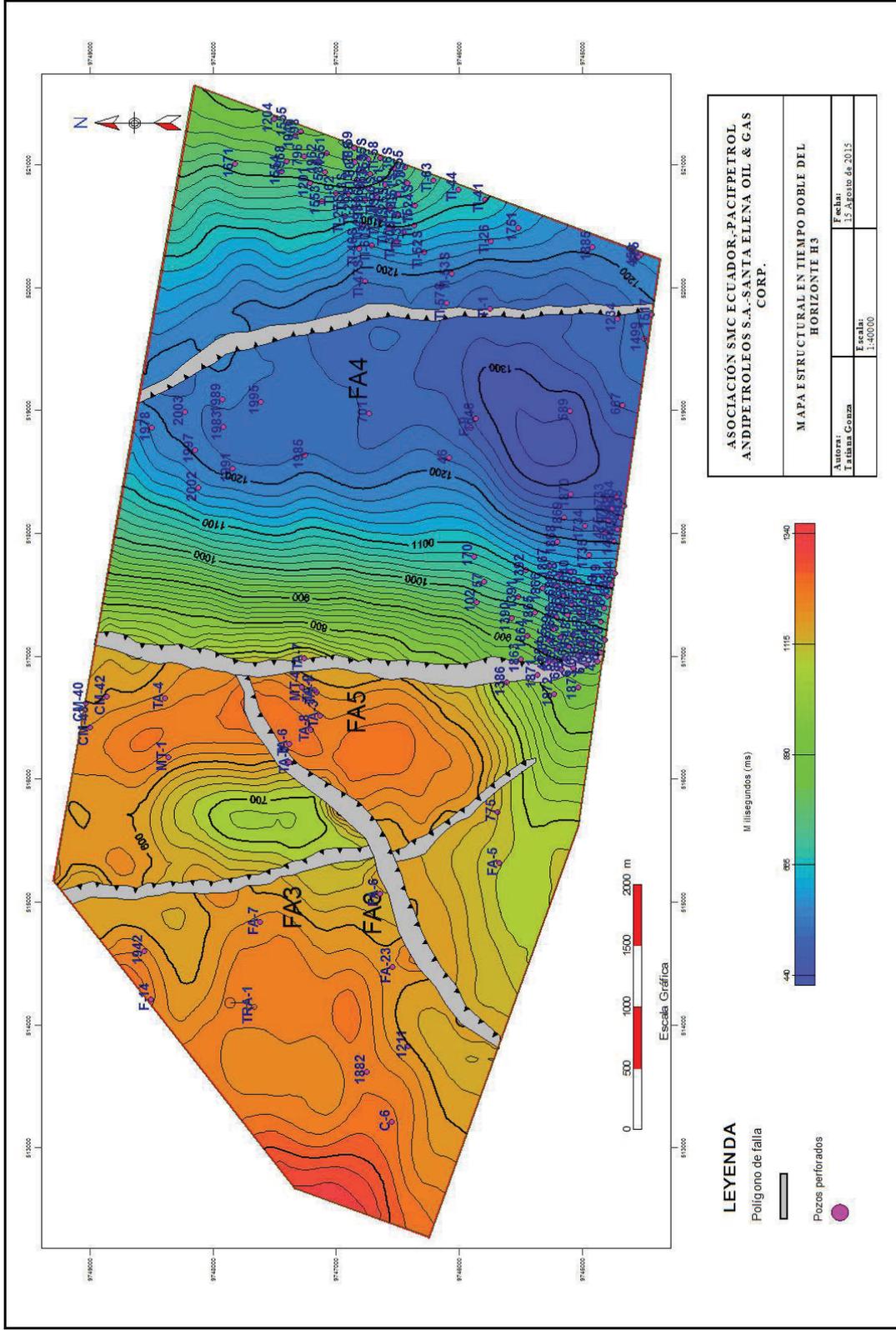


Figura 43.- Mapa estructural en tiempo doble del horizonte H3.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 RESULTADOS DE LA INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS SISMO-ESTRATIGRÁFICO: SECUENCIAS SISMO- ESTRATIGRÁFICAS

La interpretación sísmo estratigráfica pretende determinar todas las variaciones posibles de los parámetros acústicos dentro de las secuencias sísmicas individuales y sistemas encadenados con el fin de determinar cambios litológicos, cambios de espesor, continuidad laterales y tipo de fluidos presentes.

Ligado a la teoría de caracterización de secuencias sísmo-estratigráficas mencionada ya en el marco teórico, se procedió a identificar las principales discordancias, identificando eventos formacionales o deposicionales.

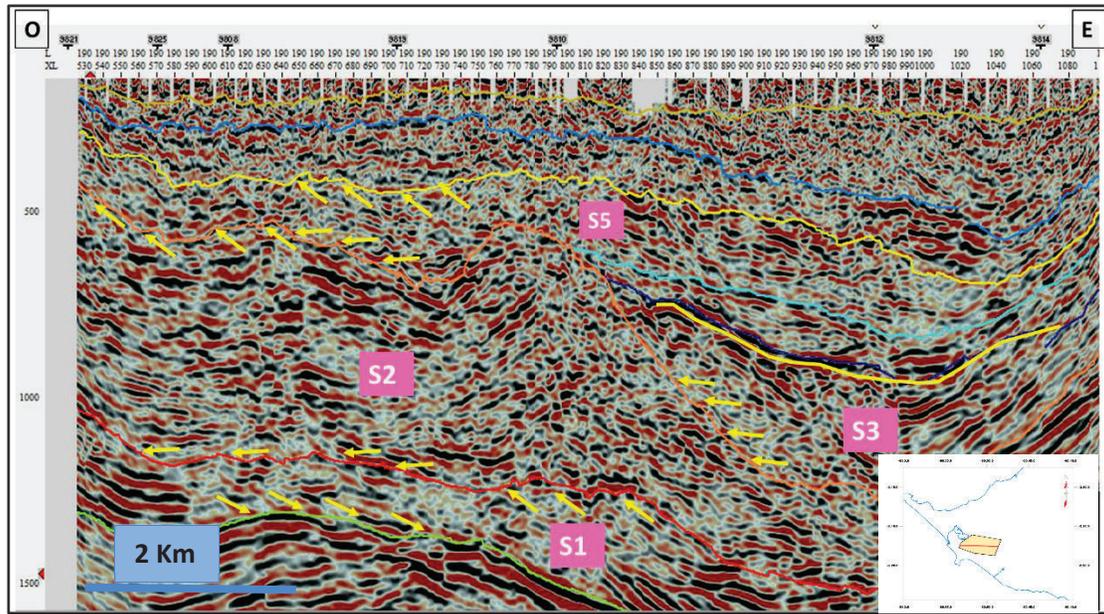
Para este fin se inició la interpretación en las zonas donde se tenía correlación sísmico-geológica, es decir, donde se tenía un sismograma sintético que para la zona de estudio se limitaron a los intervalos finales de los pozos de la parte más profunda de la zona de Navarra debido a que la información pertenecía a esos intervalos tal como se aprecia en la Tabla 2. Se identificó los reflectores más importantes y continuos, luego se prosiguió con el rayado de los mismos sobre cada sección sísmica determinada cada 3 Inline que en términos de distancia hablamos de 90 metros aproximadamente, esto conjuntamente con visualizaciones de los correspondientes Crosslines.

El fin de determinar secuencias sísmo-estratigráficas es el de abarcar grandes paquetes con diferentes unidades, esto basado en los antecedentes del campo; su gran deformación local y el complejo ambiente de depositación.

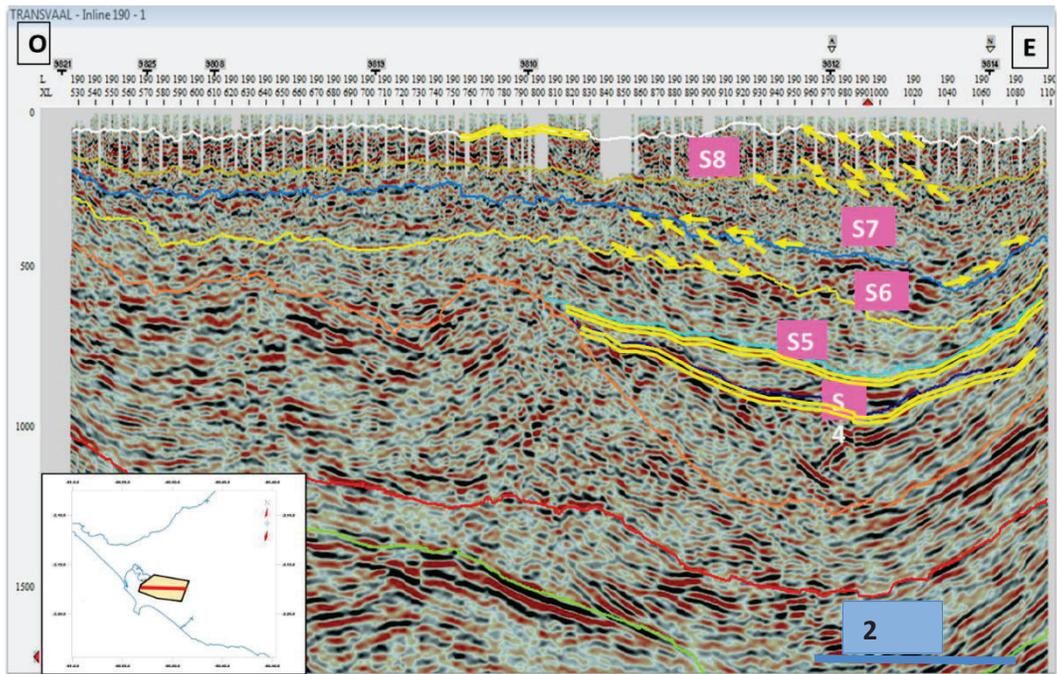
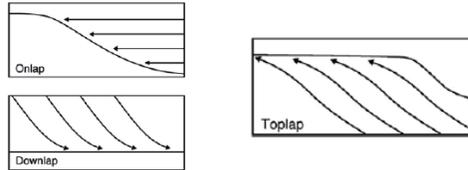
A partir de esta visualización, se diferenciaron 8 secuencias que a continuación se nombran desde la más antigua a la más reciente.

Secuencia S1: Expone reflectores continuos de fuertes amplitudes, con varias zonas de atenuación de la señal sísmica y otras con reflectores de amplitudes débiles (Fig.41). Esta secuencia se la enmarca dentro de un sistema de abanico medio con depositación en un Low Stand Fan particularmente a la parte inferior de un Channel- Levee System. Su límite inferior está dado por el horizonte H1 el cual corresponde al reflector final de la formación Santa Elena, considerada de edad cretácica. El límite inferior de la secuencia S1 es definido como downlap, mientras que el límite superior, horizonte H2, corresponde a una superficie en Toplap (Fig. 44a). El espesor de esta secuencia no ha podido ser transformado a profundidad por no tener pozos que lleguen a esa profundidad, por tal motivo se definió un espesor en tiempo el cual nos da valores entre 80 a 580 ms en TWT (Tiempo doble de recorrido) con un promedio de 332.9 ms. Los espesores principales se visualizan en las zonas SO, NE y E; con un alargamiento en sentido E-O. (Anexo 8)

Secuencia S2: Esta secuencia al igual que la secuencia anterior, pertenece a una zona dentro de un sistema de Channel-Levee System en específico a la zona superior en este caso a un levee. Está definido por el límite de inferior horizonte H2 el cual limita una superficie en onlap, mientras que la superficie superior, horizonte H3, detalla una terminación en Toplap (Fig. 44a). Esta secuencia al igual que la anterior, posee reflectores de fuertes amplitudes con continuidad lateral importante, con zonas de reflectores débiles (Fig. 41). Internamente posee una configuración sigmoidea. Al igual que la secuencia anterior, su espesor está definido en tiempo, con un promedio de 426 ms en TWT. La tendencia general es en dirección N-S con un desarrollo importante en la zona oriental del área de Transvaal disminuyendo hacia la zona occidental, con un declive importante en la zona de Navarra donde se tiene los espesores menores. (Anexo 9).



a



b

Figura 44.- Horizontes y facies sísmicas definidas con sus límites concordantes y discordantes a) Sobre el Inline 190. b) Zona de Navarra sobre Inline 190.

Secuencia S3: Está confinada a la zona de relleno de canal en Navarra, su configuración interna presenta zonas de slump y de relleno complejo. Su límite superior dado por el horizonte H4, está definido por un límite concordante, mientras que el límite inferior horizonte H3 define una superficie en onlap (Fig. 44a). Se visualizan reflectores de gran amplitud y frecuencia. Solo se la pudo definir en tiempo sísmico con espesores entre 10-420 ms en TWT, con un promedio de 230 ms en TWT; su comportamiento está ligado a una estructura de canal de dirección N-S en la zona central de Navarra con acuñamientos tanto en dirección E y O (Fig. 45). La sección donde esta secuencia alcanza sus mayores espesores es en el sur donde se bifurca en un ramal de menor espesor al extremo inferior derecho del límite de la sísmica 3D. (Anexo 10)

Secuencia S4: Tiene una configuración de tipo lenticular y compleja como la continuación del relleno del canal. Posee reflectores con bajas amplitudes en general, sin embargo en ciertas zonas posee reflectores de grandes amplitudes. Su límite superior definidos por el horizonte H5 y el horizonte H4 muestran límites concordantes (Fig. 44b). Parte de esta secuencia todavía llega a ser parte de un levee de canal sin embargo se evidencia un cambio deposicional por el depósito tan extendido de la misma, mostrando una fase terminal del levee de canal (Fig. 45). El mayor espesor de la misma se encuentra en el lado occidental de la zona de Navarra con un espesor de 900 pies, con un progresivo acuñamiento hacia el oriente hasta incluso llegar a ser cero pies, mantiene la misma tendencia N-S como dirección de extensión de la depositación (Anexo 17).

Como parte de la evolución del Low Stand System, encontramos la zona de transición entre los depósitos de lóbulos de un *Lowstand fan* hacia un Slope fan, representados con la secuencia S5 y S6.

Secuencia S5: La configuración de reflexión es de tipo lenticular en su mayoría y hummocky- clinoformos en zonas puntuales. Sus reflectores son en general de baja amplitud; sin embargo se encuentran zonas con reflectores de mayor amplitud dentro de zonas de valles pequeños (Fig. 45). El tope de esta secuencia definida por el horizonte H6 con visualizaciones de Toplap, mientras que la base limitada

por el horizonte H5 nos muestra reflectores habitualmente en Onlap (Fig. 44a). Esta secuencia se caracteriza por distintos pulsos de depósitos con rellenos importantes en zonas con depocentros como la parte oriental-central de Transvaal y la zona N y S de Navarra donde alcanzan espesores de hasta 1650 pies; tendencia a acuñamientos hacia el E y SO de la zona de sísmica 3D con valores de 100 pies de espesor (Anexo 18).

Secuencia S6: La configuración de los reflectores es muy similar a la secuencia anterior, donde se visualiza Hummocky-cliniformes con variaciones en zonas particulares a una configuración tipo paralela (Fig. 45). En las zonas de valles pequeños de rellenos se evidencian las más altas amplitudes, mientras en las zonas laterales y superiores de estos pequeños canales se encuentran los reflectores con amplitudes medias. El tope (horizonte H7) define una terminación en Toplap, mientras que para su base dada por el horizonte H6, los reflectores definen una terminación en downlap (Fig. 44b). El espesor varía con concentraciones mayores en la zona de Transvaal entre 125 a 1000 pies, su direccionalidad está orientada en sentido N-S con variaciones a NO-SE (Anexo 19).

Evidenciado en la sísmica se definió depósito de flujo de debris originados por un Transgressive System Tract, que originó depósitos de *Slope Fan* para las secuencias S7 y S8, por un ascenso en el nivel base del mar, las mismas que reflejan caóticas y perturbadas reflexiones con bajas a moderadas amplitudes.

Secuencia S7: Esta secuencia evidencia una configuración de reflexión de tipo contorsionada evidenciada mayoritariamente en las zonas de mayor espesor. Al tope en el horizonte H8 se visualiza un Toplap, mientras que en la base los reflectores nos muestran una terminación en Onlap (Fig. 44b). Los reflectores son de amplitudes medianas en general, migrando a amplitudes altas en las zonas sinclinales o más bajas de este relleno. Su configuración interna es de tipo lenticular a contorsionada difusa (Fig. 45). Los espesores varían desde los 170 a 1400 pies, concentrando los mayores espesores hacia la zona SE de Navarra con

una dirección NO-SE; mientras que los menores espesores se concentran para la zona de Transvaal (Anexo 20).

Secuencia S8: Posee una configuración igualmente contorsionada pero en menor grado que la secuencia anterior, a lo largo de la zona se evidencia un cambio hacia una configuración de tipo paralela para ciertas zonas muy específicas. Su límite superior refleja una combinación entre Toplap y un límite concordante en tramos; mientras que el límite inferior refleja un downlap (Fig. 44b). La amplitud de los reflectores es alta en las zonas con configuración paralela; mientras que las demás zonas las amplitudes varían entre medianas y bajas (Fig. 45). Su espesor varía entre 220 a 800 pies, posee una dirección NE-SO para los espesores principales. (Anexo 21).

Es claro observar las amplitudes entre moderadas y altas de los reflectores en la zona de estudio, esto muy consecuente con amplitudes características para sistemas de abanicos turbidíticos, los mismos que presentan buena continuidad lateral, además de una zona de canal que muestra reflectores con grandes amplitudes.

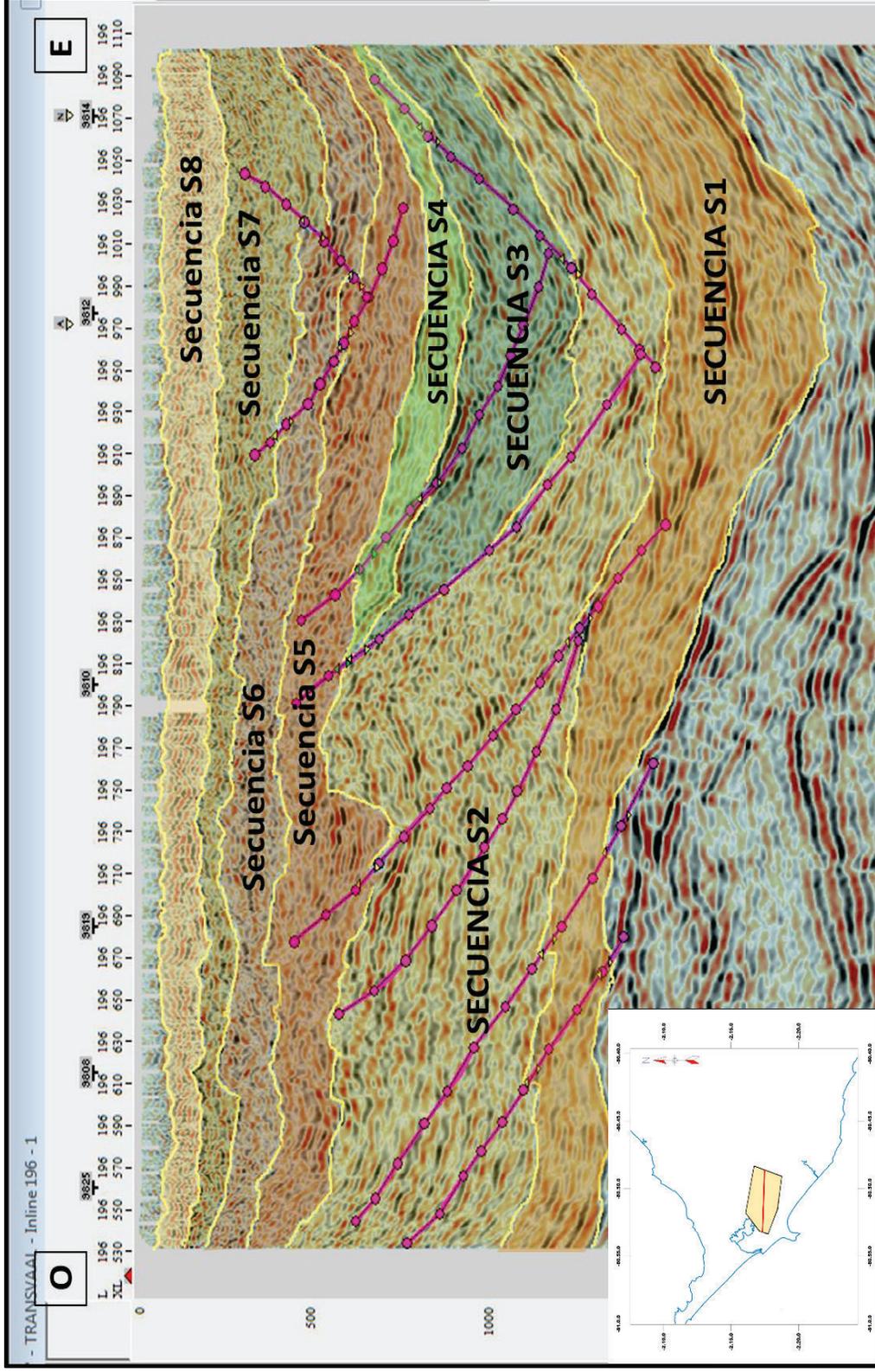


Figura 45.- Interpretación sismo-estratigráfica en el Inline 196, visualizando discordancias y las distintas secuencias. Escala vertical está dada en milisegundos.

5.2 INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS SÍSMICO-ESTRUCTURAL

Para la interpretación de fallas en la zona de estudio, hubo que situar al área de estudio dentro del contexto tectónico; el mismo que comprende un complejo sistema compresivo en zona de antearco. Con este esquema general se empezó a interpretar el conjunto de fallas las más representativas en cada Inline, con dirección E-O, además con la visualización de los Crossline; mientras que para dar la direccionalidad a las fallas se utilizó las visualizaciones de Timeslices a diferentes tiempos. La consecución de este método de interpretación dio como resultado un juego de fallas tipo lístricas de bajo ángulo y convergentes; es decir a profundidad tienden a unirse.

Por el estilo mostrado de las principales fallas, se observa que la mayoría fueron originadas en un ambiente distensivo, para luego ser afectados por diferentes pulsos compresivos los cuales provocaron que estas estructuras inicialmente de tipo normal, funcionen ahora como inversas con poco desplazamiento vertical de los estratos. No existe un marcador claro de esta inversión, sin embargo se observaron varias estructuras típicas de una inversión tectónica. La gran mayoría de fallas se caracterizan por tener un rumbo en dirección N-S con pequeñas variaciones, además de fallas con rumbo NNO- SSE.

Las fallas más antiguas de la zona de estudio son las fallas FA1 y FA2, son fallas heredadas de los eventos compresivos del Cretácico, nacen desde la zona de interfase entre las secuencias del Cretácico y las del Paleoceno; atraviesan toda el área de estudio afectando a las secuencias S1 y S2 en la zona de Transvaal (Fig. 46a, 46b); la FA1 posee un rumbo 180° con un buzamiento entre 4° al sur con un incremento hasta 8° hacia la zona NO de Transvaal (Fig. 46c). La FA2 se extiende con rumbo 190° a 210° en la zona occidental de Transvaal.

La falla FA10 (Fig. 46a) afecta solo a la secuencia S2 definiendo una imbricación en la zona de Transvaal, esta falla cruza a través de toda la zona de estudio con un rumbo variable entre 160° al oriente de Transvaal, hasta 196° en la sector SE (Fig. 46b, 46c).

En la zona central del área de estudio nos encontramos con las fallas FA3 y FA5, donde la FA 3 tiene un rumbo de 154° en la zona sur de Transvaal, con un incremento hasta 180° hacia el norte (Fig. 46c).

La FA5 es una falla muy importante ya que está funcionando como un límite de depositación para las secuencias S3 y S4. Además forma límite occidental del depósito de canal del área de Navarra, este fallamiento es posterior a la depositación de las secuencias antes mencionadas pero fue originada en la zona límite del relleno de canal, es decir una zona de debilidad (Fig. 47a). Su rumbo está definido entre 175° en la zona sur, mientras que al norte la dirección cambia hasta 200° (Fig. 47c).

La falla FA7 se encuentra en la zona central del canal situado en la zona de Navarra, cortando el canal en su lado occidental afectando a las secuencias S3, S4 y S5 principalmente, no se evidencia desplazamientos fuertes de los estratos que conforman las secuencias anteriormente dichas. Posee un rumbo hacia el este y varía entre 184° y 190° para la zona sur de la falla (Fig. 47b y Fig. 47c).

La falla FA4, se encuentra en la zona de relleno de canal afectando a las mismas secuencias que la falla FA7, posee un buzamiento en sentido opuesto al del resto de fallas anteriormente descritas. Posee un rumbo aproximado de 345° en la zona norte, mientras que al sur la falla cambia de rumbo a 6° aproximadamente (Fig. 47c). Esta falla está ligada a otras en profundidad originando un sistema de imbricaciones y estructuras de inversión.

La falla FA8 es de edad mucho menor afectando únicamente a las secuencias S5, S6 y S7; esta al igual que todas las fallas cruza por toda la zona de sísmica 3D, prolongándose tanto al norte como al sur (Fig. 47b). El rumbo principal de esta falla es 172° a 190° de sur a norte (Fig. 47c).

Junto a la falla FA8 se encuentra la falla FA9 que posee un rumbo entre 333° a 359° en sentido N-S respectivamente (Fig. 47c).

Estas dos últimas fallas definen una estructura de tectónica de inversión denominada pop-up (Fig. 47b), con un desplazamiento muy pequeño de los reflectores, la estructura se limita a la zona de Navarra central y norte.

Por último se determinó una falla de gran extensión aparentemente regional FA6, que cruza y se extiende fuera de los límites de la zona 3D, su rumbo cambia entre 240° y 260° de sur a norte.

Todo este juego de fallas estuvieron activas durante la apertura de la cuenca principal originada a inicios del Eoceno y debido a cambios tectónicos regionales, estas se activaron en un régimen opuesto al de su origen, estos datos concuerdan con los de Marchant, 1956; Jaillard et al., 1995 y Ordóñez, 1996, los mismos presentan datos de una fuerte transgresión en el Eoceno medio caracterizada por conglomerados, flujo de detritos, calci-turbiditas, etc; esto debido a inestabilidad tectónica.

Adicionalmente se evidencia una estructura de *roll-over*, afectando en su totalidad a la secuencia S2. Esta estructura origina una zona de colapso y plegamiento plástico por efectos de los esfuerzos de distensión; originando así un pequeño depocentro visualizado en el mapa estructural en tiempo del horizonte H3 (Fig. 43) rellenado posteriormente por parte de la secuencia S5; se extiende en dirección norte-sur con una longitud de 1.94 Km y de 0.79 Km en dirección este-oeste y una capacidad de relleno aproximadamente de 300 milisegundos en TWT (Fig. 48a y 48b).

La estructura de *roll-over* se encuentra bajo el sector de los pozos Matilde1, Matilde 4 y pozos Tambo, localizados en el sector del mismo nombre.

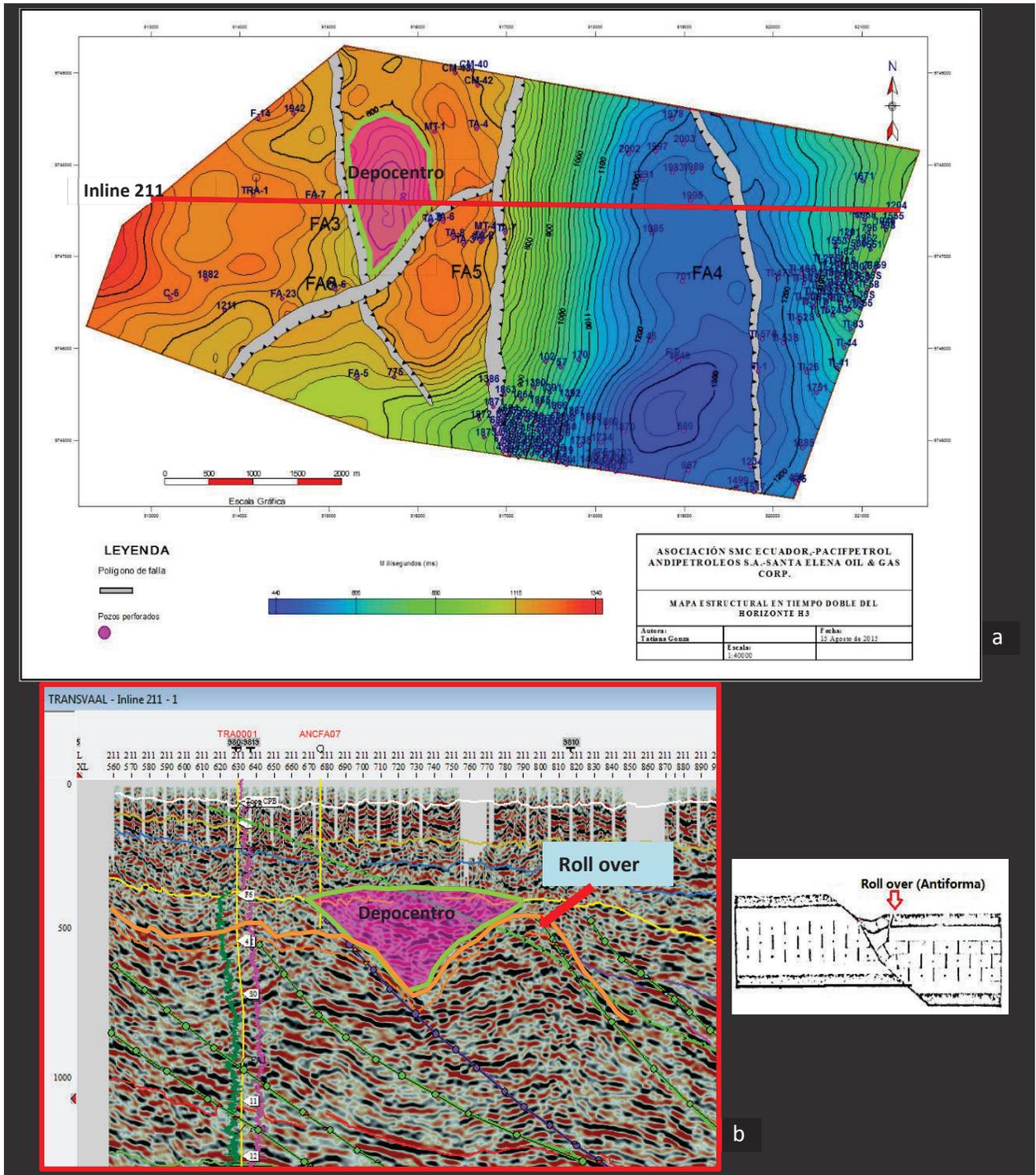
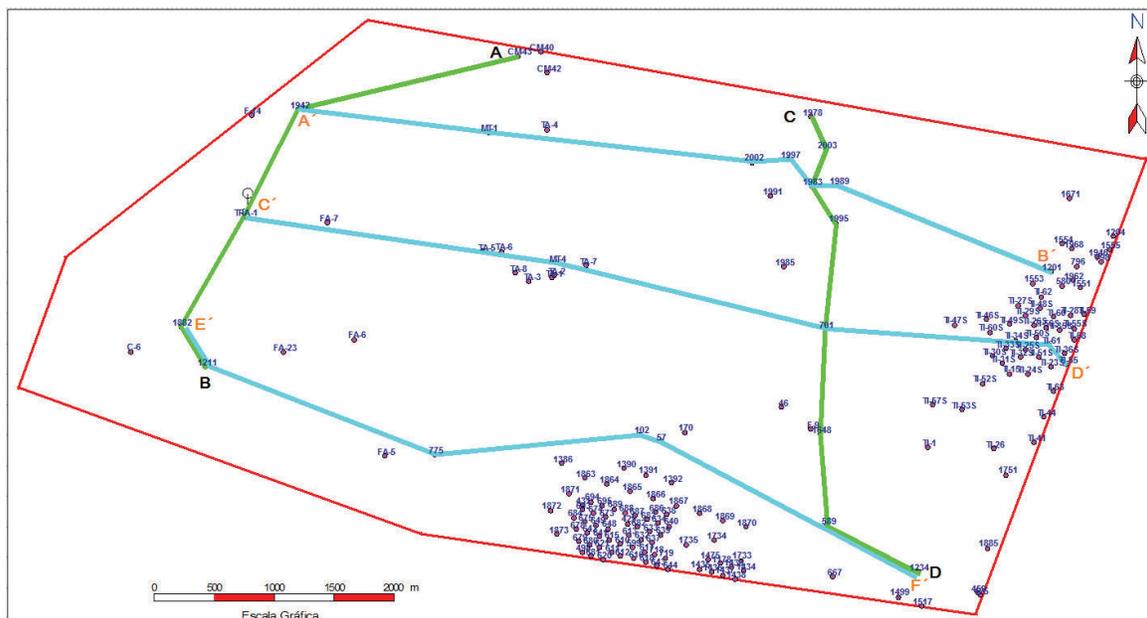


Figura 48.- Estructura de *roll-over* con depocentro originado por ambiente distensivo. a) Mapa estructural en tiempo doble del horizonte H3 mostrando el depocentro en sección vertical por sobre el *roll-over* b) Sección sísmica mostrando la estructura de *roll-over* y su posterior relleno, escala vertical en ms TWT.

5.3 CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA Y GENERALIDADES DEPOSITACIONALES DE LAS FORMACIONES TERCIARIAS

Para definir las características litológica y demás generalidades de las secuencias Paleocénicas-Eocénicas, se tomó en consideración la información recopilada en las tablas de datos, realizadas para los principales pozos localizados en la zona de estudio, más la información de producciones; se logró identificar varios miembros importantes. Para una mejor visualización de la disposición de estos miembros, se realizaron cortes estructurales y estratigráficos en dirección E-O y N-S tal como lo muestra el siguiente gráfico (Fig. 49).



secuencia S3 vista anteriormente. Litológicamente esta formación está formada por varias sucesiones de areniscas duras que en ocasiones se encuentran fisuradas, provocando pérdidas de circulación durante las perforaciones, según datos del pozo ANC1234. En dirección al pozo ANC2003 el contenido de arenas aumenta. Por información del pozo 1978 la parte superior de Atlanta posee capas de conglomerados o fragmentos de conglomerados intercalados con areniscas y el comportamiento de los registros eléctricos muestra resistividades menores al del resto de la formación Atlanta con un Gamma Ray menor e intermitente como lo muestra el pozo ANC2003. Este comportamiento es típico de un relleno con material de grano grueso para un canal (Posamentier y Walker, 2006) dentro de un sistema *Basin Floor Fan* correspondiente a un *Low Stand fan*. (Fig. 50).

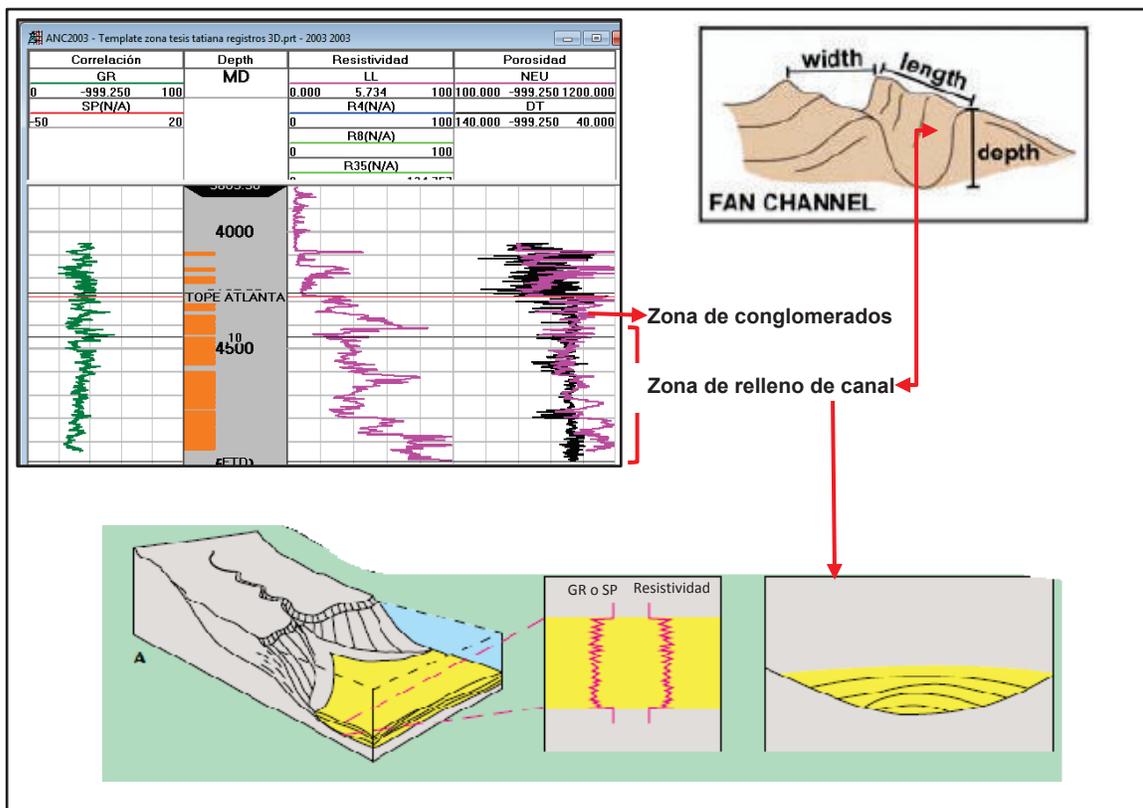


Figura 50.- Registro eléctrico del pozo ANC2003 mostrando la respuesta a la capa de conglomerados y a la secuencia de areniscas fisuradas que rellenan un canal preexistente dentro de un sistema de *Basin Floor Fan* localizado en la zona de Navarra.

Continuando con el análisis litológico, sobre la formación Atlanta tenemos la depositación de la formación Passage Beds y Clay Pebble Beds de edad Eocénica temprana a media.

Para Passage Beds se determinó 4 miembros, se los nombro con las siglas MPB (Miembro Passage Beds) desde el más antiguo al más reciente son: MPB1, MPB2, MPB3, MPB4. Se determinaron a partir de las respuestas proporcionadas por los registros eléctricos y la correlación con la información litológica (Fig.51). Es sí que para el MPB1 se tuvieron valores de resistividades bajas y valores de Gamma Ray y SP altos. El MPB2 muestra valores muy bajos de resistividades, mientras que lo de Gamma Ray y SP permanecen casi invariables. Para el MPB3 las resistividades se incrementan de forma considerable en forma de pequeños picos intercalados por zonas de bajas resistividades, el Gamma Ray y SP tienden a incrementarse de la misma manera y para el MPB4 el SP muestra zonas de altos y bajos al igual que la resistividad.

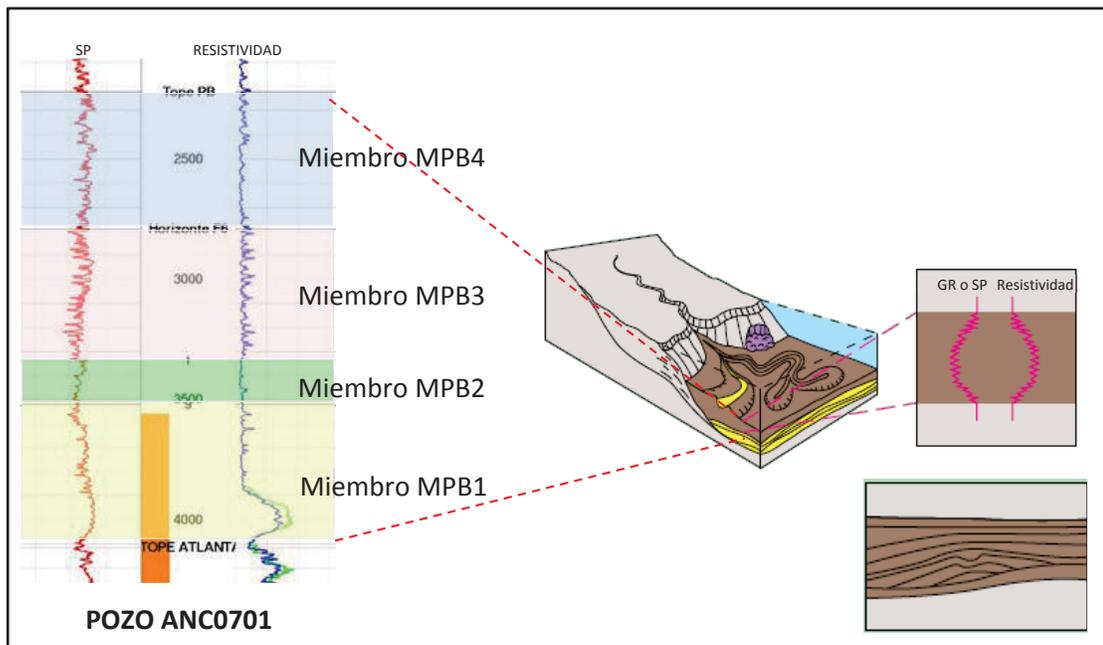


Figura 51.- Registro eléctrico del pozo ANC0701 con la discriminación de los distintos miembros que conforman la formación Passage Beds y su correspondiente relación con un sistema de Lowstand System Tract con depositación intercalada de areniscas y lutitas con presencia inclusive de slumps.

El miembro MPB1 se correlacionaría con la secuencia S4 por su posición estratigráfica, y correlación con la interpretación sísmica, limita su depositación a la zona del depocentro de Navarra al igual que la formación Atlanta (Anexo 2 y 23). Litológicamente está compuesta por una sucesión de lutitas y limos con esporádicas bandas de areniscas de grano fino de poca fluorescencia y presencia de gas; en dirección sur este miembro tiende a acuñarse (Fig. 53).

El miembro MPB2 correspondería a la parte inferior de la secuencia S5 de igual manera esto por su correspondiente ubicación crono-estratigráfica y la analogía sísmica. Por datos de pozos se determinó además, que este miembro está constituido por un paquete de lutitas oscuras un tanto arenosas con presencia de micas y nódulos muy esporádicos, correlacionándolo con la respuesta de los registros eléctricos de pozo. Su depositación se limita a la zona del depocentro de Navarra con un espesor predominante en la zona Sur (Anexo 24). Se dispara la parte superior de este miembro en el pozo ANC1234 sin obtener incremental de producción.

El miembro MPB3 correspondería a la parte superior de la secuencia S5 por su ubicación crono-estratigráfica y la analogía sísmica; se deposita por toda la zona de estudio (Anexo 25), con un evidente acuñamiento hacia la zona oriental del campo (Fig. 54). Su litología difiere un poco entre Transvaal y Navarra, es así que en Transvaal comprende una sucesión de areniscas intercaladas con lutitas y muy ocasionalmente con presencia de cuarcitas hacia el pozo ANC1882 incluso existe presencia de conglomerados, de igual manera en el pozo MAT0001 se evidencia la presencia de conglomerados con una matriz arenosa de grano grueso y guijarros de arenisca, bandas de calcita. Hacia la zona del MAT0004 el porcentaje de areniscas disminuye, incrementándose el de las lutitas hasta en un 70%, además de la presencia de Chert y tobas manteniéndose la presencia de calcita. Para la zona de Navarra el porcentaje de lutitas es mayor al de areniscas, esto evidenciado también en la respuesta de los registros eléctricos de los pozos de la zona. Al tope del miembro MPB3 figura un paquete de lentes de areniscas

blandas. Se encontraron capas con presencia de lignito y cristales de pirita dispersos.

Hacia la zona sur de Navarra nuevamente se incrementa el porcentaje de areniscas pero de color gris, en el pozo ANC0589 se registró un show de gas y petróleo, mientras que hacia el norte el contenido de lutitas es mayor al de areniscas con presencia de conglomerados.

Miembro MPB4 correlacionaría con la secuencia S6 por la posición estratigráfica y cronológica ligada a la interpretación sísmica; hacia el sector oeste de Transvaal y NO de Navarra se visualizan los mayores espesores (Anexo 26 y Fig.54). Se caracteriza litológicamente por poseer intercalaciones de areniscas de grano fino con lutitas a su base, migrando a alternancias entre areniscas conglomeráticas de cuarzo y lutitas con fragmentos de cuarcitas hacia su tope. En el pozo ANC1211 fue probado este miembro sin embargo solo se reportó un show de gas a 1653' (Tabla 8). Hacia los pozos Matilde 1 y 4, la litología cambia a areniscas con guijarros arcillosos, intercalaciones de lutitas con areniscas de grano fino, presencia de bandas de calcita, conglomerados y chert hacia la base. Para la zona de norte de Navarra se mantienen las intercalaciones de lutitas arcillosas con areniscas grises algo brechadas y pocos conglomerados; hacia el sur el contenido de areniscas se incrementa hasta en un 80%, este particular se evidencia con descenso en los valores del Gamma Ray y un aumento en la resistividad de los pozos de la zona. Para el pozo ANC0589 se probó este intervalo obteniendo un incremental de producción de 13 bppd (Tabla 14).

En la sísmica 3D se evidencia dos secuencias (S7 y S8) que corresponderían a la formación CPB. La secuencia S7 posee menores amplitudes que la secuencia S8, simultáneamente en registros eléctricos se observa que para la sección superior de la formación CPB las resistividades se incrementan al igual que las amplitudes en la sísmica 3D (Fig. 52).

La secuencia S7 correspondería al miembro MCPB1, se evidencia en dirección al pozo ANC0775 que las amplitudes sísmicas se incrementan al igual que la

resistividad, mientras que los valores de Gamma Ray tienden a bajar. Para la zona SE de Navarra la información de los pozos ANC1234, TIG0041 y TIG0015 muestran una variación de tipo arcillosa con presencia de lutitas y guijarros en aumento y pocas intercalaciones de areniscas finas a medias (Tabla 15, 17 y 18). Información del pozo ANC2003 determina un cambio litológico, donde además de las arcillas, también surgen fragmentos de conglomerados intercalados a la base del miembro MCPB1. Sus principales espesores se ubican en la zona de Navarra como se observa en el mapa isópaco en el Anexo 27.

Para el miembro MCPB2 no se evidencia un cambio litológico importante, la intercalación de areniscas cuarzosas de grano fino con lutitas, arcillas verdosas y en menor proporción fragmentos de Chert y tobas se mantiene invariable en toda la zona de estudio. Su espesor es continuo únicamente en el sector del pozo ANC0775 se observa un incremento del mismo (Anexo 28).

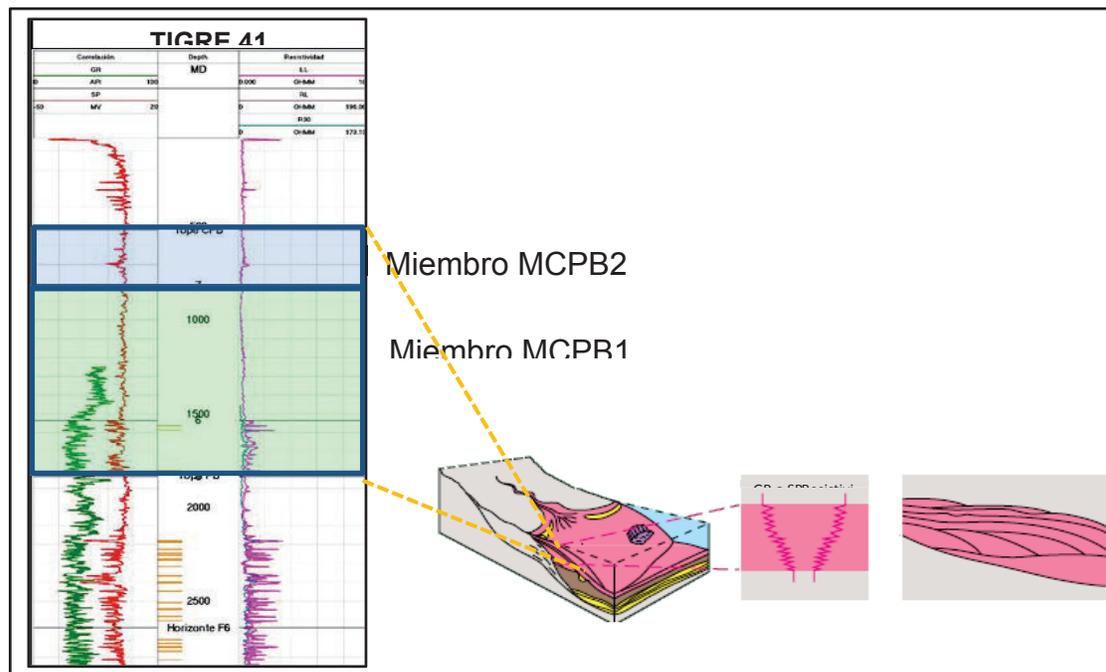


Figura 52.- Registro eléctrico del pozo TIGRE 41 con la discriminación de los distintos miembros que conforman la formación Clay Pebble Beds y su correspondiente relación con un sistema de Transgressive System Tract con depositación de lóbulos extensos.

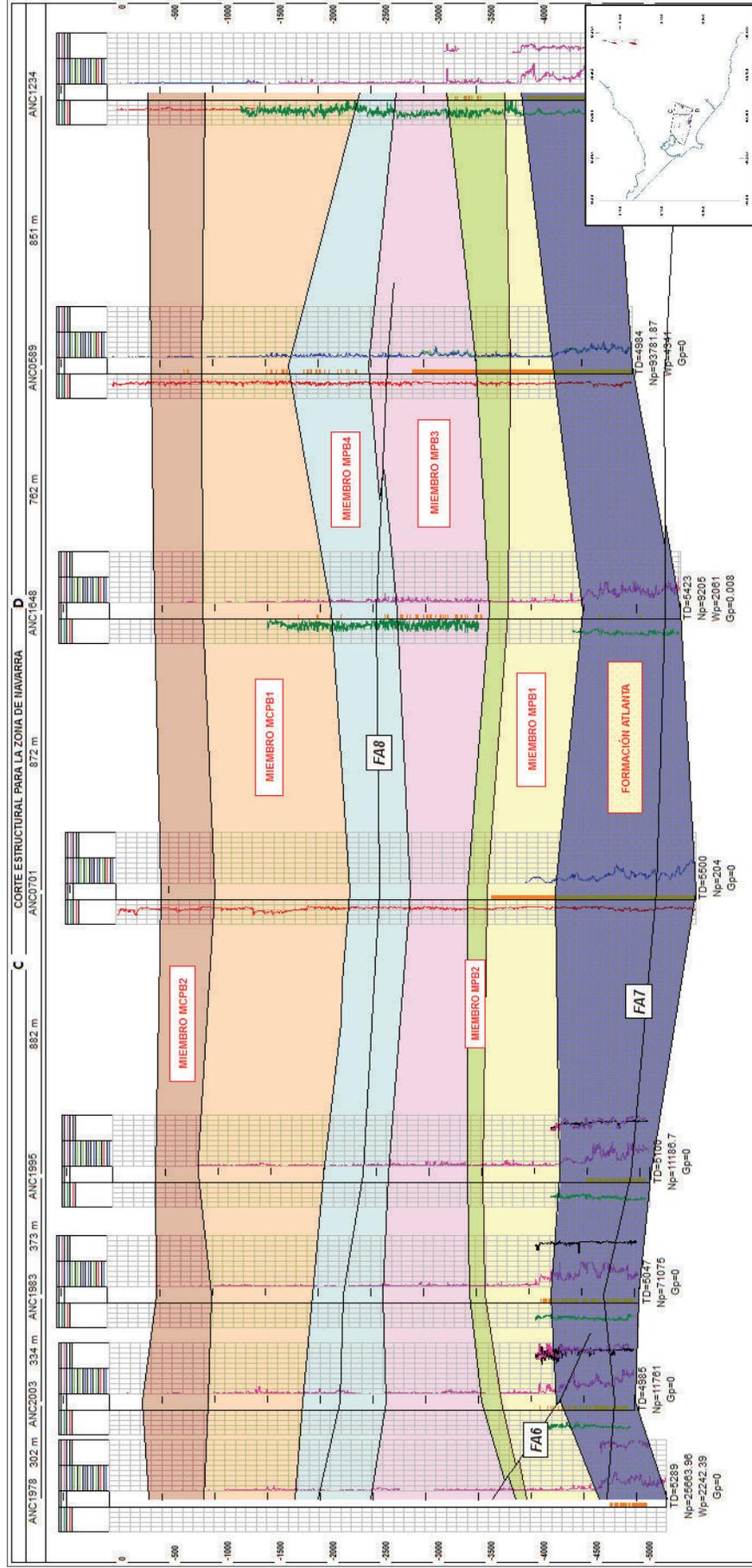


Figura 53.-Corte estructural en dirección N-S en la zona de Navarra, muestra los miembros que conforman las distintas formaciones Paleocénicas-Eocénicas: Atlanta, PB, CPB, conjuntamente asociadas a las fallas que las afectan.

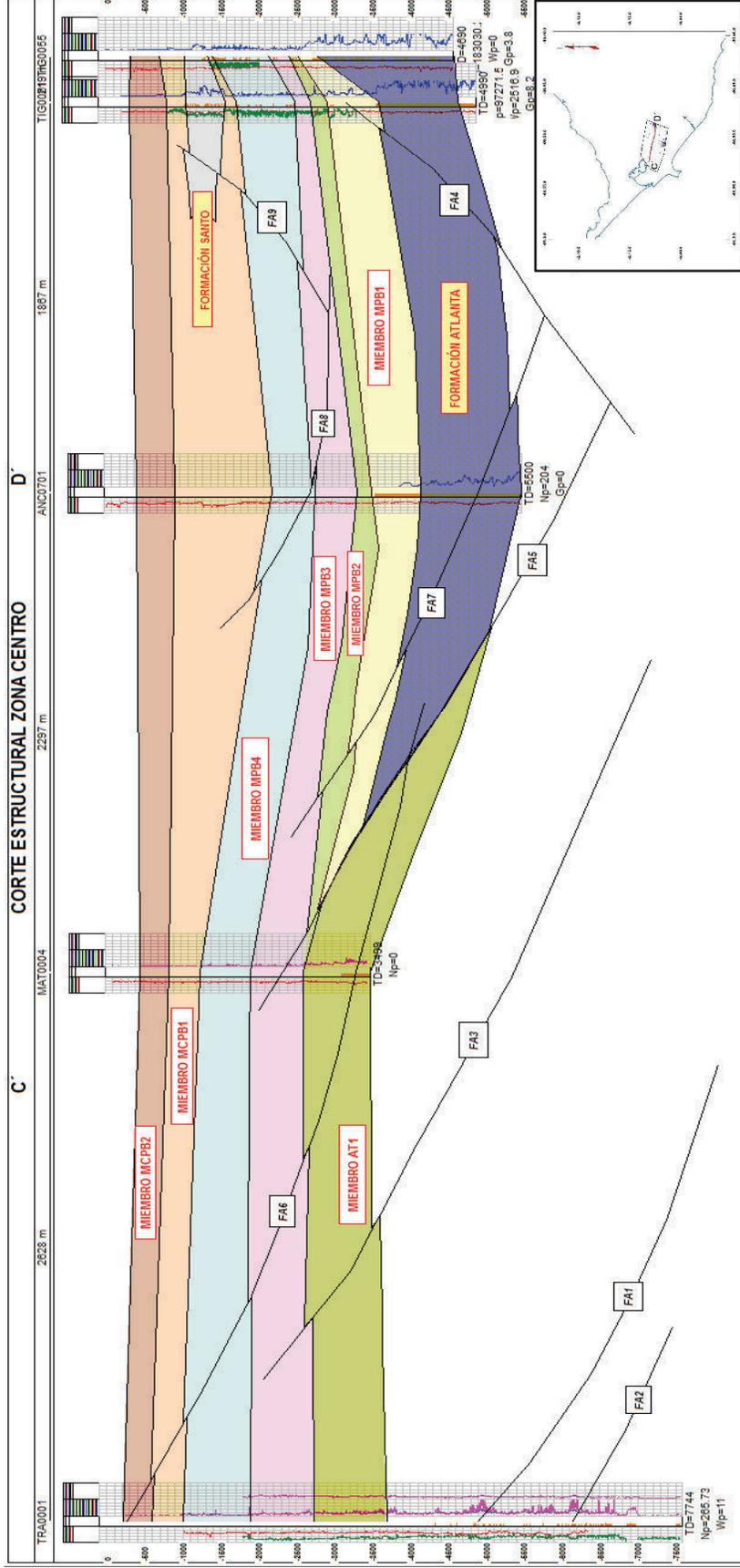


Figura 54..-Corte estructural en dirección O-E, muestra la distribución de los miembros de la formación Passage Beds con las principales fallas que las atraviesan.

5.4 PROSPECTIVIDAD DE LAS FORMACIONES TERCIARIAS

Una vez analizadas las particularidades de las secuencias interpretadas y de los miembros correspondientes a cada formación, se determinó la prospectividad para las secuencias y miembros identificados basados en los parámetros sísmicos, litológicos, petrofísicos y de espesor con lo cual se llegó a determinar:

Para la secuencia S1 se tuvo una importante presencia de gas durante la perforación del TRANSVAAL-1 a 6656' (ver Tabla 4), con una porosidad de 16.3% y saturación de agua del 36%; dos intentos de fracturamiento fallaron, sin embargo las fuertes amplitudes presentes y la respuesta de los registros eléctricos disponen una buena prospectividad para esta secuencia.

Para la secuencia S2, se reconocen el incremento de amplitudes en comparación a la secuencia S1, además muestra una gran zona de *roll-over* con gran extensión que posee las altas amplitudes en la sísmica, la prospectividad real de esta zona no ha sido evidenciada por la ausencia de pozos perforados en la estructura, sin embargo información proporcionada por los pozos Matilde 1 y 4 (Tabla 9 y 10) esta secuencia posee fluorescencias bajas y las producciones han sido muy pobres, es esto evidenciable en las bajas resistividades y la respuesta del SP. A pesar de estos resultados para los anteriores pozos, la producción de esta secuencia en la zona de los pozos ANC1211, ANC1882 y ANC0775 ha sido excelente (Tabla 1), esto probablemente ligado a una migración y entrapamiento del hidrocarburo en el alto estructural que empieza a formarse en el sector SO de Transvaal (Fig. 43).

Con todo lo dicho anteriormente se podría inferir un alto potencial para esta secuencia siempre y cuando se haya producido una migración del hidrocarburo acompañado de un represamiento dentro de un alto estructural.

La formación Atlanta (secuencia S3 en la sísmica 3D) posee una prospectividad alta por las altas amplitudes de la sísmica (Fig. 44a) y por datos de producción de pozos localizados en Navarra (Ver Fig. 36 y 37).

Esta prospectividad estaría ligada al incremento de arenas hacia la zona norte del canal de Navarra, que ya se analizó anteriormente. Se tiene también para varios

pozos una buena producción de gas (Ver Fig. 37 y Tabla 1) que no siempre está ligada a una buena producción de petróleo. Para la zona central de Navarra solo el pozos ANC0701 obtuvo una producción de gas muy considerable, mientras que la producción de los pozos aledaños fue mala; sin embargo las mejores acumuladas de gas se encuentran al límite oriental de la sísmica (Fig. 37) donde los pozos han obtenida toda su producción de la formación Atlanta además del cuerpo perteneciente a la formación Santo Tomás. Basado en estos datos la prospectividad de Atlanta es buena como reservorio siempre y cuando se tenga una con alto estructural donde se produzca migración y acumulación.

Analizando la formación Passage Beds los miembros más prospectivos son: los miembros MPB3 Y MPB4.

El miembro MPB3 litológicamente posee intercalaciones de areniscas con lutitas con ciertas variaciones litológicas en todas direcciones tal como ya se describió anteriormente, es así como la prospectividad también variará en consecuencia a la litología sin embargo hay zonas de buena prospectividad, una de ellas es la zona circundante al pozo ANC0120 el cual tuvo buenas producciones de este intervalo abierto (Tabla 1). En el pozo ANC1211 al punzar este miembro se obtuvieron shows de gas y petróleo incrementando la producción de este pozo en 2 bppd. Sumada a la información sísmica la cataloga como una zona de baja prospectividad por las bajas amplitudes y poco espesor a excepción de ciertas zonas ya mencionadas en la sección 5.1.

Para el miembro MPB4 correspondiente a la parte superior de la formación PB, para la zona NO de Navarra se evidencia un incremento en el espesor de este miembro, al igual que en el sector límite occidental de la sísmica 3D aunque esta puede ser por efectos de terminación de la sísmica. Hacia el NE se evidencia un progresivo acuñamiento visible tanto en registros como en la sísmica. En el pozo ANC0775 se evidenció un incremento en el número de shows de gas, mientras que en el pozo ANC0589 se disparó en este intervalo obteniendo un aumento de producción (Tabla 14). El pozo TIG0015 también mostró shows de gas y petróleo para el mismo miembro (Tabla 17). Mientras que el pozo ANC1211 fue punzado

en este miembro sin obtenerse incremento de producción. Debido a estos antecedentes el miembro MPB4 sería considerado de prospectividad media.

En el pozo Transvaal 1, para la formación CPB no se evidencia cambios litológicos fuertes, caracterizándola una sucesión de areniscas cuarzosas con intercalaciones de lutitas y fósiles característicos de CPB; esta formación no ha sido probada; ocurre lo mismo con el pozo ANC1882 el cual posee litología similar y tampoco ha sido probado en este intervalo.

De manera general los registros de resistividad aumentan hacia la parte inferior de la formación CPB, conjuntamente con los registro SP y Gamma Ray se evidencia una mejor prospectividad para el miembro MCPB1. La secuencia S8 corresponde al miembro MCPB2, hacia el pozo Matilde 1, reportó shows de gas y oil mientras que en el pozo Matilde 4 reportaron fluorescencias del 5%.

Para los pozos localizados en la zona SO de Navarra (Pozos ANC0120, ANC0170, ANC1386, ANC1871, ANC1872, etc.) Los resultados de los procesos de punzado han dado shows de gas y petróleo para la formación CPB; en algunos casos con incrementos considerables de la producción (Tabla 1); todo esto sumado a las amplitudes medias que posee en general las secuencias que corresponden a esta formación se pensaría en una prospectividad media para la formación Clay Pebble Beds.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- La depositación de las formaciones PB y CPB son producto de procesos turbidíticos de geometrías caóticas originadas por procesos de deslizamientos dentro de una cuenca marina profunda, esto evidenciado por la información litológica y paleontológica recopilada.
- Se definió los miembros MPB1, MPB2, MPB3 y MPB4 para la formación Passage Beds y los miembros MCPB1 y MCPB2 para la formación Clay Pebble Beds por sus características petrofísicas y litológicas. Mediante la interpretación sísmica se determinaron 8 secuencias (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8). Y a través de la integración de ambos análisis se determinó que el miembro MPB1 correlacionaría con la secuencia S4; los miembros MPB2 y MPB3 a la S5; MPB4 con la S6 y los miembros MCPB1 y MCPB2 con las S7 y S8 respectivamente, además que la secuencia S3 correspondería a la formación Atlanta.
- Las estructuras más importantes determinadas a través de la interpretación sísmica fueron: la estructura de roll-over que se extiende en dirección norte-sur con una longitud de 1.94 Km y de 0.79 Km en dirección este-oeste y una capacidad de relleno aproximadamente de 300 milisegundos en TWT; y la estructura de canal con una extensión de 4.1 Km de norte a sur y 3.5 Km transversalmente.
- El sistema de fallas que afectan las distintas secuencias y formaciones son de tipo normal lístricas convergentes a profundidad que han sido reactivadas posteriormente por un régimen compresivo.

- Las fallas existentes nos marcan un sistema de imbricaciones ligadas a una zona de inversión tectónica donde la dirección preferencial del esfuerzo compresivo es en dirección Este-Oeste.
- Para la zona de Occidental, denominada Transvaal, se obtuvo fallas con dirección NNE-SSO a profundidad del primero horizonte H1, mientras que su evolución vertical tiende a cambiar tanto en dirección como en el ángulo de buzamiento, migra hacia una dirección NNO-SSE y con un incremento en el dip.
- Para la formación Atlanta se evidencia una deformación tectónica sin y pos-deposicional marcada en la zona del canal de Navarra, definido por las fallas FA5 y FA7.
- La cantidad de micro-fracturamiento que afecta a la zona de estudio provoca que la migración de fluidos tenga una componente vertical motivo por el cual el entrapamiento no sería tan efectivo a pesar de poseer capas sellos.
- El poco éxito de los procesos de fractura en la mayoría de pozos pudo deberse a la poca densidad de disparos y la baja permeabilidad de las formaciones por la gran carga litostática presente sobre ellas.
- Las zonas de entrapamiento están controladas al efecto del sistema de fallas, así como a trampas estratigráficas producto de los acuñamientos sobretodo para las formaciones PB y CPB.

6.2 RECOMENDACIONES

- Realizar un reprocesamiento de la actual sísmica 3D con actuales parámetros determinados para el área de estudio ya que actualmente no se evidencian claramente discordancias y cambios de facies.
- Trabajar con atributos sísmicos para resaltar rasgos importantes respecto a la tectónica del área.
- Incrementar la densidad de disparos para futuros trabajos de fracturamiento y así cubrir la mayor parte de la formación de interés.
- Procurar recuperar testigos de perforación en futuros proyectos con el fin de determinar y definir estructuras sedimentarias y edades mucho más puntuales.
- Recuperar el pozo Matilde 4 y reacondicionarlo para probar los intervalos más prospectivos tomando en cuenta que durante la perforación se observaron varias manifestaciones de hidrocarburos.
- Realizar un reacondicionamiento para el pozo Matilde 1 con el objetivo de probar el intervalo entre 2500' - 3500'.
- Reacondicionar el pozo ANC1386 para evaluar el intervalo comprendido entre 1300'-1500'.
- Interpretar las secuencias cretácicas debido a las altas amplitudes presentes con el fin de incrementar la información y probar objetivos a esas profundidades.

- Determinar las consecuencias en la calidad de los datos sísmicos debido a la presencia de gas y actualizar el verdadero potencial gasífero para las zonas de interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUAYO J., 2010. Análisis sismo-estratigráfico y estructural del área de Tamil-Nab, sureste del golfo de México Profundo.

ALEMAN A., 2000. Bloque 5.

AZAD 1964. Geology and Petroleum Prospects of the Santa Elena Peninsula. Report J.A.10 A.E.O.

BALDOCK J. W., 1982. Geología del Ecuador. Boletín de la explicación y mapa geológico de la República del Ecuador, escala 1:1000000. Dirección de Geología y Minas, Quito, Ecuador.

BARRINGTON BROWN, C., 1935. A review of the Progress as Ancon Field in Recent Years and the Probable Lines of Development from Geological Standpoint. A.E.O. Geol. Rep. 35.

BARRINGTON-BROWN, C., 1922. Report on the Geology of Santa Elena Peninsula, Part II. Geology of the Ancon Field. A.E.O Geol. Rep. 6

BENÍTEZ S., 1995. Évolution géodynamique de la province Côtière Sud-Équatorienne au Crétacé supérieur- Tertiaire. Geologie Andine, Tomo 71.

BERNAEZ A., 2010. Interpretación sísmica 3D estructural en el campo Guafita, Edo. Apure, Venezuela. Ing. Tesis. Universidad Simón Bolívar.

BERRY, E.W., 1916. General and Geological Report on the Petroliferous Areas of Santa Elena A.E.O. Geol. Rep. 1.

BETHOUX N.; SEGOVIA M., ALVAREZ V.; COLLOT J-Y.; CHARVIS P.; GAILLER A.; MONFRET T. 2011. Seismological study of the central Ecuadorian margin: Evidence of upper plate deformation. Journal of South American Earth Sciences 31, 139-152.

BRISTOW C., HOFFSTETTER R., 1977. Ecuador. Lexique Stratigraphique International, Vol 5a2, París, 410 pp.

BURG J.-P. 2014. Thrust Systems.

CANFIELD, R.W., 1966. Reporte Geológico de la Costa Ecuatoriana, Informe del Ministerio Industria Comercio, Asesoría Técnica de Petróleos (Quito), 150p.

CATUNEANU O., ABREU V., BHATTACHARYA J., BLUM M., DALRYMPLE R., 2009. Toward the Standardization of Sequence Stratigraphy. Earth-Science Reviews 92:1-2, pp. 1-33; doi: 10.1016

CHELOTTI L., ACOSTA N., FOSTER M., 2009. Interpretación sísmica de reflexión.

COSTA C., 2011. Notas geológicas- Inversión Tectónica.

CUNNINGHAM E.H.C., 1920. Report on Properties of AEO Ltd. A.E.O. Geol. Rep.4.

DA COSTA, 2011. An integrated seismic-scale analysis of reservoir compartmentalisation on continental margins: the Espírito Santo Basin, SE Brazil.

DALY M., 1989. Correlation between Nazca/Farallon Plate Kinematics and forearc Basin evolution in Ecuador. Tectonics, Vol.8, N°4. pp. 769-790.

DAVIS G., REYNOLDS S., 1996. Geología estructural de rocas y regiones (2da Edición): new York, John Wiley and Sons, Inc., 776p.

DENIAUD Y., 1998. Evolution Tectono-Sedimentaria de las cuencas costeras Neógenas del Ecuador. Convenio PETROPRODUCCIÓN-ORSTOM. Informe interno.

EGO F.; SÉBRIER M.; LAVENU A.; YEPEZ H.; EGUEZ A. 1996. Quaternary state of stress in the Northern Andes and the restraining bend model for the Ecuadorian Andes. Tectonophysics 259, 101-116.

FEININGER T., BRISTOW R., 1980. Cretaceous and Paleogene Geologic History of Coastal Ecuador. *Geologische Rundschau*, Bd.69, 849-874.

FLORES J., 2011. "Evaluación petrolífera de la Cuenca Manabí, Costa Ecuatoriana". Ing. Tesis. Universidad central del Ecuador.

GIL A., 2011. Interpretación sísmica estructural 3D del Bloque Urdaneta Oeste Maracaibo, Edo. Zulia, Venezuela.

GOOSSENS P., ROSE W., 1973. Chemical composition and age determination of Tholeiitic in the Basic Igneous Complex, Ecuador. *Geological Society of America Bulletin*, v.84, 1043-1052.

GUTSCHER M., MALAVIEILLE J., LALLEMAND S., COLLOT J. 1999. Tectonic segmentation of the North Andean margin: impact of the Carnegie ridge collision. *Earth and Planetary Science Letters* 168.

HUNT, A.D., 1950. The Geology of the Colonche-Ancon-Azucar Region Including the Properties of the A.E.O. *Geol. Rep* 51.

INREDH, 2011. Apuntes sobre la explotación petrolera en el Ecuador.

JAILLARD E.; TOALA G.; GARCIA M.; MONTENEGRO G.; COTRINA J.; BERRONES G.; ZAMBRANO L.; ORDOÑEZ M.; ZAMBRANO I.; JIMENEZ N.; ZUMBA W., 1995. Evolución geodinámica de la costa Ecuatoriana.

JUSTINIANO A., 2007. Adquisición y procesamiento de datos geofísicos Proyecto San Cristóbal 05G-3D. ing. Tesis. Universidad Simón Bolívar, Ingeniería Geofísica.

KENT C. CONCIE, 2003. Plate tectonics and crystal evolution. Cuarta edición.

LAMUS A., 2011. Interpretación sísmica y modelo estructural 3D de un área ubicada en petrolera Güiria, golfo de Paria. Ing. Tesis. Universidad Simón Bolívar.

LEBRAS M., MÉGARD F., DUPUY C., DOSTAL J., 1987. Geochemistry and tectonic setting of pre-collision Cretaceous and Paleogene volcanic rocks of Ecuador. Geological Society of America Bulletin, v.99 p.569-578.

LOWE D.R., 1982. Sediment Gravity Flows: II Depositional Model with special reference to the deposit of high-density turbidity current. Journal of Sedimentary Petrology, vol.52, núm. 1, 279-297.

LUZIEUX L.; HELLER F.; SPIKINGS R.; VALLEJO C.; WINKLER W. 2006. Origin and Cretaceous tectonic history of the coastal Ecuadorian forearc between 1°N and 3°S: Paleomagnetic, radiometric and fossil evidence. Earth and Planetary Science Letters 249, 400–414.

MALONE P., FANTIN F., TUERO F., 1999. Campos Petroleros de la Península de Santa Elena “Ing. Gustavo Galindo Velasco” Santa. Informe geológico y de reservorios del área.

MARCHANT STEPHEN, 1957. The nature of the Clay Pebble Beds and associated rocks of south-west Ecuador. Quarterly Journal of the Geological Society. Vol. CXV, Part 4.

MITCHUM, R.M. JR., P.R. VAIL, AND S. THOMPSON, III, 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level; Part 2. The depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis: AAPG Memoir 26, P. 53-62.

MORENO, M., 1983. Estratigrafía detallada del Grupo Azúcar en los acantilados de Playas. Ing.Tesis. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, 182p.

MURRAY, A.J.R. 1923. Report on the Geology of Santa Elena Peninsula, Ecuador. Part III. Geology of the Country Around the Ancon Field. AEO Geol. Rep. 7.

Ondas elásticas – UCE, 2008.

ORDÓÑEZ M.; JIMÉNEZ N.; SUÁREZ J.; PETROPRODUCCIÓN, 2006. “MICROPALAEONTOLOGÍA ECUATORIANA” Datos bioestratigráficos y

paleoecológicos de las cuencas: Graben de Jambelí, Progreso, Manabí, Esmeraldas y oriente; del levantamiento de la península de Santa Elena, y de las cordilleras Chongón Colonche, Costera y Occidental.

PEDOJA K., DUMONT J.F., LAMOTHE M., ORTLIEB L., COLLOT J.-Y., GHALEB B., AUCLAIR M., ALVAREZ V., LABROUSSE B. 2006. Plio-Quaternary uplift of the Manta Península and La Plata Island and the subduction of the Carnegie Ridge, central coast of Ecuador.

Plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2012-2021 Gobierno Autónomo descentralizado provincial de Santa Elena, Tomo I: Diagnóstico; 2011.

POSAMENTIER, H., WALKER, R., 2006. Deep- Water Turbidites and Submarine fans. Society for Sedimentary Geology, ISBN 1-56576-121-9, p. 397-520.

Reporte final de procesamiento Ancón 3D por Westerngeco, 2003.

RODRÍGUEZ M., 2010. Litofacies de la formación Chivillas en Tehuacán, Puebla. Ing. Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería.

ROPERCH, P. F. MEGARD, C. LAJ, T. MOURIER, T.M. CLUBE & C. NOBLET, 1987. Rotated oceanic blocks in Western Ecuador. Geophysical Research Letters, 14 (5), 558-561.

SEGURA M.; SILVA R.; VIDAL V., 2014. Ambientes sedimentarios marinos de aguas profundas Sedimentología & Estratigrafía.

SHANMUGAM, G., 2006. Deep-water processes and facies models, Implications for Sandstone Petroleum Reservoirs. Amsterdam, Elsevier, Handbook of petroleum exploration and production, vol. 5, 473 p.

SLATT R., 2006. Stratigraphic Reservoir Characterization for Petroleum Geologists, Geophysicists and Engineers. Handbook of petroleum exploration and production Vol. 6.

STOW D.; SHANMUGAM G., 1980. Sequence of structure in fine-grained turbidites: comparison of recent deep-sea and ancient flysch sediments, *Sedimentary Geology*, vol.25: 23-42.

TORO JORGE; 1994 Tesis. Geodinámica de la cuenca sedimentaria Progreso Provincia del Guayas.

TRENKAMP R., KELLOGG J., FREYMUELLER J., MORA H. 2002. Wide plate margin deformation, southern central America and northwestern South America, CASA GPS observations. *Journal of South American Earth Sciences* 15, 157-171.

Unidad de Perforación y Mantenimiento de pozos, 2000. Teoría de registros geofísicos.

VAN MELLE J., VILEMA W., FAURE-BRAC B., ORDOÑEZ M., LAPIERRE H., JIMENEZ N., JAILLARD E., GRACIA M., 2008. Pre-collision evolution of the Piñón oceanic terrane of Ecuador: stratigraphy and geochemistry of the "Calentura Formation". *Bulletin de la Societe Geologique de France*, t.179, n°5, 433-443.

WOODCOCK N., FISCHER M., 1986. Duplex de rumbo. *Diario de Geología Estructural* 8: 725-735.

TABLAS

TABLA 1.- Tabla de datos de acumuladas para los pozos de la zona de Transvaal y Navarra

WELL ID	TOTAL DEEP	Gp (miles de pies cúbicos)	Np (barriles)	Wp (barriles)	STATUS
ANC0046	810	0	3.95		DESCONOCIDO
ANC0057	3434		1667.11		BM
ANC0102	3200		22820.79	225.57	HL
ANC0170	3200		6067.49	0	HL
ANC0425	903		18.2		DESCONOCIDO
ANC0429	565		43765		PT
ANC0431	800		25526.32		PT
ANC0459	4570		18994.46		DESCONOCIDO
ANC0498	610		19132.7	0	HL
ANC0580	6002	0	20991.3	3991.05	SW
ANC0589	4984	0	93781.87	4341	SW
ANC0599	642	0	13649.67	0	HL
ANC0610	616	0	20639.94	7.36	HL
ANC0611	672		22600.45	0	HL
ANC0612	640		20805.5	13.42	HL
ANC0613	585		21216.34	0	HL
ANC0615	635		23633.37	0	HL
ANC0616	668		17616.6	1.17	HL
ANC0617	673		14413.09	0	HL
ANC0618	700		28325.01	4.11	HL
ANC0620	639		25588.23	0	HL
ANC0621	650		20858.27	35.98	HL
ANC0632	666		14795.92	0	HL
ANC0633	665		24868.34	16.4	HL
ANC0634	688		33334.07	0	SW
ANC0637	660		14891.76	4.75	HL
ANC0638	715		18472.6		PT
ANC0639	670		27416.76	0	HL
ANC0640	672		16965.88	26.57	HL
ANC0641	650		27540.33	0	HL
ANC0642	615		25394.95		PT
ANC0643	624		18148.13	2.67	HL
ANC0644	644		32948.24	0	BM
ANC0648	612		28855.48	15.05	HL

ANC0649	635		20792.83	0	HL
ANC0667	4190	0	4002	117	HL
ANC0673	630		21739.25		PT
ANC0674	615		19208.97	35.76	HL
ANC0675	628		36079.24	0	HL
ANC0678	623		39855.18	12.5	HL
ANC0679	610		20390.04		HL
ANC0680	621		23512.07	0	HL
ANC0681	594		12339.58	73.87	HL
ANC0682	524		10424.56	0	HL
ANC0683	646		1644.05	17.22	HL
ANC0684	680		28943.62	0	BM
ANC0686	636		11772.78		PT
ANC0687	537		8022.59	0	HL
ANC0688	526		9.68		PT
ANC0689	547		15106.91	127.66	HL
ANC0693	557		15441.93		HL
ANC0694	606		50375.94	102.5	BM
ANC0695	613		26417.41	0	HL
ANC0701	5500	0	204		DESCONOCIDO
ANC0718	752		20377.88	4.94	HL
ANC0719	738		17249.27	0	HL
ANC0775	5156		19799	629	SW
ANC0796	4489	5.5	94727.18	0	SW
ANC0798	4491		9431.01	0	HL
ANC1178	904		11160.88		PT
ANC1201	4596		8438.75	196.96	HL
ANC1204	3571		2289	62	HL
ANC1211	4981		40216	3428.11	SW
ANC1234	4800		65	12	BM
ANC1386	2000		3919	155.23	BM
ANC1390	1300		12802.34		PT
ANC1391	1300		24484.18	971.56	HL
ANC1392	1200		16043.7	0	SW
ANC1433	800		15732.09	0	HL
ANC1434	900		17457.35	8.89	HL
ANC1435	800		13413.55	0	HL
ANC1436	800		6670.68	4.12	HL
ANC1437	1000		15087.25	0	HL
ANC1438	1000		19312.66	7.74	HL
ANC1475	800		9078.44	7.43	HL

ANC1499	1600		309.22	3	HL
ANC1517	1648		447.96		HL
ANC1551	1520		29462.37	17.28	HL
ANC1553	1666		17638.82		DESCONOCIDO
ANC1554	1363		29.52		DESCONOCIDO
ANC1555	1873		26313.3	541.22	SW
ANC1648	5423	0.008	9205	2061	SW
ANC1671	5857		7668	386	HL
ANC1733	1000		31656.93	1167.52	SW
ANC1734	1000		24271.45	0	HL
ANC1735	1000		16724.02	32.34	SW
ANC1751	4532		3668.7		BM
ANC1863	2000	0	31958	1283.03	BM
ANC1864	1153		36421.89	0	BM
ANC1865	2000		5595.14	2.14	HL
ANC1866	2000		13363.42	0	BM
ANC1867	1686		12303.15	599.64	HL
ANC1868	1300		30212.46	0	SW
ANC1869	2000		18961.54	10.88	BM
ANC1870	1500		10030.73	0	BM
ANC1871	1951	0	44384	1555	BM
ANC1872	2004		11174	435	BM
ANC1873	750		3307.15	0	HL
ANC1882	3213		28831	6072	SW
ANC1885	4762		965.21	52.42	HL
ANC1942	5031		560.99	0	FY
ANC1946	3290	7.9	55036.9	284.67	BM
ANC1962	3406	7.2	44448	603	BM
ANC1968	4689		62863	713	BM
ANC1978	5289	0	25663.96	2242.39	HL
ANC1983	5047	0	71075		DESCONOCIDO
ANC1985	5104	0.1	2791.79	586	FY
ANC1989	5037	0	16087	38	DESCONOCIDO
ANC1991	5036	0	23433		DESCONOCIDO
ANC1995	5100	0	11186.7		DESCONOCIDO
ANC1997	5029	0	32314		DESCONOCIDO
ANC2002	4978	0	19404.2		DESCONOCIDO
ANC2003	4985	0	11761		DESCONOCIDO
ANCC006	3146		5378.06	559.92	HL
ANCF009	310		0		DESCONOCIDO
ANCF014	845		0		PT

ANCF05	2000		0		PT
ANCF06	1980		392.41	27.97	HL
ANCF07	2200		79		PT
ANCF23	2200		2406.38	2.22	HL
CMA0040	2531		115106.58	5632.3	BM
CMA0042	2430		15334.08	2090.99	HL
CMA0043	3201		93674.54	0	BM
MAT0001	5003		53.61	2	BM
MAT0004	3499		0		PT
TAM0001	3293		232		PT
TAM0002	535		3279.46	0	SW
TAM0003	560		578.44		PT
TAM0004	766		0		PT
TAM0005	1014		0		PT
TAM0006	650		1931.34	193.8	SW
TAM0007	870		0		PT
TAM0008	652		2273	0	SW
TIG0001	4135		285		DESCONOCIDO
TIG0015	5269	0.1	80233.4	26077	SW
TIG0023S	1674		7451.3		DESCONOCIDO
TIG0024S	1750		6836.46	0	HL
TIG0025S	1695		16393		DESCONOCIDO
TIG0026	625		8.6		DESCONOCIDO
TIG0026S	1700		13192.33		DESCONOCIDO
TIG0027S	1825		6690.12		HL
TIG0028S	1721		38571		DESCONOCIDO
TIG0029S	1806		23297.93		DESCONOCIDO
TIG0030S	1844		14507.22		HL
TIG0031S	1798		7303.84		HL
TIG0032S	1838		24921.82		HL
TIG0033S	1842		4948.59	2.45	HL
TIG0034S	1821		38538.23		DESCONOCIDO
TIG0035S	1709		11406.33		DESCONOCIDO
TIG0036S	1716		14933		DESCONOCIDO
TIG0041	5378		9677.23	0	HL
TIG0044	5094		6966.33		HL
TIG0046S	2100		1870.34	0	HL
TIG0047S	1696		7289.25		HL
TIG0048S	1802		35724.58	2443.89	BM
TIG0049S	1742		15684		DESCONOCIDO
TIG0050S	1791		2740.76		HL

TIG0051S	1688		6633.27	788.97	HL
TIG0052S	1720		4306.51	72.77	HL
TIG0053S	1805		7892.32	294.59	HL
TIG0055	4690	3.8	183030.21	0	BM
TIG0055S	1832		16800.47	1489.9	HL
TIG0056S	1827		5483.8	383.51	HL
TIG0057S	2017		7.5		HL
TIG0058	4564		71120.07	2826.05	SW
TIG0059	4456	16.2594	189719.08	0	BM
TIG0060	5013	0	51453.76	0	SW
TIG0060S	2291		2492.3		DESCONOCIDO
TIG0061	4990	8.2	97271.58	2516.94	BM
TIG0062	4821	0	54006.14	2500	SW
TIG0063	4215		18054.64	1271.19	HL
TRA0001	7744		265.73	11	PT

TABLA2.- Tabla de pozos con registro sónico y sus correspondientes intervalos.

WELL ID	TD	Intervalo de registro sónico
ANC1882	3213'	1600'-3210'
ANC1885	4762'	3500'-4740'
ANC1962	3406'	1600'-3390'
ANC1968	4689'	1400'-4680'
ANC1983	5047'	4070'-5030'
ANC1985	5104'	4100'-5100'
ANC1989	5037'	4200'-5020'
ANC1991	5036'	3990'-5020'
ANC1995	5100'	4160'-5120'
ANC1997	5029'	4100'-5020'
ANC2002	4978'	4050'-4900'
ANC2003	4985'	4050'-4980'
TIG0055S	1832'	1150'-1800'
TIG0056S	1827'	1500'-1775'

TABLA 3.- Tabla con datos de las frecuencias dominantes de cada pozo que posee registro sísmico.

Pozo	T mayor1	T menor1	Frecuencia promedio 1	T mayor2	T menor2	Frecuencia promedio 2	T mayor3	T menor3	Frecuencia promedio 3	T mayor4	T menor4	Frecuencia promedio 4	Frecuencia dominante del pozo
ANC1882	0.128	0.1	35.7142857	0.408	0.337	14.084507	0.502	0.46	23.8095238	1.225	1.17	18.1818182	22.95
ANC1885	0.255	0.213	23.8095238	0.552	0.515	27.027027	1.14	1.103	27.027027	1.782	1.728	18.5185185	24.10
ANC1962	0.154	0.126	35.7142857	0.361	0.336	40	0.466	0.432	29.4117647	0.721	0.679	23.8095238	32.23
ANC1968	0.185	0.165	50	0.721	0.688	30.3030303	1.298	1.259	25.6410256	1.725	1.658	14.9253731	30.22
ANC1983	0.49	0.454	27.7777778	1.019	0.974	22.2222222	1.405	1.367	26.3157895	1.652	1.603	20.4081633	24.18
ANC1985	0.334	0.3	29.4117647	0.723	0.695	35.7142857	1.076	1.048	35.7142857	1.533	1.486	21.2765957	30.53
ANC1989	0.188	0.153	28.5714286	0.727	0.694	30.3030303	1.347	1.315	31.25	1.785	1.74	22.2222222	28.09
ANC1991	0.25	0.223	37.037037	0.662	0.632	33.3333333	1.089	1.058	32.2580645	1.395	1.328	14.9253731	29.39
ANC1995	0.197	0.154	23.255814	0.529	0.483	21.7391304	1.076	1.036	25	1.253	1.218	28.5714286	24.64
ANC1997	0.353	0.323	33.3333333	0.887	0.853	29.4117647	1.452	1.419	30.3030303	2.165	2.133	31.25	31.07
ANC2002	0.273	0.24	30.3030303	0.645	0.613	31.25	1.511	1.474	27.027027	1.85	1.803	21.2765957	27.46
ANC2003	0.289	0.256	30.3030303	0.81	0.783	37.037037	1.404	1.378	38.4615385	1.732	1.698	29.4117647	33.80
TIG00555	0.241	0.212	34.4827586	0.949	0.898	19.6078431	1.298	1.265	30.3030303	1.696	1.657	25.6410256	27.51
TIG00565	0.255	0.231	41.6666667	0.527	0.498	34.4827586	0.896	0.858	26.3157895	1.735	1.694	24.3902439	31.71

TABLA 4.- Tabla de datos del pozo Transvaal 1.

POZO TRANSSVAAL 1				COLUMNA LITOLÓGICA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA (SEGÚN REGISTROS ELÉCTRICOS)	SHOWS Y PERDIDAS DE CIRCULACIÓN	INTERVALOS DISPARADOS O FRACTURADOS
Correlación	Depth	Resistividad	Porosidad				
GR	MD	LL	NEU				
AP	100	OHMM	SD				
SP		LN	ST(NAL)				
MI	20	OHMM	100000				
		SN	40.000				
		OHMM	83.478				
	200				0'-350' Arenisca muy fina con intercalaciones de lutitas		
	Tope CPB						
	400						
	600						
	7						
	800				305'-075' Aumentan las areniscas intercaladas con lutitas.		
	1000						
	Tope PB						
	1200				076'-020' Areniscas con conglomeráticas de cuarzo y fragmentos de cuarcitas, más lutitas grises		
	1400					1400' Gas Show muy ligero	
	1600						
	1800				020'-095' intercalaciones de areniscas de grano fino con lutitas.		
	Horizonte PB						
	2200						
	2400						
	2600						
	2800						
	3000						
	3200						
	3400						
	3600						
	3800					4400' Gas Show ligero	
	4000						
	4200						
	4400				065'-6905' intercalaciones de areniscas con lutitas, ocasionalmente con cuarcitas; frecuentemente se presentan depósitos de espesa capas de areniscas	4615' Gas Show ligero	
	4600						
	4800						
	5000						
	5200						
	5400						
	5600						
	5800						
	6000					6656' Gas Show fuerte	
	6200					6660' ligera pérdida de lodo	
	6400						Zona Atlanta (6071'-6800')
	6600					7000' Oil Show fuerte	fracasaron dos intentos de fractura.
	6800						
	7000				6905'-7000' Limolitas		
	7200				7000'-7150' Limolitas con contenido de cuarzo.		
	7400				7150'-7650' Zona arcillosa		
	7600				7650'-7749' Limolita silices con cuarzo y chert	7749' Pérdida de lodo	
	TD: 7749'						

En el intervalo 4650'-5882' se intentó fracturar con 20 shots; por problemas en el pozo se abandonó el pozo.

En el intervalo 7008'-7110' intento de fractura con 12 shots pero no se logró romper la formación.

Cretácico disparado (7667'-7708.5); no se obtuvo trazas de gas o petróleo. No se fractura.

El pozo FA 7 el más cercano al Transvaal, muestra litologías en dos intervalos: 479'-484' Arcillita de color gris y fisible, además de lutitas verdosas, masiva y firme con intercalaciones de arcillitas. 1095'-1100' Arcillitas verdosas, laminares con intercalaciones de limolitas grises; Lutitas verdosas muy duras y microcarbonos; Areniscas gris verdosas con matriz arcillosa con cuarzo, feldespatos glauconita, microtrazas de carbón.

TABLA 5.- Tabla de datos del pozo Tambo 5.

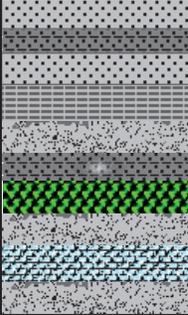
POZO TAMBO 5			
COLUMNA LITOLÓGICA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DE CORES Y/O RÍPIOS	SHOWS Y PERDIDAS DE CIRCULACIÓN	MICROFÓSILES
	210'-540': Arenisca cuarzosa, en ocasiones masiva y otra como bloques fragmentados de grano medio a fino intercaladas con lutitas limosas.	229': Oil Show	200'-300': Haplophragmoides sp.; Radiolaria sp.; Bathysiphon sp.; Lepidocyclina sp.; Trochammina sp.; Camerina sp.; Planulina sp.; Globigerina sp.; Uvigerina sp.; Rotalia sp.; Anomalina sp.
		321': Gas show ligero	
	550'-710': Intercalaciones entre arenisca cuarzosa no consolidadas de grano medio con pocas cantidades de guijarros de lutitas limosas, hacia la base guijarros de chert rotos.	435': Gas show ligero	340'-490': Radiolaria sp.; Bathysiphon sp.; Trochammina sp.; Planulina sp.; Globigerina sp.; Uvigerina sp.; Rotalia sp.; Anomalina sp.; Robulus sp.; Cassidulina sp.; Dentalina sp.; Saccamina sp.
		482': Oil show	520'-670': Trochammina sp.; Cibicides sp.; Lepidocyclina sp.; Robulus sp.; Allogromphina sp.; Chilostomella sp.; Gyroidina sp.; Bathysiphon sp.; Nodosaria cf.
	730'-860': Pequeños fragmentos de calizas angulosas, guijarros de cuarzo intercaladas entre areniscas cuarzosas de grano medio.	675': Oil show	700'-790': Bathysiphon sp.; Anomalina sp.; Cibicides sp.; Operculina sp.; Nonionella; Allogromphina sp.; Globigerina sp.; Ammodiscus sp.; Bulimina cf.; Cristellaria sp.; Epistomina sp.; Otolitha; Cyclammina sp.; Nodosaria cf.
	763': Oil show	790'-850': Bathysiphon sp.; Bulimina sp.; Bulimina cf.; Robulus sp.; Epistomina sp.; Cassidulina sp.; Crab fragment; Fish tooth; Tritaxis sp.; Globigerina sp.; Hasterigerinalla sp.; Cerithium sp.	
TD: 7749'			
<p>Por el cambio litológico presentado y por la presencia de paleo marcadores como Nodosaria cf. Se concluye que el límite entre la formación Socorro y la formación Clay Pebble Beds se encuentra lo calizado aproximadamente a 550 pies de profundidad.</p>			

TABLA 6.- Tabla de datos del pozo ANC1942.

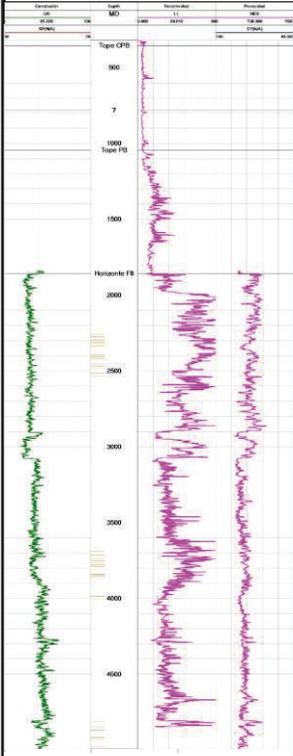
POZO ANC1942				
COLUMNA LITOLÓGICA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DE CORES Y/O RÍPIOS	SHOWS Y PERDIDAS DE CIRCULACIÓN	FÓSILES	
	450'-455': Lutitas grises y café fragmentadas con 10% de arenisca cuarzosa de grano medio		450'-455': Robulus sp.; Gyroidina sp.; Nodosaria sp.; Bulimina sp.; Fish tooth	
	700'-750': incremento de los granos de arena cuarzosa, fragmentos de lutitas limosa		700': Robulus sp.; Gyroidina sp.	
	800'-840': Arenisca gris de grano medio con inclusiones de lignito y partes de bloques delgados de lutitas.		800': Cibicides sp.; Bulimina sp.; Cassidulina sp.; Nodosaria sp.	
			2850': Pérdidas de circulación.	
		3691'-4008': Se fractura con resultados poco alentadores por la baja o casi nula producción.		
	4807'-4978': Se intentó fracturar pero por el aumento de presión se suspendió.	4826'-4866': Oil+Gas Show fuerte 4866'-TD: Numerosos Oil+Gas Shows		
TD: 5031'				
<p>Los pozos ANC B38 y ANC B40 ubicados al SO del pozo ANC B42, mostraron resultado similares con resistividades casi nulas para la formación Atlanta.</p> <p>El pozo ANCF0W se encuentra ubicado a 393m del pozo ANC B42, se toma como referencia para representar la posible litología de este pozo. Los resultados de fósiles y litología es la típica de la formación Clay Pebbles Beds.</p>				

TABLA 7.- Tabla de datos del pozo ANC1882.

POZO ANC1882			
Columna LITOLÓGICA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DE CORES Y/O RIPIOS	SHOWS E INTERVALOS FRACTURADOS	
	<p>Desde 1610' litología de Atlanta suele ser distinta del resto del campo en su mayoría son areniscas con pocos conglomerados</p>	1637'-2003' Intervalo fracturado	1661' Gas Show
		2044'-2465' Intervalo fracturado	
		2525'-2999' Intervalo fracturado	
<p>TD:3213'</p> <p>En el intervalo 2525'-2999' se fractura y produce 30 bppd y poca agua; 2044'-2465' se fractura y produjo 55 bppd los primeros 30 días con 25 bwpd; 1637'-2003' se fractura y produjo 16 bppd y 4 bwpd los primeros 30 días.</p>			

TABLA 8.- Tabla de datos del pozo ANC1211.

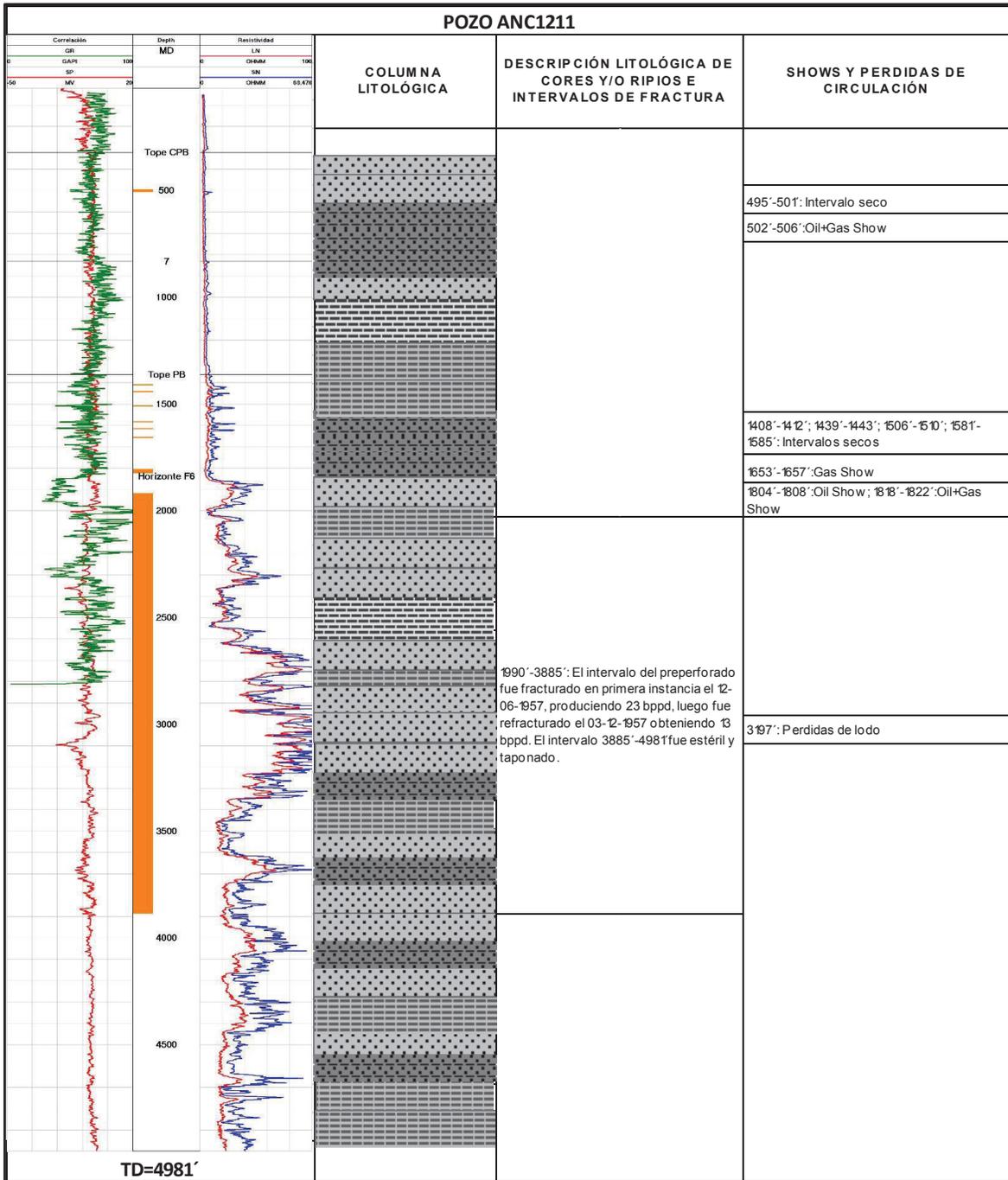


TABLA 9.- Tabla de datos del pozo MATILDE 1.

POZO MAT0001						
Correlación GRINA	Depth MD	Resistividad ResS(R10)	COLUMNA LITOLÓGICA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DE CORES Y/O RIPIOS	SHOWS Y PERDIDAS DE CIRCULACIÓN	FÓSILES
1000 SP	100	0 OHMM		0'-232' Arena con arcillas e incrustaciones de guijarros de arcilla; además de cuarzo y porcentaje bajo de lutitas	324' Oil Show pequeño	
20 MV	40	0 ResDIN(A)		416'-426' Guijarros de arcilla con intercalaciones de areniscas		416'-426' Bathysiphon sp.; Nodosoria sp.
		0 ResM(R35)		426'-901' Lutita arenosa fuertemente estrada con frecuentes intercalaciones de lutita y arenas	685' Oil+Gas Shows pequeños	
		0 OHMM		901'-905' Guijarros de areniscas angulares y arcillas en una matriz de arcilla		
				905'-1400' Lutitas intercaladas con areniscas		
				1400'-1409' Areniscas con guijarros arcillosos intercalados, además bandas delgadas de lutita; migra a una lutita con intercalaciones de areniscas	1400'-1409' Núcleo con Oil	
				1409'-1901' Intercalaciones de lutitas en su mayoría con areniscas		
				1901'-1907' Areniscas de grano fino con finas lutitas, bandas de calcita; lutitas con bandas de areniscas y al fondo conglomerado con una matriz arenosa de grano grueso y guijarros de arenisca		
				1907'-2401' Sucesiones de lutitas y areniscas		
				2401'-2422' Areniscas duras e irregulares con bandas de calcita y lutitas intercaladas	2401'-2422' Núcleo con indicios de petróleo	
				2600'-2611' Areniscas porosas con bandas de lutitas, estas últimas incrementándose a la base		
				2807'-2824' Arenisca micácea de grano grueso con bandas calcárea e inusuales fragmentos de lutita, presencia de vetas de calcita		
				3005'-3008' Areniscas soldadas con poca lutita arenosa fragmentada		
				3187'-3205' Areniscas soldadas pero fracturadas con presencia de pirita y bandas de lutitas	3227'-3249' Gas Show	
				3411'-3420'; 3606'-3626'; 3776'-3788'; 4013'-4027' Arenisca de grano fino bien cementada, muy fracturada; en varias zonas existe intercalaciones de lutitas y vetas delgadas de calcita		
				Esporádicamente se observan fragmentos de cuarzitas entre las intercalaciones de arenas y lutitas hasta el TD; sin embargo a 5000' existe la presencia de limolitas arcillosas en 40% y areniscas limosas de grano fino de color negro a gris oscuro.		5000' Bathysiphon
TD: 5003'						
2632' -4212' : Se prueba este intervalo pero no da producción.						
1213' -2415' : solo se obtiene lodo y una ligera película de aceite.						

TABLA10.- Tabla de datos del pozo MATILDE 4.

POZO MAT0004			COLUMNA LITOLÓGICA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DE CORES Y/O RIPIOS	SHOWS, PERDIDAS DE CIRCULACIÓN O FLUORESCENCIA
	0	90		0'-300': Lutitas y limolitas en gran porcentaje, compuestas por material tobáceo y poco carbonáceo; presencia de arcillas como la bentonita; además presencia de trazas de areniscas y fragmentos pequeños de cuarzo.	0'-100': 10% de fluorescencia
	500	90		340'-550': se mantiene la presencia de lutitas tobáceas y limolitas en casi un 90%, sin embargo se incrementa el porcentaje de areniscas hasta en un 15% son angulosas con limos y con presencia ocasional de pirita.	420'-560': 5% de fluorescencia
	7	90		porcentaje, los fragmentos de cuarzo, pirita e incluso vetas de calcita se incrementan.	
	1000	90		860'-1000': Areniscas en 50-60%, microconglomerados de buen sorteo; lutitas guijarrosas en porcentajes de 35% aproximadamente y trazas de chert y tobas.	
	1500	90		1000'-2000': El porcentaje de areniscas baja y el de lutitas crece, se observa la presencia de limolitas en porcentajes de hasta 30% y pequeños de chert, tobas y calcita en vetillas hasta de 5%. Hacia la base de este intervalo se incrementa el contenido de lutitas y limolitas.	
	2000	90		2000'-3000': Intercalaciones de muy pocas areniscas con lutitas; mayor presencia de lutitas en un 70% y con un incremento de limolitas hasta un 15%, se mantiene la presencia de chert, tobas y vetillas de calcita en poco porcentaje llegando en ocasiones a trazas, hacia la base se observan la aparición de magnetita y lignito. Además se obtuvo granulos de glauconita en ciertos intervalos de limolitas.	2740'-2800': 13% de fluorescencia
	2500	90		3000'-3944': Intercalaciones de areniscas y lutitas en la misma proporción, se observa que las limolitas son cada vez más escasas, se mantiene las cantidades de pirita y vetas de calcita y un poco de chert. Hacia la base se observa el incremento de lutitas con presencia de chert, calcita y lignito en trazas. Las areniscas y limolitas decaen en porcentaje.	3040'-3100': 5% de fluorescencia 3100'-3440': 13% de fluorescencia
3000	90				
TD:3499'					
3113'-3491': Intervalo de preperforado sin nada de producción.					

TABLA11.- Tabla de datos del pozo ANC1978.

POZO ANC1978			COLUMNA LITOLÓGICA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DE CORES Y/O RIPIOS	SHOWS Y PERDIDAS DE CIRCULACIÓN
	0	100		Datos de Perforación: 0' - 1380': Lutitas	
	7	1000		Datos de Perforación: 1380' - 1980': Principalmente lutitas con intercalaciones de areniscas y conglomerados	1741': Gas Show ligero
	1500	2000			2792': Gas Show
	2000	3000		2900' - 3691': Lutitas con intercalaciones de areniscas delgadas	
	3000	4000			
	3500	4500		4400': Lutita con un ligero incremento de arenas	
	4000	4680'		4680': Areniscas con pocos conglomerados	4680': Oil Show ligero
	4500	4700'		A 4700': Tope de una capa de conglomerado.	4727'; 4747'; 4791': Pérdidas de circulación
TD: 5289'					4929': Pérdidas de circulación

TABLA12.- Tabla de datos del pozo ANC0775.

POZO ANC0775				COLUMNA LITOLÓGICA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DE CORES Y/O RIPIOS	SHOWS Y PERDIDAS DE CIRCULACIÓN	FÓSILES																				
<table border="1"> <tr> <th>Combinación</th> <th>Depth MD</th> <th>Resistividad</th> </tr> <tr> <td>GR</td> <td></td> <td>LN</td> </tr> <tr> <td>CAP1</td> <td>100</td> <td>CRMA</td> </tr> <tr> <td>SP</td> <td></td> <td>SR</td> </tr> <tr> <td>MC</td> <td>200</td> <td>CRMA</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>RS</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>CRMA</td> </tr> </table>	Combinación	Depth MD	Resistividad	GR		LN	CAP1	100	CRMA	SP		SR	MC	200	CRMA			RS			CRMA						
Combinación	Depth MD	Resistividad																									
GR		LN																									
CAP1	100	CRMA																									
SP		SR																									
MC	200	CRMA																									
		RS																									
		CRMA																									
					1500'-1513': Lutita gris con pocos guijarros de arcilla	1595'-1600': Oil+Gas Show																					
						1652'-1658': Oil +Gas Show 1724'-1734'; 1750'-1760': Oil +Gas Show																					
					2000'-2016': Lutita con pequeñas arenas de grano medio		2000': Bathysiphon sp.																				
						2434'-2440': Gas Show																					
					2400': Areniscas blandas con raros frgmentos de lutitas.	2466'-2472'; 2476'-2482': Oil +Gas+Water Show																					
					2524'-2538': Areniscas blandas																						
						2883': Water Show																					
					3000': Arenisca triturada con muy pocas intercalaciones de lutitas negras.	3050'-5156': Se realizaron pruebas de producción y se recuperó solo agua.																					
					4500'-4506': areniscas duras de grano fino con diaclasas lustrosas en las caras de lutita negra; además de contener venas de calcita																						
TD: 5156'					A 5060' un core muestra areniscas fragmentada y lutitas negras con fauna foraminífera.																						
<p>El pozo FA5 el más cercano al pozo 775 muestra las siguientes litologías: 687'-704': Arcillita verdosa, masiva y con trazas de carbón, areniscas cuarzoza gris, predomina el cuarzo y poco feldespato. 1081'-1098': Arcillita gris verdosa intercalada con arenisca cuarzoza gris de grano fino a grueso con carbón, micas, minerales rojos y restos vegetales. 1215'-1227': Lutita gris a café, poco fisible, masiva; Arcillita verde grisácea, suave blocosa irregular con intercalaciones de limolita; Arenisca cuarzoza de grano muy fino con micas y carbón. 1593'-1607': Arcillitas verdosas muy blanda y poco firme, demás de arenisca cuarzoza gris con inclusiones feldespáticas, micas, carbón y glauconita</p>																											

TABLA13.- Tabla de datos del pozo ANC0701.

POZO ANC0701				COLUMNA LITOLÓGICA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DE CORES Y/O RIPIOS	SHOWS Y PERDIDAS DE CIRCULACIÓN	FÓSILES
Correlación GR(N/A)		Depth MD	Resistividad RN				
SP MV		0.150 GRAM	156.270 SI GRAM				
00 20		0 5000	0 177.660				
Tope CPB 500							
7 1000							
1500					1000' : Fragmentos de arenisca en lutita gris		
2000 Tope PB					1500' - 1511' : Arenisca gris friable con intercalaciones de lutitas lustrosas color gris oscuro		
2500					1700' - 1708' : Lutitas lustrosas color gris oscuro con diversas cantidades de arenisca gris, en ocasiones brechada		
Horizonte F6 3000					2000' - 2660' : Lutitas lustrosas color gris oscuro con diversas cantidades de arenisca gris, en ocasiones brechada		
3500					2875' : Lutitas + areniscas bandeadas y plegadas debilmente y presencia de lignito		2875' - 2880' : Pocos Bathysiphon en lutitas
1 3500					3150' - 3155' : Lutitas oscuras + lignito fragmentado + cristales de pirita dispersos		
4000 TOPE ATLANT/					3306' - 3316' : Lutitas oscuras con areniscas finamente intercaladas		
4500					3541' - 3148' : Lutita arenosa color gris con intercalaciones finas de areniscas duras		
5000					3771' - 3777' : Lutita micacea dura con fragmentos irregulares de arenisca		
5500 TD: 5500'					4267' - 4274' : Arenisca gris fisurada y dura		
						5300' : Gas Show	

POZO PRODUCTOR DE GAS - Producción inicial de gas fue de 700 000pc por día.

TABLA14.- Tabla de datos del pozo ANC0589.

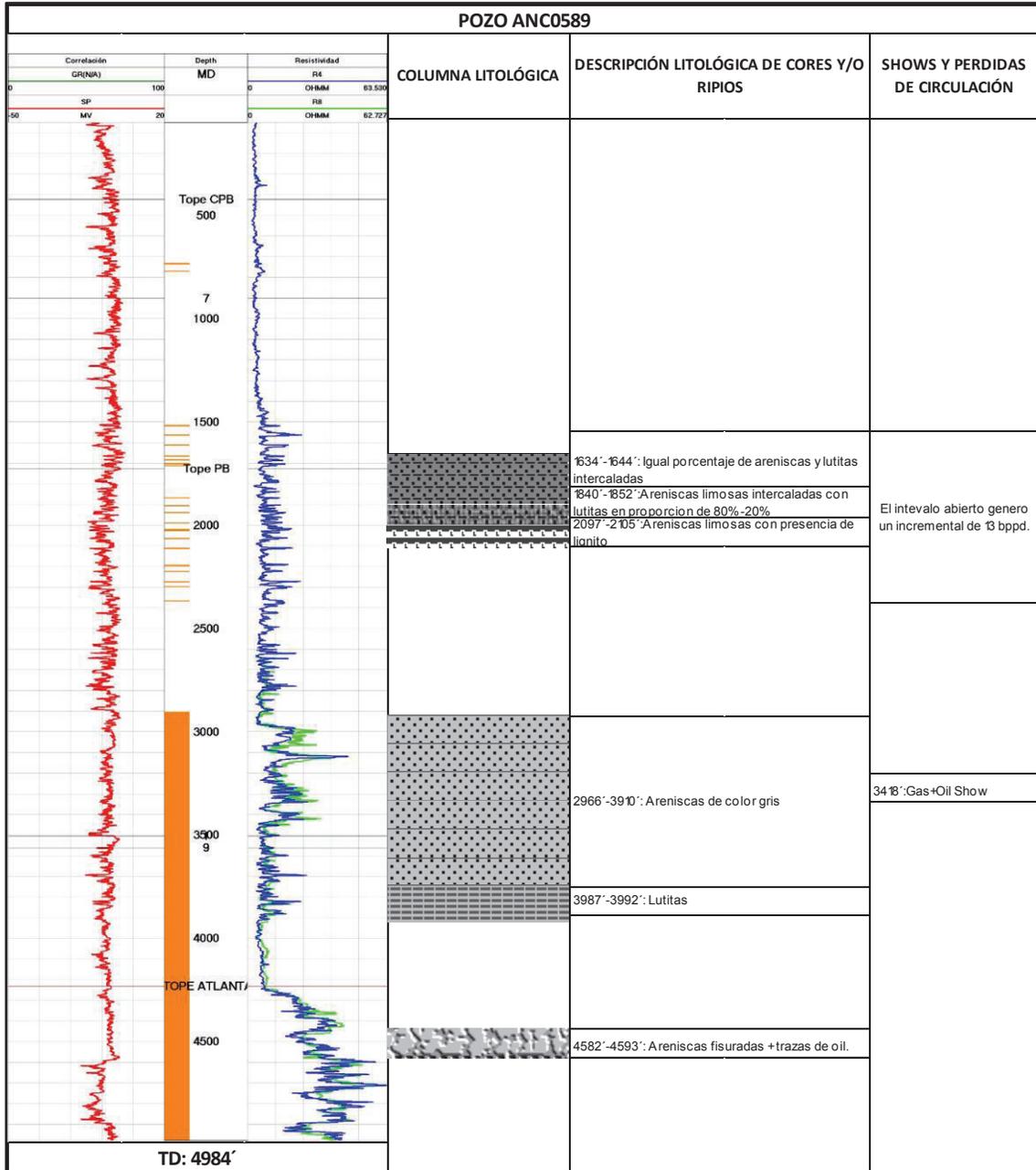
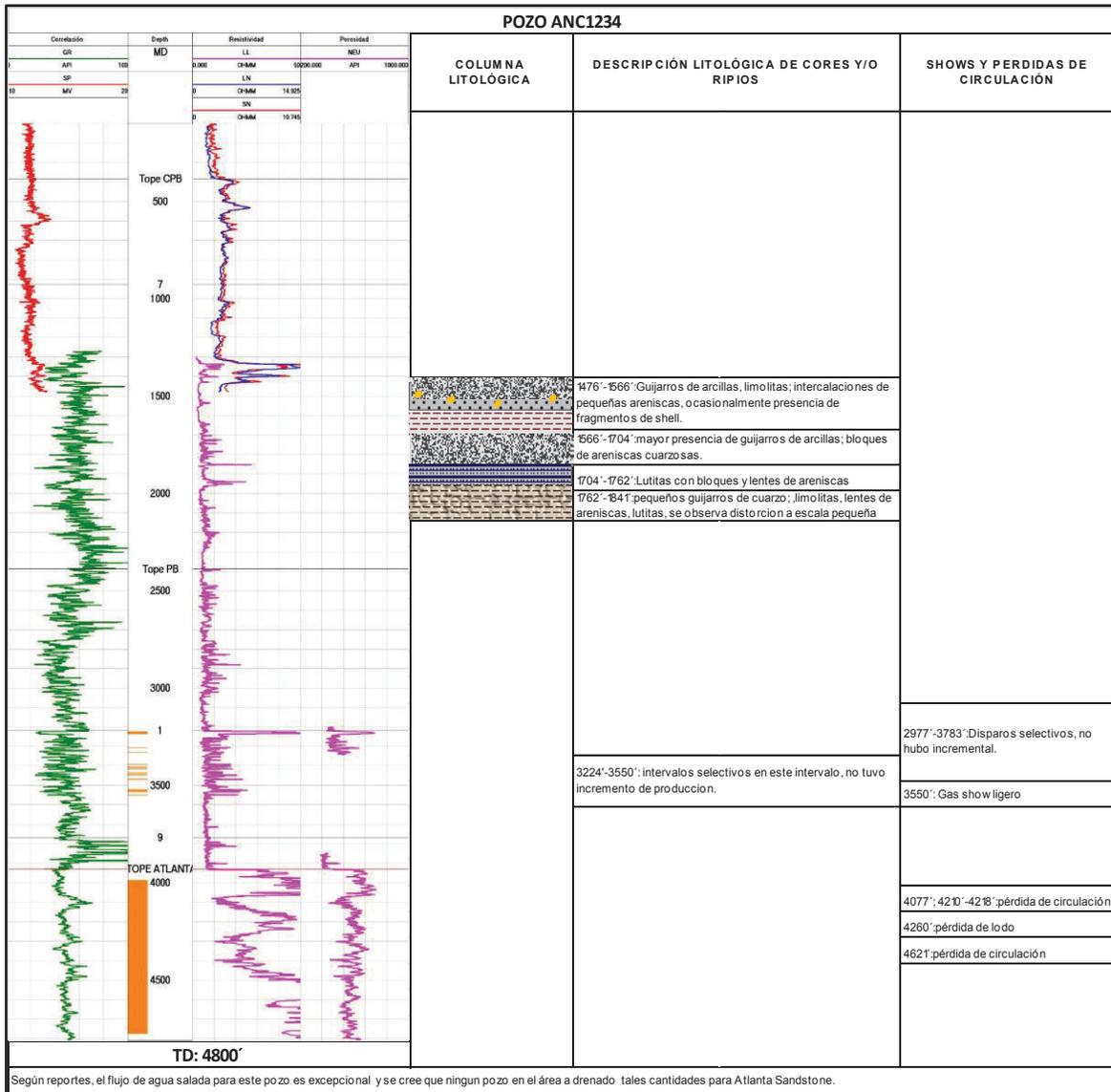


TABLA15.- Tabla de datos del pozo ANC1234.



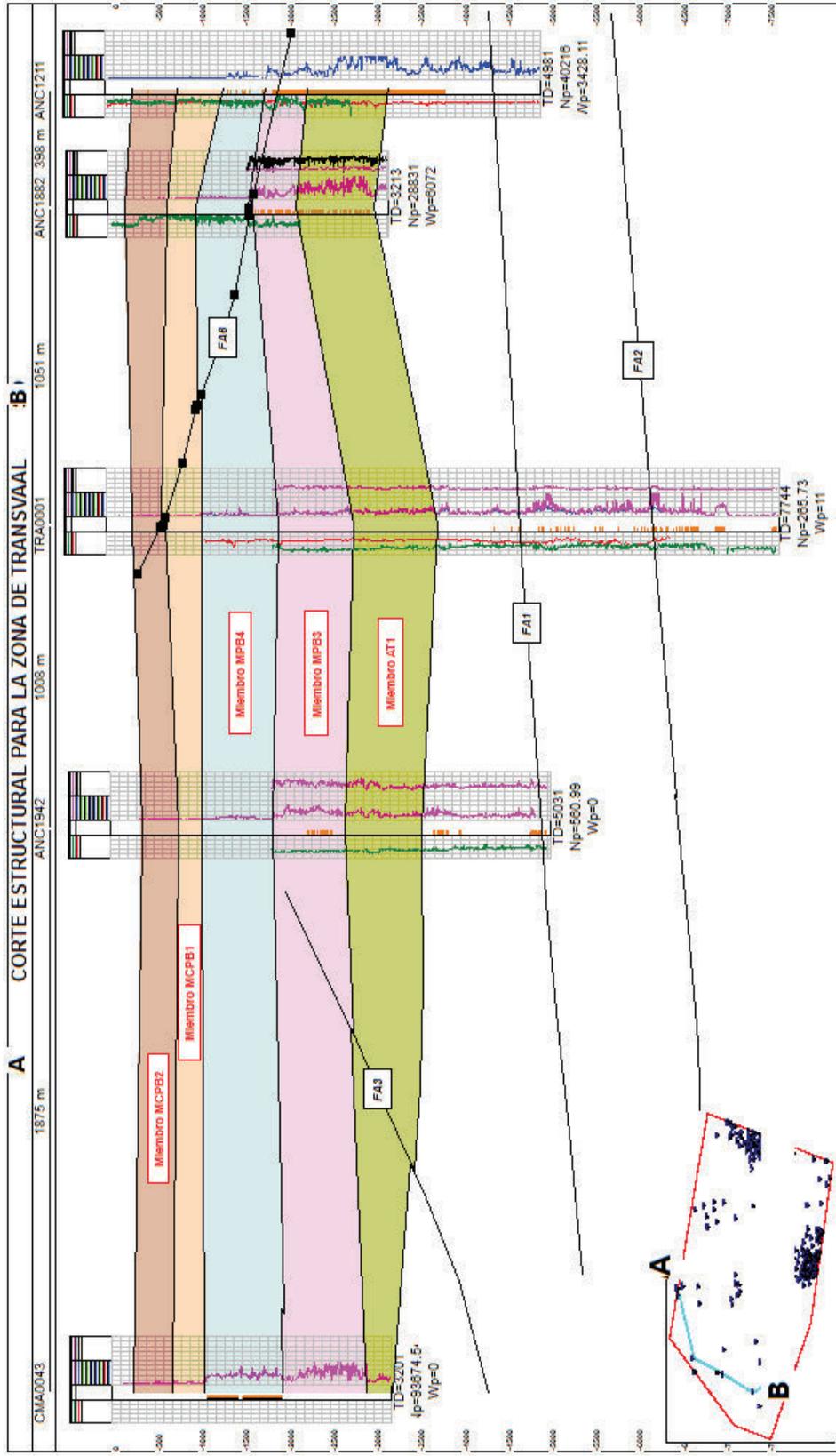
Según reportes, el flujo de agua salada para este pozo es excepcional y se cree que ningún pozo en el área a drenado tales cantidades para Atlanta Sandstone.

TABLA17.- Tabla de datos del pozo TIGRE 15.

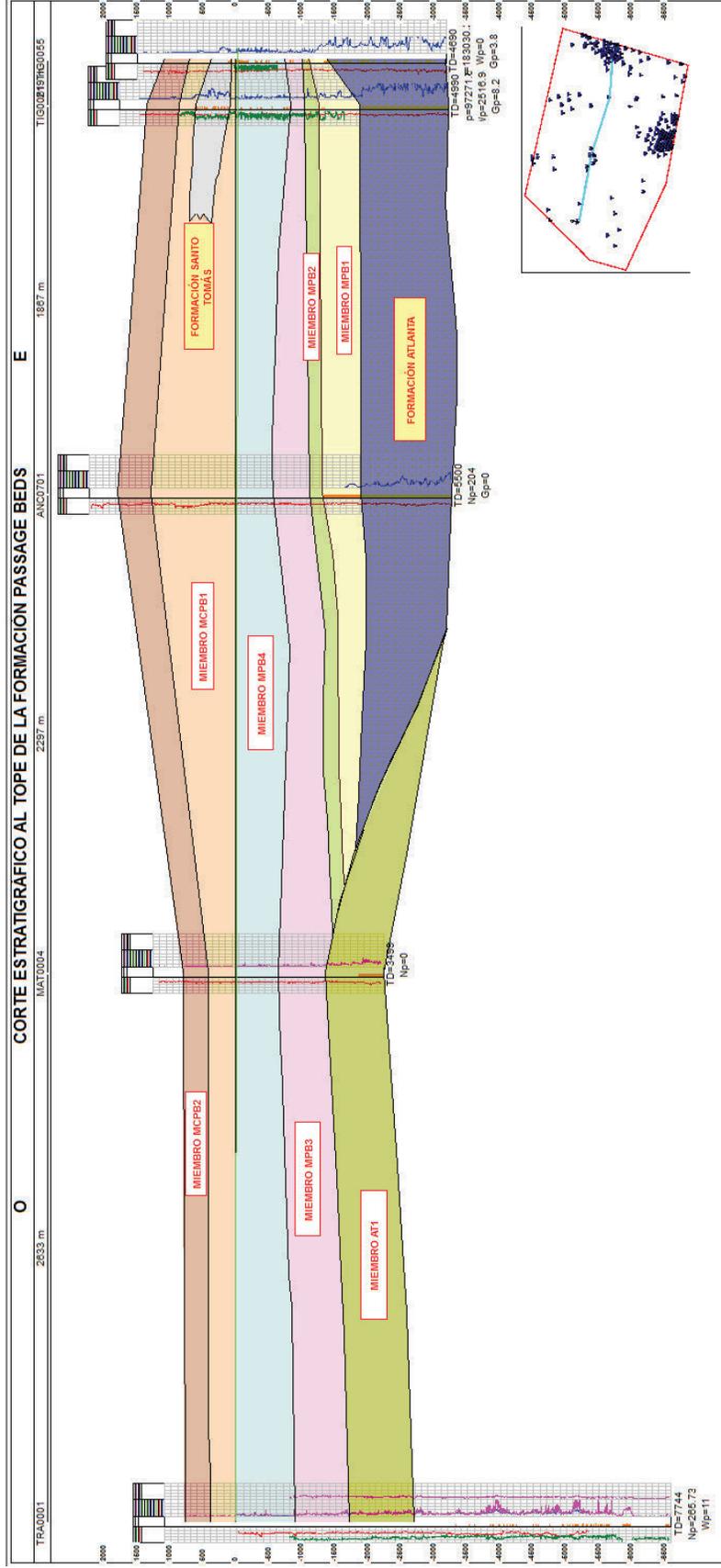
POZO TIG0015				COLUMNA LITOLÓGICA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DE CORES Y/O RIPIOS	SHOWS Y PERDIDAS DE CIRCULACIÓN
Compañía	Depth	Resistividad	Porosidad			
GR	MD	RA	RFU			
AR	100	CRM	10000.00			
BP	50	RA	10000.00			
SI	25	RA	10000.00			
500	Topo CPB				500'-510':arenisca gris más lutitas fisibles raramente lisas, estratificadas.	
1000						
1008					1008'-1028':arenisca limosa de grano fino aparentemente porosa; arcillas lisas cizalladas con arenas; guijarros de arcillas y cuarzo.	1008':Oil show ligero
1204						1204':Oil Show
1491					1491'-1503':capas de arcillas lisas con fractura desigual desmoronamiento en polvo sobre la meteorización; cuarcitas guijarrosas más micas y lutitas.	
2005					2005'-2014':lutita friable oscura; arenisca fina limosa pobremente estratificada con lutitas lisas en las fracturas	2037':Gas+Oil Show
2014						2370': Oil Show
2514					2514'-2521':lutitas lisas oscuras, muy raro ver guijarro de cuarzo y bandas de areniscas	2620':Oil+Gas Show
3144					3144'-3159':lutita arenosa oscura, ligeramente micácea con bandas de arenas y nódulo; además de vetas de calcita fuertemente inclinadas	
3481					3481'-3491':arenisca limosa de grano fino muy fuerte, grietas rellenas de arcilla y muestra signos de cizallamiento y menor fallamiento.	
3680					3680'-3691':pequeños guijarros de cuarzo en una matriz arenosa. Areniscas arcillosas de grano fino con baja porosidad, con ligero olor a petróleo	3680':Gas+Oil Show ligero
4000					4000'-4013':arenisca de grano fino laminada con lutitas, frecuentemente fracturada y fisurada con inclusiones de lutita, venas de calcita y ausente de gas y petróleo	3727':Oil+Gas Show
4252					4252'-4298':pérdidas de circulación	
4282					4282'-4298':Conglomerado arenoso grueso con guijarros de cuarzo negro e inclusiones de lutita.	4282'-4298':evidencia de oil
4599					4599'-4613':Arenisca lutítica gruesa, fracturada y pulverizado.	
4889					4889'-4899':Areniscas de grano medio grises blanquesinas, fuertemente cementada	4833':Gas+Oil Show
5095					5095'-5103':Arenisca cuarcítica fuertemente cementada con inclusiones de litutas cortadas sin indicios de gas o petróleo	
TD: 5269'						

ANEXOS

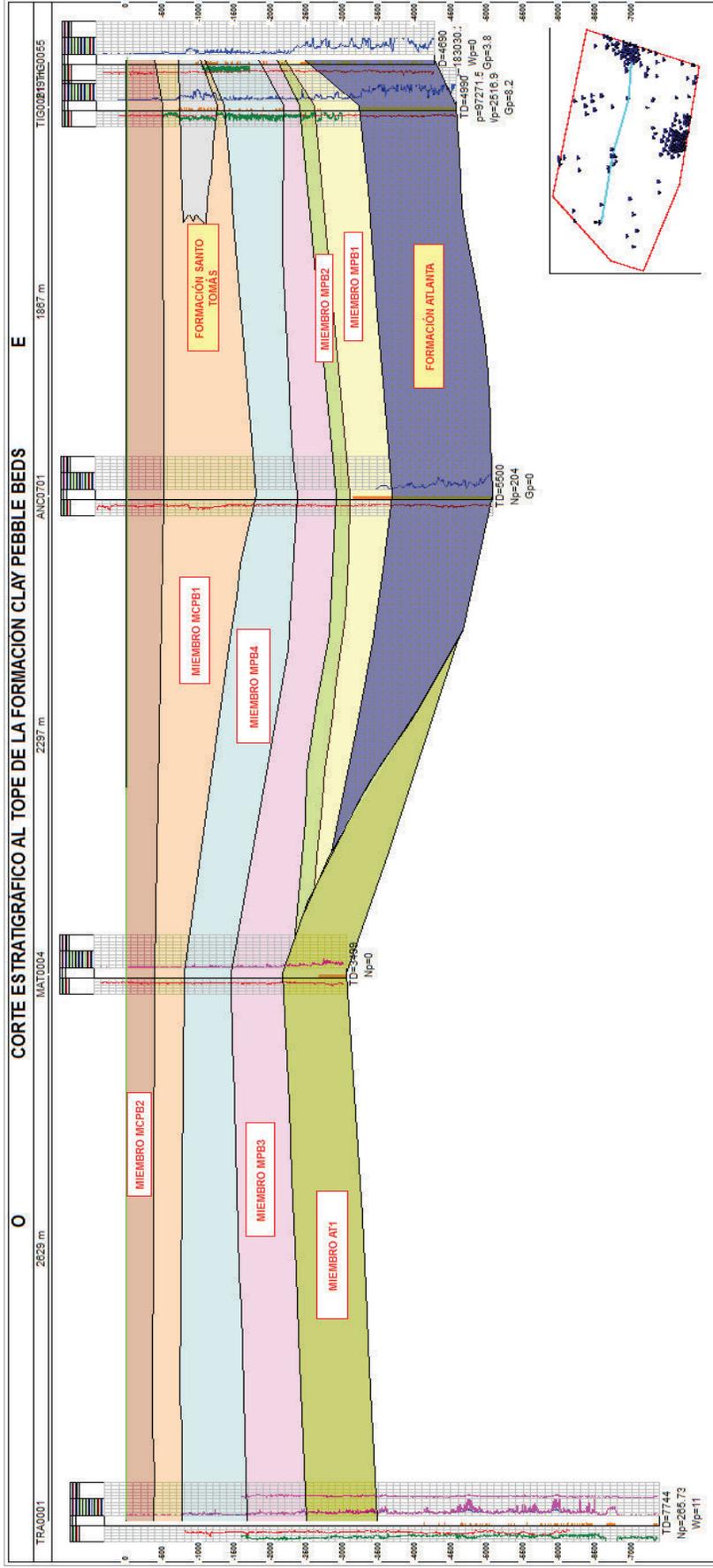
Anexo 1.- Corte estructural para la zona de Transvaal.



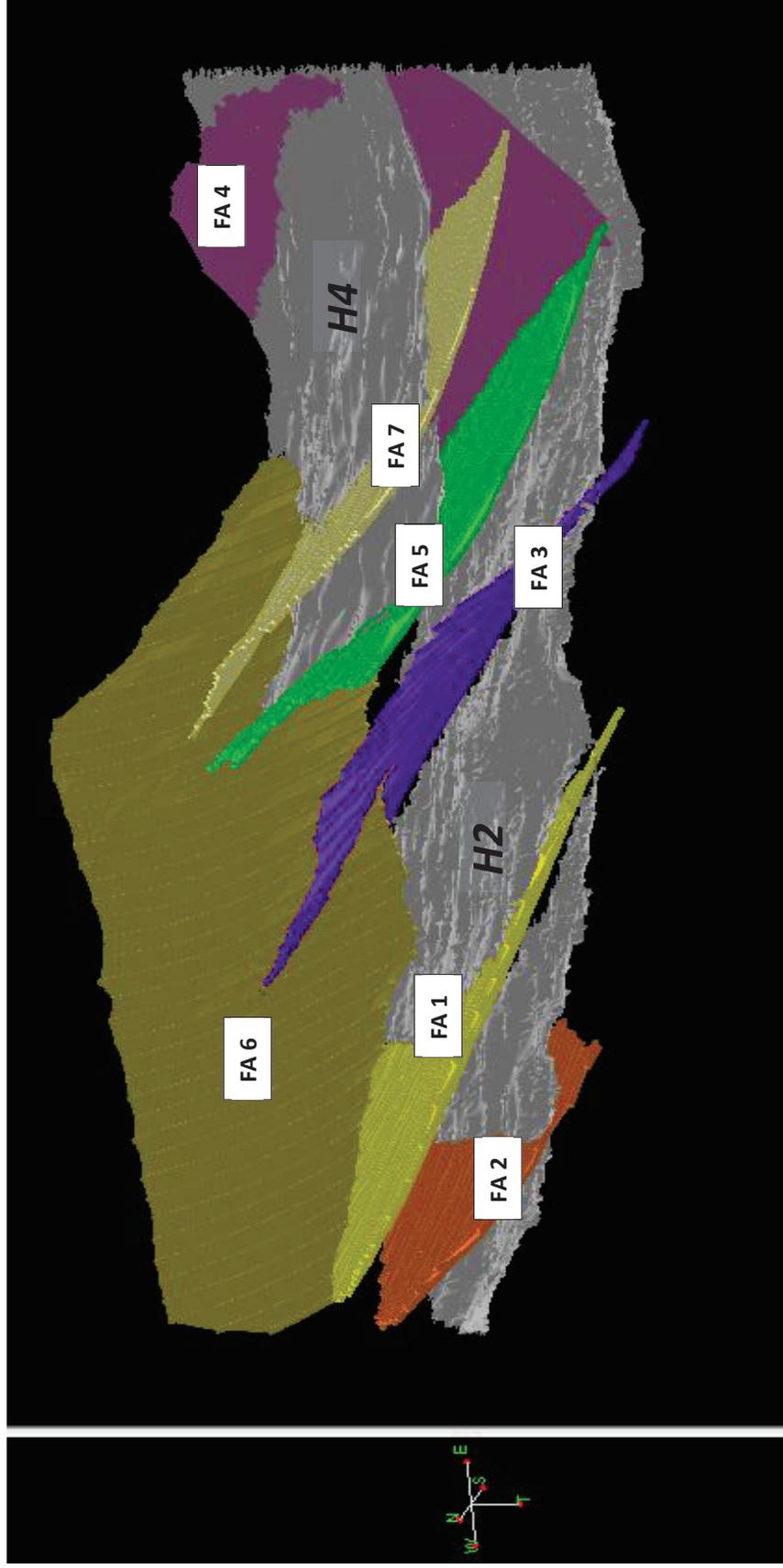
Anexo 2.- Corte estratigráfico al tope de la formación Passage Beds.



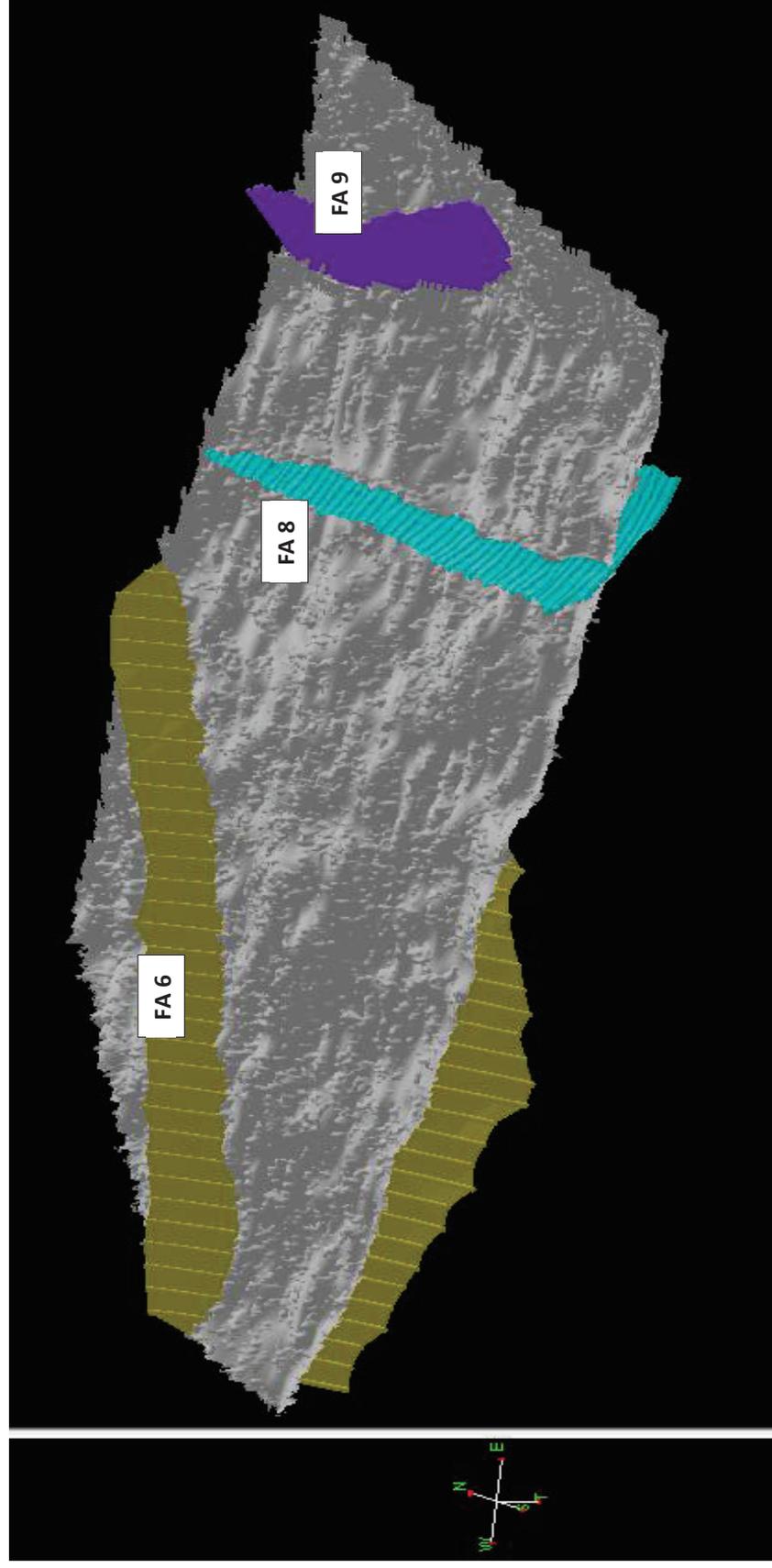
Anexo 3.- Corte estratigráfico al tope de la formación Clay Pebble Beds.



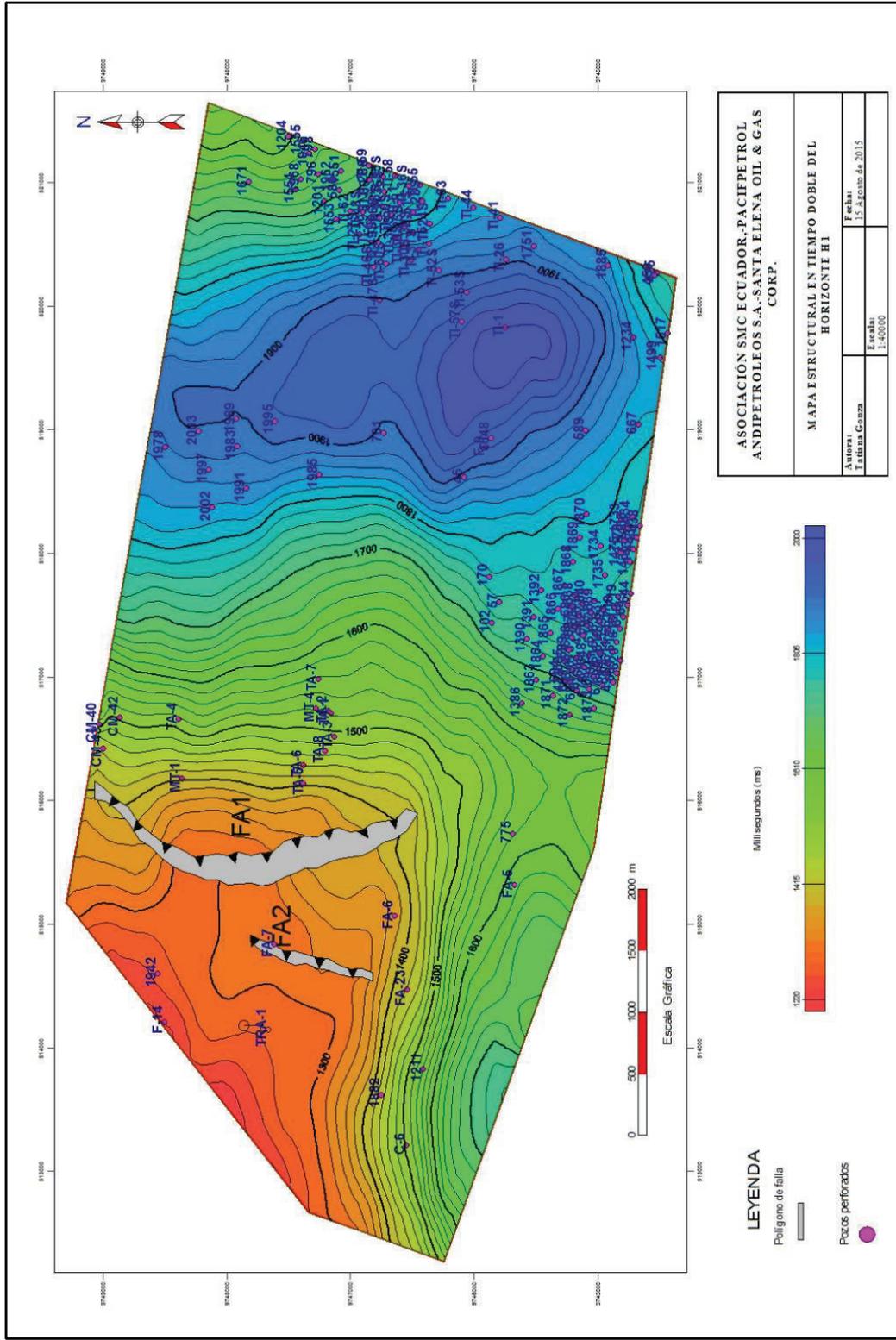
Anexo 4.- Visualización 3D de los polígonos de falla (FA1, FA2, FA3, FA4, FA5, FA6, FA7) generados en los horizontes H2 y H4.



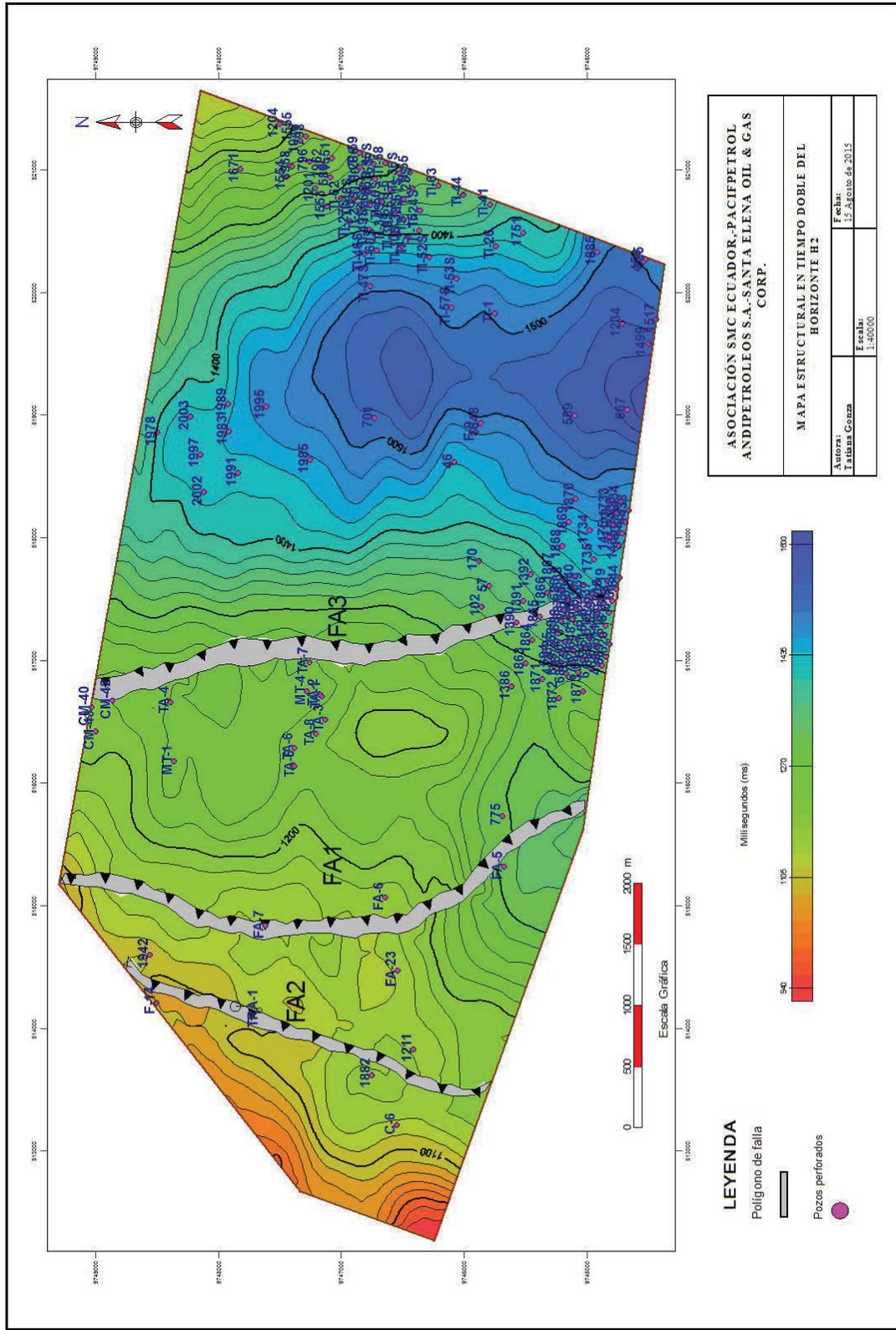
Anexo 5.- Visualización 3D de los polígonos de falla (FA6, FA8, FA9) que atraviesan el horizonte H7 según la interpretación sísmica.



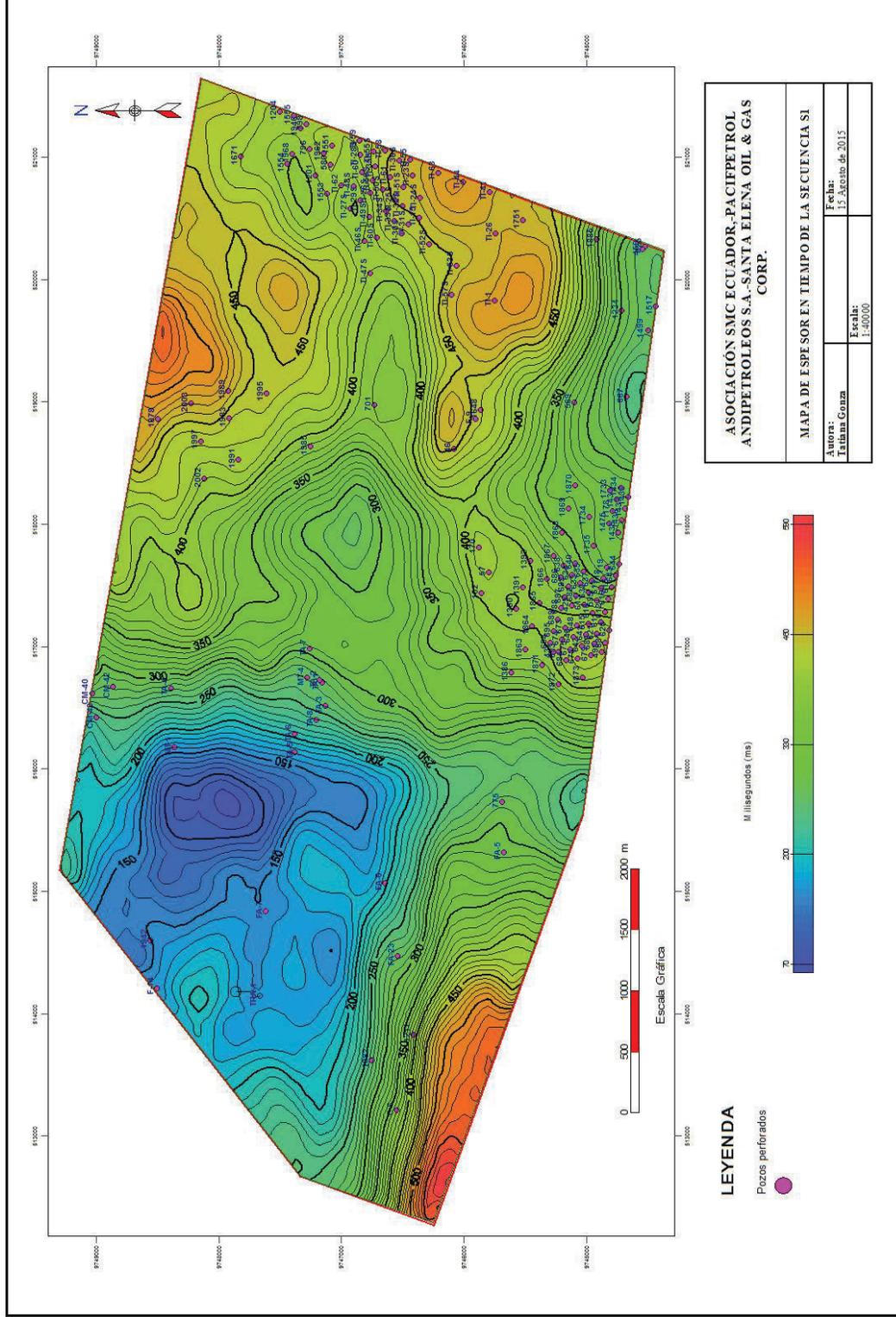
Anexo 6.- Mapa estructural en tiempo doble del Horizonte H1.



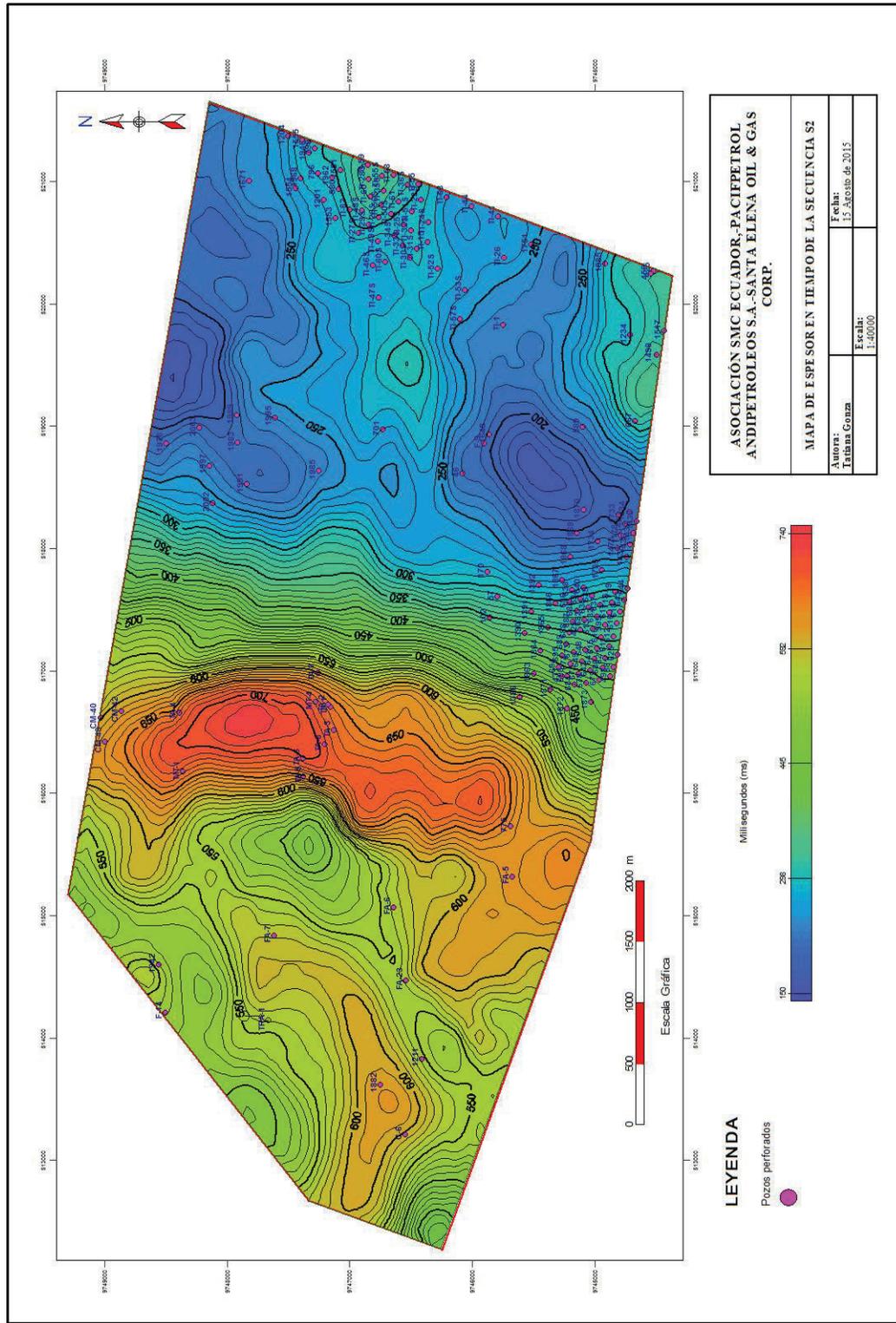
Anexo 7.- Mapa estructural en tiempo doble del Horizonte H2.



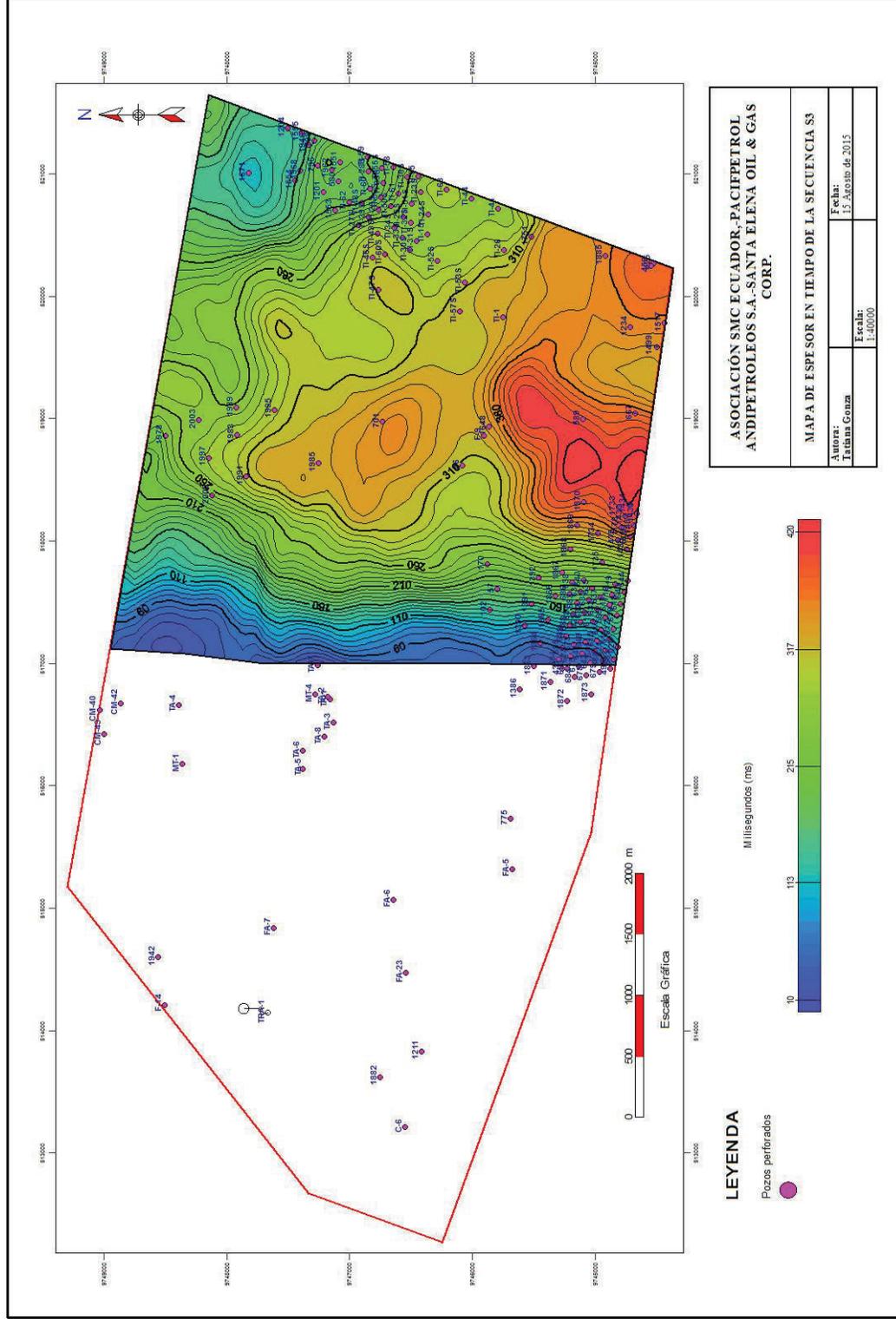
Anexo 8.- Mapa de espesor en tiempo de la secuencia S1.



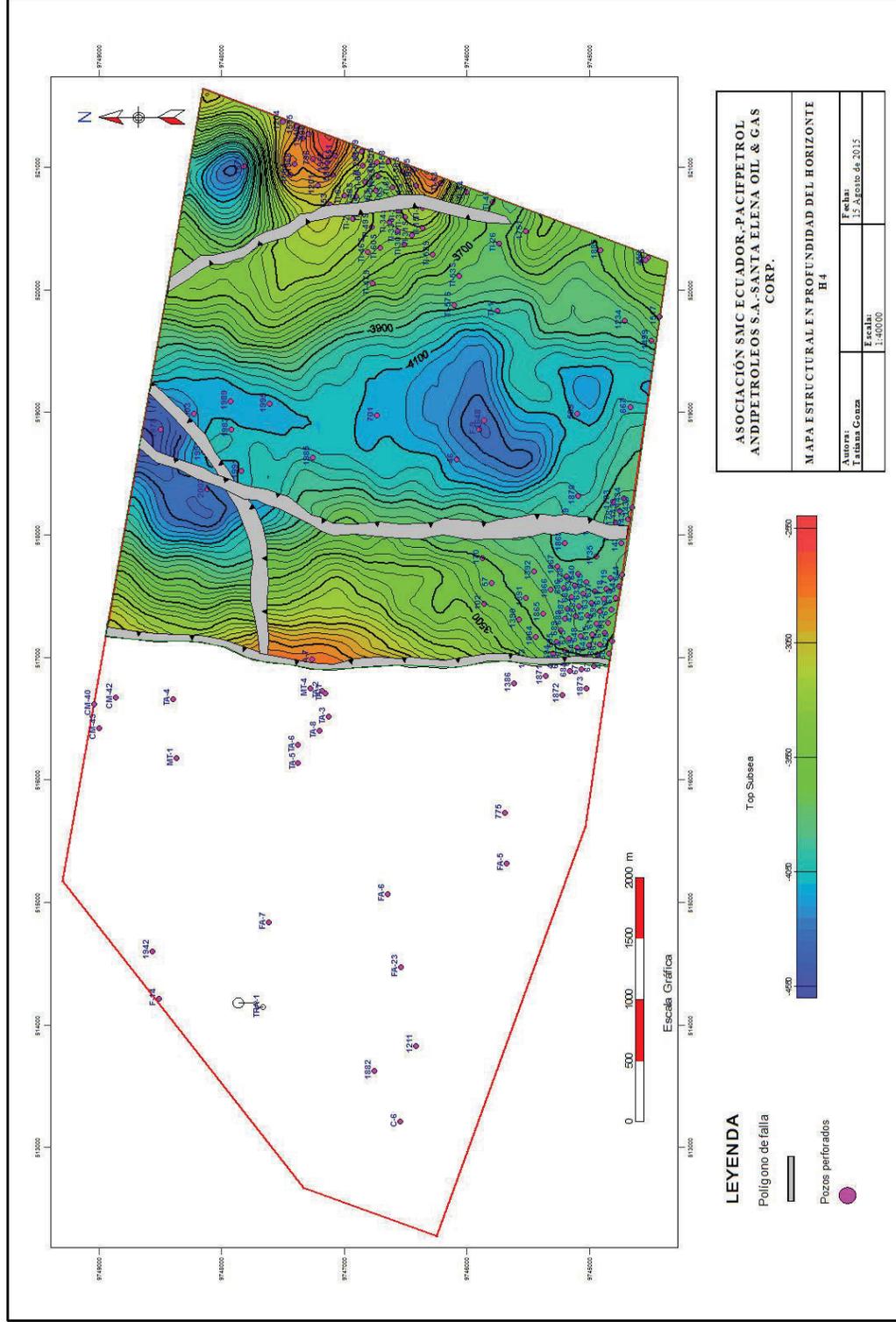
Anexo 9.- Mapa de espesor en tiempo de la secuencia S2.



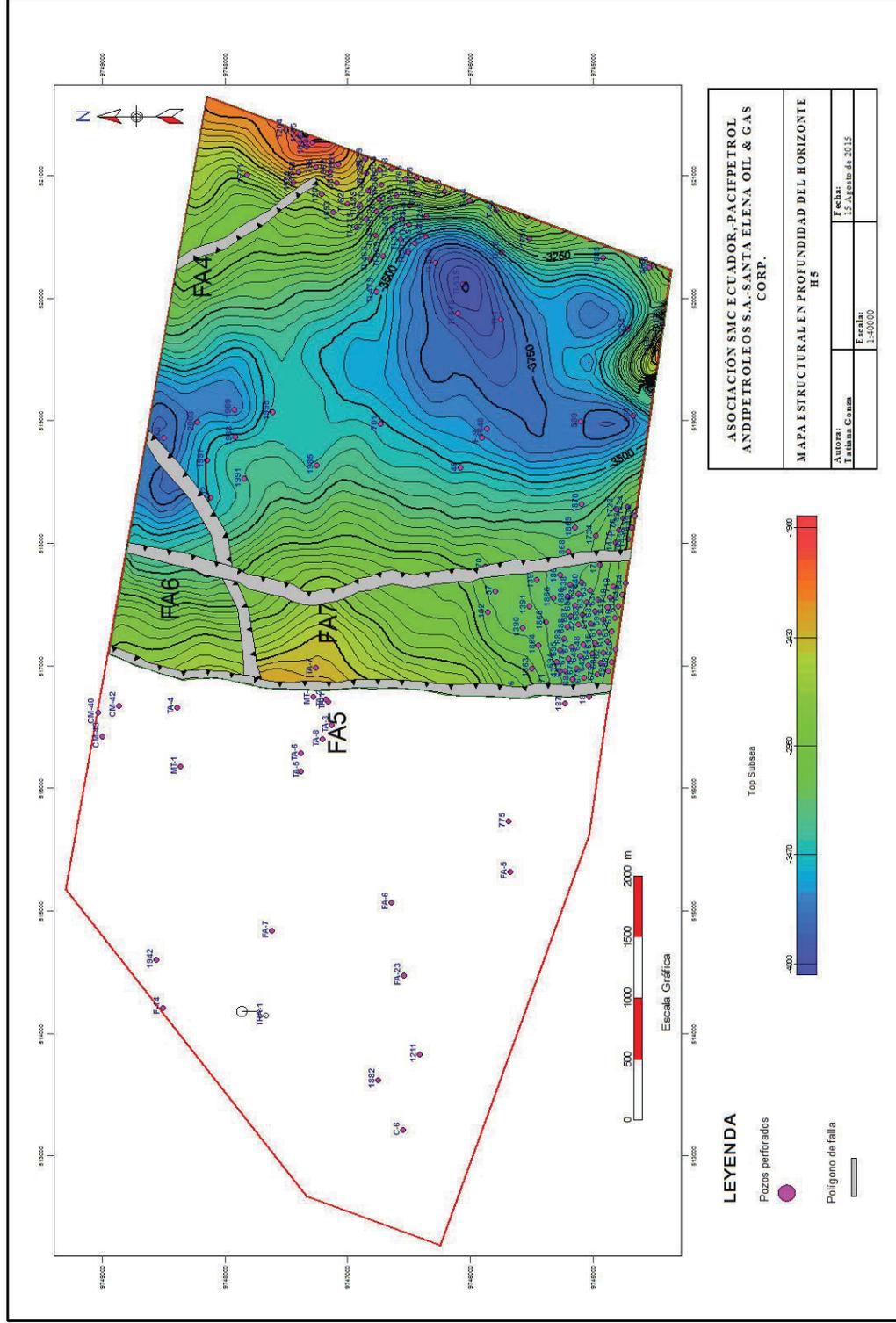
Anexo 10.- Mapa de espesor en tiempo de la secuencia S3.



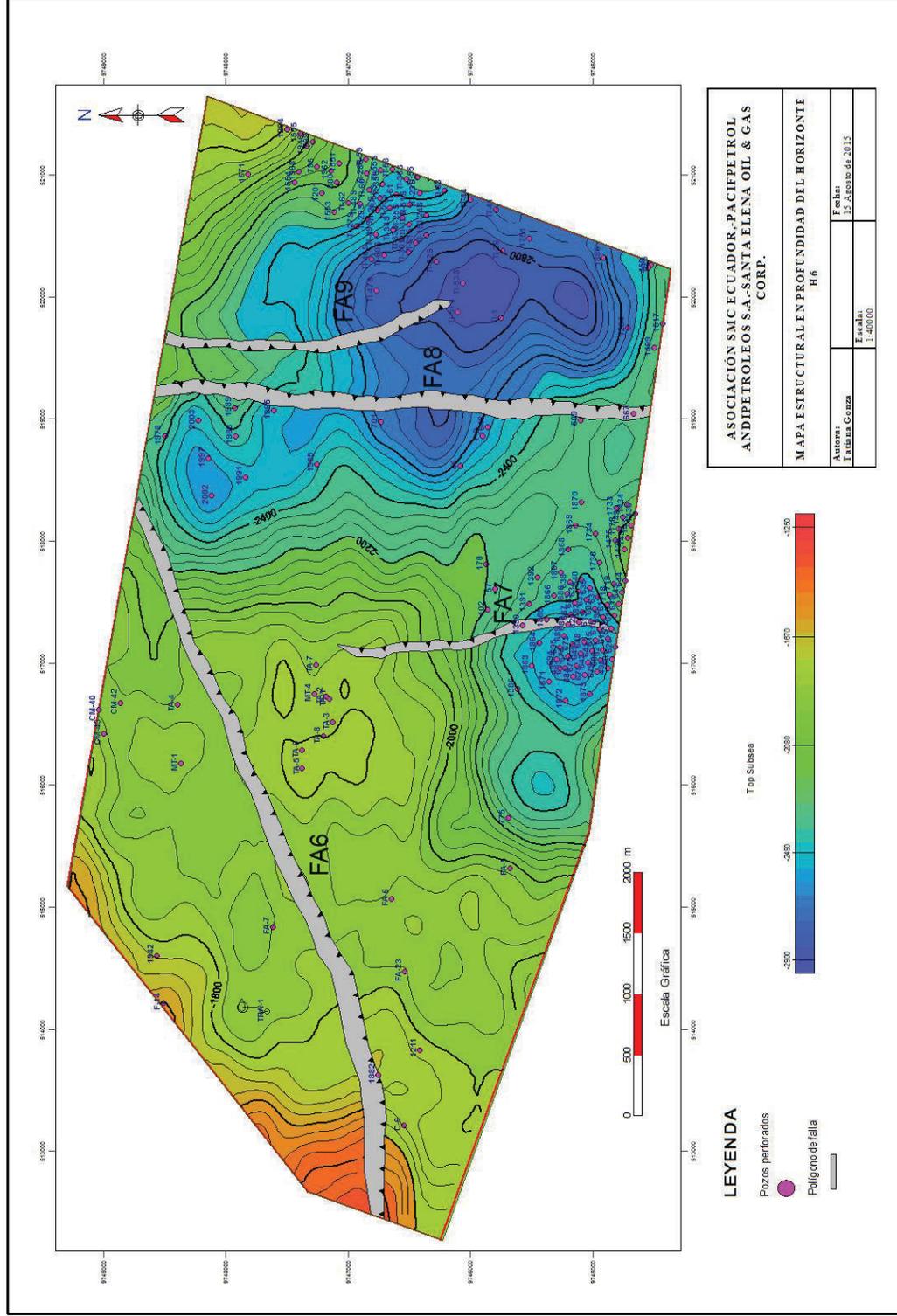
Anexo 11.- Mapa estructural en profundidad del horizonte H4.



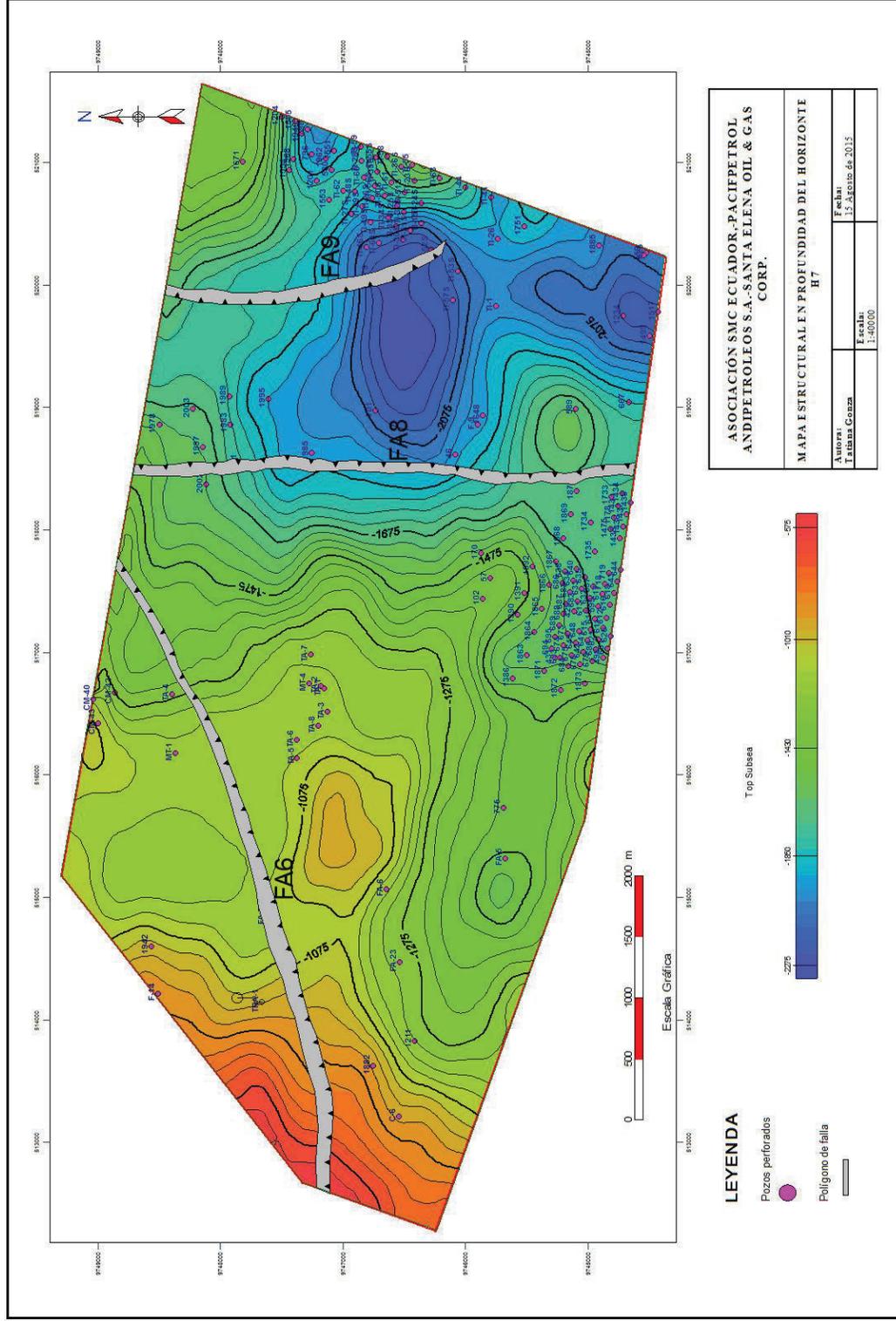
Anexo 12.- Mapa estructural en profundidad del horizonte H5.



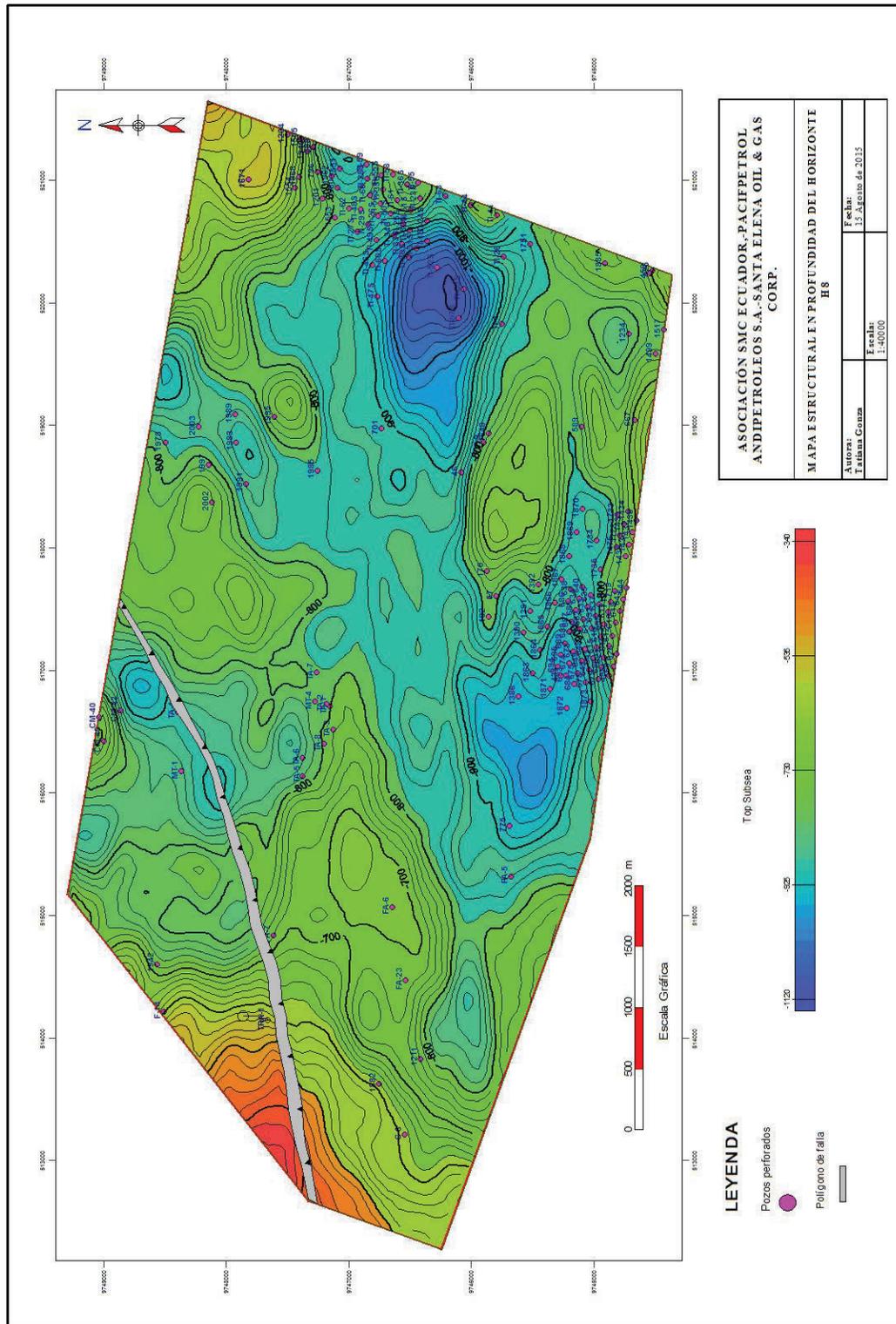
Anexo 13.- Mapa estructural en profundidad del horizonte H6.



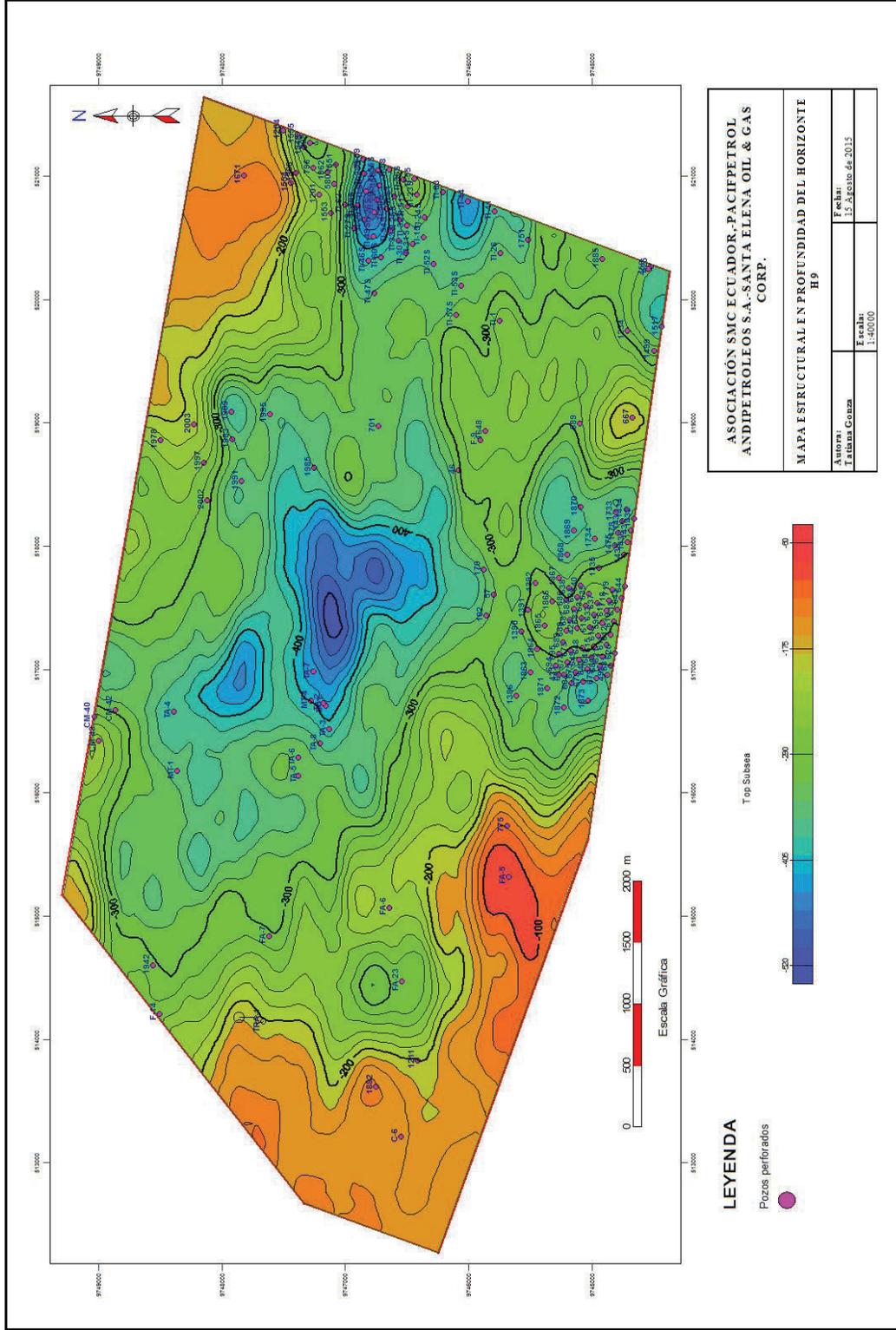
Anexo 14.- Mapa estructural en profundidad del horizonte H7.



Anexo 15.- Mapa estructural en profundidad del horizonte H8.

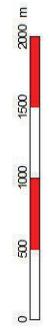
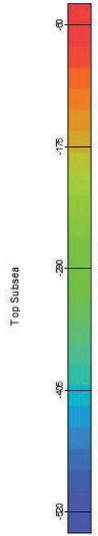


Anexo 16.- Mapa estructural en profundidad del horizonte H9.

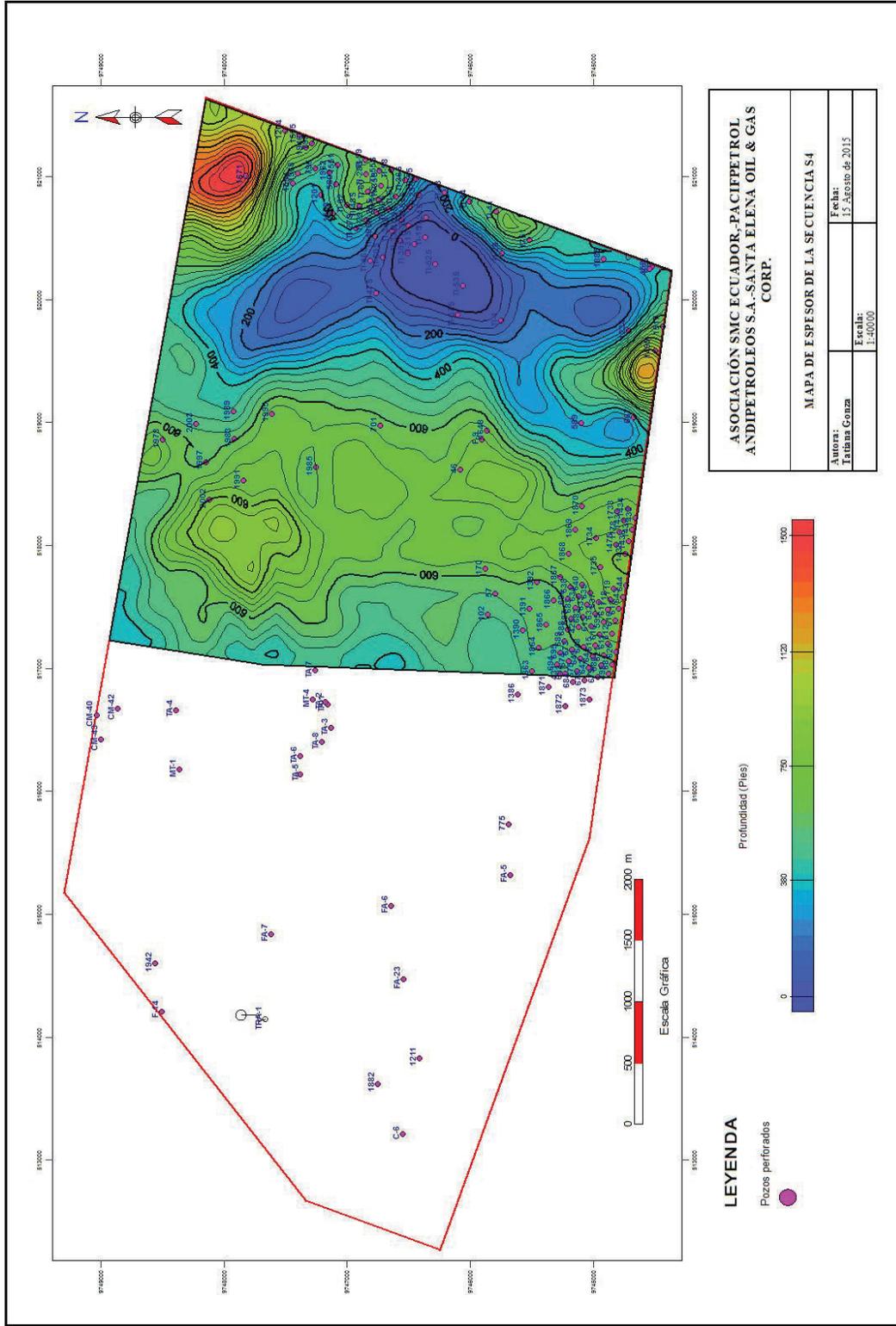


ASOCIACIÓN SMC ECUADOR.-PACIFPETROL ANDIPETROLES S.A.-SANTA ELENA OIL & GAS CORP.	
MAPA ESTRUCTURAL EN PROFUNDIDAD DEL HORIZONTE H9	
Autor: Tatiana Corona	Fecha: 15 Agosto de 2015
Escala: 1:40000	Fecha: 15 Agosto de 2015

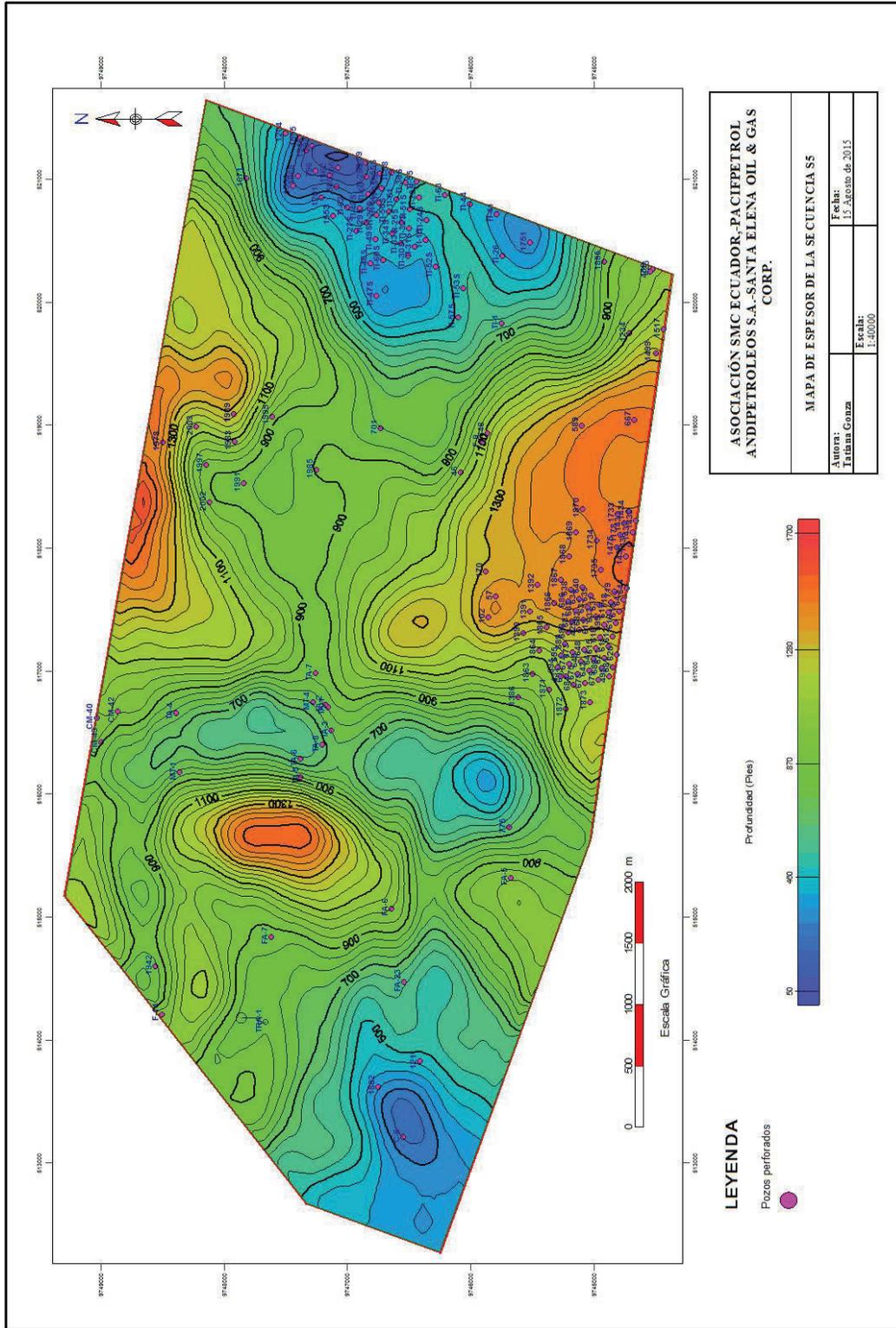
LEYENDA
 Pozos perforados



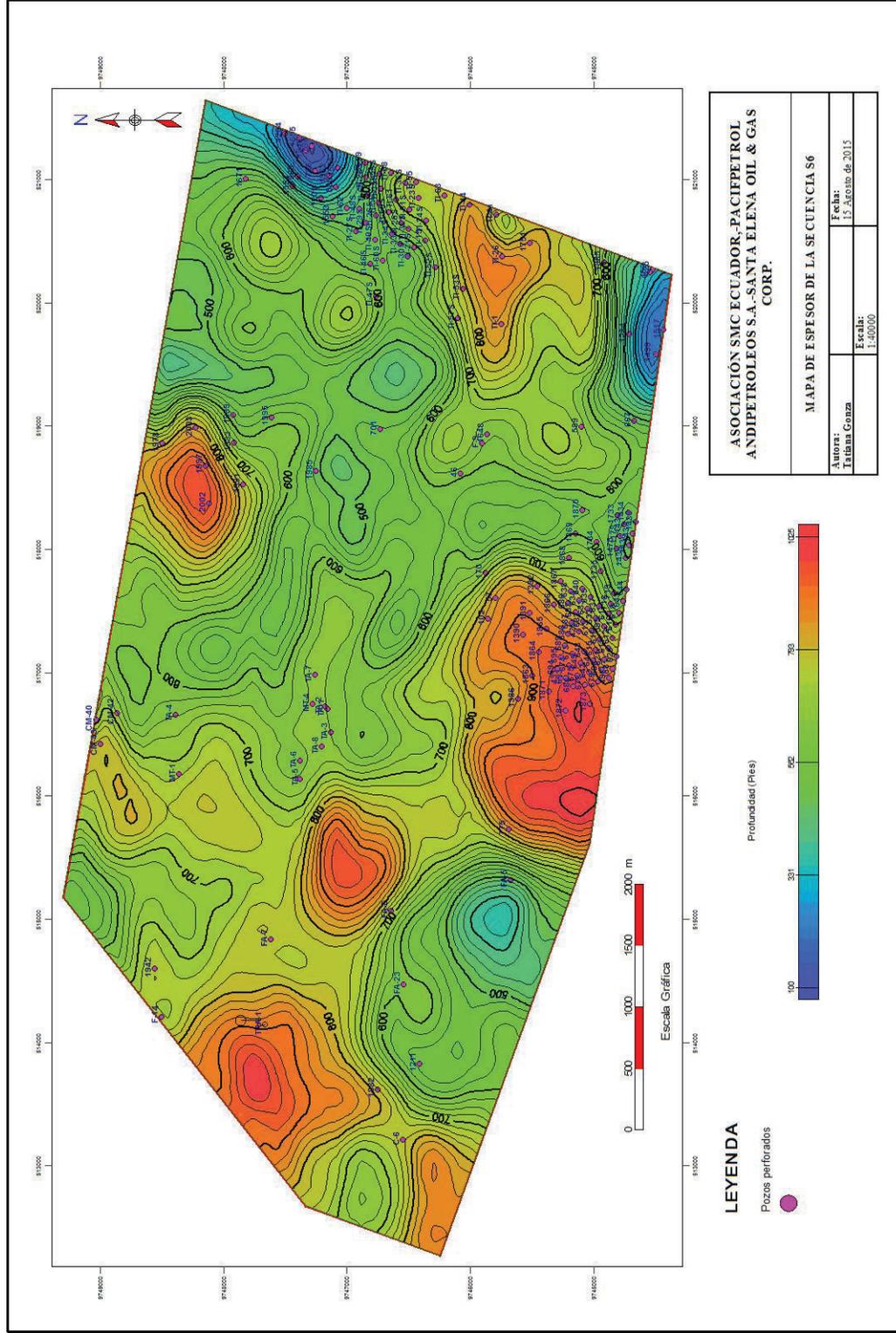
Anexo 17.- Mapa de espesor de la secuencia S4.



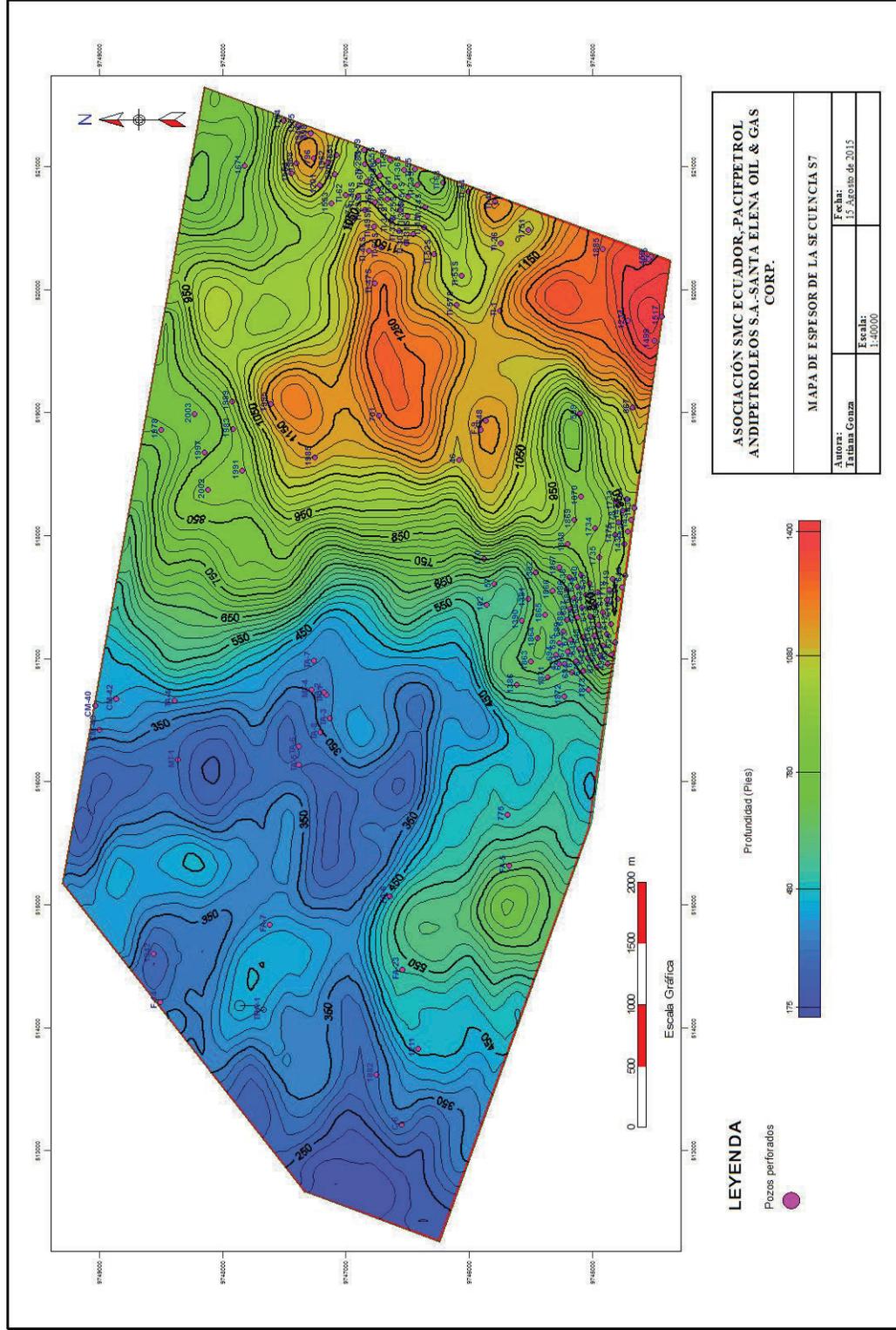
Anexo 18.- Mapa de espesor de la secuencia S5.



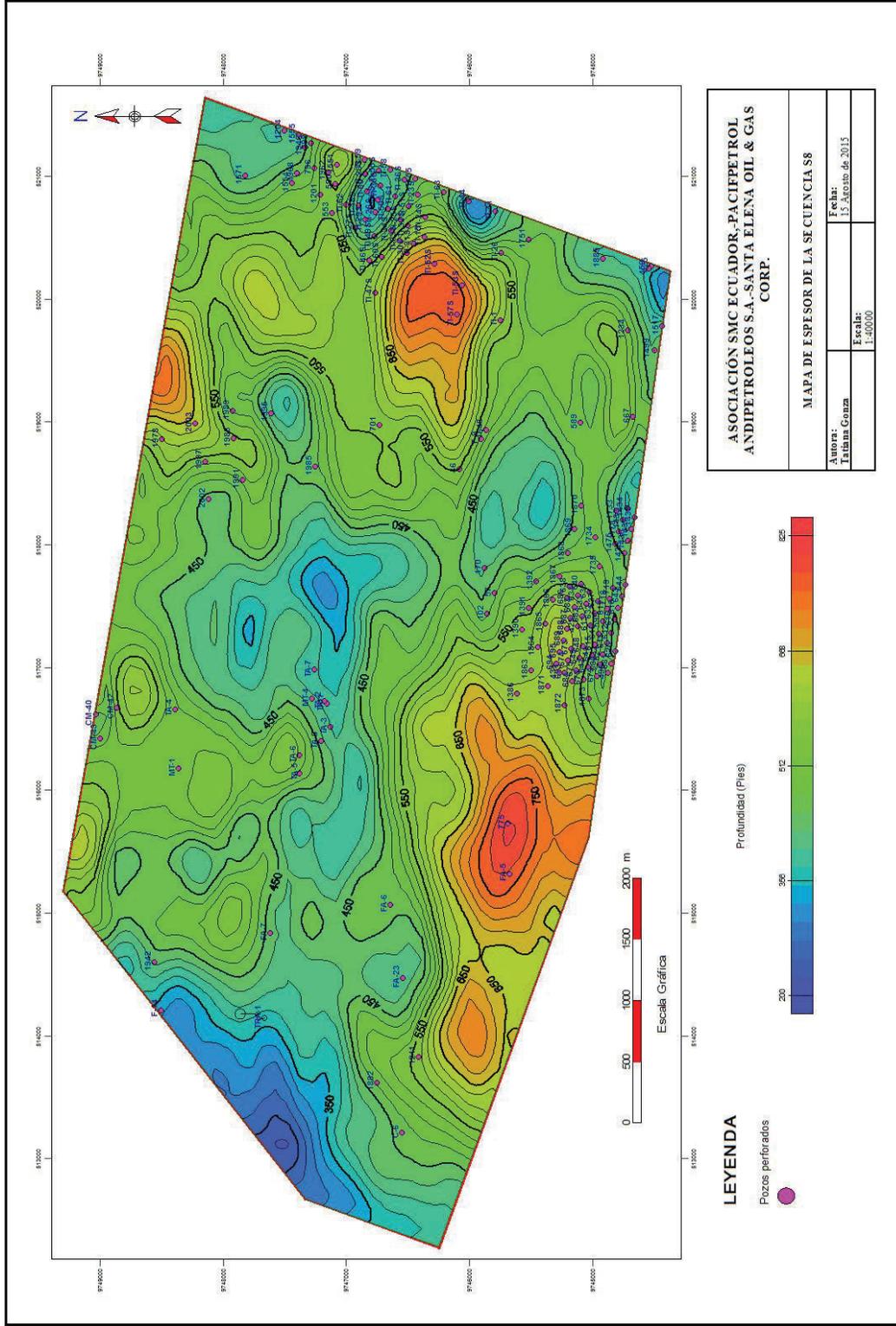
Anexo 19.- Mapa de espesor de la secuencia S6.



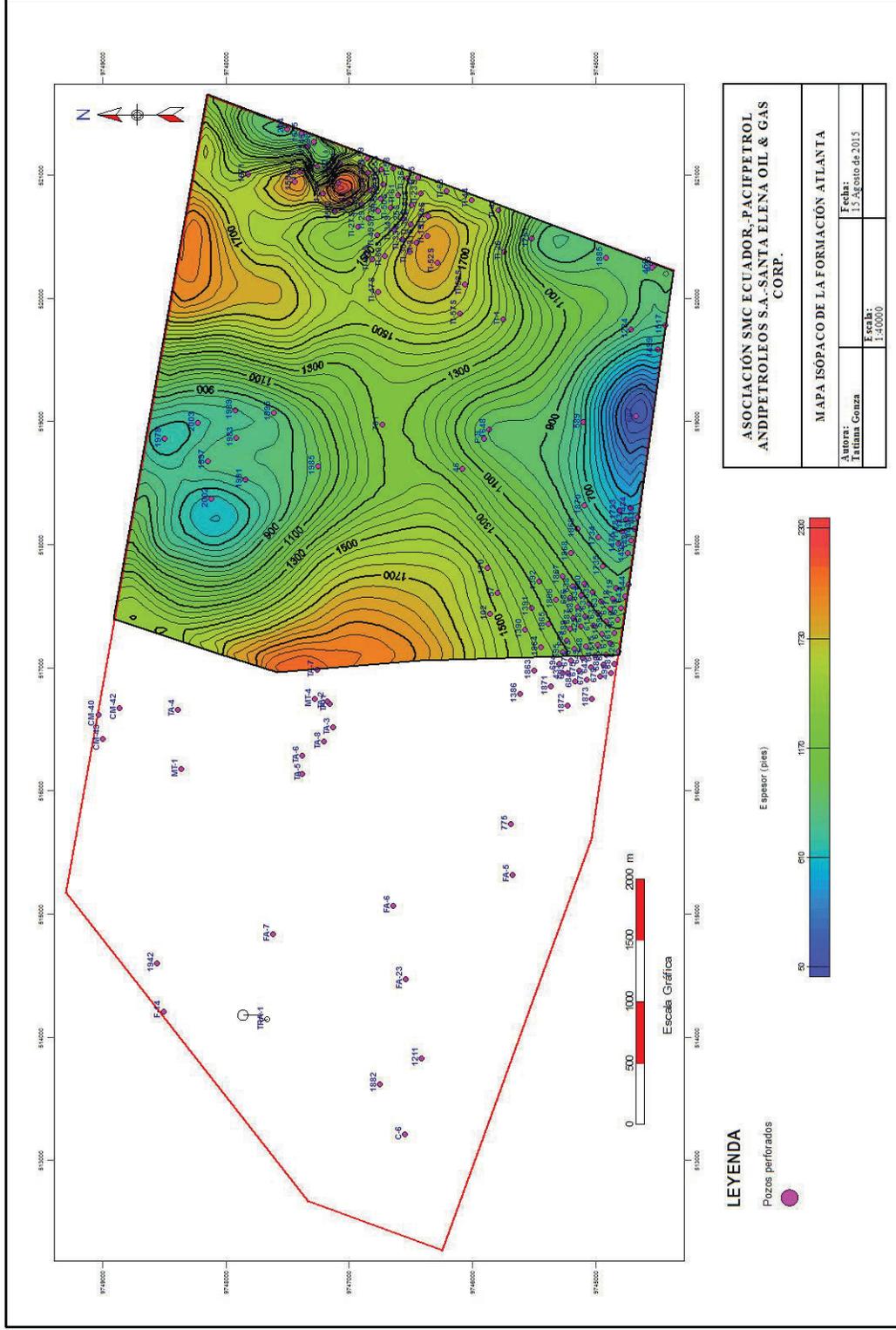
Anexo 20.- Mapa de espesor de la secuencia S7.



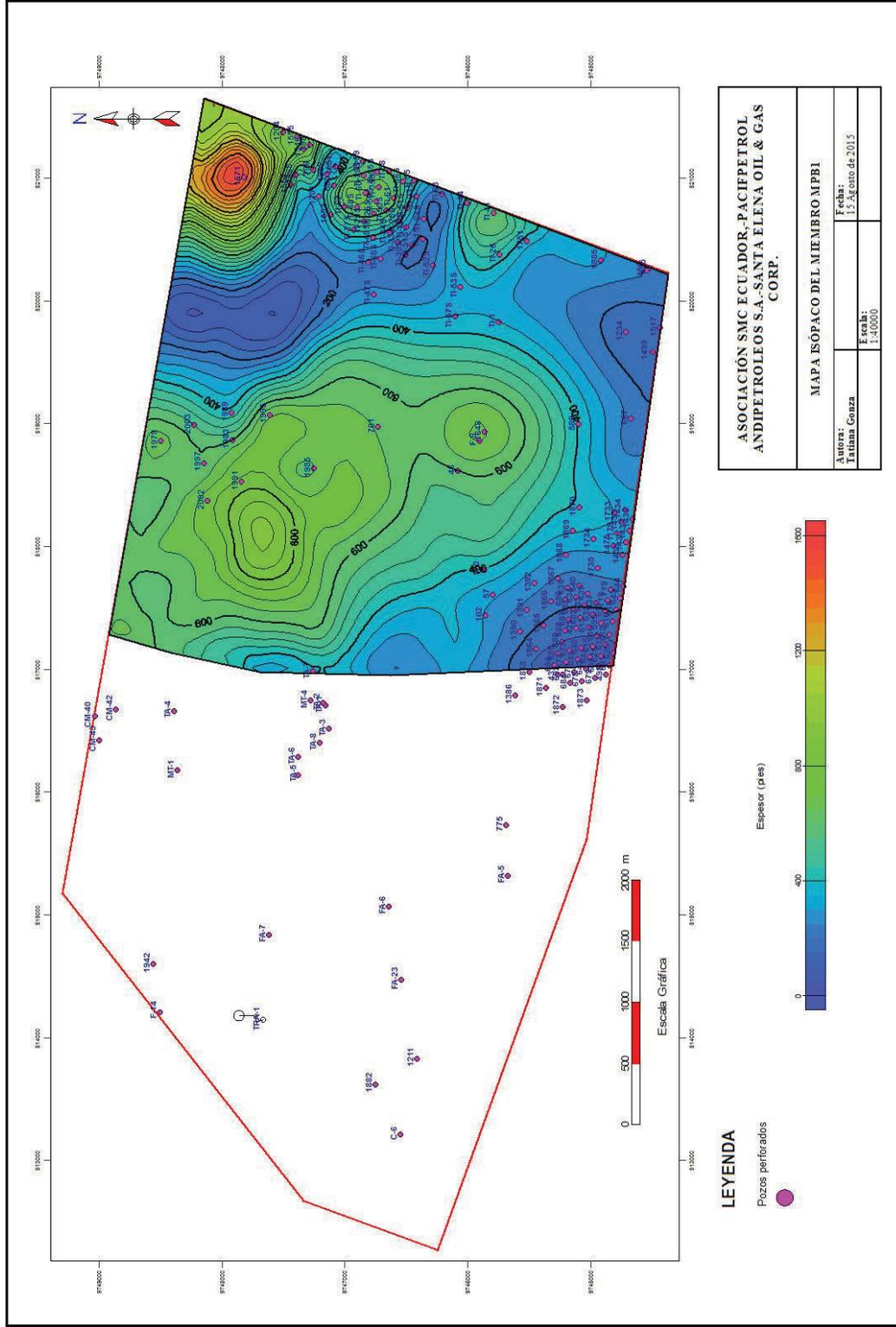
Anexo 21.- Mapa de espesor de la secuencia S8.



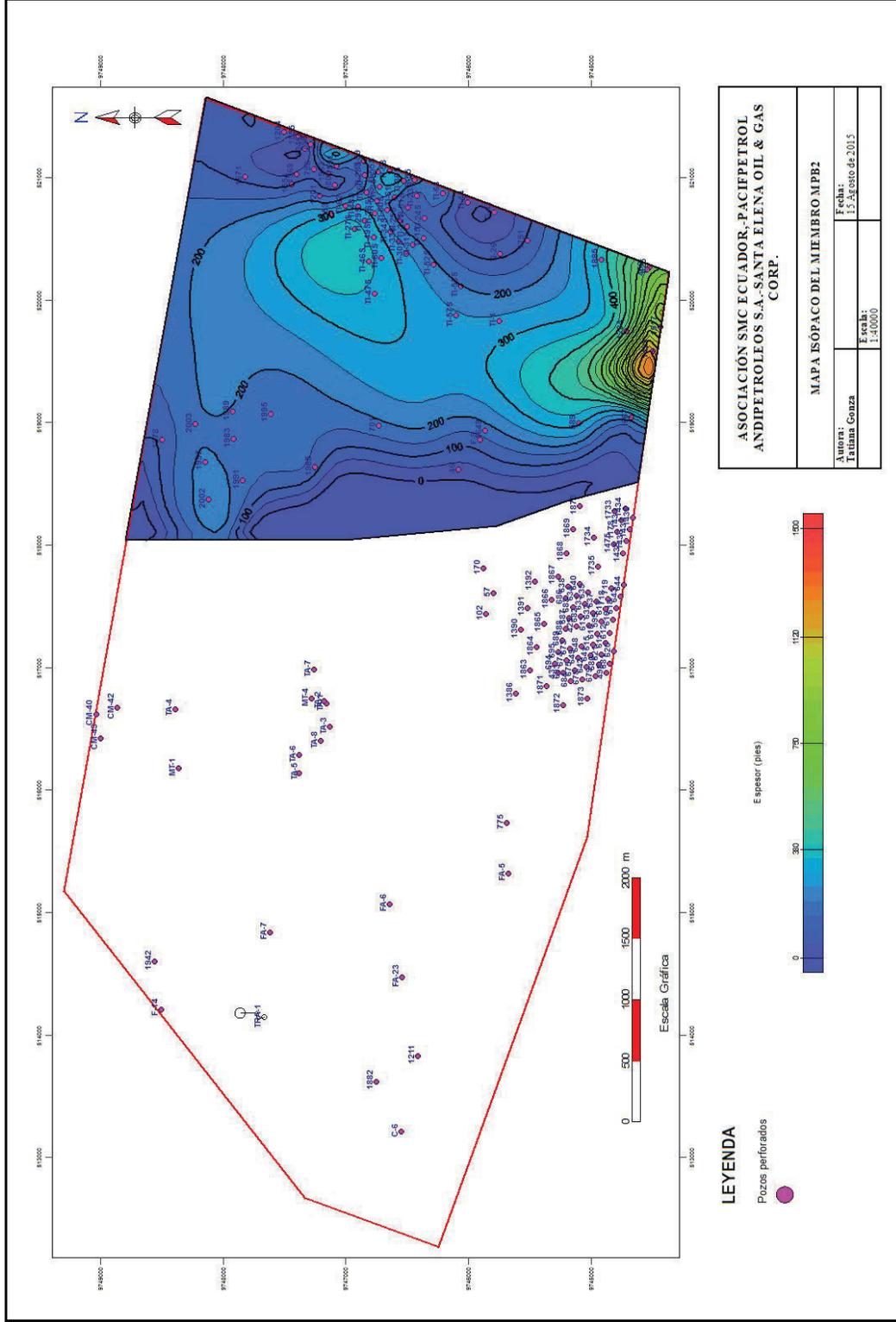
Anexo 22.- Mapa isópaco de la formación Atlanta según registros eléctricos.



Anexo 23.- Mapa isópaco del miembro MPB1 según registros eléctricos.



Anexo 24.- Mapa isópaco del miembro MPB2 según registros eléctricos.



ASOCIACIÓN SMC ECUADOR, FACIFPETROL ANDIPETROLEOS S.A.-SANTA ELENA OIL & GAS CORP.

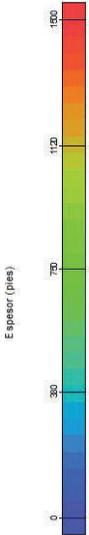
MAPA ISÓPACO DEL MIEMBRO MPB2

Autor:
Tatiana Conza

Fecha:
15 Agosto de 2013

Escala:
1:40000

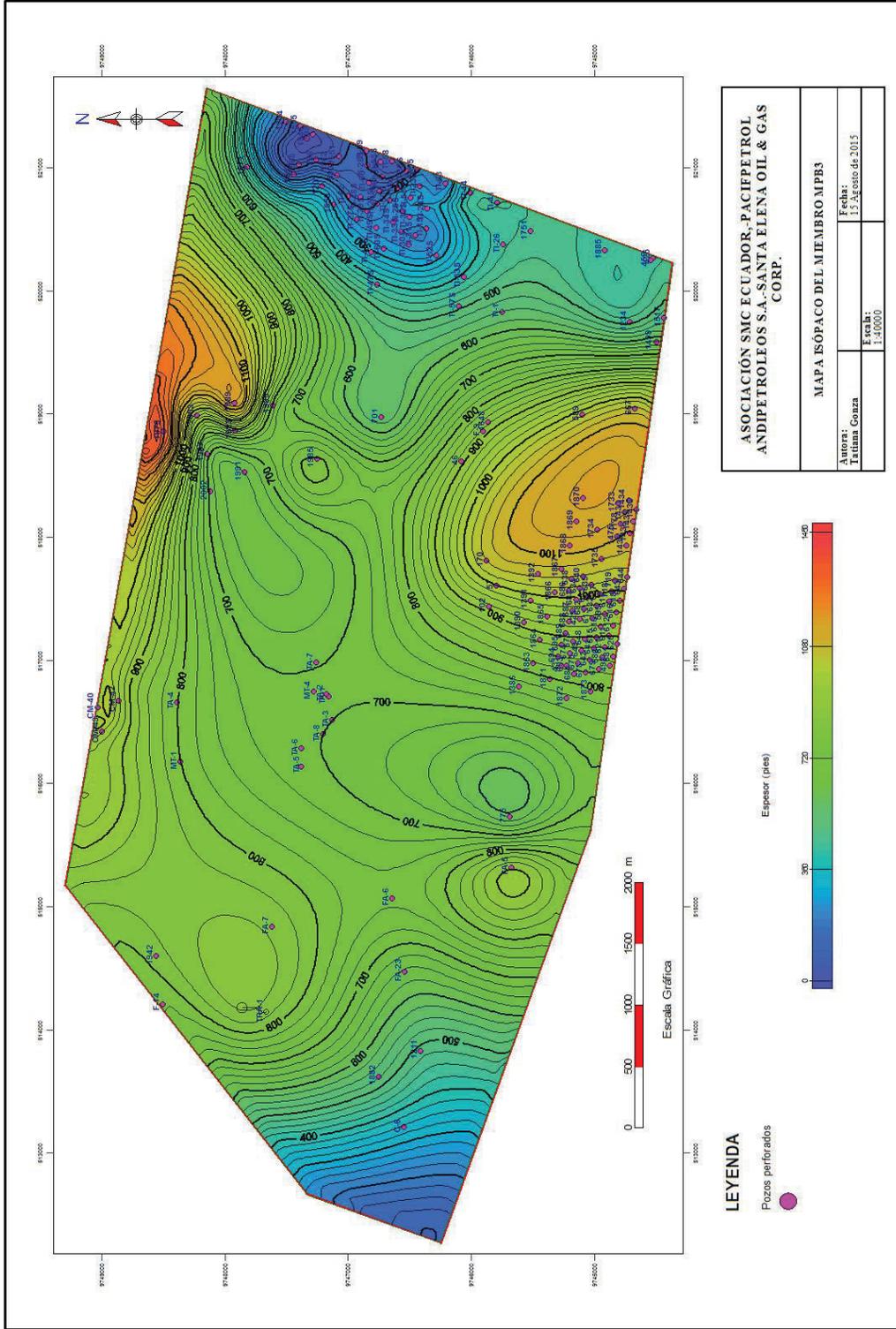
LEYENDA
Pozos perforados



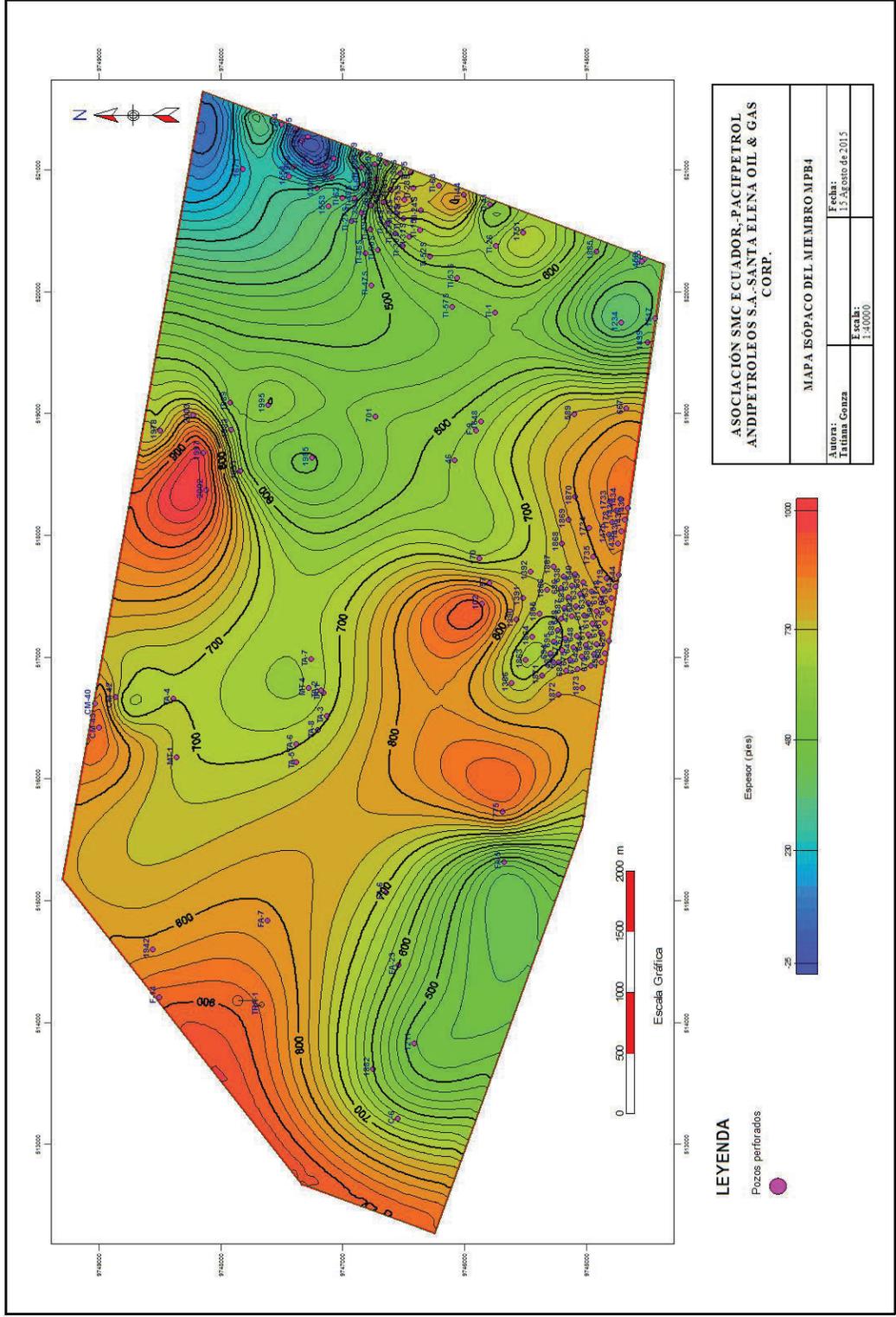
Escala Gráfica

0 500 1000 1500 2000 m

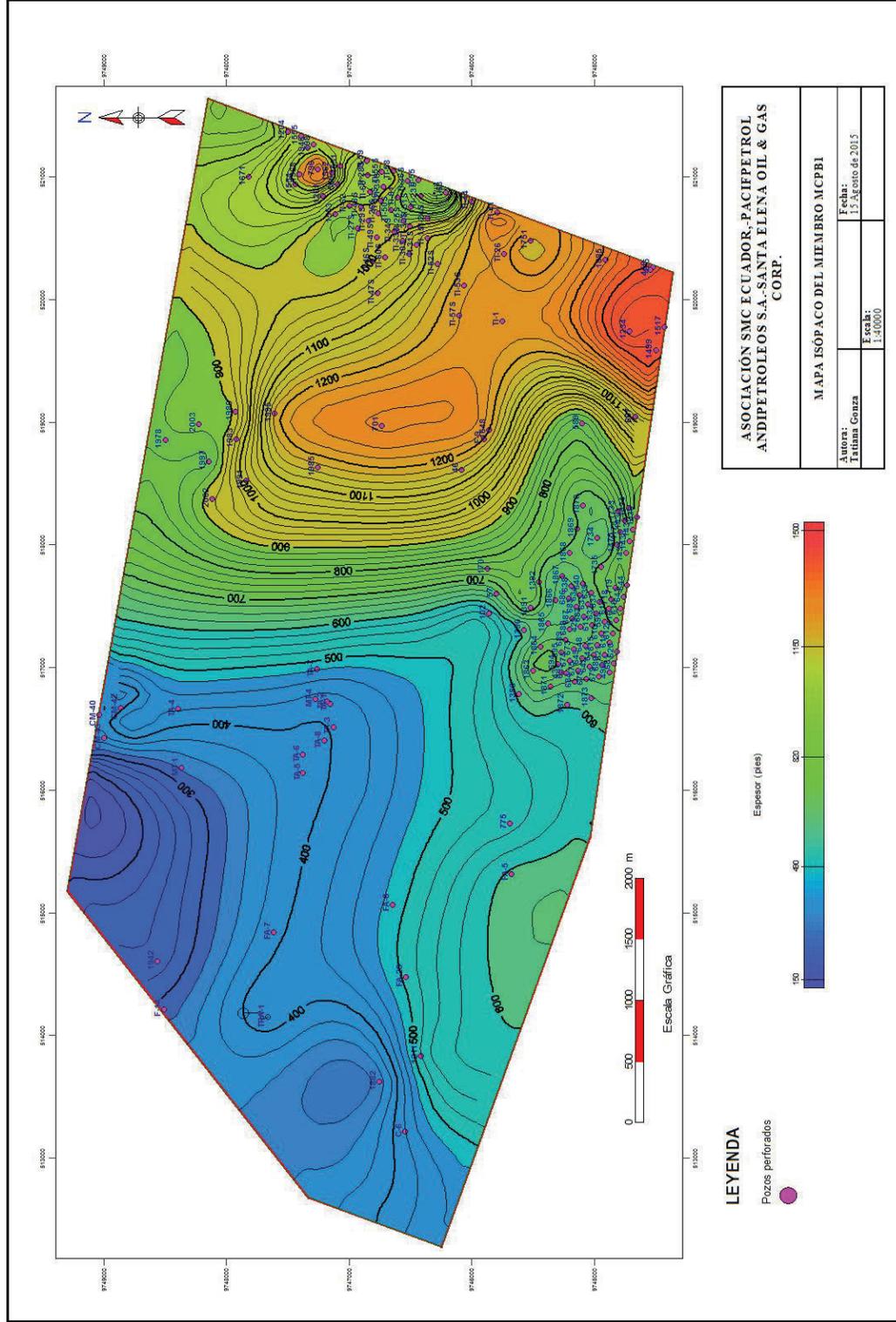
Anexo 25.- Mapa isópaco del miembro MPB3 según registros eléctricos.



Anexo 26.- Mapa isópaco del miembro MPB4 según registros eléctricos.



Anexo 27.- Mapa isópaco del miembro MCPB1 según registros eléctricos.



Anexo 28.- Mapa isópaco del miembro MCPB2 según registros eléctricos.

