

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**“DESARROLLO DEL FILOSICATO CAOLINITA EN LA
FORMACIÓN HOLLÍN- CAMPO PUCUNA DEL ACTIVO PALO
AZUL”**

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Geología

Presentado por:

KAREN DAYANA TORRES PEÑA

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

DEDICATORIA

Todas las metas alcanzadas, se las dedico a Dios, a mis padres, Gloria y Mario por ese inmenso amor, por todo el esfuerzo y sacrificio, por guiarme en mi vida y mostrarme el camino hacia la superación, son los mejores. A mi hermano, Antony, que siempre ha estado junto a mí brindándome todo su apoyo incondicional, lo logramos¡¡. Tíos, Melva, Nuvia, Lulio, a mis primos y demás familiares que a pesar de la distancia han compartido conmigo buenos y malos momentos.

A mi amigo y confidente, Andrés A., por todo su apoyo, paciencia y cariño infinito en mi vida universitaria.

Finalmente, a todas las personas que han estado en mi vida durante este trayecto, por la confianza y amistad productiva que me ha ayudado a crecer como persona y profesional.

Karen D. Torres Peña

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a la familia PETROAMAZONAS; a Ricardo Mosquera, Pablo Pila, Gloria Uguña, José Bolaños, Diego Mayalica y Gabriela B., quienes con su amplio conocimiento y experiencia ayudaron para que el desarrollo del proyecto sea exitoso.

A mi amigo y tutor, Kenny Escobar, por apoyarme y enseñarme a ser perseverante.

A la Familia Herbozo-Cueva por su hospitalidad e inculcarme grandes valores como persona y profesional, “me sentí como en casa”.

Finalmente, a Raquel Galarza, quien ha estado apoyándome como una madre, gracias por motivarme a ser mejor persona.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Karen Dayana Torres Peña doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Karen Dayana
Torres Peña

EVALUADORES

Daniel Garcés, M.Sc.

PROFESOR DE LA MATERIA

Kenny Escobar Segovia, M.Sc.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La Cuenca Oriente está formada por tres dominios estructurales, el sistema occidental, el sistema central y el sistema oriental; el Campo Pucuna del Activo Palo Azul se ubica entre el sistema occidental y el central o también llamado Sacha Shushufindi, pero más próximo al primero, formado por un conjunto de fallas transpresivas profundas con presencia de petróleo mediano, y el levantamiento Napo se encuentra más hacia la superficie y más erosionado. Los principales reservorios que se encuentran actualmente produciendo en este campo son, la Formación Hollín, Arenisca "U", Arenisca "T" y la Formación Napo. Hasta la actualidad se encuentran 17 pozos perforados, la producción del campo es 17820.20 BPPD con gravedad promedio del crudo de 30.5° API, en donde el agua de producción es reinyectada a la Formación Hollín por el Pozo Pucuna- 04.

El presente estudio busca optimizar la producción de barriles de petróleo por medio de la identificación del sello caolinítico diagenético en los 17 pozos existentes, y proponer nuevos trabajos para la optimización del reservorio. Las zonas donde existe mayor concentración de material arcilloso, dependiendo de las condiciones que presente el pozo, representa una característica factible debido a que actúa como un sello litológico evitando que avance el agua hacia la superficie y mejorando las condiciones para la obtención de barriles de petróleo. Por medio del análisis del mapa de espesor del sello caolinítico, la posición estructural y saturaciones de agua de los pozos se identificó un nuevo pozo denominado PCN-KT que mantenía su espesor constante respecto a sus pozos aledaños que se encuentran actualmente produciendo. Se plantea nuevos intervalos de perforación en el Reservorio Hollín Superior proponiendo trabajos workovers y cambios de geometría en el capítulo 5.

Palabras Clave: Caolinita, Migración, Diagénesis.

ABSTRACT

The Oriente Basin is formed by three structural domains, the western, the central and the oriental system. The Pucuna Field of the Palo Azul Asset is located between the western and central systems or also called Sacha - Shusufindi, but closer to the first, formed by a set of deep transpressive faults with the presence of medium oil, and the Napo survey is more towards the surface and more eroded. The principal reservoirs that are currently producing in this field are the Hollín sandstone, "U" sandstone, "T" sandstone, and the Napo sandstone. There are currently 17 wells drilled, the production of the field is 17820.20 BPPD with average gravity of crude oil of 30.5 ° API, where the production water is reinjected into the Hollín sandstone by well Pucuna-04.

The present study search to optimize the production of oil barrels by means of the identification of the diagenetic kaolinitic seal in the 17 existing wells, and to propose new works for the optimization of the reservoir. The areas where there is a higher concentration of clay material, depending on the conditions present in the well, represent a feasible characteristic because it acts as a lithological seal preventing water from moving to the surface and improving the conditions for obtaining barrels of oil. By means of the analysis of the thickness map of the kaolinitic seal, the structural position and water saturations of the wells, a new well named PCN-KT was identified that maintained its constant thickness with respect to its surrounding wells that are currently producing. New drilling intervals are proposed in Higher Hollin Sandstone, proposing workovers and geometry changes in chapter 5.

Keywords: Kaolinite, Diagenesis, Migration.

Índice

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	15
ABREVIATURAS.....	19
ÍNDICE DE FIGURAS	20
ÍNDICE DE TABLAS.....	23
ÍNDICE DE ANEXOS	23
CAPÍTULO 1.....	25
1. INTRODUCCIÓN	25
1.1 Generalidades.....	16
1.2 Descripción del problema.....	16
1.3 Justificación del problema.....	17
1.4 Objetivos	17
1.4.1 Objetivo General.....	17
1.4.2 Objetivos Específicos.....	17
1.5 Zona de Estudio	18
CAPÍTULO 2.....	19
2. MARCO GEOLÓGICO	19
2.1 Geología Regional de la Cuenca de Oriente, Ecuador.....	20
2.1.1 Dominios Estrututales	20
2.1.2 Geomorfología de la Cuenca Oriente	22
2.1.3 Estratigrafía Regional	23
2.1.3.1 Formación Chapiza (Jurásico Medio- Superior, 600-4500m)	23
2.1.3.2 Misahuallí (Jurásico Medio-Superior)	23

2.1.3.3	Formación Hollín (Cretácico Inferior: Aptiano Sup- Albiano Inf, 30-150m)	24
2.1.3.4	Formación Napo (Cretácico Inferior- Superior: Albiense- Campaniense).	24
2.1.3.5	Formación Tena (Maestrichtiense Inferior- Paleoceno Inferior).....	27
2.1.3.6	Formación Tiyuyacu (Eoceno Inf- Med).....	27
2.1.3.7	Formación Orteguzza (Eoceno Medio- Oligoceno, 40-250m)	28
2.1.3.8	Chalcana (Oligoceno Sup- Mioceno Med, 600-1100m).....	28
2.1.3.9	Arajuno (Mioceno tardío, 500-1000m).....	28
2.1.3.10	Chambría (Mioceno Sup- Plioceno, 100-400m).....	28
2.1.3.11	Mesa (Plio- Pleistoceno, 250-1100m).....	28
2.1.3.12	Mera (Cuaternario < 250m)	28
2.2	Geología Local	30
2.2.1	Estratigrafía local del Campo Pucuna.....	31
2.2.1.1	Formación Tiyuyacu (Eoceno Inferior- Medio).....	31
2.2.1.2	Formación Tena	31
2.2.1.3	Formación Napo.....	32
2.2.1.4	Formación Hollín	35
2.2.2	Litología del Campo Pucuna Pozo PCN-09	37
2.2.3	Geología Estructural del Campo Pucuna del Activo Palo Azul	38
2.2.4	Minerales de Arcilla.....	39
2.2.5	Mineral Caolinita	39
2.2.6	Génesis y clasificación de Yacimientos	41
CAPÍTULO 3.....		44
3.	METODOLOGÍA.....	44
3.1	Fase I- Recopilación de información	46

3.1.1	Identificación del problema	46
3.1.2	Compilación de información bibliográfica- geológica y técnica del campo.....	46
3.2	Fase II- Procesamiento e Interpretación de datos.....	46
3.2.1	Carga de Registros eléctricos	46
3.2.2	Interpretación de Estratigrafía Secuencial	49
3.2.3	Interpretación de Master Logs	50
3.2.4	Interpretación de Registros Discretos	51
3.2.5	Interpretación de sedimentología- secuencias.....	53
3.2.6	Fase III- Identificación del Sello Caolinítico	54
3.2.7	Fase IV- Diseño de Mapa de Espesores	55
3.2.8	Fase V- Análisis de Datos y Resultados	55
CAPÍTULO 4.....		56
4.	AMBIENTES DE DEPÓSITO SEDIMENTOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA	56
4.1	Ambientes sedimentarios- Cuenca Oriente.....	57
4.2	Ambientes sedimentarios de las rocas reservorio.....	57
4.2.1	Ambiente Marino.....	58
4.2.2	Ambiente Transicional	58
4.2.3	Ambiente Continental.....	59
4.3	Análisis petrográfico y mineralógico de secciones delgadas y muestras de Núcleo. 62	
4.3.1	Pozo PCN-007	63
4.3.2	Pozo PCN-09.....	64
4.3.3	Pozo PCN-014.....	65
4.4	Análisis Estratigráfico y Estructural de la Formación Hollín	69
I.	Correlación Estructural.....	69

II. Correlación Estratigráfica	69
4.4.1 Metodología	69
4.4.1.1 Correlación Estratigráfica “A”	70
4.4.1.2 Correlación Estratigráfica “B”	73
4.4.1.3 Correlación Estratigráfica “C”	76
4.4.1.4 Correlación Estructural “A”	79
4.4.1.5 Correlación Estructural “B”	81
4.4.1.1 Correlación Estructural “C”	83
CAPÍTULO 5.....	86
5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE DATOS	86
5.2 Identificación del Sello Diagenético Caolinítico del Reservorio Hollín	87
5.3 Mapa de Espesor del Sello Caolinítico.....	88
5.4 Análisis de Pozos donde no se realizan trabajos de optimización de producción	89
5.5 Análisis de Pozos prospectos para trabajos óptimos de upsizing, workover y perforación	91
5.6 Nuevo Pozo prospecto de Reservorio.....	103
CAPÍTULO 6.....	104
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
6.1 Conclusiones.....	105
6.2 Recomendaciones.....	106
BIBLIOGRAFÍA.....	107
7. Bibliografía	108
ANEXOS.....	112

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
API	American Petroleum Institute
BAPD	Barriles de agua por día
BFPD	Barriles de fluido por día
CAP	Contacto agua-petróleo
Sw	Saturación de agua
Rw	Resistividad del agua de formación
TBTE	Tope de basal tena
TNP	Tope Napo
TM1L	Tope caliza M1
TM2L	Tope caliza M2
TAL	Tope caliza A
TUUS	Tope arena U superior
TLUS	Tope arena U inferior
TMNPs	Tope Napo medio
TBL	Tope caliza B
TUTS	Tope arena T superior
TmTS	Tope arena T principal
TLNPs	Tope Napo basal
TCL	Tope de la caliza C
TUHS	Tope Hollín superior
TmHS	Tope Hollín principal

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Mapa de ubicación Campo Pucuna. Departamento de cartografía. (EP PETROECUADOR).....	18
Figura 2. 2 Sección estructural de la Cuenca Oriente conformada por tres corredores estructurales petrolíferos. (Baby, et al., 1999). 21	
Figura 2. 3 Representación morfo- estructural de la Cuenca Oriente y principales estructuras petrolíferas (Baby et al., 2004).	22
Figura 2. 4 Columna tectono- estratigráfica y eventos geodinámicos que controlaron el desarrollo de la Cuenca Oriente y de sus sistemas petrolíferos. (Baby P., 2004)	29
Figura 2. 5 Cálculo de POES en BIs con datos volumétricos en función del volumen de la roca como son el área y espesor. (Activo Palo Azul, 2017)	30
Figura 2. 6 Formación Hollín dividida de acuerdo a su litología en cuatro zonas como son: Calizas “Z1”, Arenas costaneras “Z2”, Arenas Estuarinas “Z3” suprayaciendo a las Arenas Fluviales “Z4”.....	37
Figura 2. 7 Mapa Estructural Campo Pucuna del Activo Palo Azul conformado por los 17 pozos y limitado en su área por el CAP.....	38
Figura 2. 8 Diferentes posiciones (A, B y C) de los lugares vacantes en la estructura de la caolinita (Bailey, 1980).	40
Figura 2. 9 El ciclo de la arcilla en términos geológicos (Velde B; 1995)	41
Figura 2. 10 Secuencia de alteración de rocas ígneas ácidas.....	43
Figura 3. 1 Diagrama simplificado de la metodología aplicada.....	45
Figura 3. 2 A) Curva de rayos gamma ray sobre zonas limpia y lutita. B) Interpretación de zonas con posible hidrocarburo, zona lutita, zona de agua y C) Un registro de neutrones y densidad que muestra el cruce característico atribuido a la presencia de gas en la formación (Ellis & Singer, 2008).....	48
Figura 3. 3 Topes Litológicos correspondientes al pozo PCN-014 del Campo Pucuna indicando las curvas GR, RS, RM, RD, NPH, RHO y PHI.	49
Figura 3. 4 Encabezado de Master Log- Registro de evaluación de la formación (MD). Pozo PCNB-014 (1:500). (Petroamazonas, 2013).....	50

Figura 3. 5 Registro eléctrico PCN-001 con curvas GR, RD y PHI para la identificación de litofacies en el Campo Pucuna.	52
Figura 3. 6 Identificación del sello caolínico a partir de Registros Eléctricos basados en la litología, secuencias, zonas porosas, zonas permeables, zonas densas. Pozo PCN-001 y PCN-014.....	54
Figura 4. 2 Modelo de depósito de estuario dominado por mareas definido para el campo Pucuna. (Activo Palo Azul, 2018).....	58
Figura 4. 3 Morfología de estuarios influenciados por mareas (Ostrom, 1993).	59
Figura 4. 4 Ambientes de depósito de la Formación Hollín a partir de registros eléctricos.	60
Figura 4. 5 Análisis petrográfico- mineralógico de las Areniscas Reservorio del Pozo PCN-002 de la sección B y sección C con litología dominante “Arenisca”	63
Figura 4. 6 Identificación Petrográfica de las Arenas del Reservorio del Pozo PCN-009 de la sección D y sección E con litología dominante “Arenita”	64
Figura 4. 7 identificación de las Arenas del Reservorio del Pozo PCN-014 de la sección H, I y J con litología dominante “Arenisca limosa”	65
Figura 4. 8 Descripción litológica de la Fm. Hollín del Campo Pucuna PCN-014 a) Registro Eléctrico b) Registro Petrofísico y c) Master Log (Sadlok Grzegorz, 2016; PETROAMAZONAS, 2013).....	66
Figura 4. 9 Descripción litológica de la Fm. Hollín del Campo Pucuna PCN-015, a) Registro Eléctrico b) Registro Petrofísico y c) Master Log (Sadlok Grzegorz, 2016; PETROAMAZONAS, 2013).....	67
Figura 4. 10 Descripción litológica de la Fm. Hollín del Campo Pucuna PCN-016 a) Registro Eléctrico b) Registro Petrofísico y c) Master Log (Sadlok Grzegorz, 2016; PETROAMAZONAS, 2013).....	68
Figura 4. 11 Mapa Estructural “A” del Campo Pucuna con una correlación longitudinal e identificar la trayectoria del canal de la cuenca.	70
Figura 4. 12 Correlación Estratigráfica “A” a partir de los pozos PCN-013, PCN-009, PCN-016, PCN-014, PCN-012, PCN-010, PCN-007 y PCN-008 respectivamente.	71
Figura 4. 13 Mapa Estructural “B” del Campo Pucuna con una correlación transversal e identificar el centro y proximidad del flanco de canal de la cuenca.	73

Figura 4. 14 Correlación Estratigráfica “B” a partir de los pozos PCN-006, PCN-016 y PCN-002 respectivamente.	74
Figura 4. 15 Mapa Estructural “C” del Campo Pucuna con una correlación transversal para identificar el centro y proximidad del flanco de canal de la cuenca.	76
Figura 4. 16 Correlación Estratigráfica “C” a partir de los pozos PCN-005, PCN-010 respectivamente.	77
Figura 4. 17 Mapa estructural- correlación estructural “A” del Campo Pucuna de los 17 pozos.	79
Figura 4. 18 Correlación Estructural “A” a partir de los pozos PCN-013, PCN-009, PCN-016, PCN-014, PCN-012, PCN-010, PCN-007 y PCN-008 respectivamente,	80
Figura 4. 19 Mapa estructural- correlación estructural “B” del Campo Pucuna que muestra la posición estructural de los 17 pozos.	81
Figura 4. 20 Correlación Estructural “B” a partir de los pozos PCN-006, PCN-016 y PCN-002 respectivamente,	82
Figura 4. 21 Mapa estructural- correlación estructural “B” del Campo Pucuna que muestra la posición estructural de los 17 pozos.	83
Figura 4. 22 Correlación Estructural “C” a partir de los pozos PCN-005 y PCN-010 respectivamente	84
Figura 5. 2 Mapa de Espesor del Sello Caolinítico del Campo Pucuna del Activo Palo Azul donde se muestra las mayores concentraciones de material caolinítico. 88	88
Figura 5. 3 Diagrama actual de intervalos de perforación PCN-010 (PETROAMAZONAS EP, 2016).	92
Figura 5. 4 Diagrama actual de intervalos de perforación PCN-005 (PETROAMAZONAS EP, 2016).	94
Figura 5. 5 Diagrama actual de intervalos de perforación PCN-008 (PETROAMAZONAS EP, 2016).	96
Figura 5. 6 Diagrama actual de intervalos de perforación PCN-010 (PETROAMAZONAS EP, 2016).	98
Figura 5. 7 Diagrama actual de intervalos de perforación PCN-015 (PETROAMAZONAS EP, 2016).	102
Figura 5. 8 Pozo PCN-KT, nuevo propuesto para iniciar producción de hidrocarburos....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Tipos de alteración y diagnósticos minerales en sistemas de pórfido de cobre (Velde B, 1985).....	39
Tabla 2. 2 Características Físicas de la Caolinita (Murray, 2006).	40
Tabla 3. 2 Parámetros principales para análisis de registros eléctricos	47
Tabla 3. 3 Códigos y simbología para la identificación de litologías.....	51
Tabla 3. 4 Códigos y simbología empleada para la identificación de secuencias.	53
Tabla 4. 2 Valores estimados de porosidad (%), conductividad (Sander, 1998) y Densidad Global de rocas (Winkler, 1973 y Komar, 1987)).....	61
Tabla 4. 3 Intervalos de Núcleos analizados según la profundidad de perforación (Activo Palo Azul, 2013).	61

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Estudio petrográfico/ mineralógico de las Areniscas Reservorio del Pozo PCN-002. (Montenegro, 1990).	113
Anexo 2 Estudio mineralógico y petrográfico de secciones delgadas de muestras.....	114
Anexo 3 Geología de Reservorios PCN-007 sección “B” (Sadlok Grzegorz, 2016).	114
Anexo 4 Estudio mineralógico y petrográfico de secciones delgadas de muestras.....	115
Anexo 5 Geología de Reservorios PCN-007 sección “C” (Sadlok Grzegorz, 2016).	115
Anexo 6 Estudio mineralógico y petrográfico de secciones delgadas de muestras.....	116
Anexo 7 Geología de Reservorios PCN-009 sección “D” (Sadlok Grzegorz, 2016).	116
Anexo 8 Estudio mineralógico y petrográfico de secciones delgadas de muestras.....	117
Anexo 9 Geología de Reservorios PCN-009 sección “E” (Sadlok Grzegorz, 2016).	117
Anexo 10 Estudio mineralógico y petrográfico de secciones delgadas de muestras.....	118
Anexo 11 Geología de Reservorios PCN-009 sección “F” (Sadlok Grzegorz, 2016).....	118
Anexo 12 Estudio mineralógico y petrográfico de secciones delgadas de muestras.....	119
Anexo 13 Geología de Reservorios PCN-009 sección “G” (Sadlok Grzegorz, 2016).	119
Anexo 14 Estudio mineralógico y petrográfico de secciones delgadas de muestras.....	120

Anexo 15 Geología de Reservorios PCN-014 sección “H” (Sadlok Grzegorz, 2016).	120
Anexo 16 Estudio mineralógico y petrográfico de secciones delgadas de muestras.....	121
Anexo 17 Geología de Reservorios PCN-014 sección “I” (Sadlok Grzegorz, 2016).....	121
Anexo 18 Estudio mineralógico y petrográfico de secciones delgadas de muestras.....	122
Anexo 19 Geología de Reservorios PCN-014 sección “J” (Sadlok Grzegorz, 2016).	122
Anexo 20. Resultados de cálculo de minerales de Arcillas en % de masa- PCN-07. (Sadlok et al., 2015).....	123
Anexo 21. Resultados de cálculo de minerales de Arcillas en % de masa PCN-09. (Sadlok et al., 2015).....	123
Anexo 22. Resultados de cálculo de minerales de Arcillas en % de masa PCN-014. (Sadlok & Johannsson 2016).....	123
Anexo 23. Descripción Litológica del Campo Pucuna PCN-014 con registros eléctricos, master log y muestras de la formación Hollín (Sadlok Grzegorz, 2016; PETROAMAZONAS, 2013).	123
Anexo 24. Mapa de Espesor del Sello Caolinítico donde la línea azul representa el CAP de TmHS y el polígono rojo empleado para poder incluir el pozo PCN-013 que se encontraba fuera del CAP.	123

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

EL Campo Pucuna fue explorado por la Compañía Texaco en 1970 por medio de la perforación del pozo Pucuna-01, con una producción inicial de 740 BPPD de la arenisca Hollín y 230 BPPD de la arenisca “T”, en aquel tiempo resultó económicamente no entable. Luego fue revertida a CEPE, una compañía de investigación e interpretación sísmica, quienes trabajaron el pozo Pucuna -02 obteniendo 2553 BPPD a 26°API de la arenisca Hollín, 1583 BPPD a 34°API de la arenisca “T” y 120 BPPD a 29°API de la arenisca “U”, evaluándose rentables (Rivadeneria & Baby, 1999).

El Campo Pucuna comenzó a inicios del mes de abril de 1990 con los yacimientos Basal Tena, Arenisca “U” y Arenisca “T”. Estas unidades litológicamente son arenas con características de entrapamiento estratigráfico, mecanismo de drenaje o de producción por gas en solución y expansión de roca y fluidos sin presencia de empuje de agua lateral o de fondo, mientras que el yacimiento Hollín es de tipo estructural con características de mecanismo de drenaje y evidencia de un acuífero con empuje lateral y de fondo.

La producción del campo es 17820.20 BPPD con gravedad promedio del crudo a 30.5° API, en donde el agua de producción es reinyectada a la Formación Hollín por el Pozo Pucuna- 04. Hasta la actualidad se encuentran 17 pozos perforados:

- 14 Pozos en Producción.
- 1 Pozo cerrado.
- 1 Pozo Inyector de agua (cerrado hasta recuperación secundaria).
- 1 Pozo Reinyector de agua de formación.

1.2 Descripción del problema

El Campo Pucuna del Activo Palo Azul operado por la empresa Petroamazonas EP es afectado por la presencia de un mineral arcilloso llamado “caolinita” que presenta propiedades diagenéticas y de migración. Este mineral afecta a la formación debido

a que resta el volumen de barriles de petróleo por día (BDPD) que en condiciones ideales debería estar saturado por hidrocarburos, adicional que el Yacimiento Hollín es de tipo estructural con características de empuje lateral y de fondo desarrollando características desfavorables y perjudicando la producción.

1.3 Justificación del problema

Con el presente trabajo se pretende elaborar un mapa de espesores del sello Caolinítico por medio de la generación de una base de datos en el sistema en donde los resultados fortalecerán conocimientos en sedimentología, estratigrafía secuencial, geología estructural y petrofísica de la formación del campo al norte de la Cuenca Oriente, clasificado como una de las zonas de mayor potencial económico.

El interés de realizar el modelamiento de un mapa y correlaciones estratigráficas radica en obtener información de los sistemas petrolíferos del área de producción, como fracturación, estimulación y aumento de frecuencia, para ser aplicado en futuras perforaciones con el objetivo de incrementar y recuperar hidrocarburos y a su vez con los resultados obtenidos definir nuevos pozos mejorando las reservas del campo, con mayor ingreso económico para la empresa Petroamazonas EP.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Identificar el sello Caolinítico en el Reservorio Hollín Campo Pucuna del Activo Palo Azul, con la ayuda de información geológica disponible para mejor gerenciamiento del reservorio e incremento de producción.

1.4.2 Objetivos Específicos

- a) Generar una base de datos geológicos de la Formación Hollín del Campo Pucuna (Registros eléctricos, Master Logs, Núcleos, láminas delgadas, columnas litológicas y otros informes de geología) para su posterior análisis e interpretación del sello caolinítico.

- b) Registrar el espesor del sello en cada uno de los pozos para la interpolación de resultados de datos y generación de un mapa del sello Caolínico.
- c) Comprobar la efectividad del sello con información de pozos (presiones, saturaciones de agua y producciones).
- d) Reconocer pozos prospectos para trabajos óptimos de upsizing, workover y perforación.

1.5 Zona de Estudio

El campo Pucuna se encuentra ubicado en la Provincia Francisco de Orellana en la Región Amazónica del Ecuador, limitado al centro oeste de la cuenca oriente, al este con el Campo Sacha, al Suroeste de los Campos paraíso, Biguno, Huachito: y al norte del Campo Palo Azul (Figura1.1) (EP, 2017).

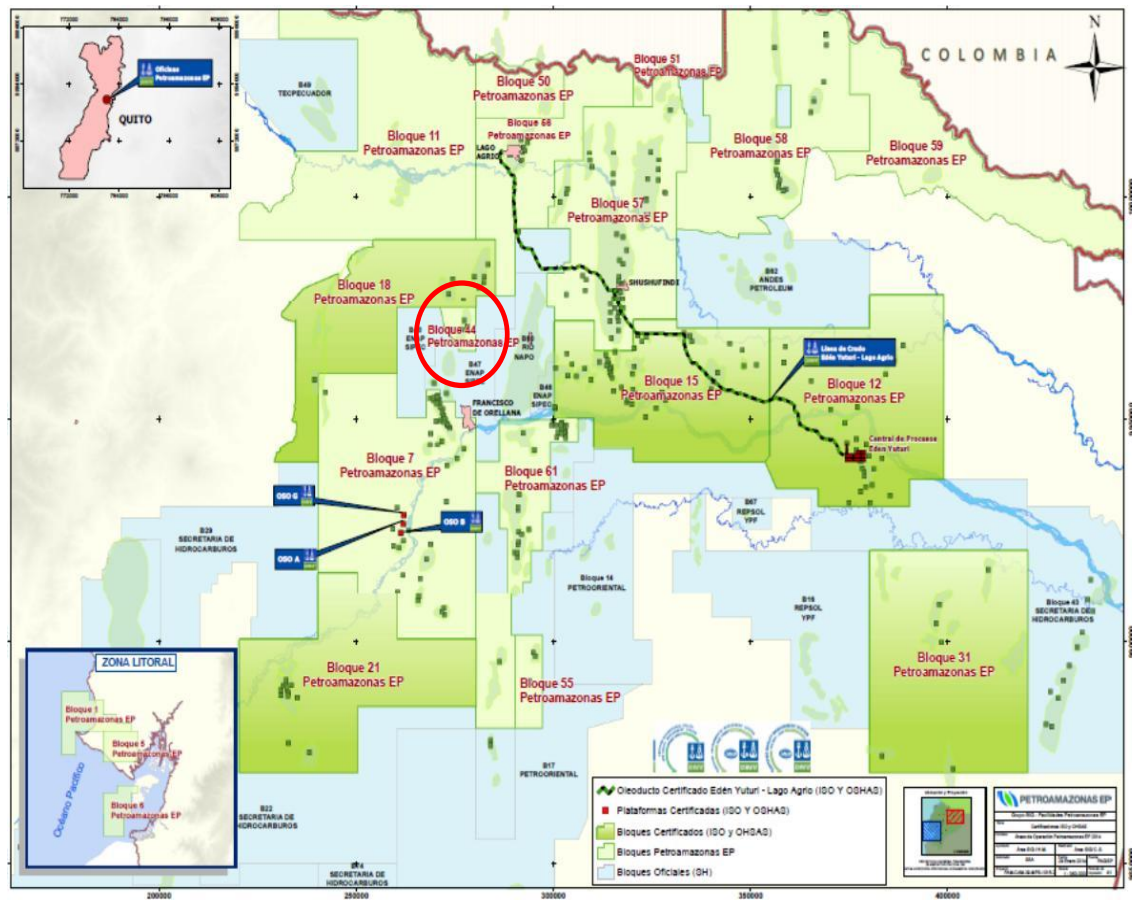


Figura 1. 1 Mapa de ubicación Campo Pucuna. Departamento de cartografía. (EP PETROECUADOR).

CAPÍTULO 2

2. MARCO GEOLÓGICO

2.1 Geología Regional de la Cuenca de Oriente, Ecuador

La Cuenca Oriente forma parte de un sistema de cuencas de antepaís desarrolladas entre la faja plegada situada al oeste y el cratón de Brasilia- Guayana al este con una extensión aproximada de 100.000 km². (Marksteiner & Alemán, 1997). Este sistema particular hace que esta región se encuentre sometida a cambios de esfuerzos importantes como es la geodinámica de los Andes centrales y septentrionales que se encuentran asociados al sistema de subducción de la placa oceánica Nazca por debajo del continente sudamericano (Baby et al., 2004).

La cuenca se ha propagado a partir de esfuerzos transpresivos desde el Cretácico Terminal, lo cual ha provocado inversión en fallas normales sujetas a un sistema Rift (Triásico y/o Jurásico inferior). (Baby, et al., 1997; Baby, et al., 1999). Las de estructuras petrolíferas corresponden a flores positivas (Harding, 1985.) y están limitadas por fallas de orientación NS o NNE-SSW involucrando tres corredores estructurales: el Sistema Subandino (Play occidental), el Corredor Sacha-Shushufindi (Play central), y el Sistema CapirónTiputini (Play oriental) (Baby, et al., 2004).

2.1.1 Dominios Estrututales

Se han evidenciado 3 corredores estructurales dominados por mega-fallas de rumbo (NNE- SSW) donde la presencia de estructuras en flor positiva en el Play occidental y central y de pliegues en dirección NNW- SSE sugieren que estos dominios se deformaron en un sistema transpresivo dextral (Minster & Jordan, 1978; Pilger, 1984; Aspden & Litherland, 1992).

Sistema Subandino

También conocido como Dominio occidental caracterizado por presentar tres zonas subestructurales como son: El levantamiento Napo que corresponde a un enorme domo alargado en sentido NNE- SSW, La depresión Pastaza, zona en donde la fallas son más cabalgantes al límite con la zona central y la Cordillera Cutucutú con cambio de orientación de estructuras NNW-SSE. Ver figura 1.2.

Corredor Sacha Shushufindi

EL play central engloba los campos petrolíferos que aportan mayor producción, caracterizado por una estructura de graben, deformado por megas fallas de rumbo con tendencia invertida de N-S de Triásico Superior a semi-grabens Jurásico Inferior (Christophoul F., 1999).

El Sistema Invertido Capirón-Tiputini

Este Dominio forma parte de una cuenca extensiva estructurada por fallas lítricas provocando un levantamiento de la cuenca oriental a partir del Eoceno. Las estructuras extensionales de esta edad se encuentran selladas y erosionadas por la base de la Fm. Tiyuyacu Superior (Rivadeneria M. , 1997).

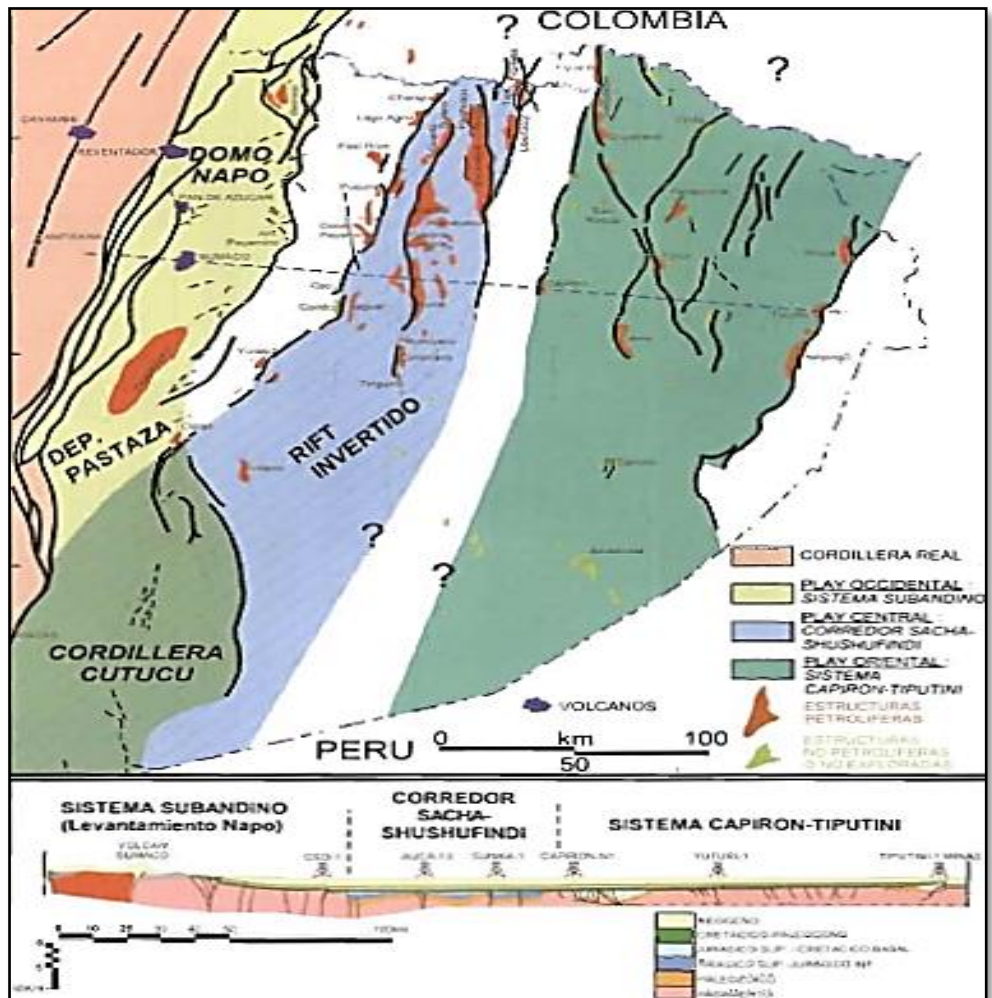


Figura 2.1 Sección estructural de la Cuenca Oriente conformada por tres corredores estructurales petrolíferos. (Baby, et al., 1999).

2.1.2 Geomorfología de la Cuenca Oriente

El sistema geomorfológico de la Cuenca Oriente está caracterizado por aspectos que influyen relieves importantes como son (figura:

- El Levantamiento Napo en el dominio occidental o sistema subandino (zona subestructural) que corresponde a un enorme domo alargado en dirección NNE- SSO, al SW desemboca el inmenso cono aluvial del Pastaza desarrollándose en dirección a la cuenca Marañón del Perú.
- El Sacha shushufindi se caracteriza por la presencia de fallas transpresivas o estructura de graben.
- y la Cordillera Cutucutú que corresponde a una cuenca extensiva estructurada por fallas lístricas (Baby et al., 2004).

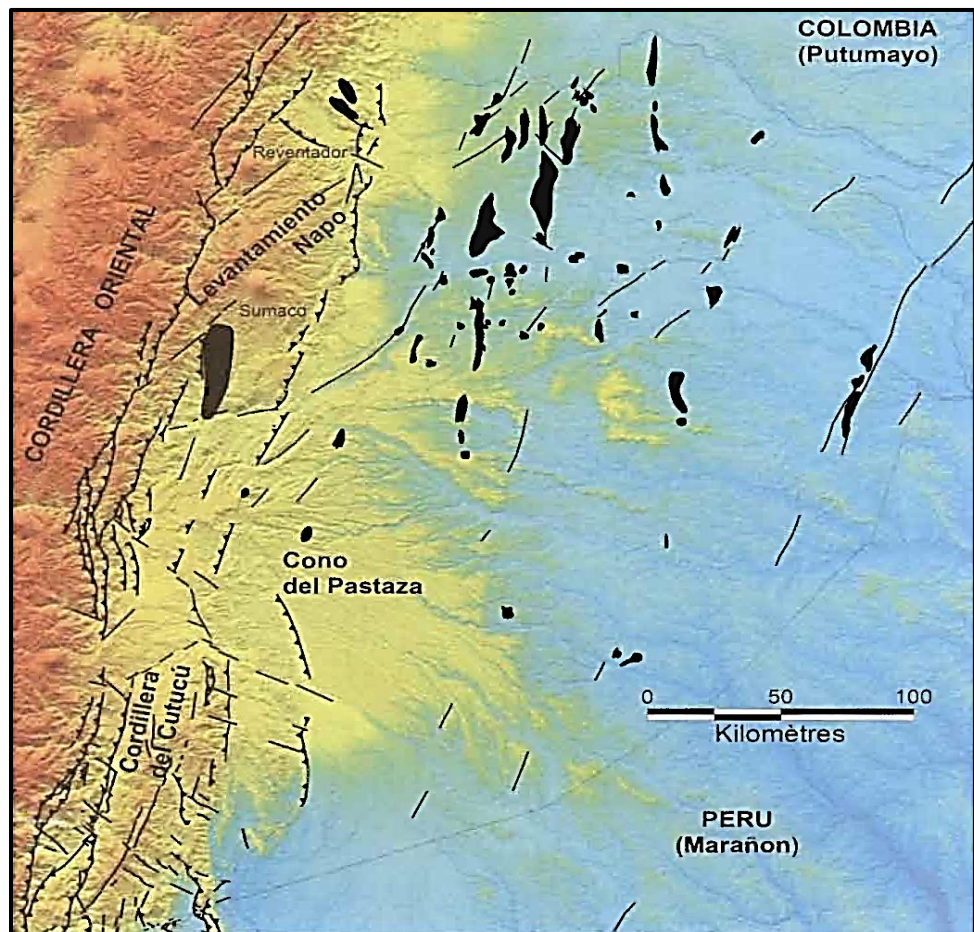


Figura 2. 2 Representación morfo- estructural de la Cuenca Oriente y principales estructuras petrolíferas (Baby et al., 2004).

2.1.3 Estratigrafía Regional

Las principales formaciones que van desde la edad del jurásico al Cuaternario de la Cuenca Oriente son Fm Hollín, Fm. Napo y Fm Tena. (Figura 2.3)

2.1.3.1 Formación Chapiza (Jurásico Medio- Superior, 600-4500m)

La Fm Chapiza subyace sobre la Fm Santiago al sur y cohabita en discordancia sobre la Fm. Hollín, presenta una serie de sedimentos clásticos continentales con pequeñas incursiones marinas, lutitas, areniscas rojas, con evaporitas (anhidritas, yeso) y en la zona superior volcansedimentarios depositados en un clima seco o desértico (TSCHOPP, 1953); ambiente Continental marino a somero, se ha dividido en tres unidades:

- a) Unidad Inferior, consta de lutitas y arenisca color gris, rojo, rosado y morado con finos lechos de evaporitas (yeso, anhidrita) y sedimentos de dolomita.
- b) Unidad Media, está reconocida al Este de la Cordillera Real junto con la unidad inferior, expone una litología totalmente de color rojo, pero sin evaporitas.
- c) Unidad Superior, se encuentra relacionada con la Fm Misahuallí del levantamiento Napo y profusas discordancias. Respecto a su litología presenta sedimentos volcansedimentarios, areniscas, lutitas y conglomerados rojos con tobas verdes a violáceas y areniscas feldespáticas (Jaillard, 1997).

2.1.3.2 Misahuallí (Jurásico Medio-Superior)

Presenta acumulaciones volcánicas masivas (arco magmático desde norte de Perú- norte de Colombia) con intrusión de basaltos, tobas grises a rosadas, arcosa, areniscas (Jaillard, 1997).

2.1.3.3 Formación Hollín (Cretácico Inferior: Aptiano Sup- Albiano Inf, 30-150m)

La Fm Hollín es el resultado de una sedimentación en aguas poco profundas en un ambiente extenso de plataforma con presencia de lutitas fracturadas (Bristow & Hoffstetter, 1977).

Litológicamente está representada por areniscas cuarzosas blancas de tamaño de grano medio a grueso, estratificación cruzada y ondulitas, trazas de carbón, lutitas, >ámbar en un ambiente Transicional Continental Marino sobrepuestas en diferentes rocas pre-aptienses que atraviesan la región oriental del Ecuador.

En ambiente Marino somero y depositación de playa-deltaico-estuarino y plataforma marina respectivamente se tiene:

- a) Hollín Superior, (albiano inf), comprende areniscas con estratificación cruzada, en el tope presenta calizas, glauconita y margas.
- b) Caliza C, (albiano medio tem.), es salobre con lutitas negras con inclusiones de glauconita, calizas masivas, mayor índice de salinidad y ámbar reducido.

2.1.3.4 Formación Napo (Cretácico Inferior- Superior: Albiense-Campaniense)

La Fm Napo es una formación bituminosa que consiste de una secuencia de lutitas negras y areniscas calcáreas, forma parte de las principales cuencas del Oriente con deposición en sentido N-S en un ambiente marino somero.

Napo Basal (Albiano Inf-Sup)

Lutita "T"

(Albiano medio tar), lutitas laminadas poco arenosas

Arenisca "T"

(Albiano sup), areniscas de grano grueso a conglomeráticas en canales fluviales de marea y deltas. También con abundante

glauconita y calcáreas con intercalaciones de lutita en ambientes de Plataforma marina somera, estuarino y canales de marea.

Napo Inferior (Albiano Sup- Cenomaniano-Superior)

Conformado de lutitas, areniscas, calizas margosas; en la parte superior abarca lavas estratificadas y tobas. Implica caliza “B” y arenisca “U” suscitando una serie de regresiones y transgresiones marinas que influenciaban en la depositación de sedimentos (Bristow & Hoffstetter, 1977)

Caliza “B”

(Albiano Sup tardío), conformado por lutitas y limolitas negras, no bioturbadas, calizas margosas con pirita en ambiente marino anóxico de baja energía.

Arenisca “U inf”

(Cenomaniano med-sup), presenta areniscas cuarzosas con estratificación cruzada en canales de marea (W), ambiente deltaico y fluviales.

Arenisca “U sup”

(Cenomaniano med-sup), areniscas glauconíticas de grano fino con intercalación de lutitas en ambientes de Plataforma marina estuarina y planicie costanera.

Napo Medio (Cenomaniano Sup- Turoniano)

Napo media implica calizas grises de masivas a muy estratificadas con niveles transgresivas- regresivas del miembro caliza “A” de grano micrita. En dirección norte están subdivididas en dos horizontes separados la unidad de areniscas, lutitas y areniscas (Bristow & Hoffstetter, 1977).

Caliza “A”

(Turoniano inf- med), comprende calizas masivas con finos bancos de margas hacia la base presenta con niveles arenosos,

calizas con pirita y chert. Ambiente de depósito de mar abierto submareal de baja energía.

Arenisca “M2”

(Turoniano sup), arenas muy finas intercaladas con lutitas calcáreas influenciados por glauconita en ambiente de Plataforma carbonatada somera de baja energía.

Caliza “M2”

(Turoniano Sup- coniciano inf), calizas fosilíferas interestratificadas con margas y lutitas. Se presentan en ambiente Marino profundo de baja energía en la base y más somero en el tope.

Napo Superior (Coniciano Inf- Campaniano Sup)

Napo superior consiste de una secuencia de argilitas negras duras, lutitas grises y verdosas, intercalaciones de calizas y areniscas. Estas lutitas son inexistentes en el Oriente Central, pero cuantioso en el Norte y Sur. (Feininger, 1975)

Lutita “M1”

(Coniciano inf- Santoniano inf), comprende lutitas grises oscuras y negras con lentes calcáreos, con series de lutitas, calizas y margas. Ambiente de Plataforma marina- marina somera.

Arenisca “M1”

(Campaniano inf- medi), areniscas glauconíticas con intercalaciones de lutitas, posteriormente fueron sobreyacidos por sedimentos pantanosos que formaron capas de carbón, en la base areniscas masivas gruesas con frecuencia microconglomeráticas. Se presentan en ambientes de depositación Fluvial y canales de marea de ambiente marino y depósito Estuarino.

2.1.3.5 Formación Tena (*Maestrichtiense Inferior- Paleoceno Inferior*)

La Fm Tena sobreyace a la Fm Napo, los sedimentos de esta formación se vuelven más finos y ligeros hacia el Este de la cuenca, las características de material clástico indican procedencia occidental, está conformado principalmente por una secuencia continental arcillolita con intercalaciones de limolitas continuas hacia la sección media y pequeños lentes de caliza.

- **Basal Tena**

Comprende areniscas, arcillolitas y limolitas en ambiente Continental marino a somero.

- **Superior**

Presenta arcillas abigarradas, rojas limolitas y areniscas de grano grueso. Ambiente continental marino a somero.

Cenozoico

2.1.3.6 Formación Tiyuyacu (*Eoceno Inf- Med*)

La Fm. Tiyuyacu es la secuencia terciaria más potente de la Cuenca Oriente (2.000 a 4.500 m) (Bristow & Hoffstetter, 1977). Consiste de una serie de capas rojas entre conglomerados basales gruesos que lo sobreyacen areniscas con intercalaciones de lutitas, verdes, grises y rojas con espesor variable menor a 100 m y mayores a 250m que pertenecen a un ambiente continental con incursiones marinas. (Sauer, 1965).

- **Inferior**

Producto de erosión, conformado por conglomerados con Qz lechoso y chertz rojizos- angulosos, areniscas gruesas y lutitas en pocas cantidades; importante evento tectónico.

- **Superior**

En la base presenta conglomerados con Qz lechoso y en el tope cherts, areniscas finas y arcillas de tonalidades grises claro con acuñaamiento hacia el sur.

Base con conglomerados- guijarros, cantos de Qz y cherts de granos angulosos y mal clasificado. Zona superior con areniscas limosas con intercalación de lutitas verdes y rojas.

2.1.3.7 Formación Orteguaza (Eoceno Medio- Oligoceno, 40-250m)

Secuencia de lutitas y areniscas grises verodosas y un poco de limolitas, estratificación cruzada, en un ambiente de Plataforma marina, donde los sedimentos proceden desde el Oeste de la Cordillera Real ya existente. La pataforma marina interna es evidenciada por lutitas color negro y gris oscuro, por su fisibilidad y existencia de nódulos piriticos que indican la presencia de un ambiente reductor (zona infratidal). (Labogeo, 1995).

2.1.3.8 Chalcana (Oligoceno Sup- Mioceno Med, 600-1100m)

Litológicamente comprende arcillas rojas con lentes calcáreos y areniscas en ambiente Continental fluvial.

2.1.3.9 Arajuno (Mioceno tardío, 500-1000m)

Presenta arenisca con lentes de conglomerado y arcilla con yeso y carbón en ambiente Continental fluvial

2.1.3.10 Chambría (Mioceno Sup- Plioceno, 100-400m)

Conformado por conglomerados con cherts, cuarzo lechoso y algo de metamórficas en ambiente Abanico Aluvial Continental.

2.1.3.11 Mesa (Plio- Pleistoceno, 250-1100m)

La litología está formada por terrazas compuestas de arcillas y areniscas tobáceas en un ambiente Continental y erosión de la Cordillera.

2.1.3.12 Mera (Cuaternario < 250m)

Presenta terrazas de edad joven, areniscas tobáceas, conglomerados y arcillas a partir de un ambiente continental (Activo Palo Azul, 2013).

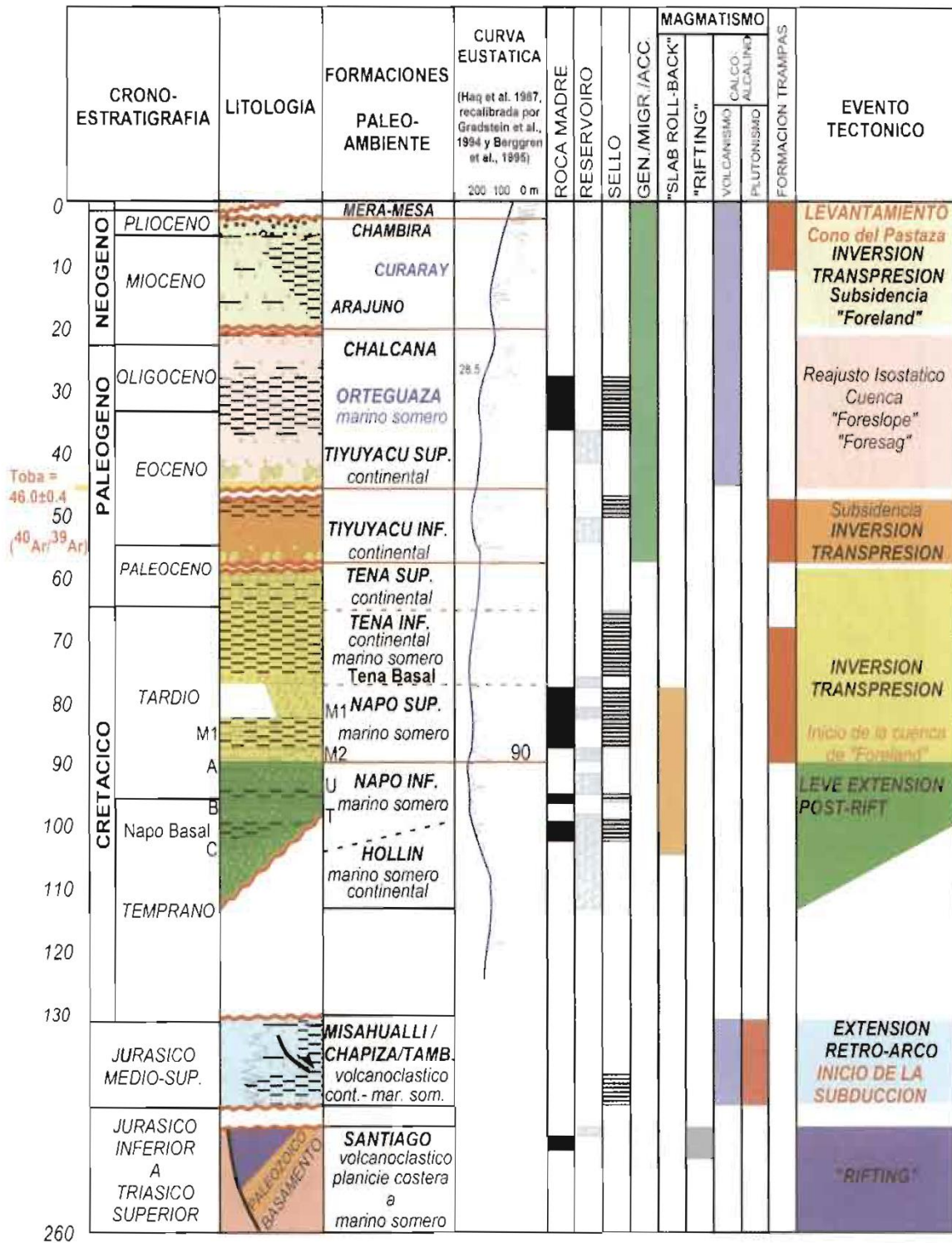


Figura 2. 3 Columna tectono-estratigráfica y eventos geodinámicos que controlaron el desarrollo de la Cuenca Oriente y de sus sistemas petrolíferos. (Baby P., 2004)

2.2 Geología Local

Formación Hollín

La Formación Hollín es un depósito tipo estuarino, dominado por mareas y caracterizado por dos unidades litológicas, una superior y otra inferior. El Petróleo Originalmente En Sitio (POES) de Hollín fue determinado por medio de cálculos volumétricos en función del volumen de roca (área* espesor de roca) que encierran las estructuras en el anticlinal Pucuna y el contacto agua – petróleo también conocido como CAP. (Véase fig 1.8.1)

ACTIVO	CAMPO	RESERVORIO	VOLUMEN TOTAL DE	AREA CERO	ESPESOR	N/G	VOLUMEN NETO DE	POROSIDAD	Sw	Factor	Petróleo Original
			ROCA		PROMEDIO NETO		ROCA				
			acre-pie	acres	pies	%	acre-pie	%	%	By/Bn	Bls
PALO AZUL	Subtotal Pucuna	Hollín Superior	144,163	3,109	64.9	17.9	25,808	13.1	35.7	1.078	15,637,615
		Hollín Inferior	69,962	3,109	22.5	79.8	55,817	15.7	33.0	1.078	42,159,758
		Hollín	214,125	3,109	43.7	48.8	81,624	14.4	34.4	1.078	57,797,373

Figura 2. 4 Cálculo de POES en Bls con datos volumétricos en función del volumen de la roca como son el área y espesor. (Activo Palo Azul, 2017)

2.2.1 Estratigrafía local del Campo Pucuna

La estratigrafía del Pozo Pucuna 14D comprende las siguientes formaciones:

2.2.1.1 *Formación Tiyuyacu (Eoceno Inferior- Medio)*

Comprende arcillolitas seguido de una sucesión de limolitas y lentes de areniscas en dirección al techo. Adicional presenta dos cuerpos de conglomerado, donde el basal son chertz y el superior de tipo cuarzoso (Activo Palo Azul, 2013).

Conglomerado Basal Tiyuyacu

Representado por chertz con intercalaciones de arcillolita. Las características litológicas y texturales que presentan los conglomerados chertz y arcillolitas son:

- **Chertz:** Color moztaza- gris ahumado- negro- a veces blanco, muy duro, suelto con fragmentos angulares, fractura concoidea, sin matriz ni cemento.
- **Arcillolita:** Color café rojiza de textura moteada con blanco- café amarillenta, crema y a veces gris clara y violeta, de suave a moderadamente firme, subbloqueada e irregular, no calcárea.

2.2.1.2 *Formación Tena*

Litológicamente presenta arenisca cuarzosa con intercalaciones de limolita y arcillolita.

Tope Basal Tena (Arenisca BT)

Arenisca: Cuarzosa de color gris clara, blanca, hialina, friables sueltas, transparente a subtransparente, tamaño de grano fino- medio- grueso, redondeado a subredondeado, sorting moderado, matriz y cemento no visible, sin porosidad.

Arcillolita: Color café chocolate a claro-rojizo, suave a moderadamente firme, irregular, sub-bloqueada y algo calcárea.

Limolita: Color gris claro a verdoso- café chocolate, blanda a moderadamente dura, irregular, sub-bloqueada, algo calcárea (Activo Palo Azul, 2013).

2.2.1.3 Formación Napo

El pozo PCNB-014 seleccionó a esta formación como objetivo de explotación en conjunto con sus principales reservorios: Arenisca “U” principal y la Arenisca “T” secundario. Presencia de background gas e hidrocarburos con manchamiento, fluorescencia y corte en areniscas fueron detectadas. Litológicamente presenta lutitas e intercalaciones de areniscas y calizas (Activo Palo Azul, 2013).

Tope Napo (SH)

Comprende Lutitas con variedad de tonos gris claro a gris oscuro y negras, suave a moderadamente firme, bloque a sub-bloques irregulares, no calcárea, físil a subfísil.

Caliza “M-1”

Conformado por calizas e intercalaciones de lutitas.

- Caliza: color gris oscuro a gris claro, Granstone, mudstone, moteada con crema a veces blanca amarillenta, suave a moderadamente firme, bloque a sub-bloques con porosidad no visible.
- Lutitas: Color gris oscuro a negras, suave a moderadamente firme, irregular, sub-bloques a bloques, subfísil, sublaminar y no calcárea.

Zona Caliza “M-2”

Presenta lutitas con intercalaciones de calizas.

- Calizas: Wackstone, moteada de color crema con gris claro, ocasionalmente negra grisácea, suave a moderadamente dura, sub-bloques a bloques.
- Lutitas: grises oscuros, negras, suave a moderadamente firme, sublaminar, subfísil y no calcárea.

Caliza “A”

Conformado por calizas con intercalaciones finas de lutitas.

- Calizas: moteadas color crema a gris oscuro, a veces gris clara, moderadamente dura/ firme, sub-bloques a bloques, con textura empaquetada (Wackstone), packstones, porosidad no visible.
- Lutita: Color gris oscura, negra, suave a moderadamente firme, irregular en sub-bloques a bloques, subfísil, sublaminar y calcárea.

Arenisca “U”

Comprende areniscas con intercalaciones de caliza y lutita; de acuerdo a las características del reservorio el Campo Pucuna lo ha subdividido en dos submiembros:

Arenisca “U” Superior

Presenta niveles de areniscas intercaladas con lutitas y calizas.

- Arenisca: Blancas a gris clara- amarillenta, subtransparente a subtranslúcida, friable, moderadamente firme, tamaño de grano medio, cuarzosa, subangular, ocasionalmente en partes suelta, subangular a subredondeada, sorting moderado, con matriz y porosidad no visible, a veces cemento calcáreo, inclusiones de glauconita y pirita.
- Lutita: Negra, suave a moderadamente firme, irregular, subbloques, subfísil, sublaminar, no calcárea.
- Caliza: Textura Wackstone/ packstones, moteada con crema color gris oscura, moderadamente firme, se presenta en bloques.

Arenisca “U” Inferior

Miembro principal del pozo PCN 14D conformado por arenisca con manifestaciones de hidrocarburos e intercalaciones de lutita.

- Arenisca: Tonalidades grises claros a blanca, subtransparente, subtranslúcida, aspecto friable, moderadamente dura, tamaño de grano medio, cuarzosa, subangular, subredondeada con sorting moderado, en la matriz hay presencia de caolinita, cemento no visible, asociada a caolín. Manifestación de hidrocarburo: 10-20% de la muestra.

- Lutita: Negra, suave a moderadamente dura, irregular, subbloques, subfísil, sublaminar, no calcárea.

Napo Medio

Lutita: Negra, suave a moderadamente dura, irregular, subbloques, subfísil, sublaminar, no calcárea.

Caliza “B”

Exhibe calizas con intercalación de lutitas.

- Caliza: Tonalidad gris claro a oscuro, moteada de color crema con textura empaquetada mudstone y también packstones, suave a moderadamente firme irregular a subbloques y porosidad no visible.
- Lutitas: Negra, suave a moderadamente dura, irregular, subbloques, subfísil, sublaminar, no calcárea.

Arenisca “T”

Objetivo secundario del pozo PCN 14D, en su litología muestra areniscas con intercalación de lutitas y calizas con inclusiones de glauconita ha sido subdivida en dos submienbros:

Arenisca “T” Superior

Hacia el tope y la parte media presenta:

- Arenisca: Color gris clara a blanca, subtransparente, subtranslúcida, aspecto friable, moderadamente dura, grano medio, cuarzosa, subredondeado, subangular, sorting moderado, matriz calcárea, cemento no visible, asociada a glauconita y pirita.
- Caliza: Textura Mudstone/ Wackstone, gris oscura- gris clara- blanca, suave a moderadamente dura, irregular, subbloques.

Hacia la base del intervalo muestra:

- Arenisca: Tonalidad gris clara a blanca, subtransparente a subtranslúcida, friable, moderadamente firme, grano medio, cuarzosa, subredondeado, subangular, sorting

moderado, matriz calcárea, cemento no visible, asociada a glauconita y pirita.

- Lutita: Negra, suave a moderadamente dura, irregular, subbloques, subfísil, sublaminar, no calcárea.

Arenisca “T” Inferior

Litológicamente comprende arenisca con intercalación de lutita.

- Arenisca: Gris clara a blanca, hialina subtransparente, subtranslúcida, friable, moderadamente dura, grano medio a fino, cuarzosa, subangular, subredondeada, moderada selección, matriz no visible, cemento no visible, asociada a caolín. Regular manifestación de hidrocarburo: 10-20 % de la muestra.
- Lutita: Negra, suave a moderadamente dura, irregular, subbloques, subfísil, sublaminar, no calcárea.

Napo Basal

Conformado por lutita y niveles muy finos de caliza.

- **Lutita:** Negra, suave a moderadamente dura, irregular, subbloques, subfísil, sublaminar, no calcárea.
- **Caliza:** Wackstone, gris claro moteada con crema, suave, irregular a subbloques.

Unidad Caliza “C”

Presenta caliza con intercalaciones de lutita (ver figura 2.5).

- **Caliza:** Wackstone, gris clara moteada con gris oscuro, suave, irregular a subbloques.
- **Lutita:** Wackstone, gris claro moteada con crema, suave, irregular a subbloques.

2.2.1.4 Formación Hollín

Está formada por arenisca cuarzosa gris claro, cremas, blancas, transparente a subtransparente, friable a ledeznable, hialina, con granos de tamaño fino a medio, granos subangulares, con inclusiones de glauconita y asociada a caolinita, sorting moderado, cemento y

porosidad no visible. Ha sido subdividida en dos miembros (ver figura 2.5):

Hollín Principal “THUS”

Conformada por areniscas cuarzosas con finas intercalaciones de lutita.

- **Arenisca:** cuarzosa con tonalidades desde grises claros a blancas, subtransparente, subtranslúcida, friable, de grano fino a medio, subangular a subredondeada, de sorteo moderado e inclusiones de glauconita y pirita, con matriz ni cemento visible.
- **Lutita:** Color negra, irregular, subbloques a subfísil, no calcárea

Hollín Inferior “TmHS”

Litológicamente comprende areniscas cuarzosas con delgadas intercalaciones de lutita.

- **Arenisca:** Cuarzosa de color gris clara a blanca, subtransparente a subtranslúcida, de grano medio, friable, subangular a subredondeada, con sorteo moderado, matriz ni cemento visible, asociada al mineral caolín.
- **Lutita:** Color negro, irregulares en subbloques, subfísil, sublaminar, no calcárea (Activo Palo Azul, 2013). (Figura 2.5)

2.2.2 Litología del Campo Pucuna Pozo PCN-09

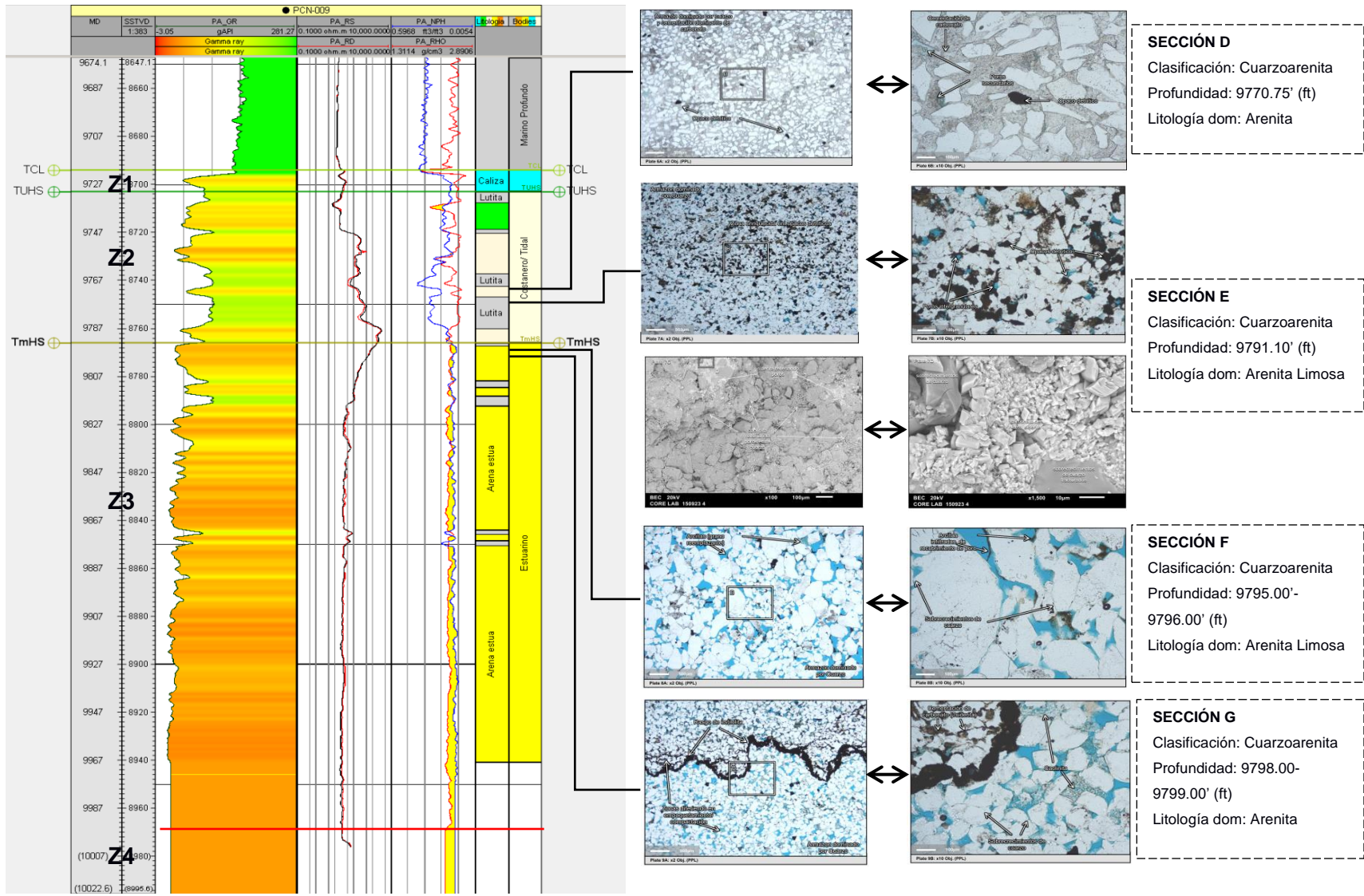


Figura 2. 5 Formación Hollín dividida de acuerdo a su litología en cuatro zonas como son: Calizas "Z1", Arenas costaneras "Z2", Arenas Estuarinas "Z3" suprayaciendo a las Arenas Fluviales "Z4".

2.2.3 Geología Estructural del Campo Pucuna del Activo Palo Azul

El campo Pucuna de la Formación Hollín presenta como estructura un anticlinal asimétrico con varias culminaciones en dirección del eje simétrico NW- SW y dimensiones aproximadas de 6.5km de largo por 3.6km de ancho.

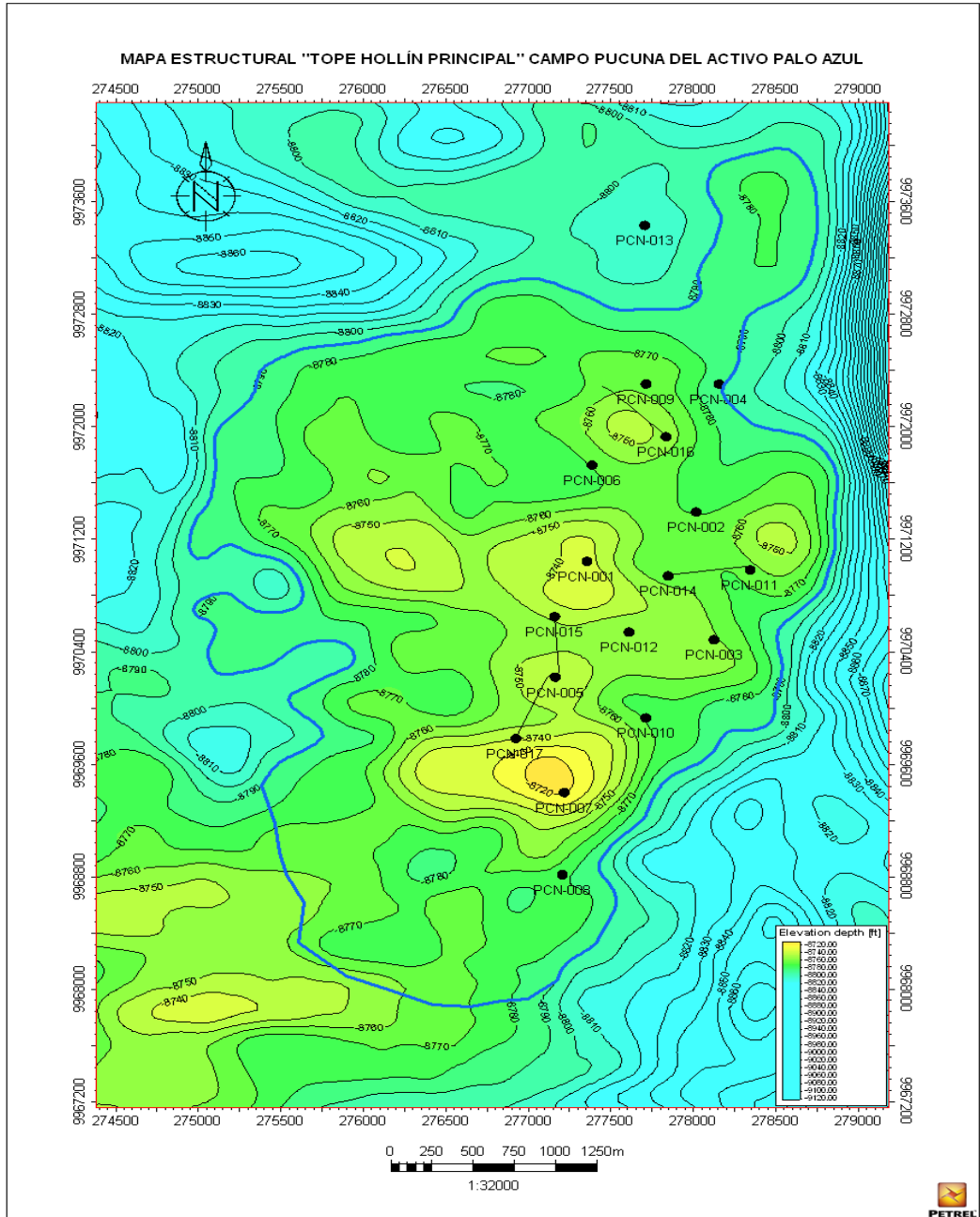


Figura 2. 6 Mapa Estructural Campo Pucuna del Activo Palo Azul conformado por los 17 pozos y limitado en su área por el CAP.

2.2.4 Minerales de Arcilla

Las arcillas conforman la fracción más fina del suelo con tamaños de partícula menores o iguales a 2×10^{-3} mm formadas por hidrólisis (silicatos primarios) y alteración hidrotermal de minerales primarios en rocas pre-existentes, (MURRAY, 2007).

2.2.5 Mineral Caolinita

La caolinita es un mineral secundario ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) del grupo de los filosilicatos dioctaédricos como producto de meteorización o alteración hidrotermal de feldespatos, y otros silicatos durante los procesos de diagénesis a condiciones de presión y temperatura parcialmente bajas (Bentabol, 2003).

Su composición química centesimal corresponde a:

- $\text{SiO}_2 = 46,54\%$
- $\text{Al}_2\text{O}_3 = 39,5\%$
- $\text{H}_2\text{O} = 13,96\%$

La caolinitización se da después de generarse la lixiviación e hidrólisis de los feldespatos, en donde los iones menos débiles precipitan y neoforman la caolinita.

Ecuación 1

Feldespatos potásicos → Alofana → Haloisita → Caolinita.

Tabla 2. 1 Tipos de alteración y diagnósticos minerales en sistemas de pórfido de cobre (Velde B, 1985)

Tipo de alteración	Diagnósticos minerales
Potásica	k- feldespatos (ortoclasa), biotita, sericita, clorita, cuarzo.
Fílica	Cuarzo, sericita, piritita, clorita, illita/ smectita inesterestratificada.
Argílica	Caolinita, montmorillonita, clorita.
Propilítica	Clorita, epidota, albita, carbonatos.

Estructura básica de los minerales del caolín

Consiste de una capa de hoja tetraédrica de sílice y otra alúmina octaédrica del tipo 1:1, donde Pauling (1930) dedujo que en la lámina del mineral existen dos superficies opuestas, la de oxígenos basales de los tetraedros y los hidroxilos (externos) de los octaedros usados para diferenciar de los hidroxilos internos O-OH compartidos.

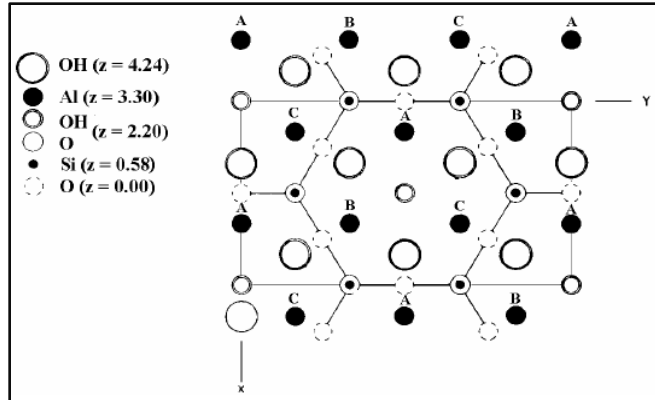


Figura 2. 7 Diferentes posiciones (A, B y C) de los lugares vacantes en la estructura de la caolinita (Bailey, 1980).

Propiedades Físicas

Las impurezas más comunes en los caolines son el cuarzo, mica, illita, esmectita, feldespatos, hematita, piritita, trazas de turmalina, cianita, entre otros y minerales pesados (Murray, 2006).

Tabla 2. 2 Características Físicas de la Caolinita (Murray, 2006).

1: 1 capa de arcilla	Placas y libros pseudo-hexagonales
Color blanco o casi blanco- crema-amarillento	Superficie relativamente baja
Brillo terroso	Baja capacidad de absorción
Sustituciones muy limitadas en la estructura.	Dureza: 2- 2.5 Refractario y plástico
Muy baja capacidad de intercambio catiónico.	Densidad: 2.40- 2.64 g/cm ³

2.2.6 Génesis y clasificación de Yacimientos

La naturaleza de las arcillas se rige a procesos geológicos que llevan a la formación de arcillas, transformación y destrucción en diferentes entornos (Velde B, 1985). La mayoría de las arcillas se originan en la superficie de la tierra, poco después comienza su migración, posterior a su formación por transporte fluvial llegando eventualmente a grandes masas de agua como son los ambientes litorales del océano, en donde el contacto de las rocas con el agua produce arcillas en o cerca de la superficie (Velde B, 1995) Ver figura 2.8. Los ríos son los principales agentes de transporte y a través de deltas y estuarios los materiales de arcilla alcanzan el océano donde están más dispersos por las corrientes o por flujos de masa tras un periodo de deposición temporal (Hillier, 1995).

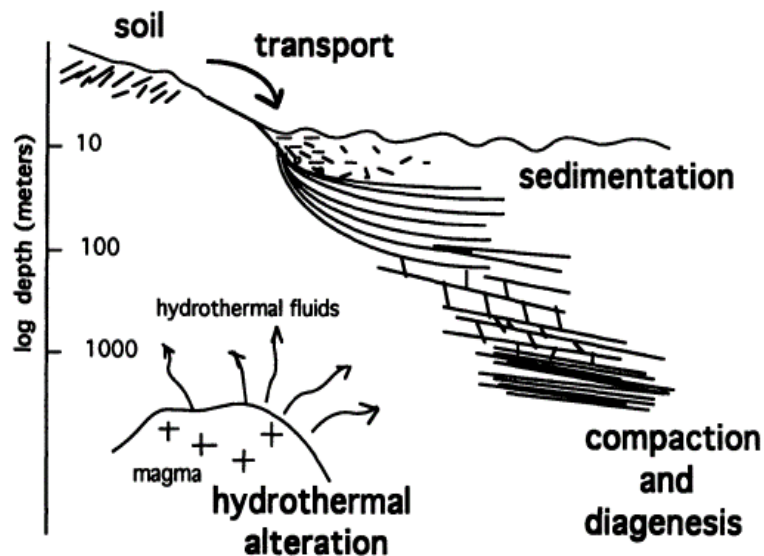


Figura 2. 8 El ciclo de la arcilla en términos geológicos (Velde B; 1995)

Las rocas que dan origen a este grupo del caolín son los granitos, vulcanitas ácidas, areniscas grauváquicas, arcosas, micaesquistos y pizarras alumínicas. Los depósitos de arcilla pueden ser de origen detritales que conservan las características de otro entorno al entorno en el que se encuentran y las arcillas autigénicas formadas in situ el cual puede ocurrir por combinación de tres

diferentes procesos: neoformación (precipitación directa), reacción o envejecimiento de materiales y transformación de algún mineral precursor. Entonces a través de los procesos de transformación pueden ser de agradación o gradación (Milot 1970, 1978).

Tipos de depósitos de caolín primarios:

- **Caolines Residuales**

Son el resultado de rocas feldespáticas erosionadas en condiciones de ambiente favorables y quedaron marcados por formaciones geológicas más actuales tomando aspectos masivos, irregulares y tabulares. Además, cuando la alteración es muy intensa, la caolinita se desilicatada y forma la bauxita (Sand, 1956).

- **Caolines Hidrotermales**

Son el resultado de la alteración de rocas por efecto de la circulación de fluidos calientes que pueden haberse originado por ascenso de masa intrusiva (granito), movimiento de aguas profundas o exceso de elementos radiogénicos donde la permeabilidad debe ser suficientemente alta para que se generen estos procesos. Alteración argílica: Lixiviación de Ca, Na y Mg con alto grado de hidrólisis en donde el feldespato potásico puede estar argilizado y en la argílica avanzada rompen los enlaces de aluminio en los silicatos formando alunitas (Al SO) y diásporo (AlO) (Inoue, 1995).

En los caolines secundarios la diagénesis es esencial en la circulación de aguas superficiales para la formación de arenas caoliníticas producto de alteración in situ de feldespatos en arenas arcosas:

- **Caolines sedimentarios**

Se forman a partir de sedimentos arcósicos producto de la alteración primaria tras su depósito, es característico por sus formas lenticulares en sucesiones de arenisca (Patterson & Murray).

- **Arcillas caoliníferas**

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA

El procedimiento que se empleó para el desarrollo de este trabajo se presenta en la Figura 3.1.

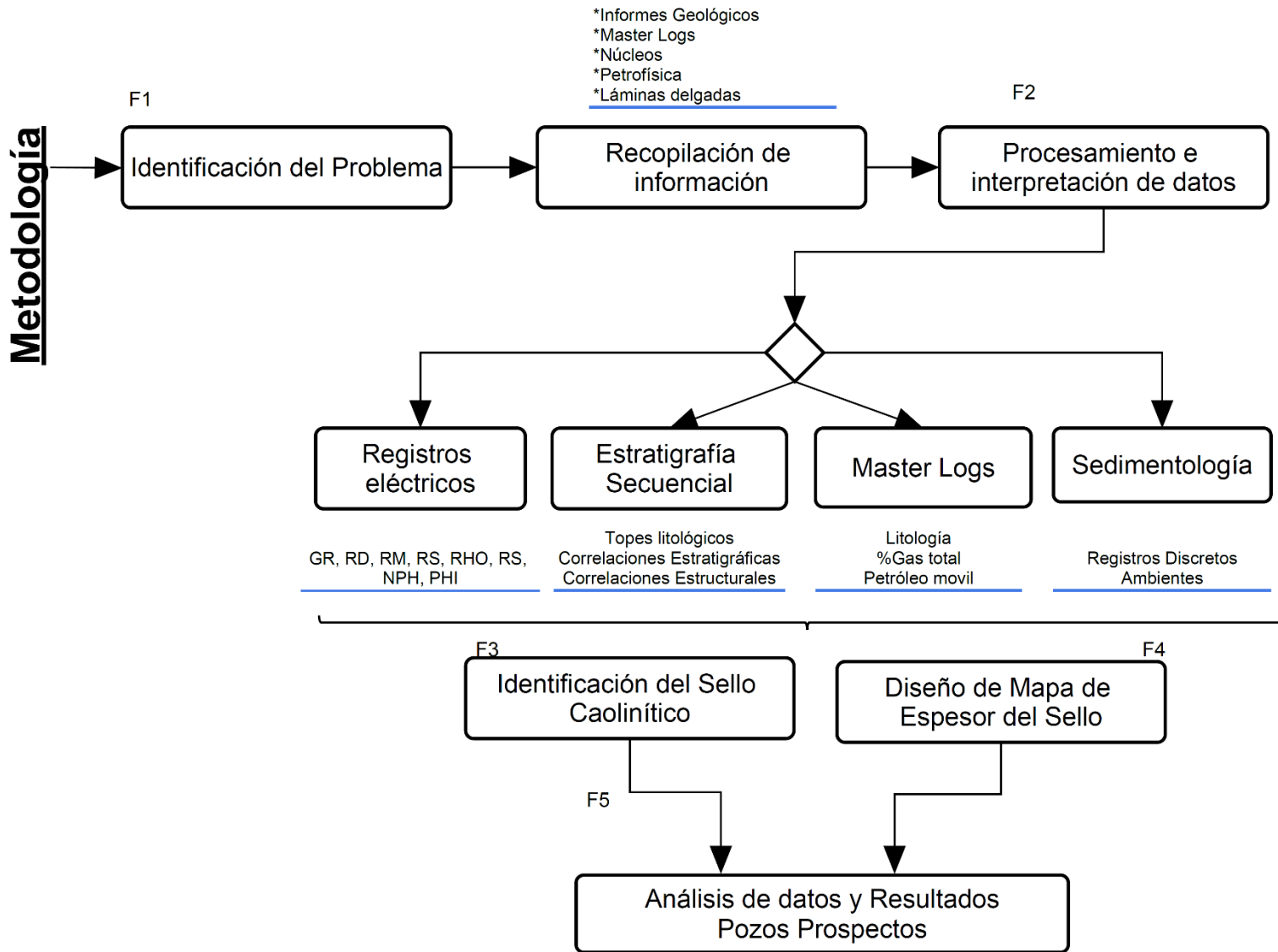


Figura 3. 1 Diagrama simplificado de la metodología aplicada

3.1 Fase I- Recopilación de información

3.1.1 Identificación del problema

El proceso de planificación empieza por una situación problemática y el objetivo de solucionarla en base a datos pre- existentes y seleccionar las estrategias que se aplican para conseguir una visión de la situación deseada. (Ortegón et al., 2005)

3.1.2 Compilación de información bibliográfica- geológica y técnica del campo

Comprende toda la información disponible de datos de confiabilidad existentes, generar documentos nuevos y adaptar datos para ser usados en el proyecto a desarrollar. (Woodfield M. et al 2006)

Entre las principales características que proporciona cada pozo se tiene:

- **Surveys:** Conjunto de datos medido y registrado con referencia a un área particular de la superficie de la Tierra, como un estudio sísmico .
- **Registros eléctricos:** Los registros eléctricos conducen a la construcción e interpretación del campo, permitiendo identificar la litología y ambientes de depósito, así como sus propiedades petrofísicas.

3.2 Fase II- Procesamiento e Interpretación de datos

El procesamiento de datos consiste en importar datos de cada pozo a un software Petrel versión 2015 para agruparlos y estructurarlos con el propósito de responder el problema de investigación, objetivos y la hipótesis de estudio (Sampieri, 2010), los cuales que incluyen en este caso el análisis de velocidades y frecuencias, correcciones estáticas, deconvolución, sobretiempo normal por distancia, apilamiento y migración. El procesamiento sísmico facilita una mejor interpretación porque las estructuras del subsuelo y las geometrías de las reflexiones son más evidentes. (Schlumberger, 2018).

3.2.1 Carga de Registros eléctricos

Para cargar los datos de los registros en formato “txt” se creó un nuevo proyecto con sistema de coordenadas geográficas UTM- PSAD56 Z18S con

formato MD, INCL, Azimut y se importan los registros eléctricos en formato (las.), proporcionados por la empresa PETROAMAZONAS del campo “Pucuna”. Los factores que afectan a los registros eléctricos son la litología, porosidad y presencia de fluidos.

Tabla 3. 1 Parámetros principales para análisis de registros eléctricos

Parámetros:
• PA_GR
• PA_RD
• PA_RM
• PA_RS
• PA_RHO
• PA_NPH
• PA_PHI

Gamma Ray (GR): Responde a la gammaradiación natural en la formación donde los pocos isótopos responsables son el potasio, torio y uranio. Los isótopos en la lutita se deben a la presencia de minerales arcillosos (Ellis & Singer, 2008). Ver figura 3.4

Resistividad: Este tipo de registro mide el paso a la corriente, en la figura 3.5 se indican curvas de resistividad profunda (ILD), media (ILM) y somera (SFL), la zona por debajo 5,300 ft posiblemente es agua asumiendo que la resistividad del agua de la formación es mucho menor, a 5,275 ft se tiene una posible zona de hidrocarburos debido al aumento de resistividad, finalmente a 5,260 ft se tiene el caso de lutitas (Ellis & Singer, 2008). Figura 3.5

Neutrón (NPH) y Densidad (DPHI): Mide los átomos de hidrógeno presentes en fluidos y el registro densidad mide la densidad de las rocas. Figura 3.6 por debajo de los 700 ft la separación de las dos curvas puede ser efecto por la presencia de arcilla o gas o error en la matriz (Ellis & Singer, 2008).

Porosidad (PHI): Calcula la cantidad de volumen de agua en sus espacios porosos para ello se necesita identificar la litología u la relación entre la resistividad de la roca saturada de agua y porosidad (Ellis & Singer, 2008).

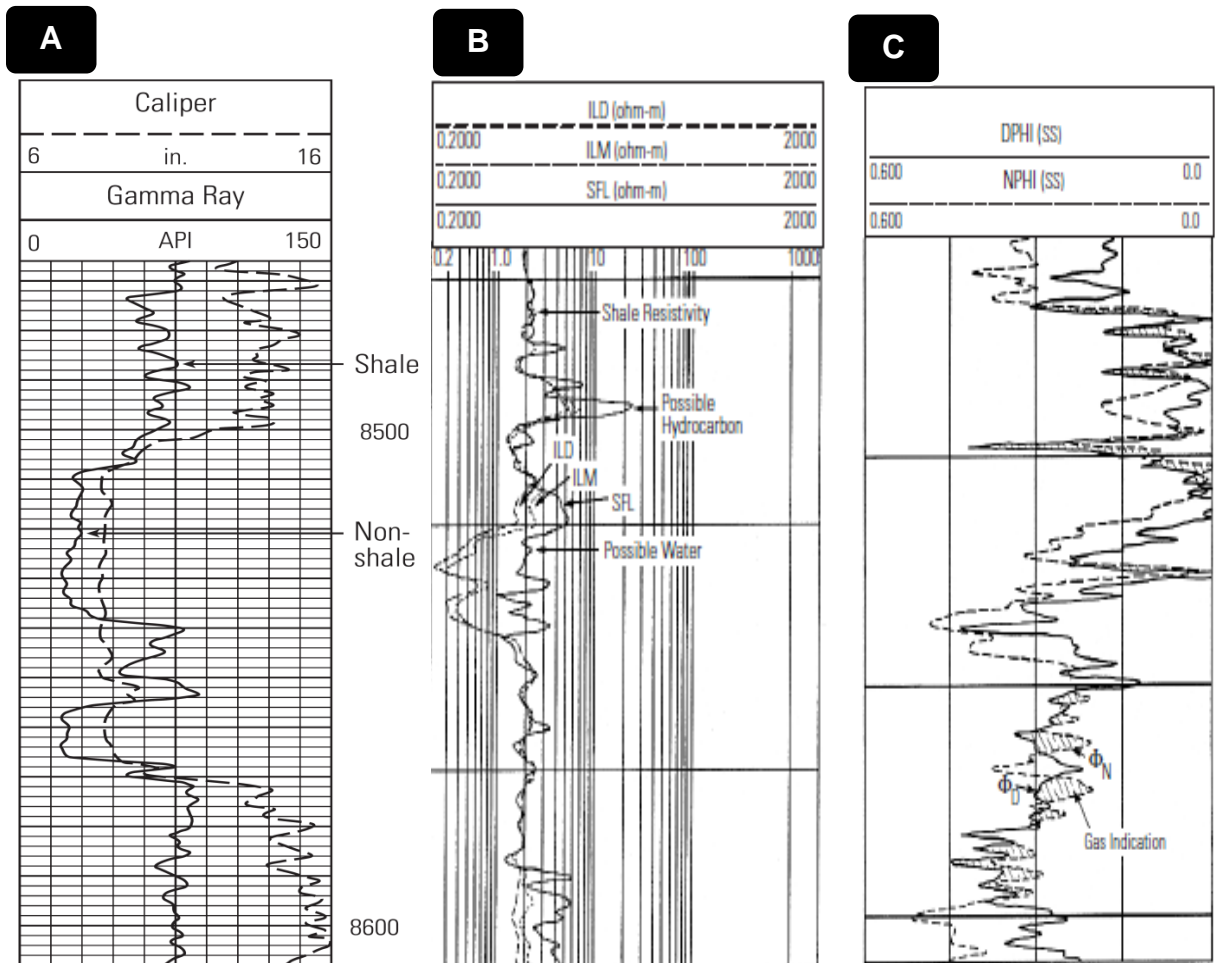


Figura 3. 2 A) Curva de rayos gamma ray sobre zonas limpia y lutita. B) Interpretación de zonas con posible hidrocarburo, zona lutita, zona de agua y C) Un registro de neutrones y densidad que muestra el cruce característico atribuido a la presencia de gas en la formación (Ellis & Singer, 2008).

3.2.2 Interpretación de Estratigrafía Secuencial

a) Topes Litológicos

Identificación de los topes litológicos en base a registros eléctricos a partir de las características que presenta el GR, RD, RM, RS y RHO.

b) Correlación Estratigráfica

Consiste en obtener una equivalencia de la secuencia lateral de unidades estratigráficas y cuerpos rocosos.

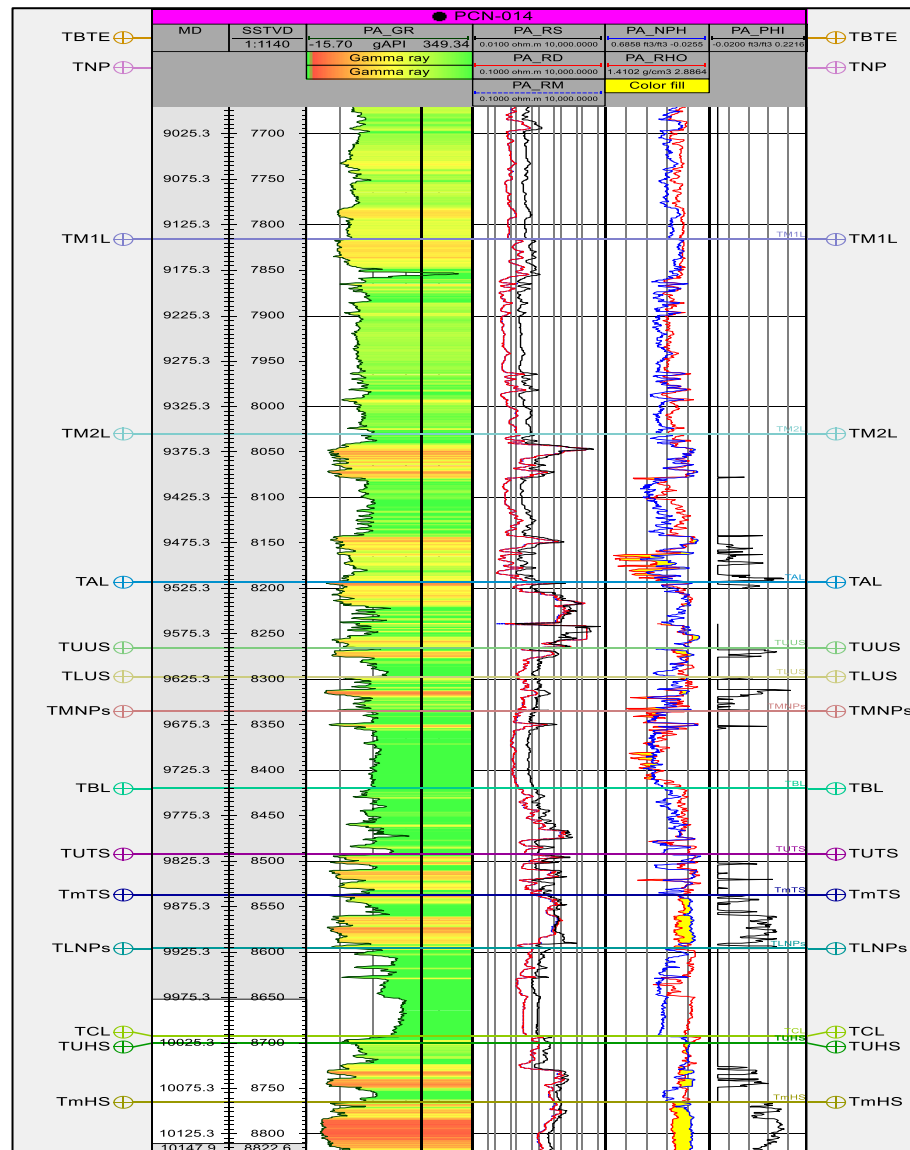


Figura 3. 3 Topes Litológicos correspondientes al pozo PCN-014 del Campo Pucuna indicando las curvas GR, RS, RM, RD, NPH, RHO y PHI.

3.2.3 Interpretación de Master Logs

Registros de evaluación de la Formación

Proporciona información como: profundidad, rango de penetración, litología, textura, gamma ray, porcentajes de cortes, presencia de petróleo, unidades de gas total, permeabilidad. En este caso, todos estos elementos ayudan a identificar donde hay mayor volumen en % de hidrocarburos y si es factible o no explotarlo dependiendo de las características que presenta el mineral arcilloso (caolinita).

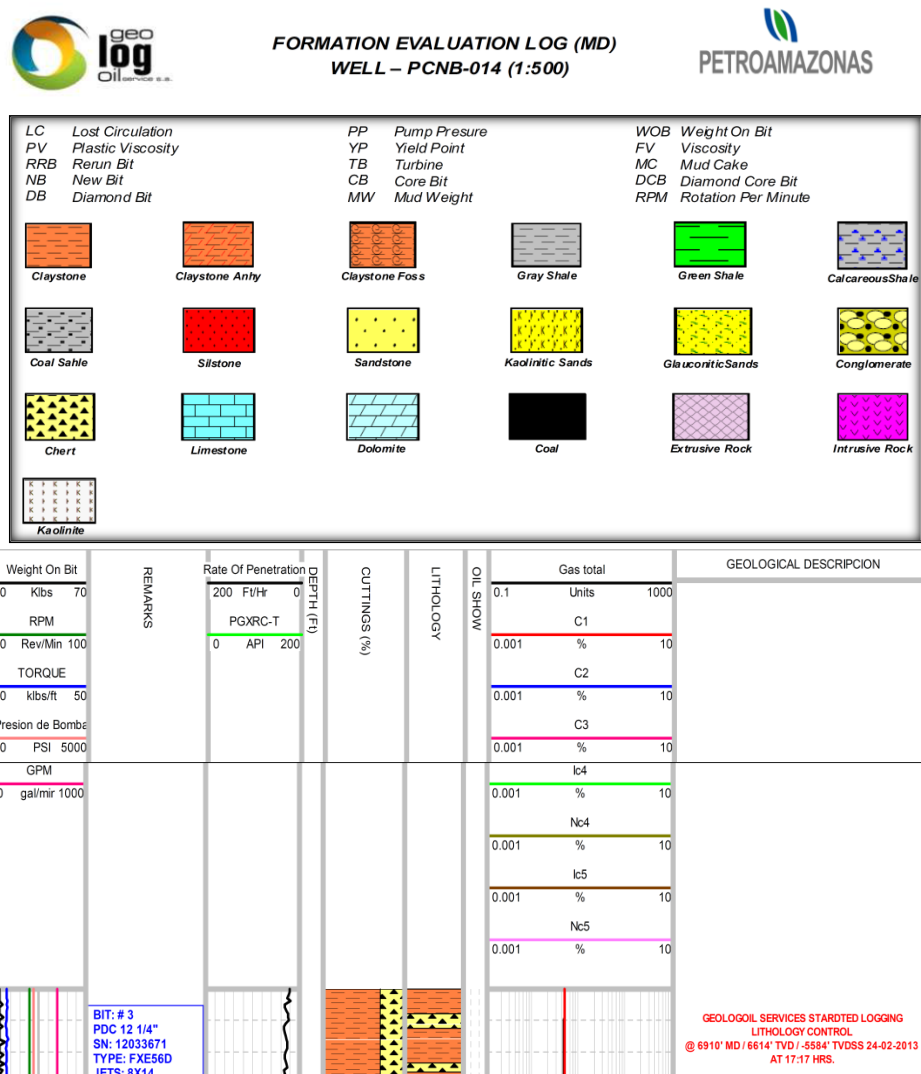


Figura 3. 4 Encabezado de Master Log- Registro de evaluación de la formación (MD). Pozo PCNB-014 (1:500). (Petroamazonas, 2013)

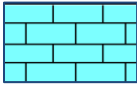
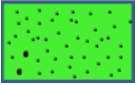
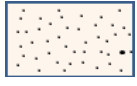
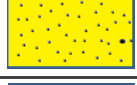

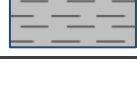
3.2.4 Interpretación de Registros Discretos

Consiste en la identificación de litología aplicando parámetros para diferenciar en este caso una Arena (tomó valores de 0) de una Lutita (valor de 1), volumen de arcilla ($arena < 40\% V_{shale}$) y porosidad $>8\%$. Las principales litologías con código a definir fueron:

- 0) Caliza.
- 1) Arena glauconítica.
- 2) Arena costanera.
- 3) Arena estuarina.
- 4) Arena Fluvial.
- 5) Lutita.

$$Litologia = If(PA_{VCL} \leq 0.4 \text{ And } PA_{PHI} \geq 0.08, 0, 1) \quad (3.1)$$

Tabla 3. 2 Códigos y simbología para la identificación de litologías.

Code	Litología	Color/ Simbología
0	Caliza	
1	Arena glauconítica	
2	Arena costanera	
3	Arena estuarina	
4	Arena Fluvial	
5	Lutita	

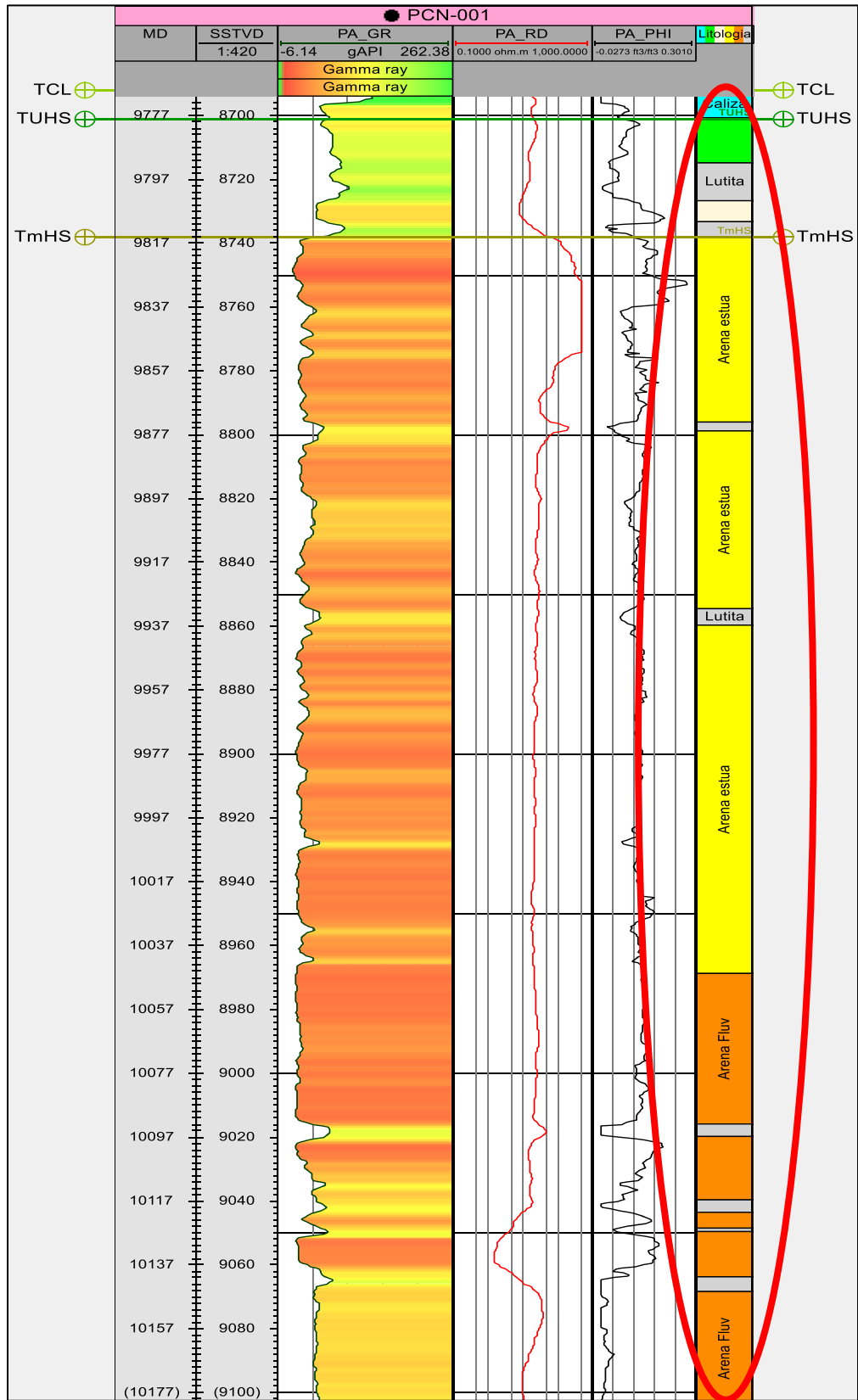

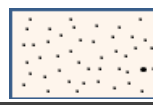
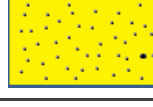




Figura 3. 5 Registro eléctrico PCN-001 con curvas GR, RD y PHI para la identificación de litofacies en el Campo Pucuna.

3.2.5 Interpretación de sedimentología- secuencias

Se trata del análisis litológico e identificación el tipo de ambiente al que pertenece cada una de las litologías reconocidas.

Tabla 3. 3 Códigos y simbología empleada para la identificación de secuencias.

Code	Ambiente	Color/ Simbología
0	Marino	
1	Fluvial	
2	Estuarino	
3	Marino somero	
4	Costero/ Tidal	

3.2.6 Fase III- Identificación del Sello Caolinítico

Se analizan características de zona porosa, zona permeable y zona densidad para marcar los horizontes que corresponden al tope y base del sello caolinítico aplicando ecuaciones para determinar espesores del sello:

$$ZONAS = If(Litologia = 1 Or Litologia = 2 Or Litologia = 3 Or Litologia = 4, 1, U) \quad (3.2)$$

$$ZONAS_{PORO} = If(PA_{PHI} \leq 0.06, 0, 1) \quad (3.3)$$

$$ZONAS_{DENSI} = If(PA_{RHO} \geq 2.5, 0, 1) \quad (3.3)$$

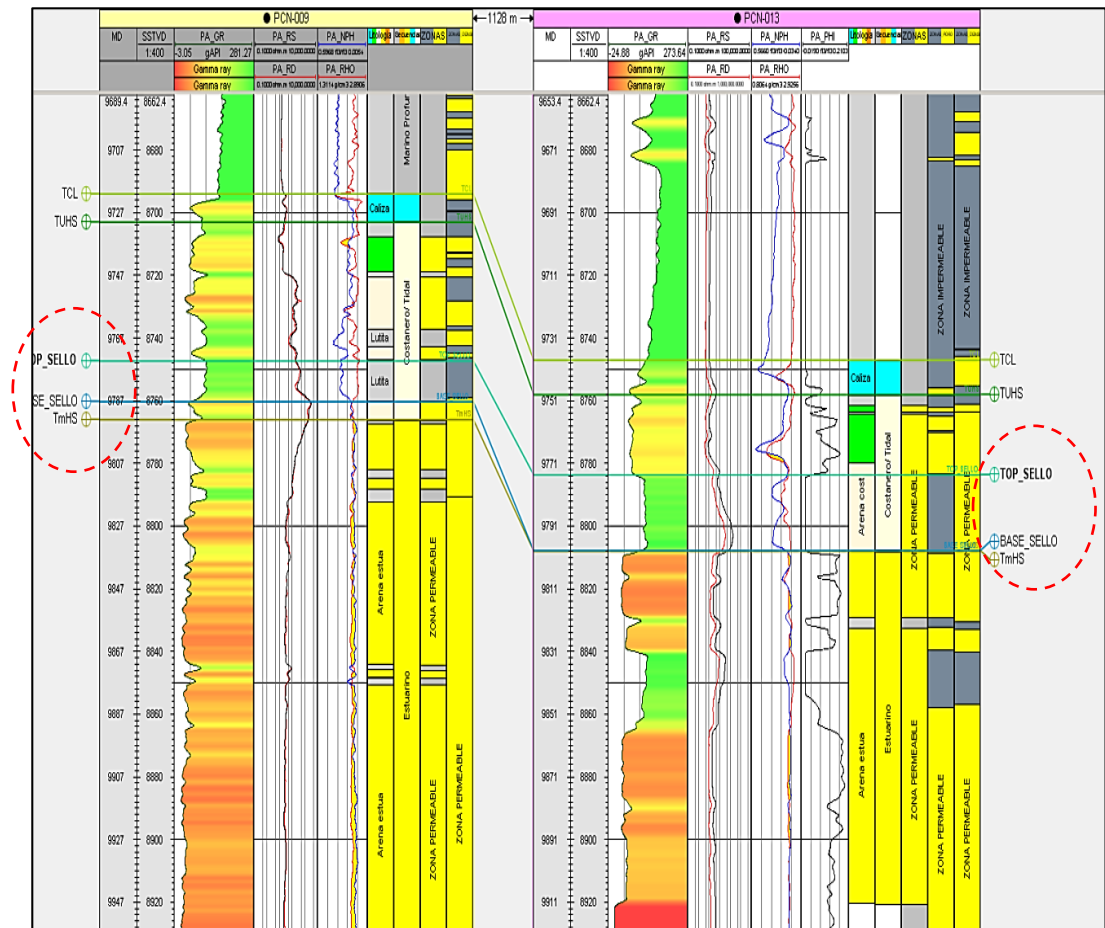


Figura 3. 6 Identificación del sello caolinítico a partir de Registros Eléctricos basados en la litología, secuencias, zonas porosas, zonas permeables, zonas densas. Pozo PCN-001 y PCN-014

3.2.7 Fase IV- Diseño de Mapa de Espesores

A partir del análisis de Master Logs, reportes finales de geología, registros eléctricos cargados al sistema, interpretación estratigráfica secuencial, litofacies y sedimentología se genera los mapas del sello caolinítico aplicando los parámetros de confiabilidad como son la Densidad ($\rho \geq 2.5 \text{ gr/cm}^3$) y Porosidad ($\phi \leq 6\%$)

3.2.8 Fase V- Análisis de Datos y Resultados

Para el análisis de los datos se debe aplicar los siguientes criterios:

- A. Espesor neto de Arena.
- B. Propiedades de Absizing.
- C. Trabajos de workover.

CAPÍTULO 4

4. AMBIENTES DE DEPÓSITO SEDIMENTOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA

4.1 Ambientes sedimentarios- Cuenca Oriente.

La base de los reservorios Hollín, Arenisca "T", Arenisca "U" y Arenisca M1, se asocian a ciclos eustáticos (HAQ et al., 1987) que corresponden a secuencias de segundo y tercer orden. Según (White et al., 1995) los descensos del nivel mar habrían originado estuarios y deltas con influencia mareal y deposiciones de facies. Los reservorios de Hollín forman parte de procesos transgresivos, sus mejores sedimentos se inclinan hacia la base y se degradan hacia el techo, los procesos diagenéticos mejoran la calidad del reservorio y aquellos que afectan las propiedades petrofísicas son la cementación y formación de arcillas: la caolinita en mayores cantidades (figura 3.8 sección B), luego la esmectita, la illita y la clorita con porosidad intragranular en el caso de los feldespatos (Baby et al., 2004).

4.2 Ambientes sedimentarios de las rocas reservorio.

Según (Shanmugan et al., 1998) la formación Hollín, representa un ambiente estuarino dominado por mareas característico de estructuras como la estratificación cruzada que se muestra en secuencias transgresivas. Esta formación presenta dos miembros, superior e inferior, el miembro superior caracterizado por ríos entrelazados y planicies aluviales (White et al., 1995) posiblemente en condiciones de caída de nivel eustático (HAQ et al., 1987) conformado por arenas cuarzosas transparentes a subtransparente, grano fino a medio, no presenta matriz ni cemento, porosidad no visible e inclusiones de glauconita; el miembro inferior se interpreta como depósitos fluviales de relleno de valles y conformado por arenas cuarzosas transparentes a subtranslúcida, grano fino a medio, no presenta matriz ni cemento y porosidad no visible. Ver figura 4.5.

Los descensos del nivel mar han originado relieves que formaron diferentes tipos de ambientes como son: marino, transicional y continental.

4.2.1 Ambiente Marino

Costanero o tidal

Producto de la ocurrencia de sedimentos clásticos de playa probablemente muy someros con pendientes suaves ligados entre sí a través del flujo de materia y energía (Dalrymple et al., 1994; Emery & Myers, 1996).

4.2.2 Ambiente Transicional

Sistemas Estuarinos

Según Shanmugan et al. (1998) define los sistemas estuarinos en ambiente transicional influenciados por mareas con características de estratificación cruzada lodosa dado por la imbricación de los clastos y con presencia de planicies de inundación, canales de barrera centrales- longitudinales – laterales y transversales.

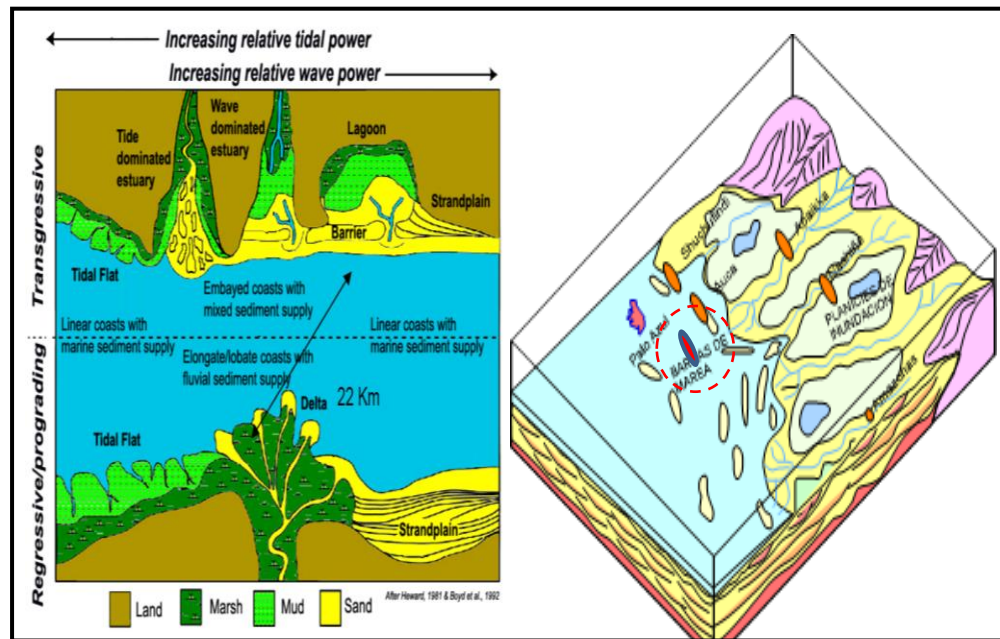


Figura 4. 1 Modelo de depósito de estuario dominado por mareas definido para el campo Pucuna. (Activo Palo Azul, 2018)

Morfología.

Como resultado de cambios del nivel del mar los estuarios se generan en estados macromareales e hipersincrónicos. La boca presenta barreras de

arenas dispuestos en dirección de la corriente circulando sedimentos en sus proximidades, la geometría del embudo favorece la aceleración de corrientes aguas arriba hasta alcanzar el límite de influencia (compensación de energía) dando lugar a los estuarios (Figura 4.2) adquiriendo diferentes formas de acuerdo al aporte de sedimentos, el gradiente y la forma como evoluciona el estuario (Dalrymple et al., 1992). Sección a, dominada por el mar con sedimentos netos en el cabezal del estuario, sección b, zona de baja energía aproximándose a un acuñamiento de sedimentos, sección c, dominada por los ríos relativamente está siendo aún afectada por el mar (Ostrom, 1993).

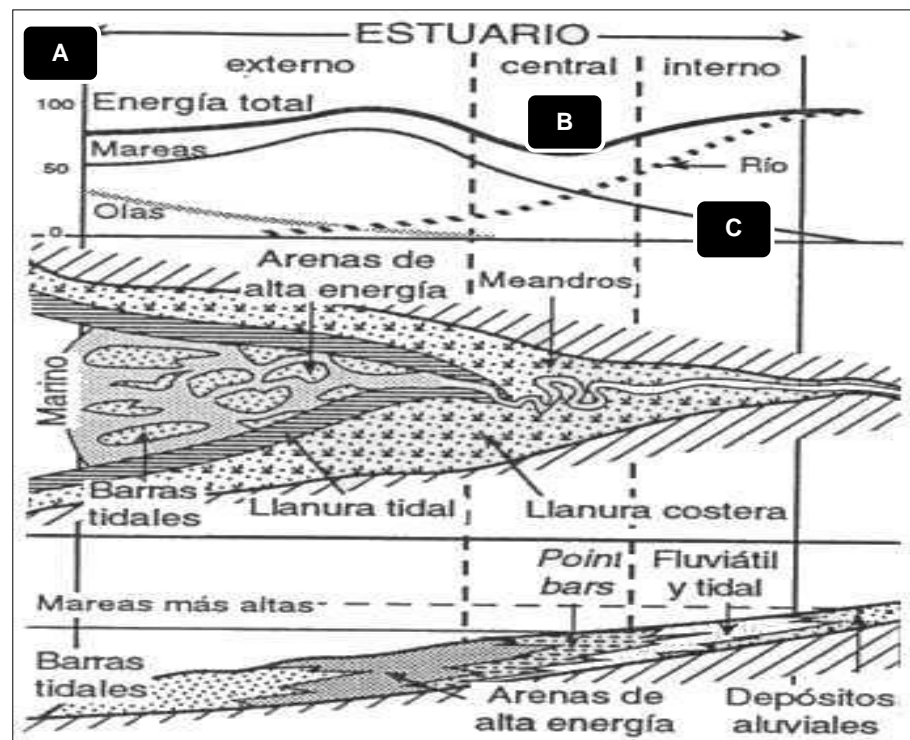


Figura 4. 2 Morfología de estuarios influenciados por mareas (Ostrom, 1993).

4.2.3 Ambiente Continental

Sistema fluvial

Zona donde los depósitos estuarinos y marinos desaparecen dando paso a sedimentos fluviales constituidos por la acumulación de sedimentos debido a la actividad de ríos donde habrá mayor/ menor erosión o sedimentación y viceversa (Bird, 2008). Ver figura 4.3.

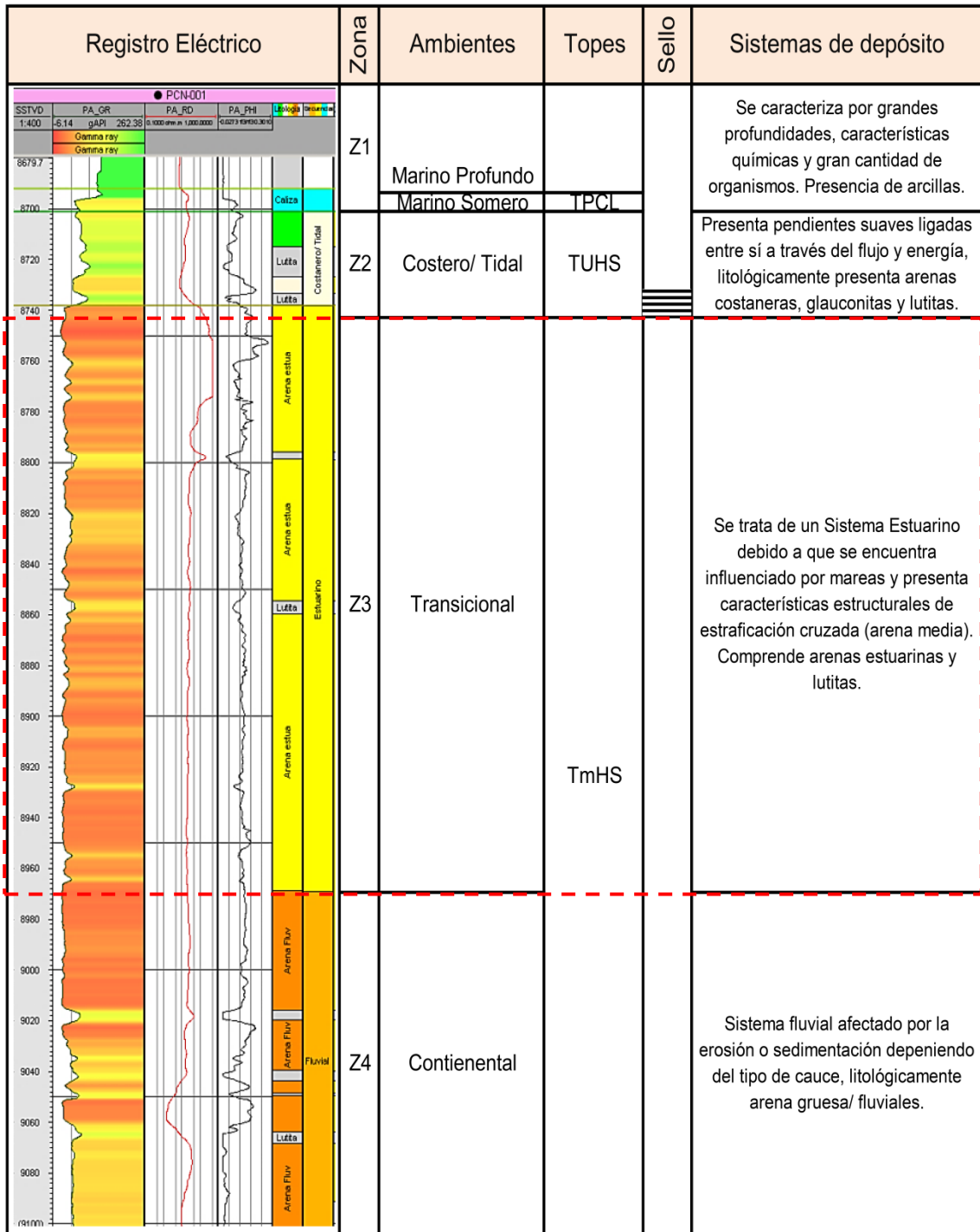


Figura 4. 3 Ambientes de depósito de la Formación Hollín a partir de registros eléctricos.

Valores de porosidad y densidad estimados

Para el análisis de los diferentes pozos estudiados se utilizaron valores aproximados de porosidad y densidad y así ser capaces de identificar el agua que se desplaza por un medio poroso en conjunto con la permeabilidad.

Tabla 4. 1 Valores estimados de porosidad (%), conductividad (Sander, 1998) y Densidad Global de rocas (Winkler, 1973 y Komar, 1987))

Clasificación	Porosidad Eficaz (%)	Resistividad (ohm-m)	Densidad (g/cm ³)
Arcillas	0-5	20-40	1.25- 1.55
Limos	3-19	20-100	1.3
Lutitas	0.5-5	1- 10	2.0-2.4
Arenas finas- limosas	10-28	30-40	1.45- 1.65
Arena gruesa	22-35	1- 100	
Caliza	0.1-5	10- 500	2.2-2.6

Tabla 4. 2 Intervalos de Núcleos analizados según la profundidad de perforación (Activo Palo Azul, 2013).

Pozo- Campo Pucuna	Profundidad (ft)
PCN-002	9806.00'- 9835.00'
PCN-007	9707.00'- 9708.00'
	9717.00' 9718.00'
PCN-009	9770.75' - 9799.00'
PCN-010	9818'- 9841.7'.00
PCN-014	10045.0'- 10159.0'

4.3 Análisis petrográfico y mineralógico de secciones delgadas y muestras de Núcleo.

Las fases de mineralógicas que presentan las secciones delgadas están representadas básicamente por sobrecrecimientos de cuarzo como bordes discontinuos a continuo, arcillas exhibidas como caolinita con fase de llenado de poros poco frecuente a moderadamente abundante y reemplazamiento de granos y minerales opacos en trazas poco frecuentes. Entre las características del reservorio Hollín para la obtención de petróleo se basa en la porosidad asociada a fases de arcilla y garganta poral.

4.3.1 Pozo PCN-007

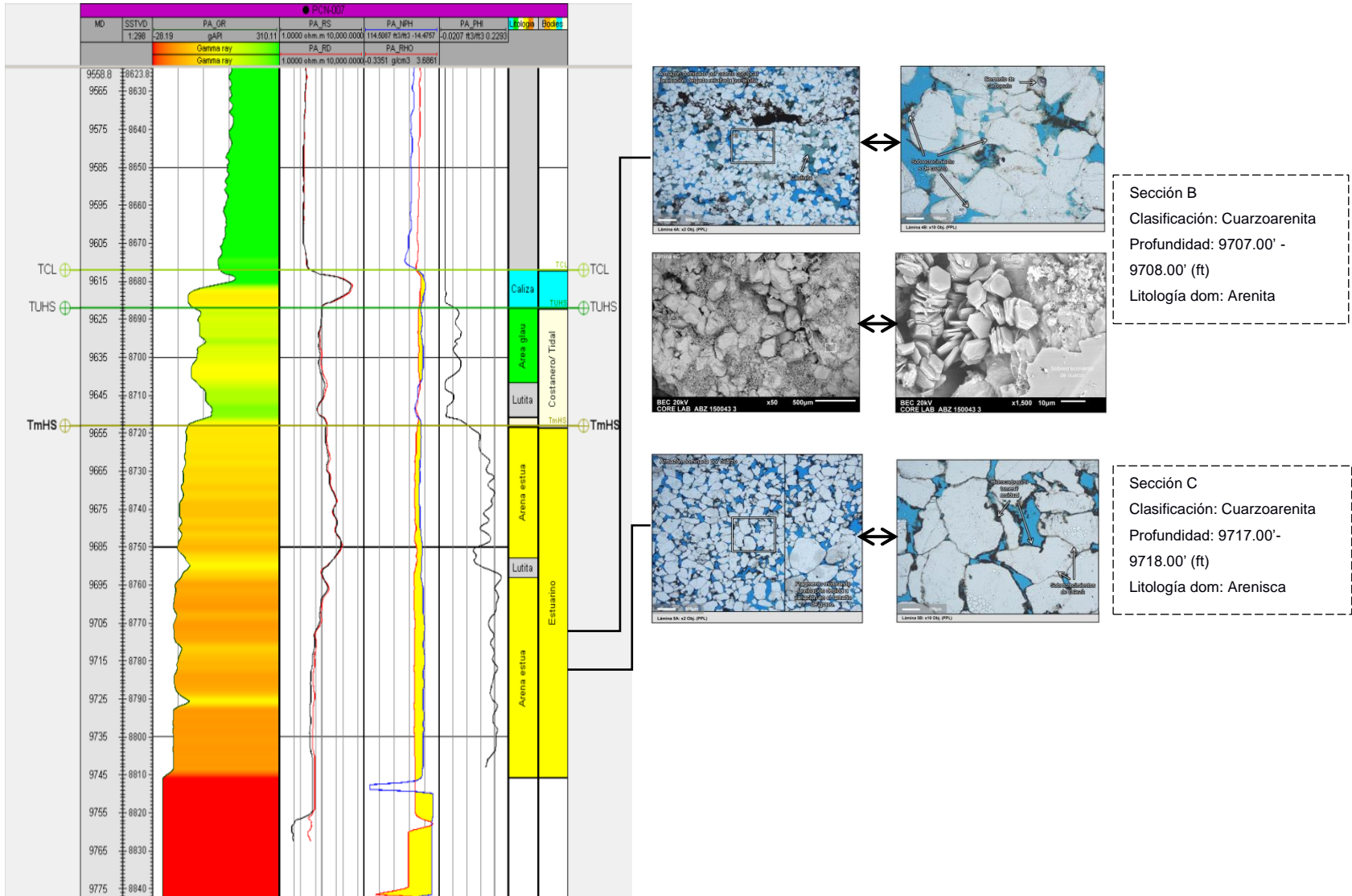


Figura 4. 4 Análisis petrográfico- mineralógico de las Areniscas Reservorio del Pozo PCN-002 de la sección B y sección C con litología dominante “Arenisca”

4.3.2 Pozo PCN-09

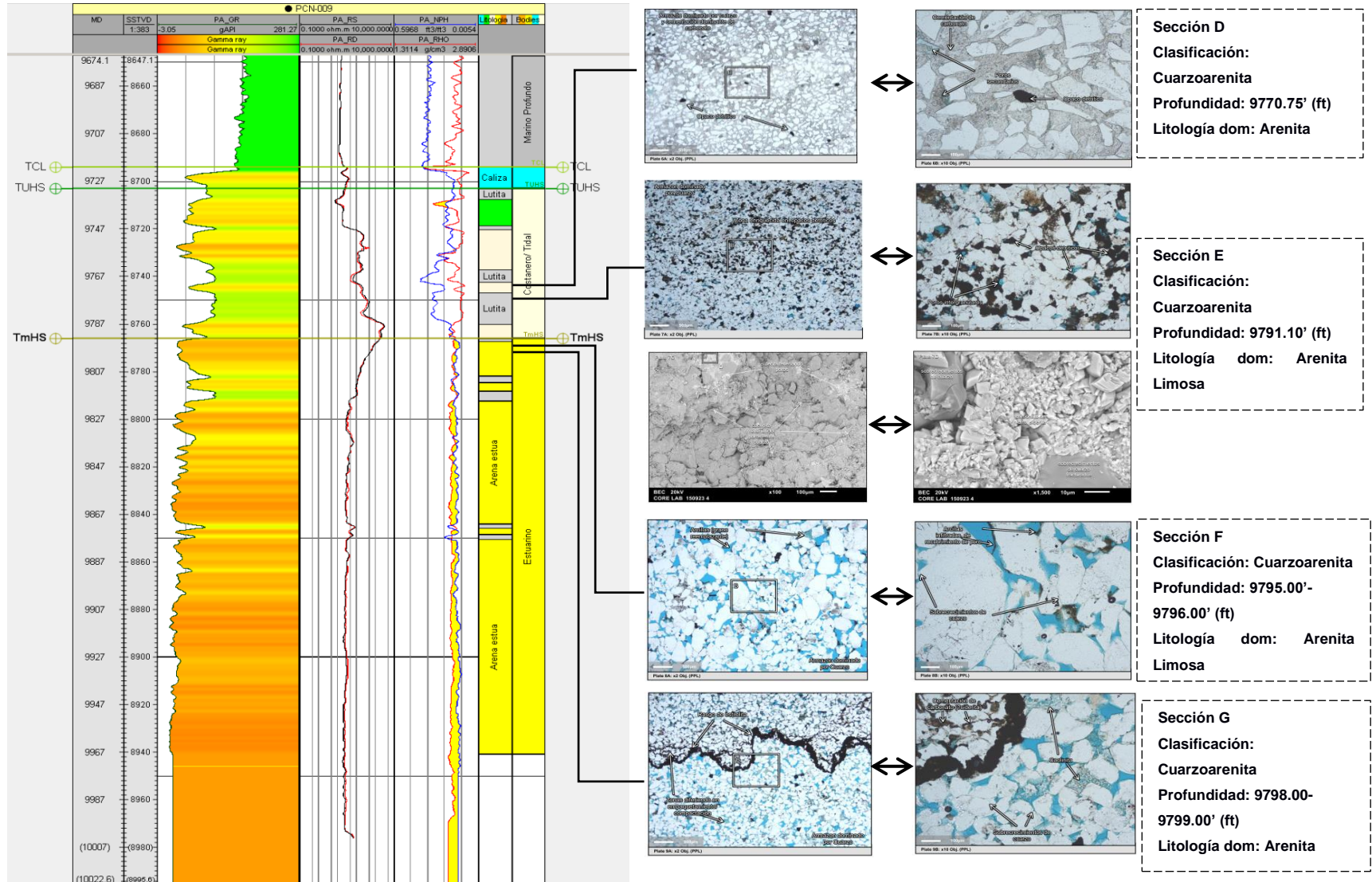


Figura 4. 5 Identificación Petrográfica de las Arenas del Reservorio del Pozo PCN-009 de la sección D y sección E con litología dominante "Arenita"

4.3.3 Pozo PCN-014

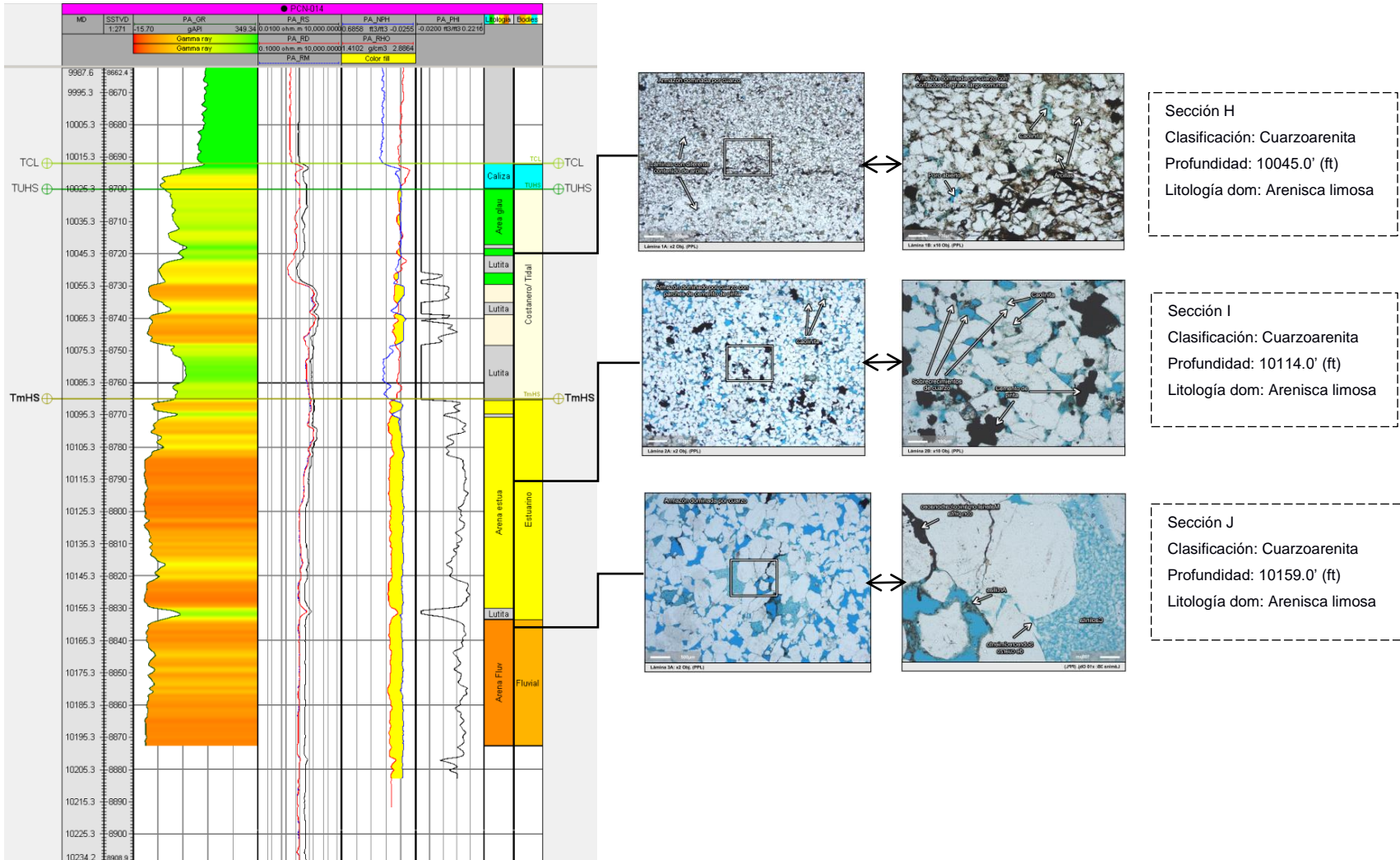


Figura 4. 6 identificación de las Arenas del Reservorio del Pozo PCN-014 de la sección H, I y J con litología dominante “Arenisca limosa”.

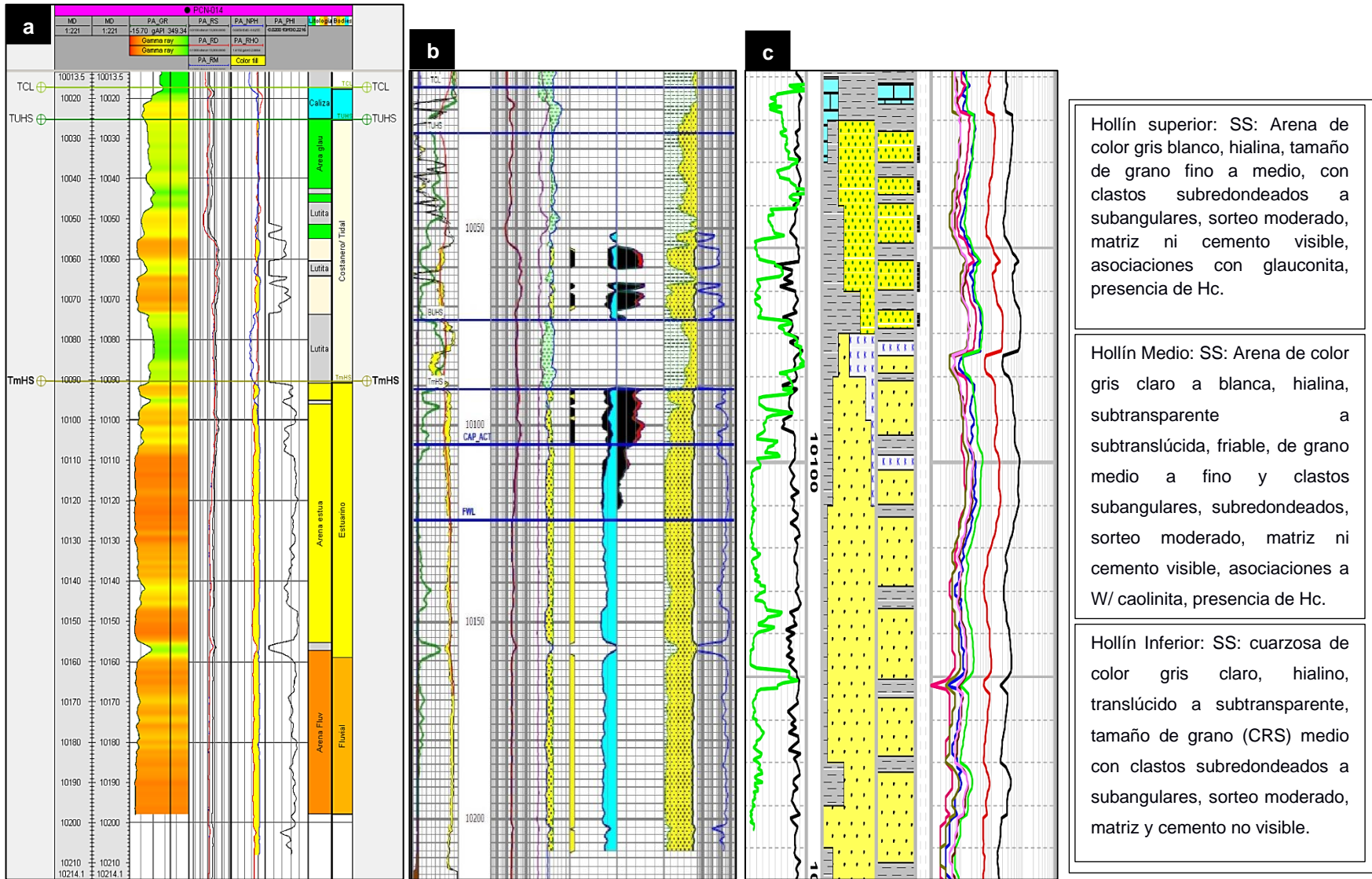
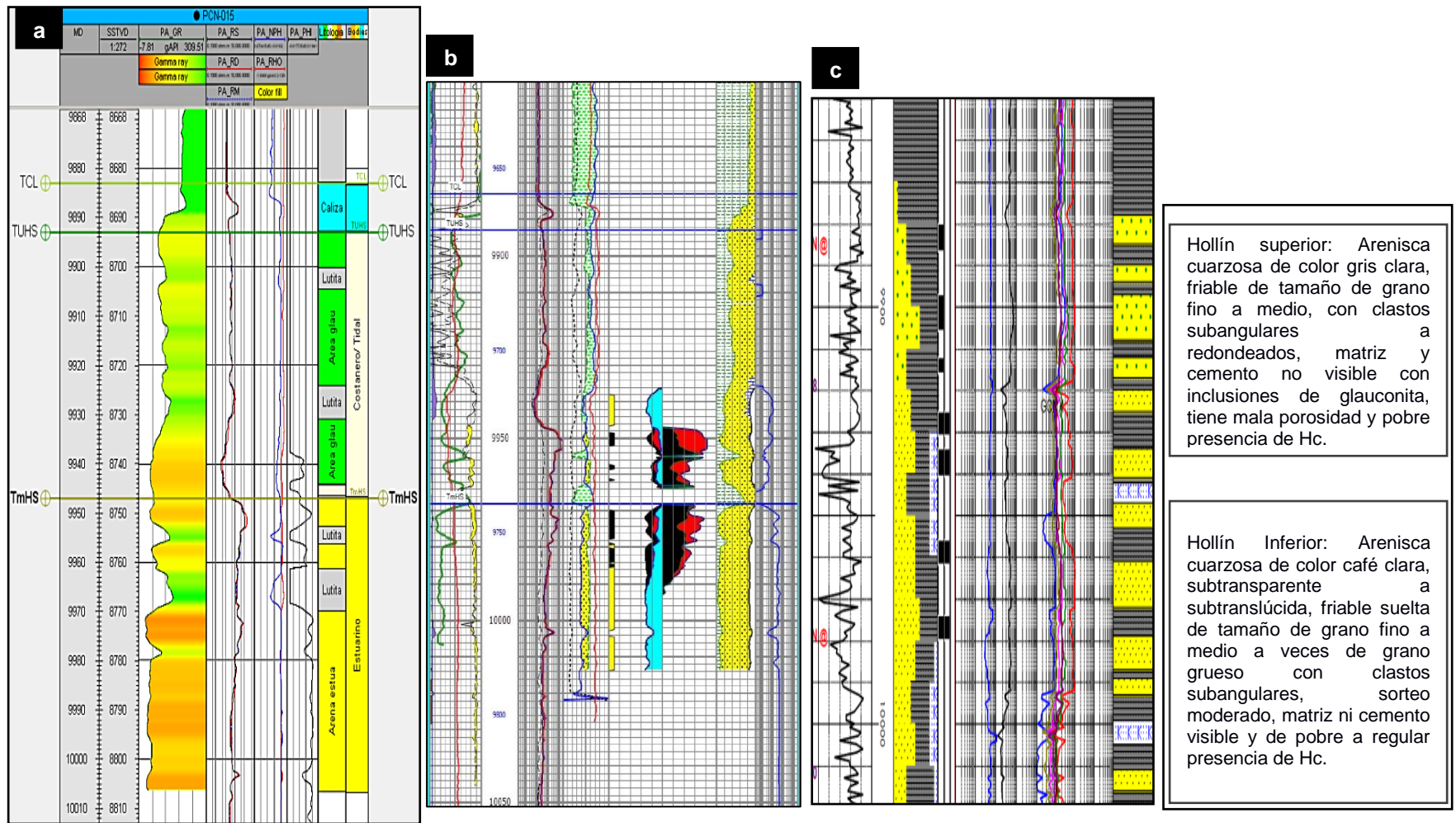


Figura 4. 7 Descripción litológica de la Fm. Hollín del Campo Pucuna PCN-014 a) Registro Eléctrico b) Registro Petrofísico y c) Master Log (Sadlok Grzegorz, 2016; PETROAMAZONAS, 2013).



Hollín superior: Arenisca cuarzosa de color gris clara, friable de tamaño de grano fino a medio, con clastos subangulares redondeados, matriz y cemento no visible con inclusiones de glauconita, tiene mala porosidad y pobre presencia de Hc.

Hollín Inferior: Arenisca cuarzosa de color café clara, subtransparente a subtranslúcida, friable suelta de tamaño de grano fino a medio a veces de grano grueso con clastos subangulares, sorteo moderado, matriz ni cemento visible y de pobre a regular presencia de Hc.

Figura 4. 8 Descripción litológica de la Fm. Hollín del Campo Pucuna PCN-015, a) Registro Eléctrico b) Registro Petrofísico y c) Master Log (Sadlok Grzegorz, 2016; PETROAMAZONAS, 2013).

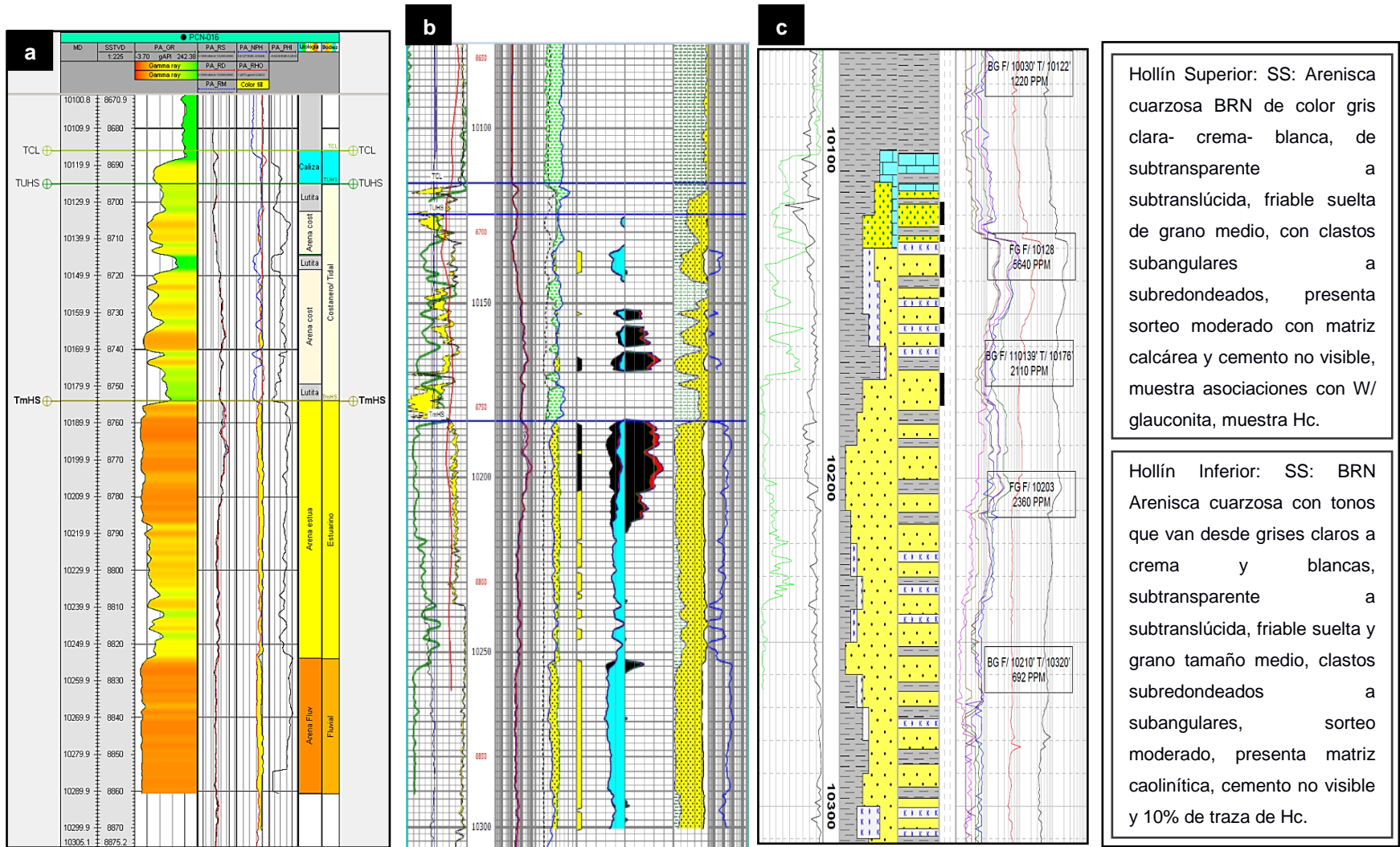


Figura 4. 9 Descripción litológica de la Fm. Hollín del Campo Pucuna PCN-016 a) Registro Eléctrico b) Registro Petrofísico y c) Master Log (Sadlok Grzegorz, 2016; PETROAMAZONAS, 2013).

4.4 Análisis Estratigráfico y Estructural de la Formación Hollín

La correlación significa relación recíproca entre dos o más cosas, se emplea para determinar unidades estratigráficas o estructurales equivalentes al tiempo, alguna propiedad específica (edad) o respecto a su posición estratigráfica relativa.

I. Correlación Estructural

Analiza la posición y ubicación estructural de cada uno de los registros de pozos correlacionados.

II. Correlación Estratigráfica

Es una técnica que compara dos o más secciones estratigráficas determinando equivalencia entre superficies o niveles de estratificación en un rango de tiempo semejante, es decir consiste en el análisis del ciclo geológico de las rocas, la continuidad o discontinuidad lateral de las formaciones validando datos estratigráficos locales y luego inferir características estratigráficas más completas de una región mucho más amplia (Vera, 1994). Cuando la correlación estratigráfica recurre a criterios físicos y mineralógicos y mayor sea el número de variables conjugadas; mayor es la fuerza de la correlación, pero cuando son dependientes de sí mismas se establece una equivalencia de facies (Dunbar & Rodgers, 1958)

4.4.1 Metodología

Se realizaron dos correlaciones longitudinales y una correlación transversal a la dirección de depositación de la Formación Hollín:

- La correlación longitudinal ayuda a medir y observar la trayectoria del canal
- La correlación transversal permite identificar el centro del canal y los flancos de la cuenca.

4.4.1.1 Correlación Estratigráfica “A”

Representada por una correlación longitudinal al canal de la cuenca con dirección N-S, conformado por los pozos PCN-013, PCN-009, PCN-016, PCN-014, PCN-012, PCN-010, PCN-007, PCN-008 y con una longitud aproximada de 4906.91 m.

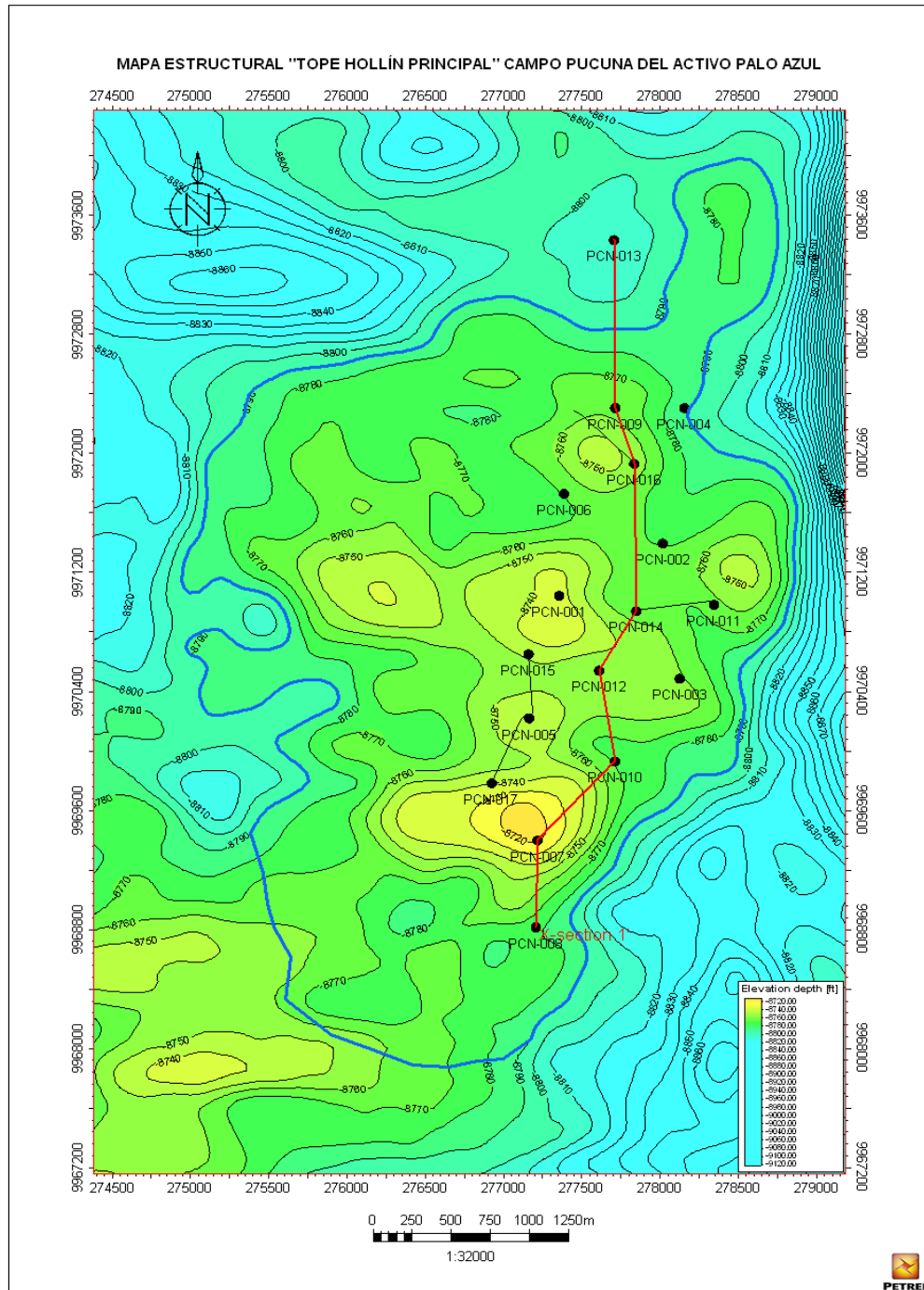


Figura 4. 10 Mapa Estructural “A” del Campo Pucuna con una correlación longitudinal e identificar la trayectoria del canal de la cuenca.

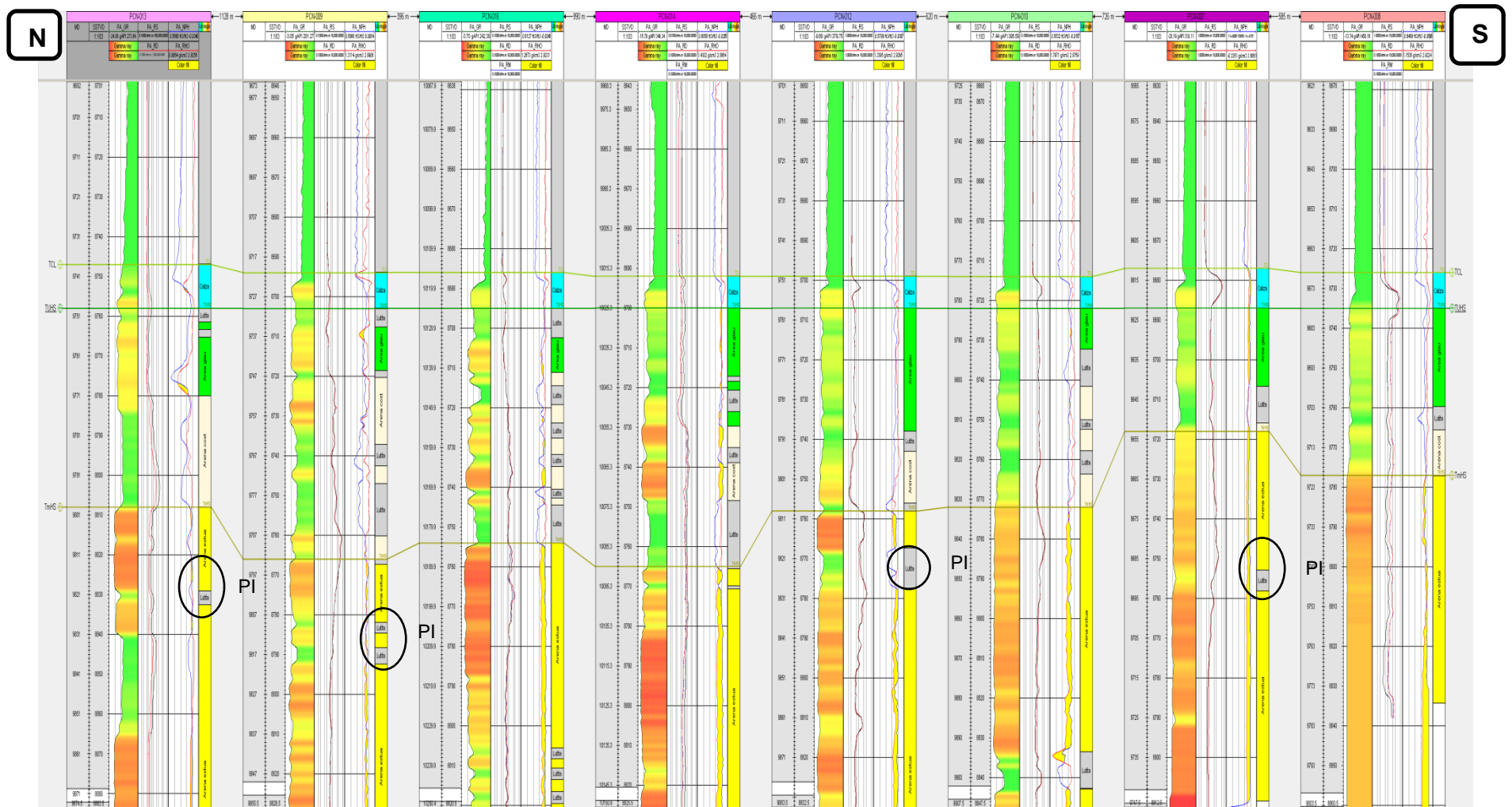


Figura 4. 11 Correlación Estratigráfica "A" a partir de los pozos PCN-013, PCN-009, PCN-016, PCN-014, PCN-012, PCN-010, PCN-007 y PCN-008 respectivamente.

Análisis:

La secuencia **Hollín Superior** se encuentra influenciada por depósitos tidales, por medio de la correlación transversal de los pozos se identifica que desde el Norte hasta el centro Sur nos encontramos en el centro del canal y a medida que avanzamos hacia el extremo Sur se ubica el flanco del mismo, como se puede observar en los pozos PCN-009, PCN-016, PCN-014, PCN-012, PCN-010 el espesor es mayor y se mantiene relativamente constante por lo que se puede decir que corresponde al centro del canal, mientras que en la zona Sur donde se ubican los pozos PCN-007 y PCN-008 el espesor se acuña representando una proximidad de flanco de canal.

Hollín Principal comprendido por un ambiente estuarino influenciado por mareas suprayaciendo a un ambiente fluvial. Se puede observar algunas planicies de inundación (SI) debido a la presencia de material arcilloso y una buena continuidad parcial de arena.

4.4.1.2 Correlación Estratigráfica "B"

Corresponde a una correlación longitudinal a lo largo del canal que comprende los pozos PCN-006, PCN-016 y PCN-002 en dirección NW- SE con longitud aproximada de 1058.36 m.

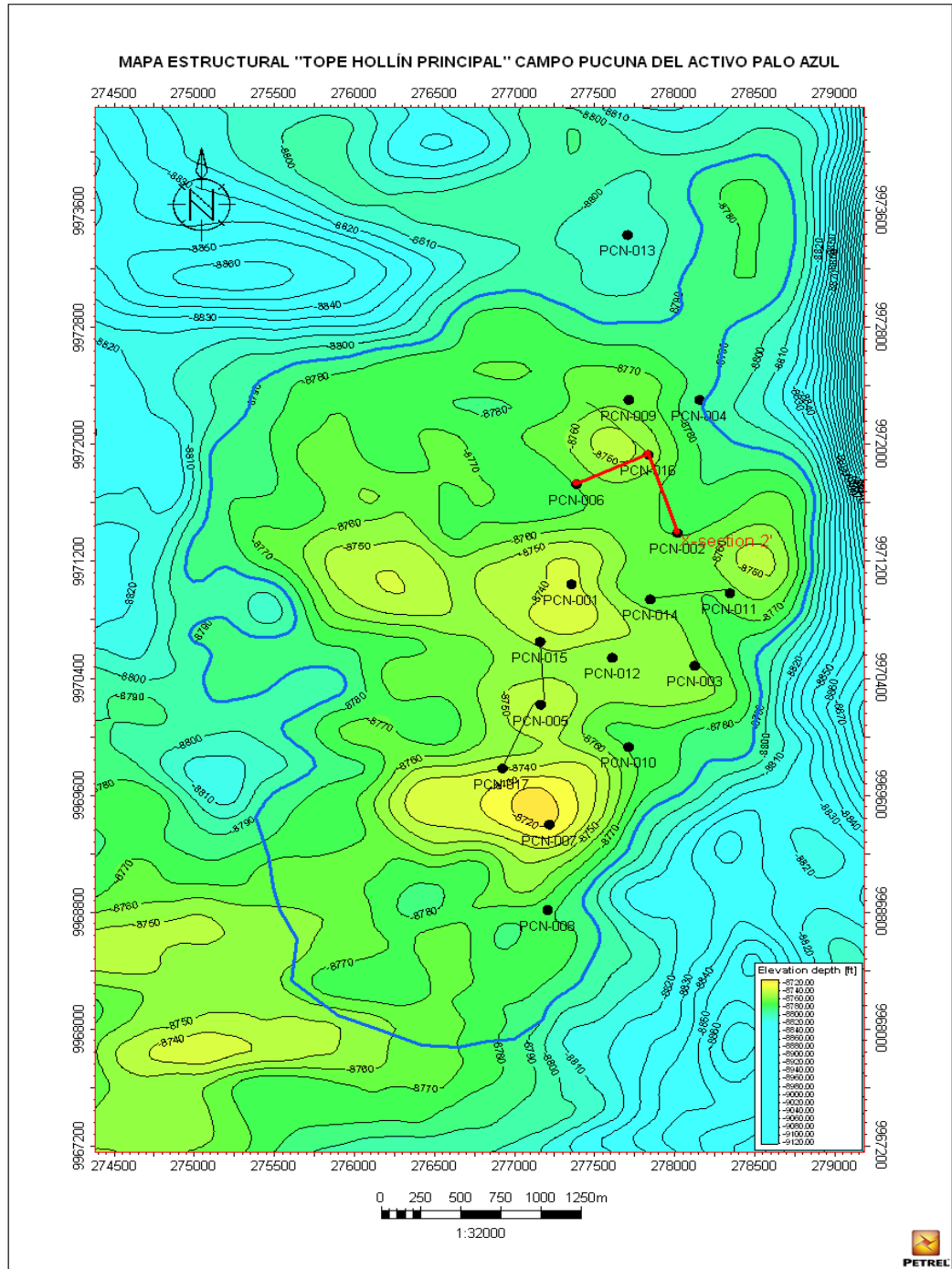


Figura 4. 12 Mapa Estructural "B" del Campo Pucuna con una correlación transversal e identificar el centro y proximidad del flanco de canal de la cuenca.

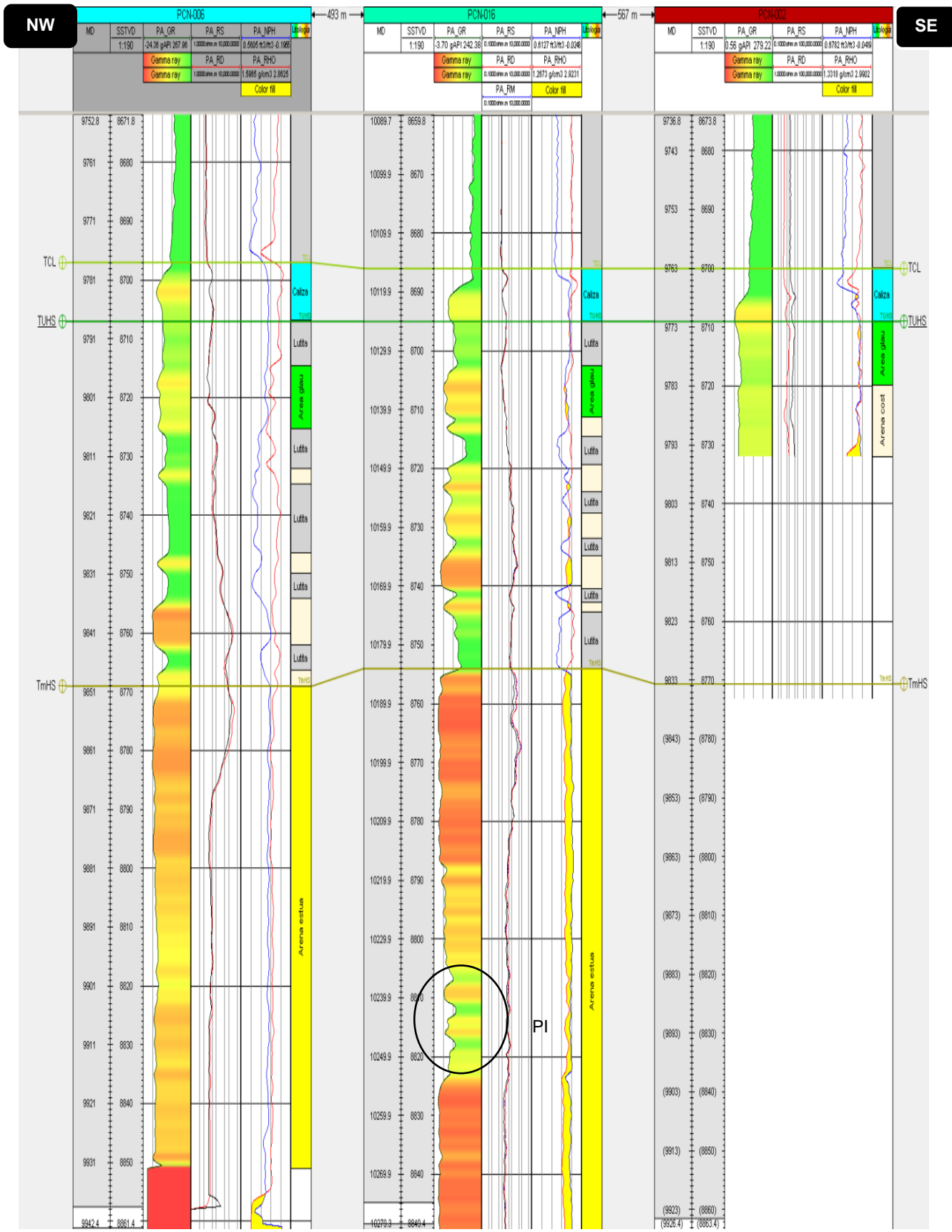


Figura 4. 13 Correlación Estratigráfica "B" a partir de los pozos PCN-006, PCN-016 y PCN-002 respectivamente.

Análisis:

La unidad **Hollín Superior** se encuentra influenciada por depósitos tidales y a través de la correlación estratigráfica "B" se observa que los pozos PCN-006, PCN-016 y PCN-002 el espesor de las arenas se mantiene constante en sentido SE-NW por lo que posiblemente pertenezca al centro del canal (Figura 4.23). Litológicamente comprende arenas costaneras, lutitas y asociaciones con glauconita que forman parte de un ambiente costero o tidal.

La secuencia **Hollín Principal** comprende un ambiente estuarino influenciado por mareas asociado a arenas estuarinas suprayaciendo a un depósito fluvial con continuidad lateral representado por paquetes de arena con espesores constantes. Los materiales arcillosos se pueden interpretar como posibles planicies de inundación (figura 4.23).

4.4.1.3 Correlación Estratigráfica “C”

Representado por una correlación longitudinal a lo largo del canal que comprende los pozos PCN-005, PCN-010 en dirección NW-SE con longitud aproximada de 620.75 m.

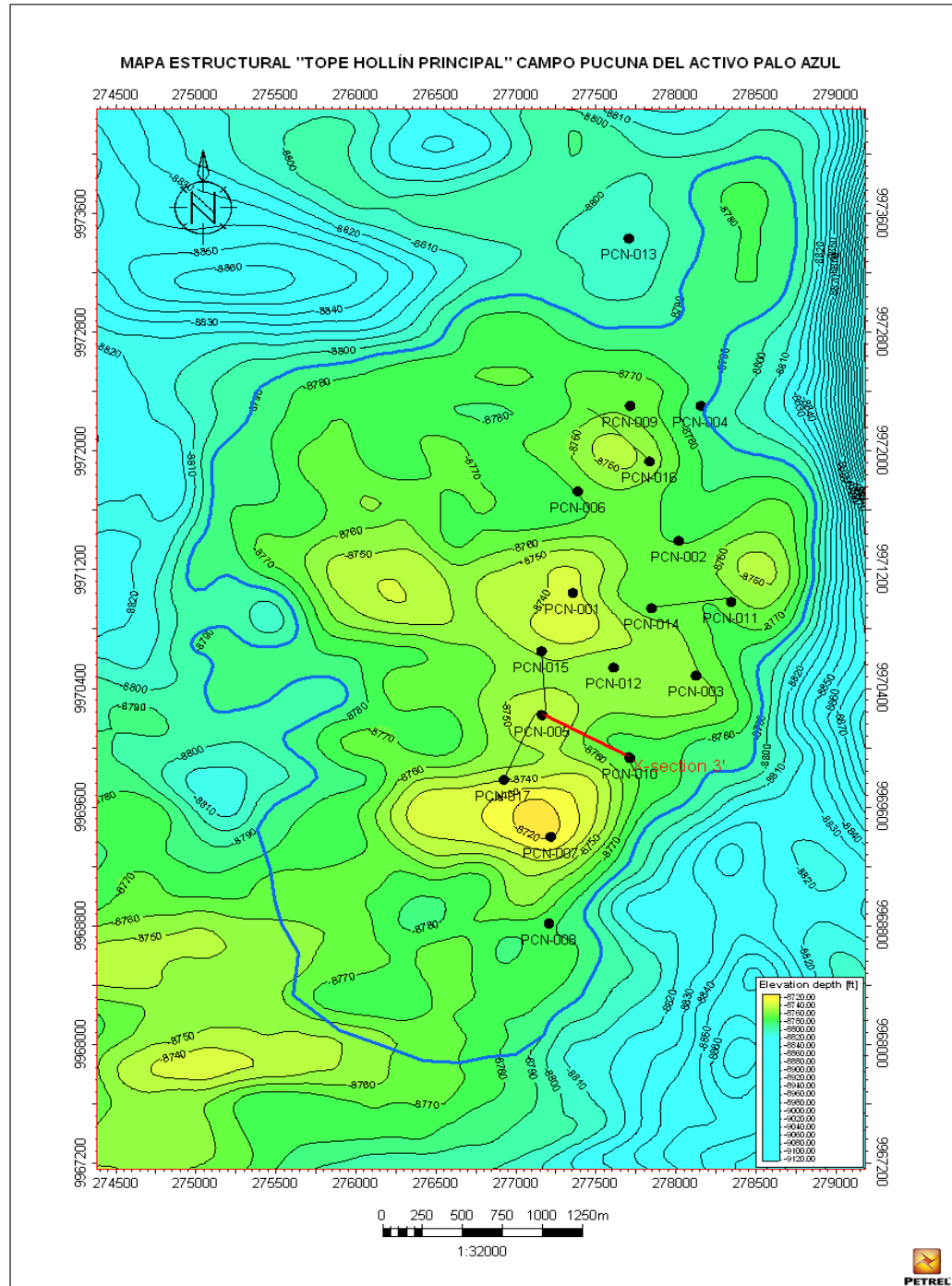


Figura 4. 14 Mapa Estructural “C” del Campo Pucuna con una correlación transversal para identificar el centro y proximidad del flanco de canal de la cuenca.

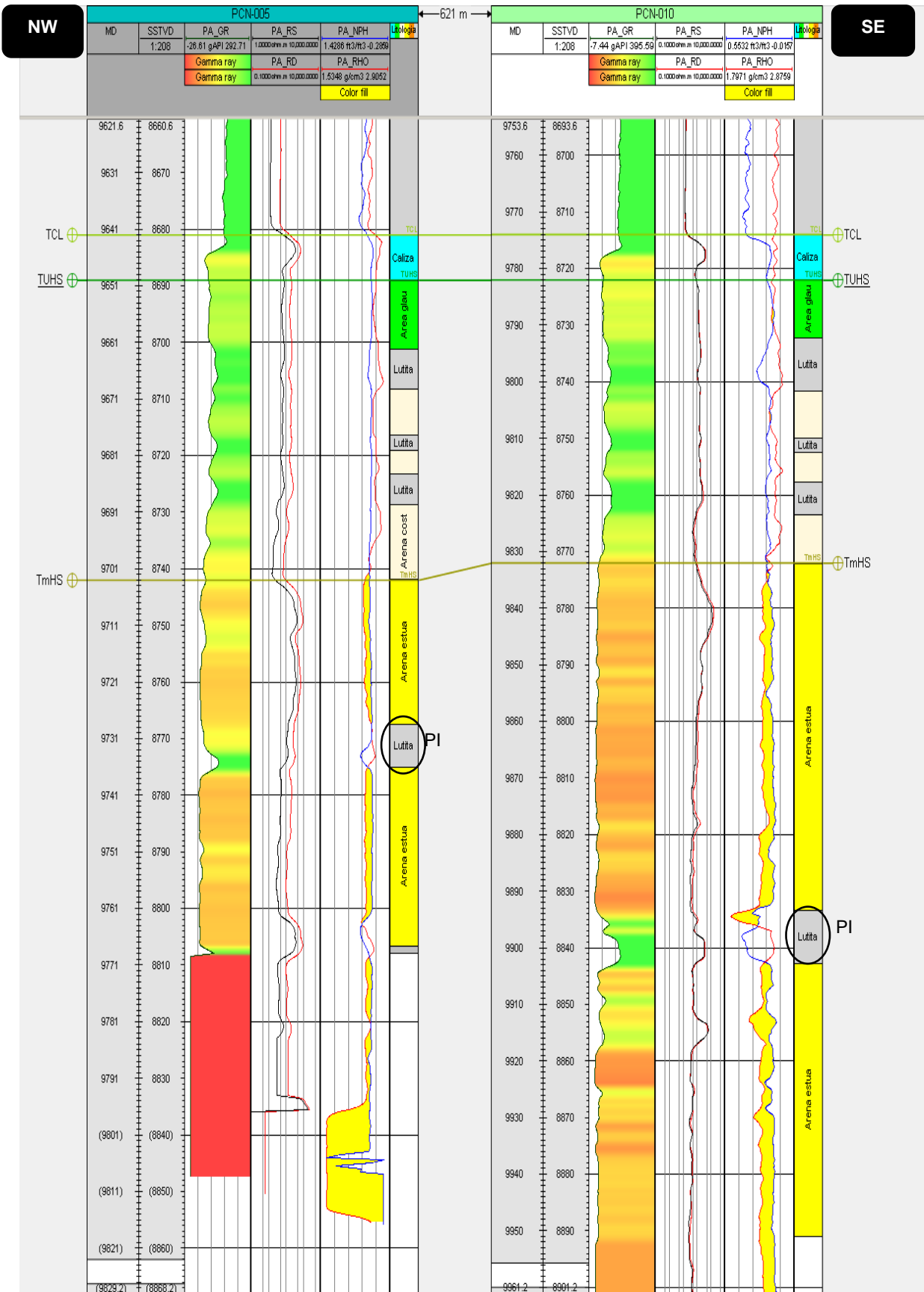


Figura 4. 15 Correlación Estratigráfica "C" a partir de los pozos PCN-005, PCN-010 respectivamente.

Análisis:

La secuencia **Hollín Superior** limitado por un horizonte marcador denominado "TCL" y conformada por depósitos tidales. Mediante la correlación estratigráfica "C", en la zona centro sur se observa que los pozos PCN-005 y PCN-010 muestran buena continuidad lateral posiblemente a lo largo del centro de canal con un espesor de arenas constante en sentido NW-SE (Ver figura 4.25) Litológicamente presentan lutitas, arenas costaneras y asociaciones de glauconita dentro de un ambiente tidal.

La secuencia **Hollín Principal** corresponde a un ambiente estuarino influenciado por mareas suprayaciendo a un depósito fluvial con posibles planicies de inundación (PI) por la presencia de material arcilloso, adicional exhibe continuidad lateral en sus paquetes de espesores de arenas.

4.4.1.4 Correlación Estructural “A”

Consiste en una correlación transversal aplicada al Campo Pucuna del Activo Palo Azul conformado por los pozos PCN-013, PCN-009, PCN-016, PCN-014, PCN-012, PCN-010, PCN-007, PCN-008 con dirección N-S (Ver figura 4.26).

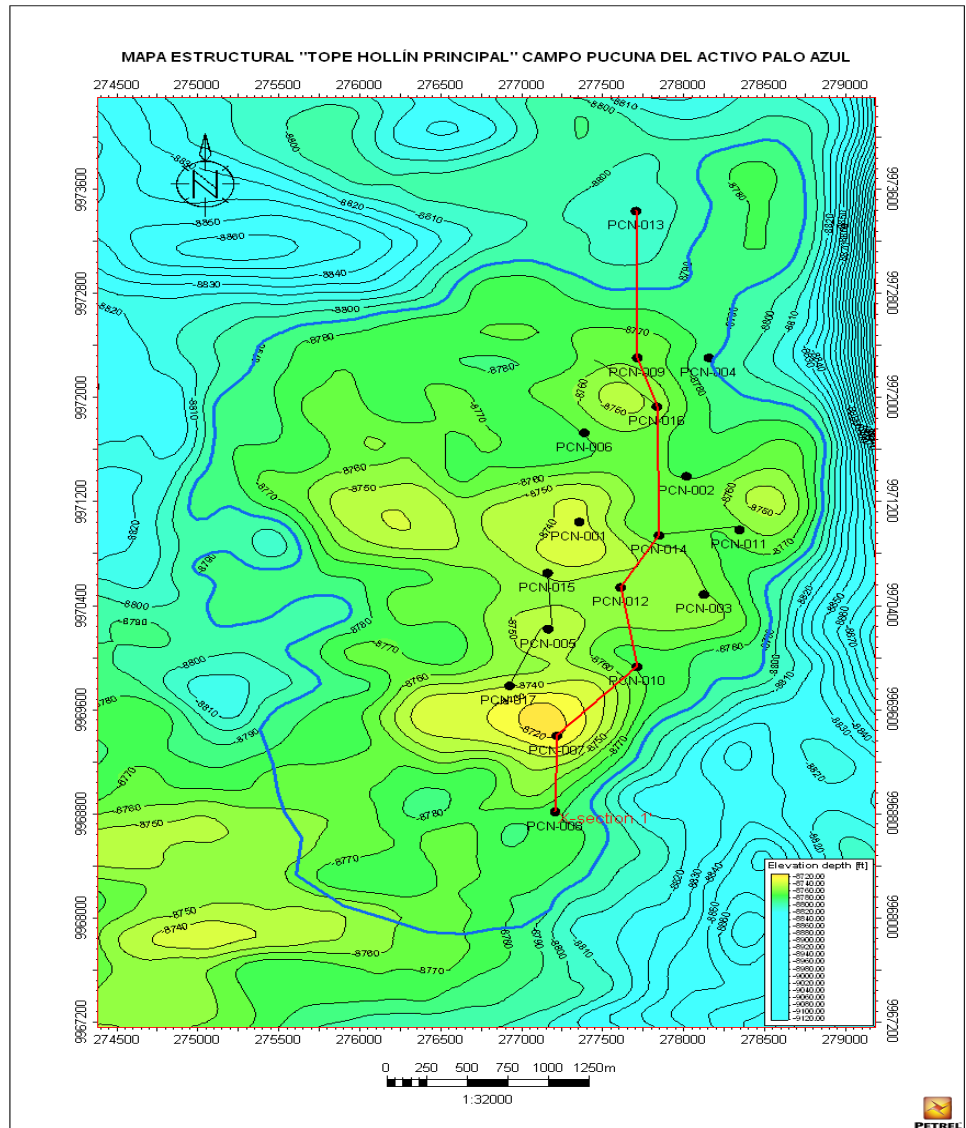


Figura 4. 16 Mapa estructural- correlación estructural “A” del Campo Pucuna de los 17 pozos.

Análisis:

La correlación estructural “A” en sentido N-S muestra un alto estructural en los pozos PCN-016 y PCN-007 en donde el tope de la arena Hollín principal presenta profundidades de 8694.86m y 8686.00m respectivamente y los pozos con posición estructural más bajos PCN-013, PCN-008 y PCN-010 (figura 4.27).

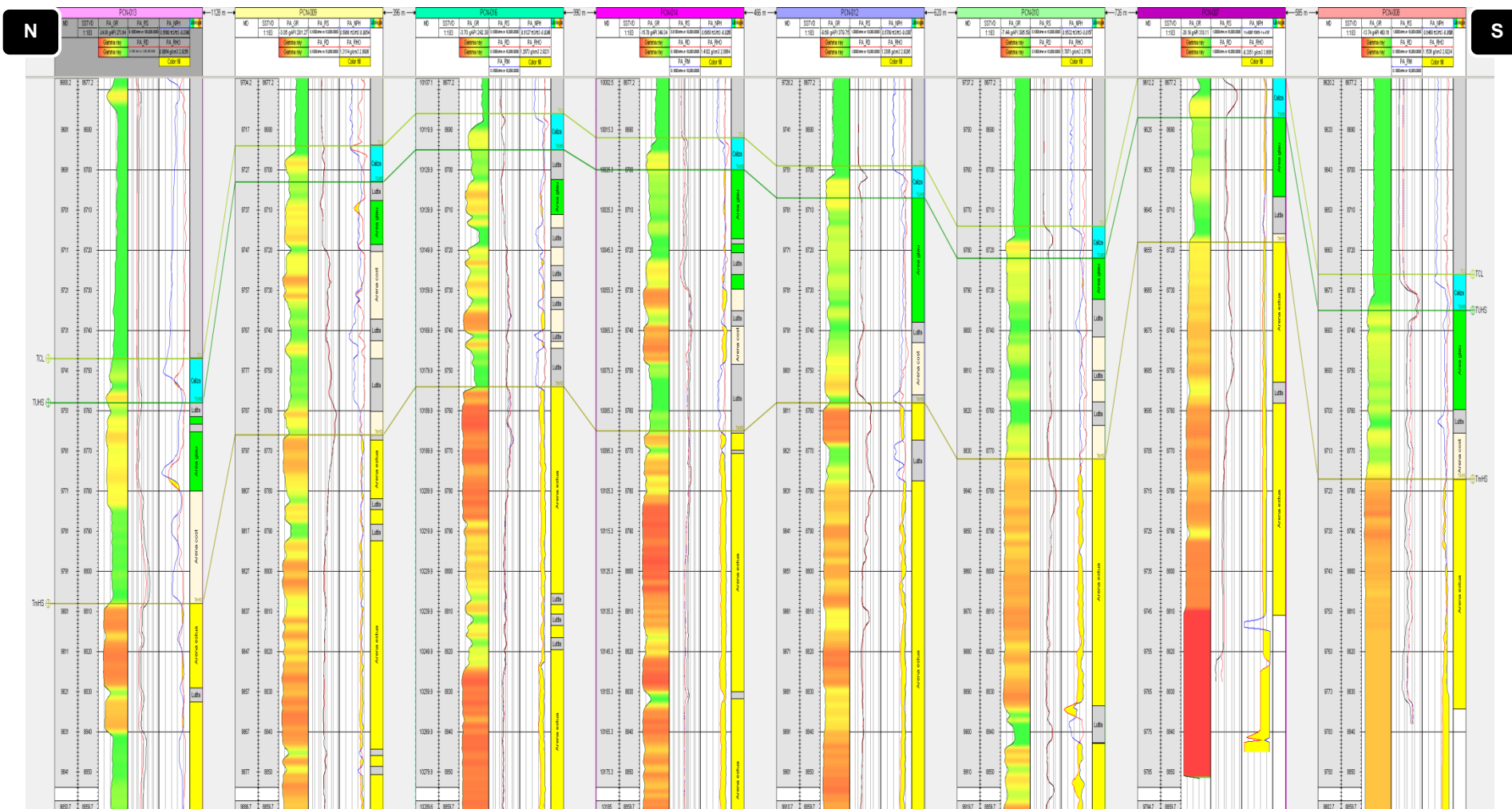


Figura 4. 17 Correlación Estructural "A" a partir de los pozos PCN-013, PCN-009, PCN-016, PCN-014, PCN-012, PCN-010, PCN-007 y PCN-008 respectivamente,

4.4.1.5 Correlación Estructural "B"

Consiste en una correlación longitudinal aplicada al Campo Pucuna del Activo Palo Azul en sentido NW- SE que comprende los pozos PCN-006, PCN-016 y PCN-002 (Ver figura 4.18).

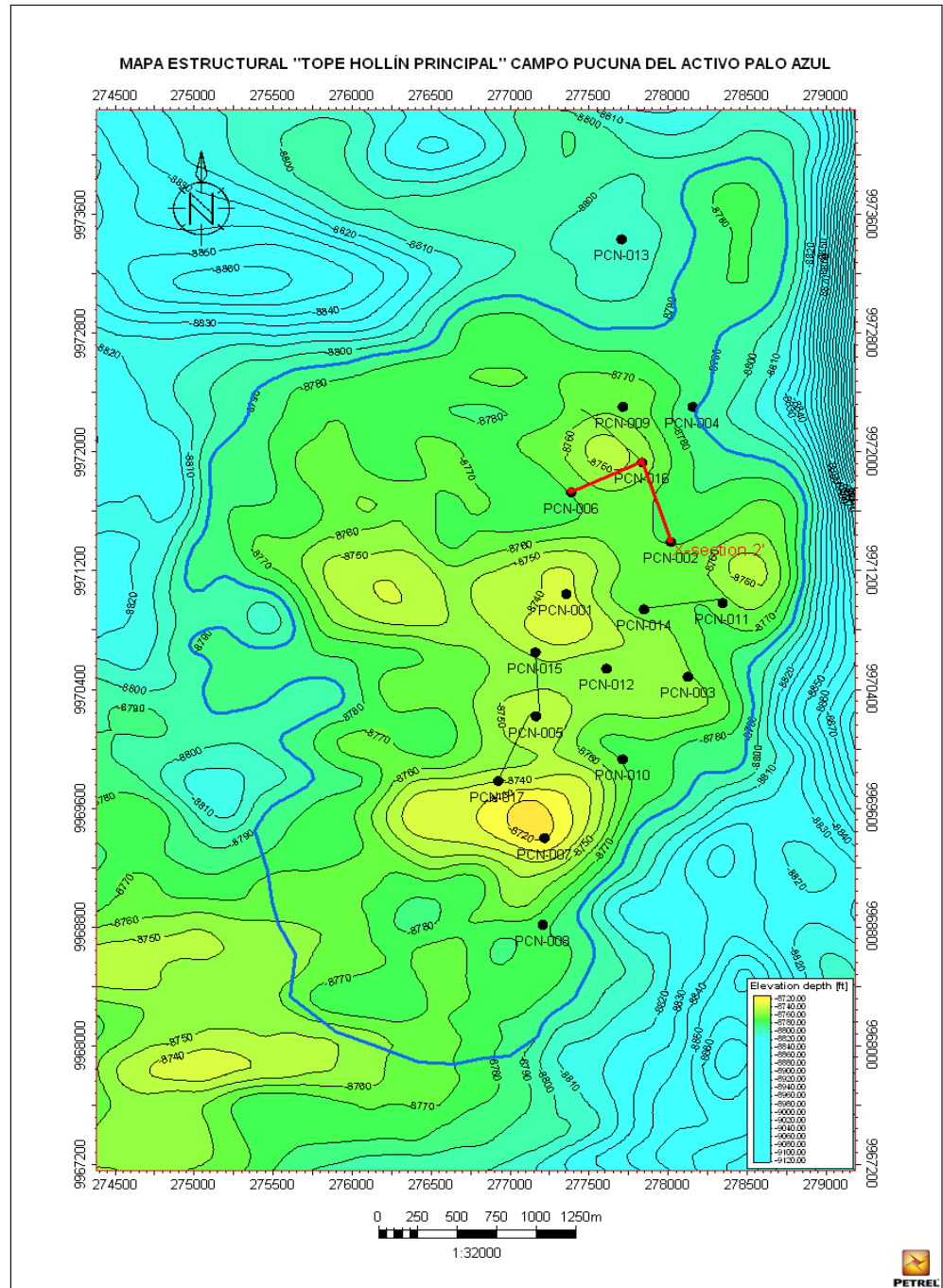


Figura 4. 18 Mapa estructural- correlación estructural "B" del Campo Pucuna que muestra la posición estructural de los 17 pozos.

Análisis:

La correlación estructural de los tres pozos en sentido SE-SW muestra que los pozos PCN-006 y PCN-002 se ubican en puntos más bajos en comparación con el pozo PCN-016 que encuentra estructuralmente más alto, pero todos mantienen relativos paquetes de espesores de arenas constante con profundidades de 8787.02 m, 8695.02 y 8789.06m respectivamente.

4.4.1.1 Correlación Estructural “C”

Representa una correlación longitudinal aplicado al Campo Pucuna del Activo Palo Azul SE- NW que comprende los pozos PCN-005 y PCN-010 (Ver figura 4.20).

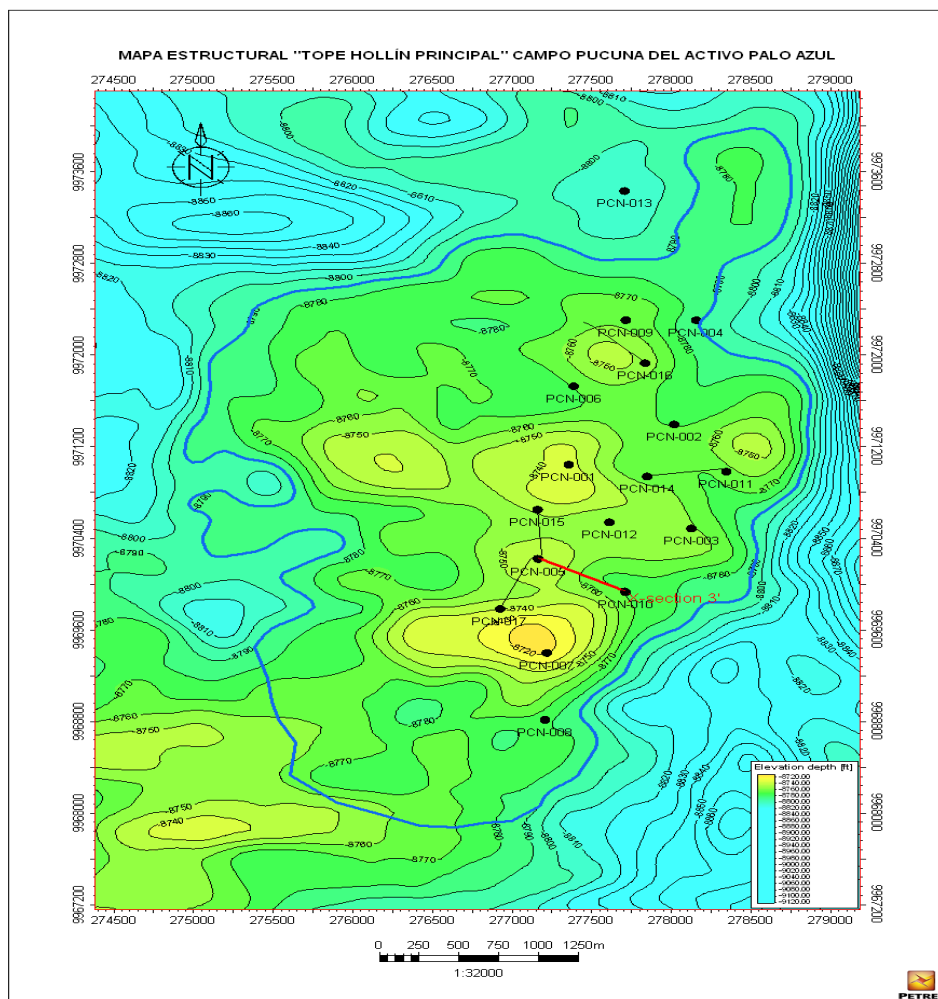


Figura 4. 20 Mapa estructural- correlación estructural “B” del Campo Pucuna que muestra la posición estructural de los 17 pozos.

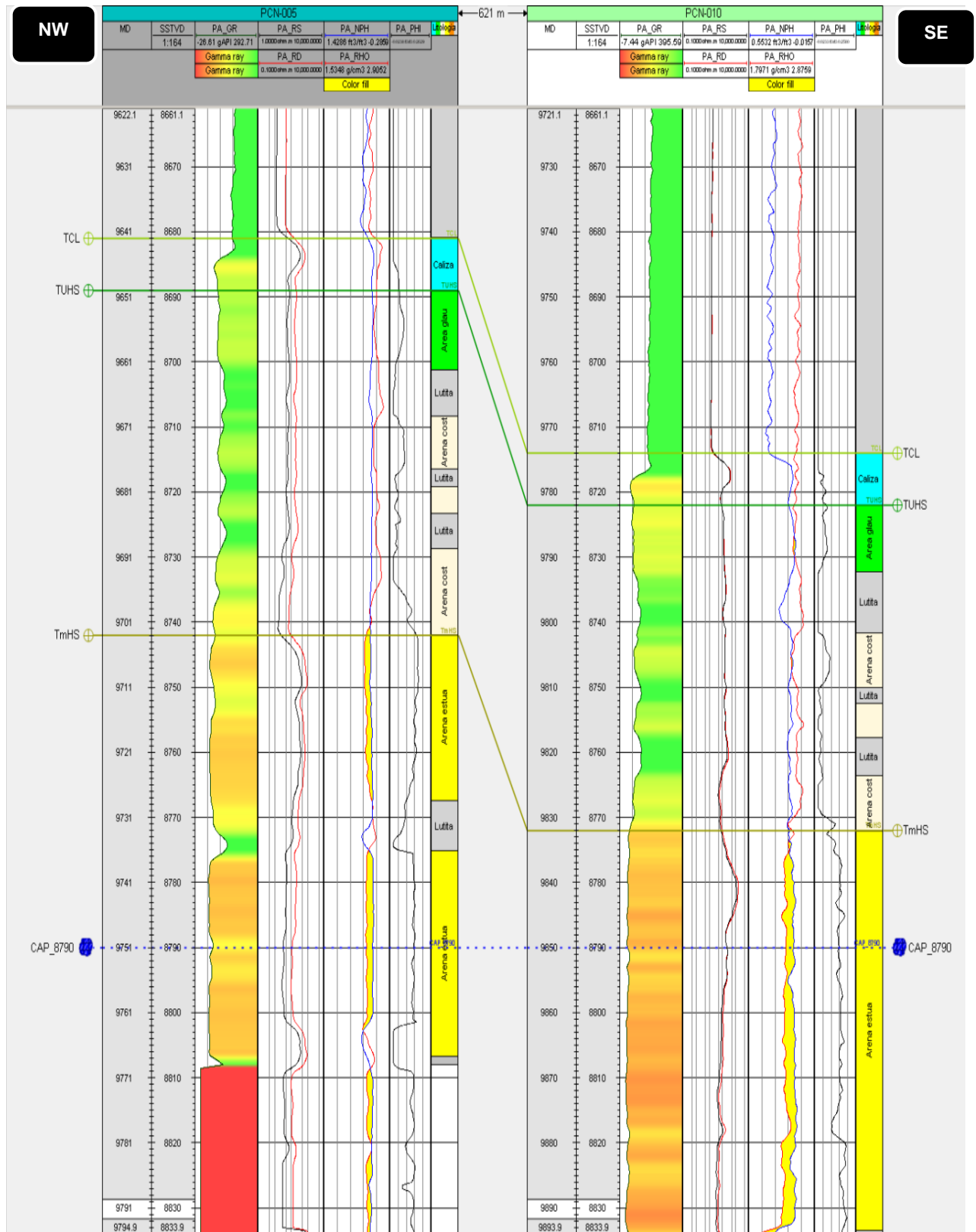


Figura 4. 21 Correlación Estructural "C" a partir de los pozos PCN-005 y PCN-010 respectivamente

Análisis:

Por medio del análisis estructural en sentido SE- NW se observa que el Pozo PCN-005 es un alto estructural que posiblemente pasa por el centro del canal con un espesor de 8.18 m y el Pozo PCN-010 se encuentra estructuralmente más bajo con profundidades de 8688.96 m y 8722.00 m respectivamente (figura 4.31).

CAPÍTULO 5

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE DATOS

5.2 Identificación del Sello Diagenético Caolinítico del Reservorio Hollín

En este capítulo se presentan los resultados del mapa de espesor de sello caolinítico de acuerdo al grado de mayor concentración de materiales arcillosos identificando los intervalos de profundidad en los 17 pozos analizados en base a criterios de porosidad, resistividad, permeabilidad, densidad, densidad neutrón y gamma ray como se detalla en el capítulo 3.

Tabla 5. 1 Espesor y ubicación de los 17 diferentes pozos del Campo Pucuna

Well	Intervalos (ft)		Espesor
	Tope(x)	Base(y)	
PCN-001	8733.38	8737.81	4.43
PCN-002	8760.23	8766.24	6.01
PCN-003	8735.19	8740.26	5.07
PCN-004	8782.30	8788.01	5.71
PCN-005	8723.00	8731.18	8.18
PCN-006	8762.17	8766.11	3.94
PCN-007	8706.74	8715.66	8.92
PCN-008	8759.65	8765.49	5.84
PCN-009	8746.86	8760.25	13.39
PCN-010	8757.80	8763.58	5.78
PCN-011	8743.96	8751.09	7.13
PCN-012	8737.95	8743.11	5.16
PCN-013	8783.38	8807.71	24.33
PCN-014	8749.02	8765.67	16.65
PCN-015	8724.13	8730.85	6.72
PCN-016	8749.07	8754.12	5.05
PCN-017	8729.74	8739.68	9.94

5.3 Mapa de Espesor del Sello Caolínico

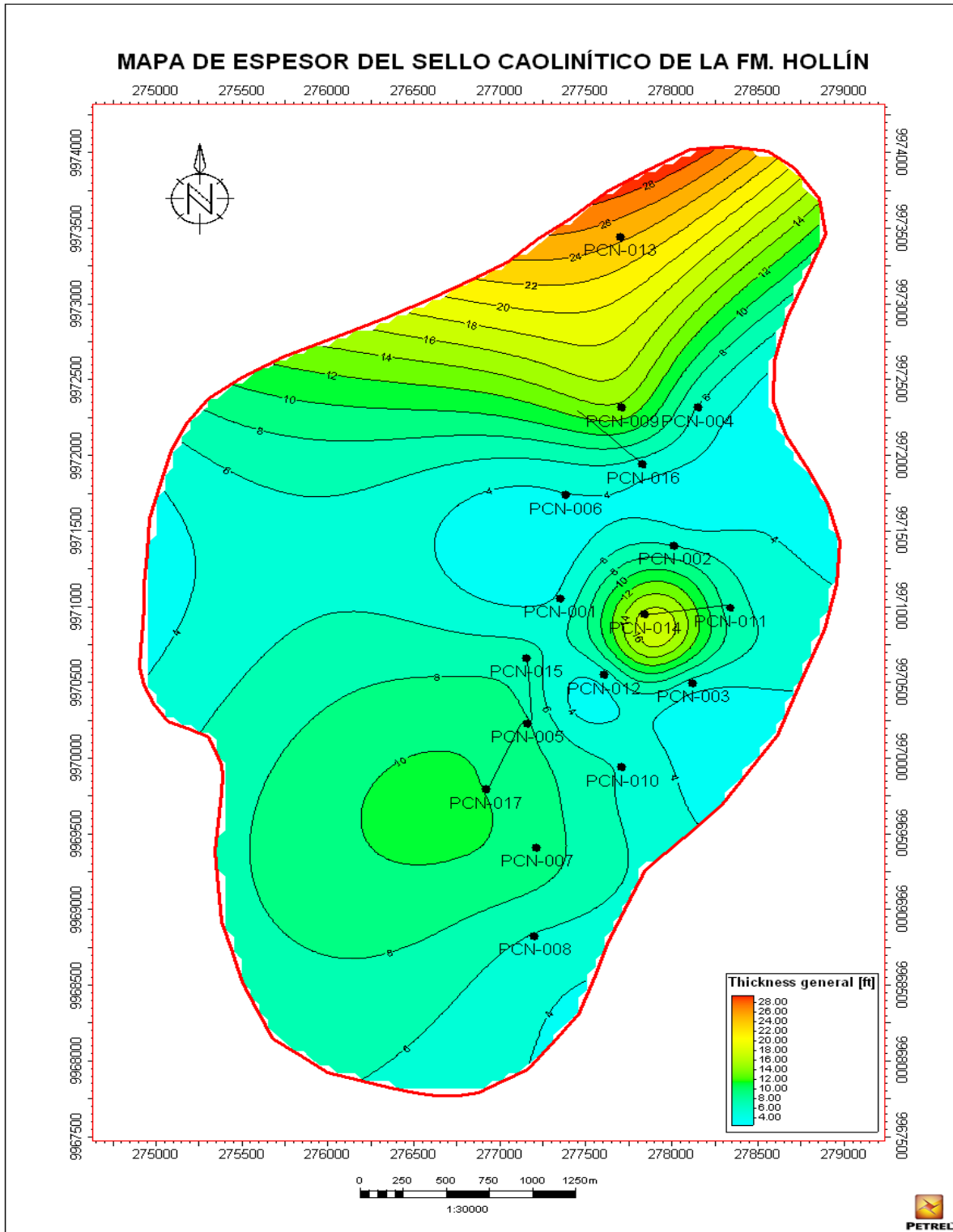


Figura 5. 1 Mapa de Espesor del Sello Caolínico del Campo Pucuna del Activo Palo Azul donde se muestra las mayores concentraciones de material caolínico.

Análisis:

En el mapa de espesores se muestra la interpolación de datos del espesor del sello caolinítico, en donde se observa una mayor concentración de caolinita en la zona Norte junto con los pozos PCN-013, PCN-009 y PCN-004, en zona centro Sur con los pozos PCN-002, PCN-014, PCN-011 y en la zona Sur con los pozos PCN-015, PCN-005, PCN-017, PCN-007. Los sectores donde hay menor concentración de material arcilloso son en los pozos PCN-006, PCN-016, PCN-006-001, PCN-003 y PCN-012.

En la sección centro norte y centro sur no existe presencia de materiales arcillosos debido a que no pudo haber existido algún tipo de alteración que afecte a la formación.

5.4 Análisis de Pozos donde no se realizan trabajos de optimización de producción

- I. Pozo PCN-001 reinyector “Disposal Water” encargado de evitar la filtración de agua.
- II. Pozo PCN-003 ya trabajado en TUHS en intervalos de: 9748'- 9758' y 9772'- 9776.
- III. El pozo PCN-004 reinyector “Disposal Water” con el objetivo de reducir la filtración de agua.
- IV. Pozo PCN-006 presenta el intervalo superior abierto (TUHS), el único intervalo no trabajado es a 9827'- 9830.92' ft de profundidad con porosidad >8%, RD >120 ohmm, pero en el mapa de espesores (Ver Figura 5.1) se observa entrada lateral de agua y un sello muy pequeño (no efectivo). 9797-9808-9816
- V. Pozo PCN-007 presenta arenas con resistividades entre 20-45 ohmm, porosidad <6%, estructuralmente alto, distante del CAP con un sello de 8.92 ft de espesor, no factible por presentar resistividades muy bajas.
- VI. Pozo PCN-009 actualmente abierto a 9737'.00 ft de profundidad produciendo 89 BPPD con 11% de SW y 3850 Psi de inyección de presión, muestra resistividades > 150 ohmm y un espesor de sello caolinítico de 13.39 ft.

- VII. Pozo PCN-011, distante del CAP influenciado por arenas glauconíticas con resistividades muy bajas entre 20-35 ohmm y un sello de 7.13 ft, pero la porosidad decae por debajo del 2% y densidades >2.5%. Los últimos trabajos realizados en el pozo en TmHS fue de 0 BPPD con 100% de SW, no se recomienda realizar trabajos.
- VIII. Pozo PCN-012 actualmente se encuentra produciendo de arena "T" con 385 BPPD y 3.16% SW, se trabajó por última vez en TmHS el 5 de junio de 1995 con 470 BPPD y 30% de SW. El pozo se ubica en un punto estructural alto distante al CAP, un sello de 5.16 ft, pero con resistividades muy bajas entre 20- 30 ohmm en la unidad TUHS. Es verdad que tiene arenas glauconíticas, pero a lo mucho subiría es al doble de las resistividades que presenta, además en el mapa de espesores se observa posible entrada lateral de agua.
- IX. Pozo PCN-013 ubicado por debajo del CAP, totalmente inundado con 100% de SW como se puede observar en el mapa de espesores (Figura 5.1)
- X. El pozo PCN-016 actualmente está produciendo con 0.2 SW y porosidad >7%, abierto a: 10152.00' -10160.00' ft de profundidad, se encuentra estructuralmente alto y distante del CAP con un sello caolinítico de 5.05 ft en intervalos de: 10144.40- 10149.7' ft.
- XI. PCN-017 se encuentra estructuralmente alto con un sello diagenético caolinítico de 9.94 ft, está conformado por arenas buenas con resistividades mayores a 120 ohmm influenciado por arenas glauconíticas con posible presencia de hidrocarburos en intervalos de 10040.65'- 10043.52' ft y 10046.57'-10051.86ft. A la profundidad de 10052.59'-10056.00' se tiene arenas con resistividad >130 ohmm y zona porosa. Actualmente se encuentra produciendo de la arena "UI" con 4.5% SW y 60 BPPD. Posteriormente cuando se acabe la producción de este campo se recomienda evaluar: Arena Hollín superior TUHS a intervalos de profundidades de 10040.65'- 10043.52' ft, 10046.57'-10051.86ft, Hollín inferior ya ha sido analizada pero no hay datos de seguimientos de pozos.

5.5 Análisis de Pozos prospectos para trabajos óptimos de upsizing, workover y perforación

Análisis del Pozo PCN-002

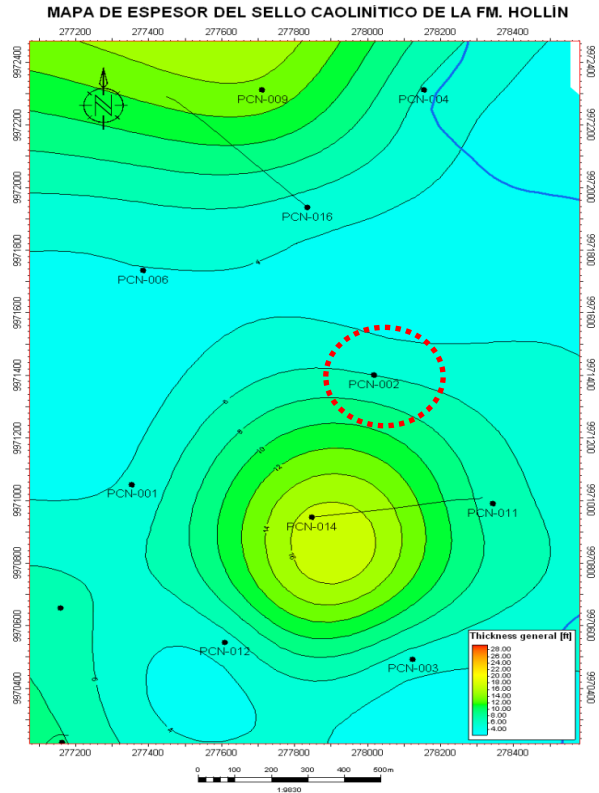
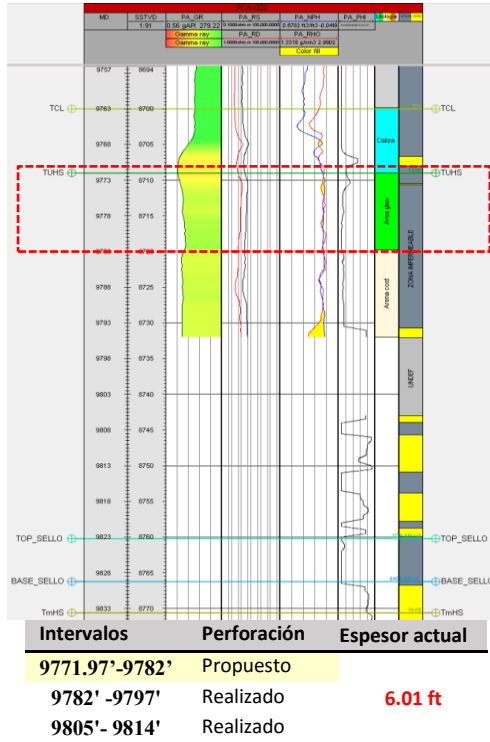


Tabla 5. 2 Seguimientos del Reservorio Hollín PCN-002 (PETROAMAZONAS EP.)

HISTORIAL DE COMPLETACIÓN Y REACONDICIONAMIENTO DEL RESERVORIO HOLLÍN- PCN-002

WELL	ARENA	DATE	BFPD	BPPD	BWPD	% BS&W	Injection Pressure. [psi]
Pucuna - 02	H	30-sep-2016	223	200	23	10.40	3850
Pucuna - 02	H	16-ene-2017	220	196	24	10.70	3850
Pucuna - 02	H	25-oct-2018	165	148	17	10.00	3900
Pucuna - 02	H	2-ene-2018	139	119	20	14.30	4000
Pucuna - 02	H	28-feb-2018	154	134	20	13.03	3950
Pucuna - 02	H	31-mar-2018	161	141	20	12.45	4000
Pucuna - 02	H	30-abr-2018	163	142	20	12.58	3850
Pucuna - 02	H	31-may-2018	175	133	42	23.85	3900
Pucuna - 02	H	26-jun-2018	177	161	17	9.44	3900
Pucuna - 02	H	17-jul-2018	166	150	17	9.99	3900
Pucuna - 02	H	6-ago-2018	166	150	17	10.02	3900
Pucuna - 02	H	20-sep-2018	165	148	17	10.06	3900
Pucuna - 02	H	8-oct-2018	165	148	17	10.06	3900
Pucuna - 02	H	30-oct-2018	165	148	17	10.06	3850
Pucuna - 02	H	2-nov-2018	165	148	17	10.02	3850
Pucuna - 02	H	7-nov-2018	165	149	17	10.01	3850

Análisis PCN-002:

- Cambio de geometría para mayor producción: El pozo PCN-002 se encuentra estructuralmente alto con un sello de 6.01 ft y al analizar el mapa de espesor del sello caolinítico se observa que el espesor de los pozos aledaños es constante y al aumentar la producción de PCN-002 no habría inconvenientes con el agua debido a ello se realiza cambio de geometría.

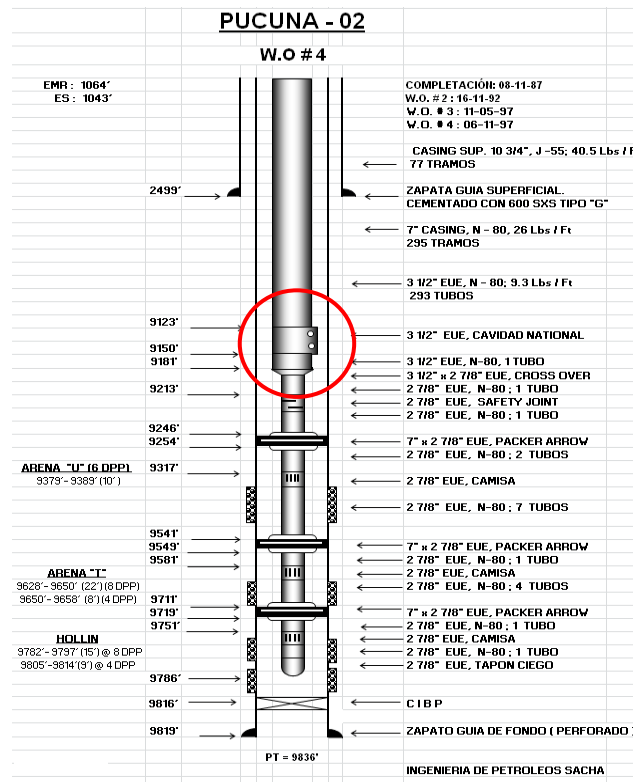


Figura 5. 2 Diagrama actual de intervalos de perforación PCN-010 (PETROAMAZONAS EP, 2016).

Nota: Rediseño de bomba Jet- Pistón que ya se encuentra instalada por otra nueva analizando las presiones del pozo y la cavitación.

Análisis del Pozo PCN-005

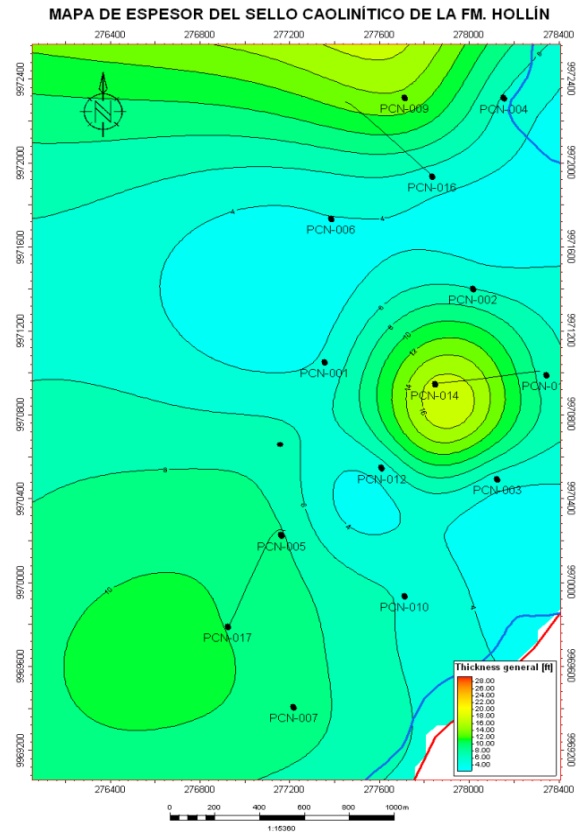
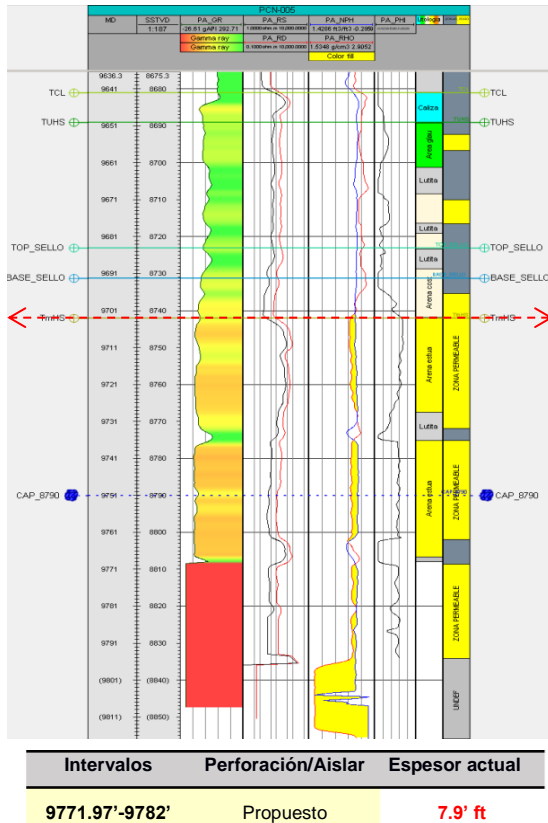


Tabla 5. 3 Seguimientos del Reservorio Hollín PCN-005 (PETROAMAZONAS EP.)

HISTORIAL DE COMPLETACIÓN Y REACONDICIONAMIENTO DEL RESERVORIO HOLLÍN- PCN-005								
WELL	ARENA	DATE	BFPD	BPPD	BWPD	% BS&W	Injection Pressure. [psi]	Perforación
Pucuna – 05	H	2-dic-2017	234	115	119	50.90	3900	
Pucuna – 05	H	1-ene-2018	992	95	897	90.40	3900	9703'-
Pucuna – 05	H	16-feb-2018	1041	77	964	92.58	3900	9711' ft
Pucuna – 05	H	12-mar-2018	1029	38	991	96.29	3900	
Pucuna – 05	H	25-abr-2018	1043	41	1001	96.03	3900	
Pucuna – 05	H	22-may-2018	1047	41	1005	96.04	3900	Espesor de sello caolinita
Pucuna – 05	H	29-jun-2018	1052	47	1005	95.55	3900	
Pucuna – 05	H	24-jul-2018	1071	47	1025	95.64	3900	
Pucuna – 05	H	11-ago-2018	1067	46	1021	95.65	3900	
Pucuna – 05	H	27-ago-2018	1036	67	969	93.52	3900.00	
Pucuna – 05	H	11-sep-2018	1046	66	980	93.65	3950.00	7.9' ft
Pucuna – 05	H	4-oct-2018	1046	67	980	93.64	3900.00	
Pucuna – 05	H	11-oct-2018	1054	67	987	93.69	3900.00	

Análisis PCN-005:

Pozo **PCN-005** estructuralmente alto con un buen sello 7.9ft, por encima del CAP, actualmente se encuentra produciendo Hollín con alta SW (93.69%) y 67 BPPD con 3900.00 Psi de inyección de presión. Se requiere:

- Aislar Hollín con CIB a profundidad de disparo: 9702.94'ft.
- Realizar fractura en TUHS para mejorar producción de fluido.

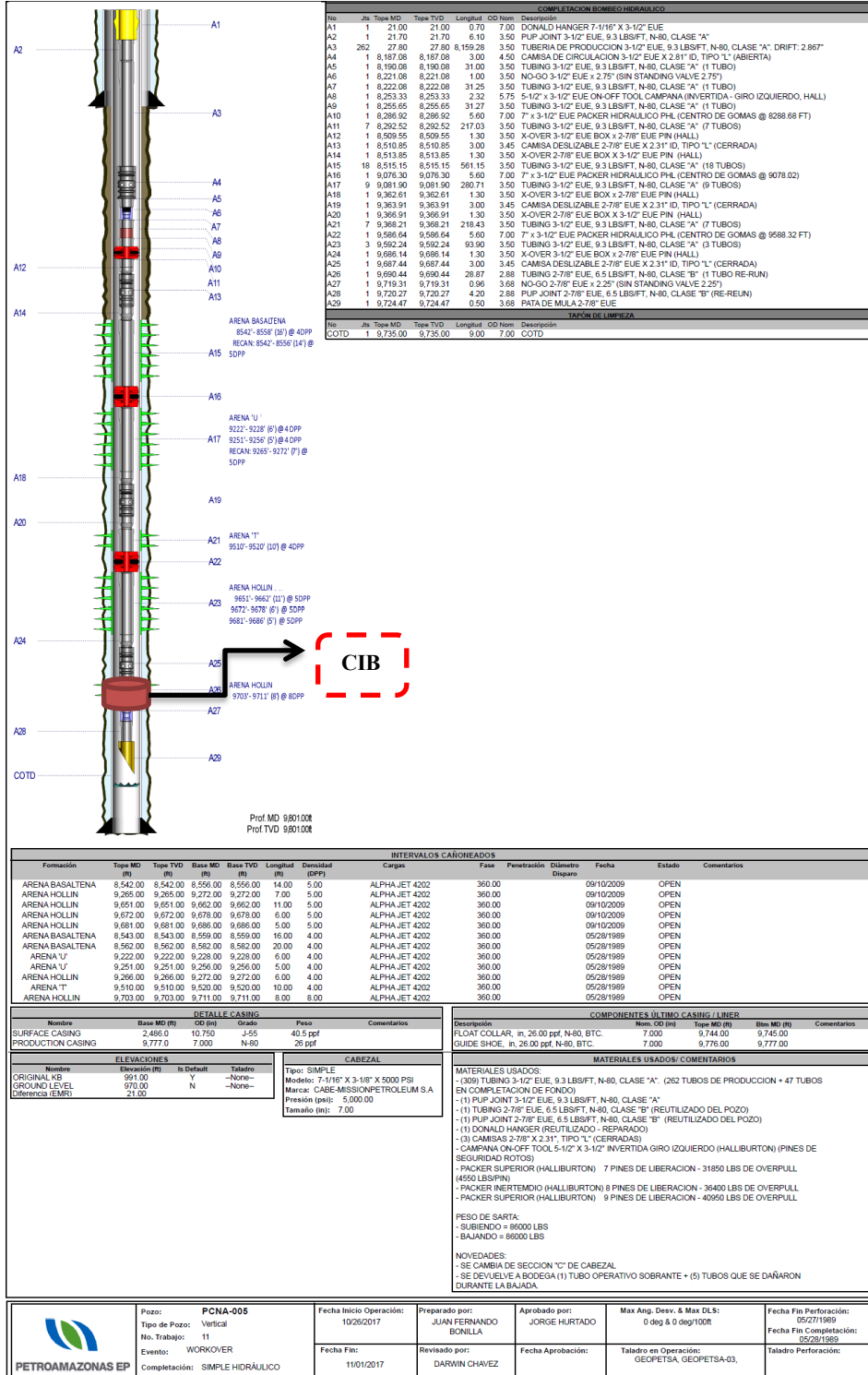


Figura 5. 3 Diagrama actual de intervalos de perforación PCN-005 (PETROAMAZONAS EP, 2016).

Análisis del Pozo PCN -008

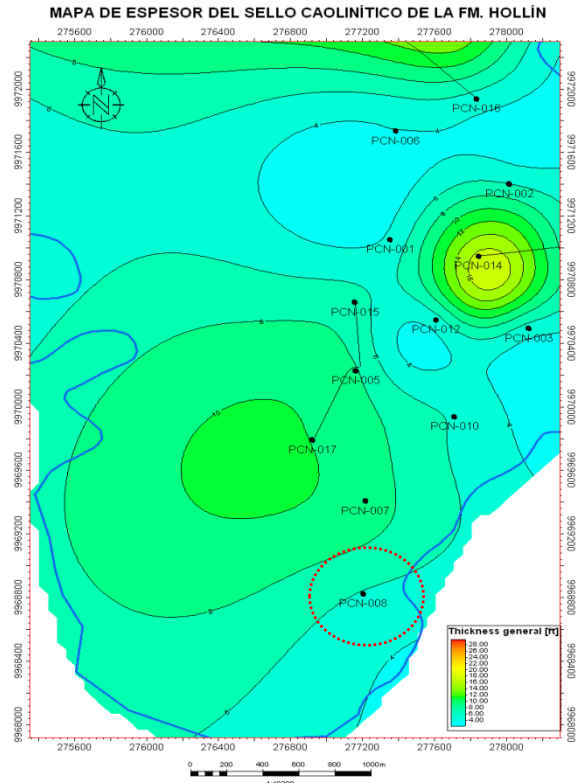
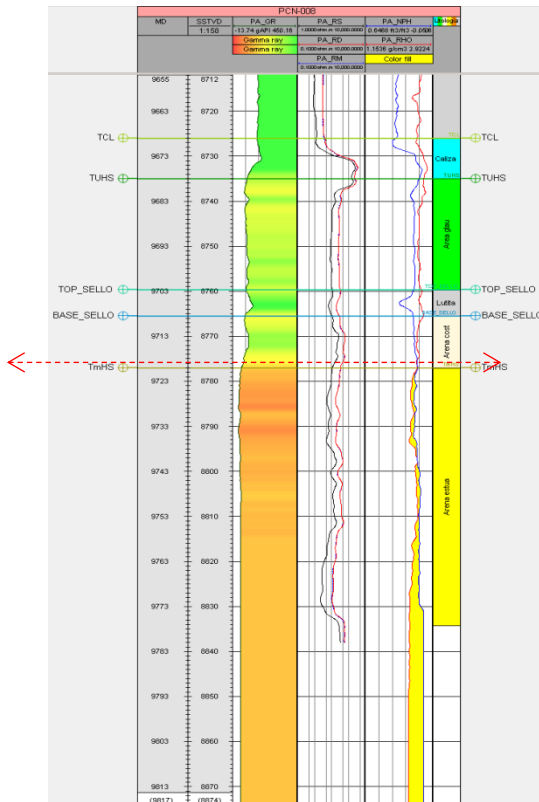


Tabla 5. 4. Seguimientos del Reservorio Hollín PCN-008 (PETROAMAZONAS EP.)

HISTORIAL DE COMPLETACIÓN Y REACONDICIONAMIENTO DEL RESERVORIO HOLLÍN- PCN-008

WELL	ARENA	DATE	BFPD	BPPD	BWPD	% BS&W	Injection Pressure. [psi]	Perforación
Pucuna - 08	TS	17-dic-08	480	479	1	0.20	3500	TUHS
Pucuna - 08	TS	28-abr-09	312	311	1	0.32	3500	
Pucuna - 08	T INF	15-Apr-10	56	34	22	40.00	3850	
Pucuna - 08	T SUP	20-Apr-11	94	91	3	3.19	3700	
Pucuna - 08	TS	5-Mar-13	152	145	7	4.71	3600	Espesor de sello caolinita
Pucuna - 08	TS	7-Mar-14	126	110	16	12.60	3650	
Pucuna - 08	TS	10-Mar-15	110	95	15	13.90	3850	
Pucuna - 08	TS	25-Feb-16	58	43	15	26.30	3850	5.84' ft
Pucuna - 08	TS	11-Mar-17	77	62	15	19.50	3850	
Pucuna - 08	TS	22-Jan-18	70	56	14	20.11	3850	
Pucuna - 08	TS	4-Apr-18	77	62	15	19.87	3850	
Pucuna - 08	TS	30-May-18	64	50	14	21.92	3925	
Pucuna - 08	TS	5-Jun-18	64	50	14	21.87	3900	

Análisis PCN-008:

El Pozo **PCN-008** presenta arenas con resistividades mayores a 100 ohmm, distante del CAP con porosidades >8.5% lo que permite analizar según el registro eléctrico es que está siendo afectado por arenas glauconíticas lo cual hace decaer las resistividades reales que en realidad podría ser petróleo. El pozo mantiene su espesor de arenas radialmente con 5.84 ft', en dirección NE aumenta, hacia el Sur

se mantiene y al Oeste se acuñaría a 1000m aproximadamente. Actualmente se encuentran produciendo de arena "T", en donde la unidad TmHS en su última producción generó 0 BPPD con 100 Sw a una profundidad de 9719'-9733' ft, pero se puede producir de la arena TUHS por aspectos antes mencionados, debido a ello se requiere:

- Aislar hollín inferior a profundidad de: 9720.05' ft.
- Se puede realizar fractura (trabajos de workover) si se desea aumentar porosidad y permeabilidad en TUHS.

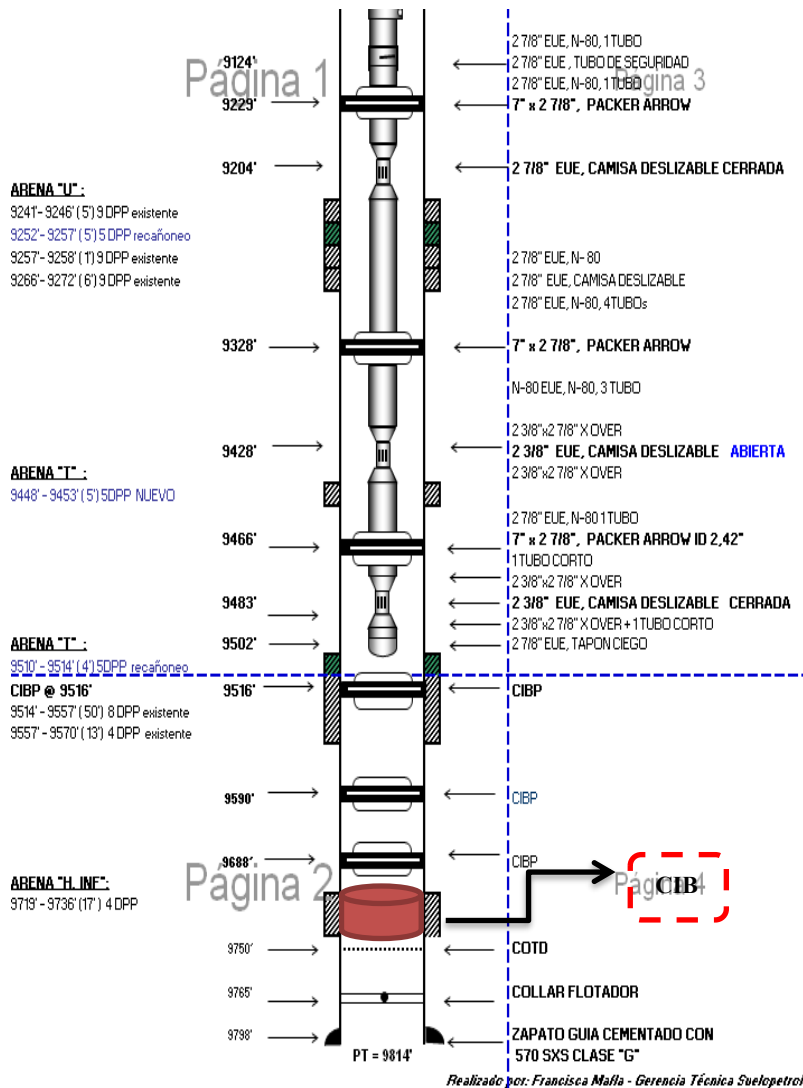


Figura 5. 4 Diagrama actual de intervalos de perforación PCN-008 (PETROAMAZONAS EP, 2016).

Análisis del Pozo PCN-010

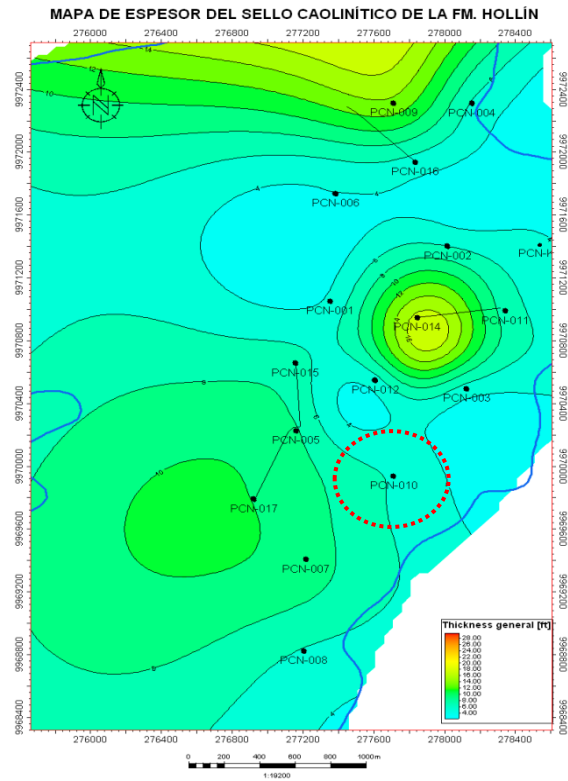
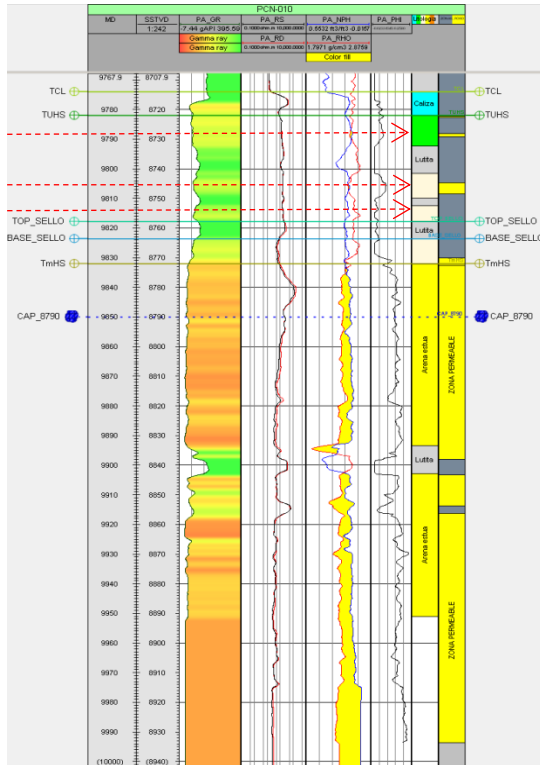


Tabla 5. 5 Seguimientos del Reservorio Hollín PCN-010 (PETROAMAZONAS EP.)

HISTORIAL DE COMPLETACIÓN Y REACONDICIONAMIENTO DEL RESERVORIO HOLLÍN- PCN-010

WELL	ARENA	DATE	BFPD	BPPD	BWPD	% BS&W	Injection Pressure. [psi]	Profundidad Propuesta (ft)
Pucuna - 010	H	26-Mar-2000	-----	226	-----	30.6	-----	
Pucuna - 010	T	10-ene-09	288	187	101	35.00	3500	
Pucuna - 010	T	7-mar-09	264	190	74	28.03	3500	9781.94'- 9816.85'
Pucuna - 010	T	21-mar-09	264	224	40	15.00	3500	
Pucuna - 010	T	4-may-09	288	248	40	13.89	3500	
Pucuna - 010	T	1-jul-09	190	159	31	16.42	3500	
Pucuna - 010	T	21-may-12	189.25	187	2	1.03	3750	
Pucuna - 010	T	30-Jan-14	190	177	13	6.60	3800	
Pucuna - 010	T	26-Nov-17	130	116	14	10.69	3900	
Pucuna - 010	T	1-Apr-18	113	101	12	10.59	3950	
Pucuna - 010	T	31-May-18	123	110	14	11.02	T	
Pucuna - 010	T	28-Jun-2018	121	108	14	11.23	3950	
Pucuna - 010	T	27-Ago-2018	124	111	14	11.16	3900	
Pucuna - 010	T	23-Sep-2018	125	112	14	11.05	3900	
Pucuna - 010	T	9-Oc-2018	125	112	14	11.02	3850	
Pucuna - 010	T	7-Nov-/2018	123	109	14	11.28	3850	

Análisis PCN-010:

En el Pozo **PCN-010** anteriormente interrumpieron trabajos en la arena hollín

quedando con 226 BPPD y 30.6% SW en TmHS, el pozo se encuentra estructuralmente alto con un sello de 5.78 ft, resistividades entre 100- 180 ohm y buena porosidad. Verificando reservas y acumulados de TUHS se observa que no ha sido trabajada, posteriormente se recomienda:

- Cambiar la producción de la arena "T" a la Fm. Hollín cuando deje de aportar la arena "T" a intervalos de profundidad de:

Intervalos	Perforación	Espesor actual
9781.93'-9792.17'	Propuesto	
9881.61'-9810.08'	Propuesto	5.78 ft
9812.40'- 9817.28'	Propuesto	

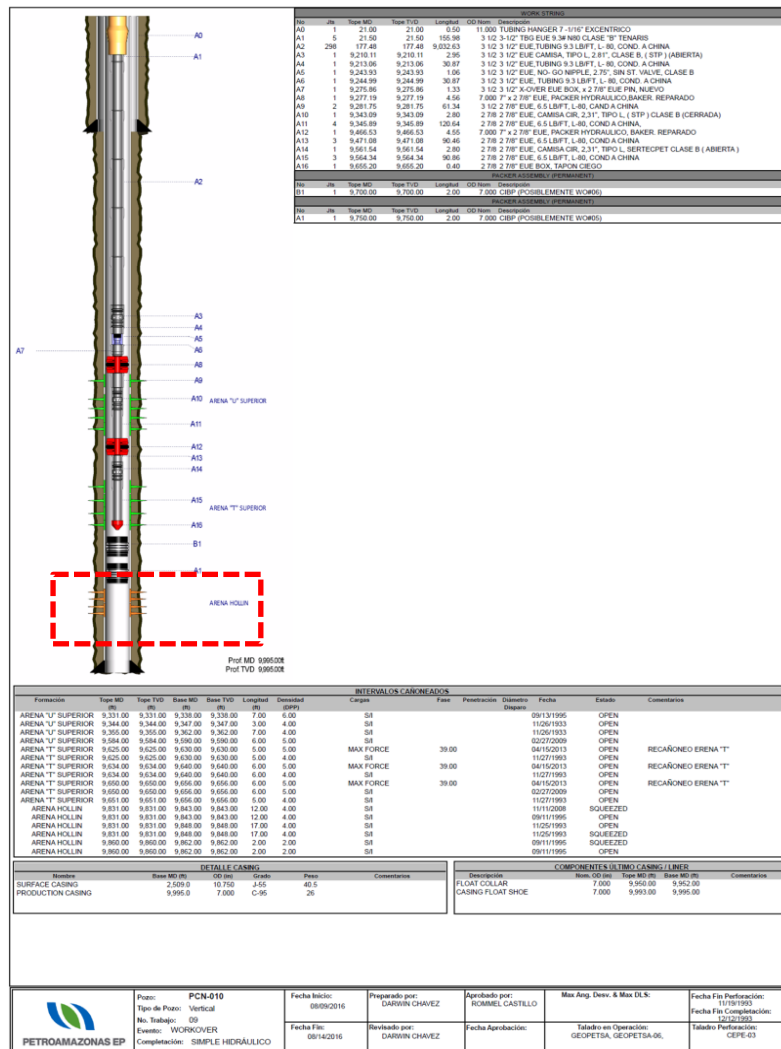
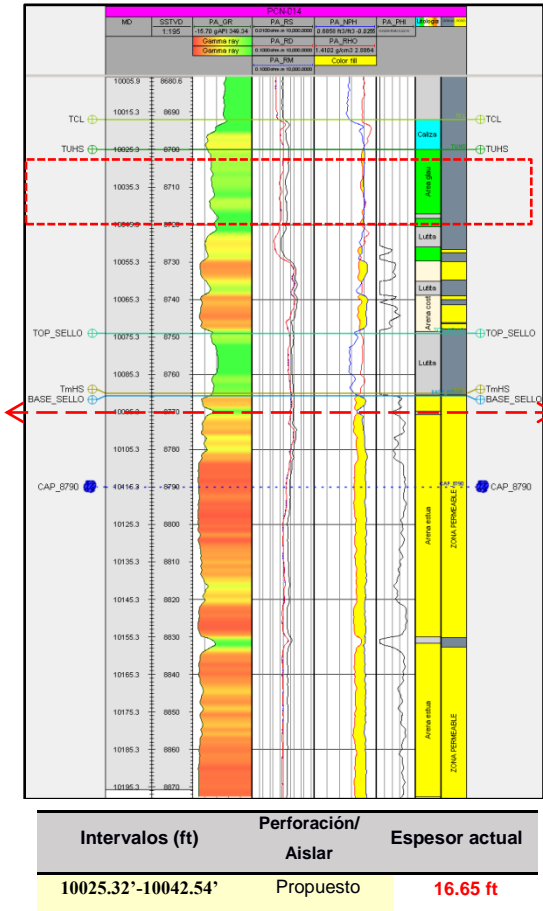


Figura 5. 5 Diagrama actual de intervalos de perforación PCN-010 (PETROAMAZONAS EP, 2016).

Análisis del Pozo PCN -014



MAPA DE ESPESOR DEL SELLO CAOLÍNICO DE LA FM. HOLLÍN

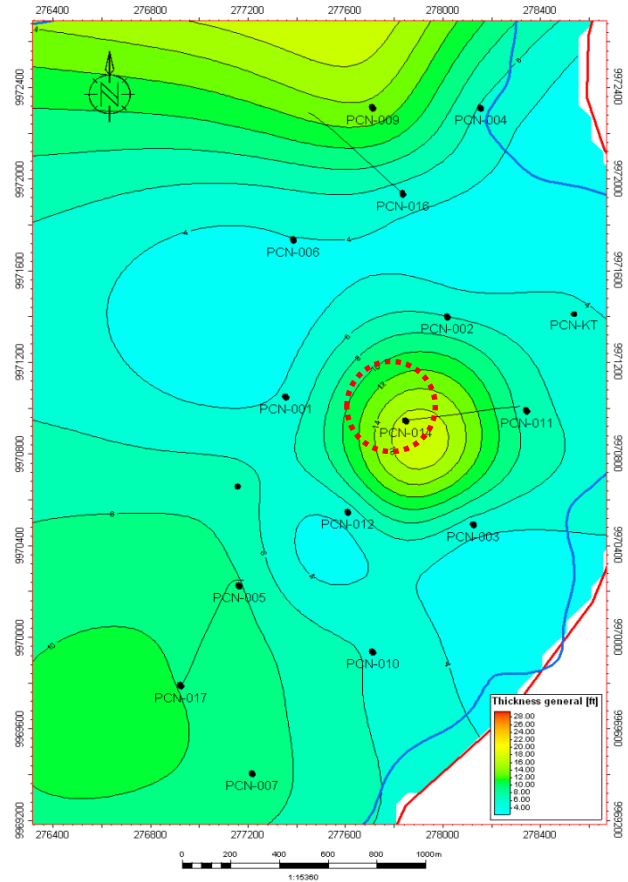


Tabla 5. 6. Seguimientos del Reservorio Hollín PCN-014 (PETROAMAZONAS EP.)

HISTORIAL DE COMPLETACIÓN Y REACONDICIONAMIENTO DEL RESERVORIO HOLLÍN- PCN-014

WELL	ARENA	DATE	BFPD	BPPD	BWPD	% BS&W	Injection Pressure [psij]	Profundidad Propuesta (ft)
Pucuna-010	H	10-ago-13	1059	21	1,038	97.99	1700	Esesor de sello caolinita
Pucuna - 02	T	08-feb-14	137	21	116	84.80	3600	
Pucuna - 02	T	12-may-15	90	80	9	10.20	3750	
Pucuna - 02	T	11-dic-16	112	99	13	12.00	3900	
Pucuna - 02	T	24-ago-17	113	99	14	11.97	3900	
Pucuna - 02	T	07-abr-18	113	99	14	12.52	3900	
Pucuna - 02	T	01-may-18	112	98	14	12.55	3900	
Pucuna - 02	T	19-jun-18	113	98	14	12.64	3900	
Pucuna - 02	T	25-jul-18	113	99	14	12.05	3900	
Pucuna - 02	T	26-ago-18	112	99	14	12.16	3900	
Pucuna - 02	T	11-sep-18	112	99	14	12.17	3900	
Pucuna - 02	T	15-oct-18	113	99	14	12	3900	
Pucuna - 02	T	07-nov-18	113	99	14	12.2	3900	

El Pozo **PCN-014** se analizó en el año 2013 con bajo aporte de producción 21 BPPD y 97.99% de Sw a profundidades de disparo de 10055'.00- 10060'.00 ft. El pozo se encuentra estructuralmente alto con un espesor de sello caolinítico de 16.65 ft que se mantiene constante radialmente, a la profundidad de 10025.32'-10042.54' ft presenta arenas glauconíticas con resistividades entre 15-32 ohmm con alto contenido de Gas cromatográfico (>50%), lo cual es indicativo de presencia de hidrocarburos. Actualmente se encuentra produciendo de la arena "T con bajo contenido de agua, cuando este campo deje de producir se recomienda evaluar:

- Realizar registro de saturación de agua.
- Aislar la unidad Hollín inferior (TmHS) a profundidad de: 10090.30' ft.
- Abrir TUHS a las profundidades de: 10025.32'-10042.54'.

Análisis del Pozo PC-015

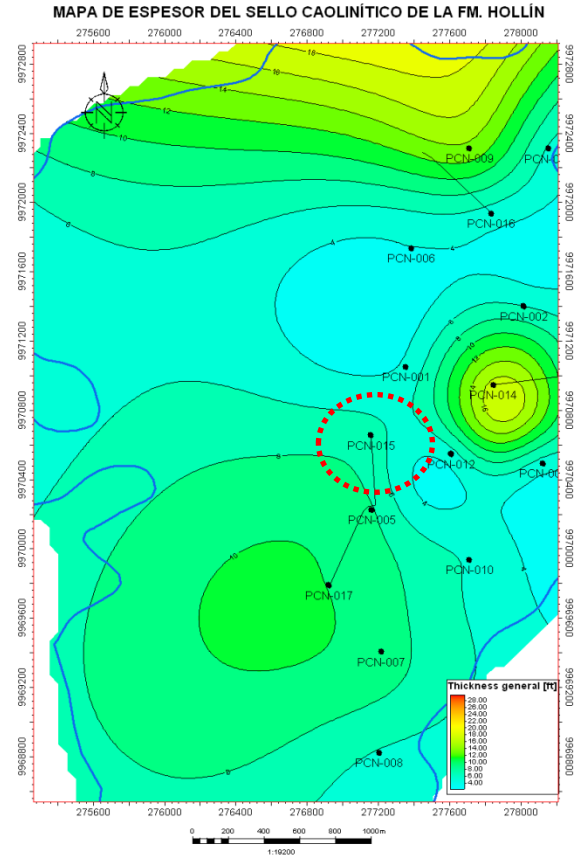
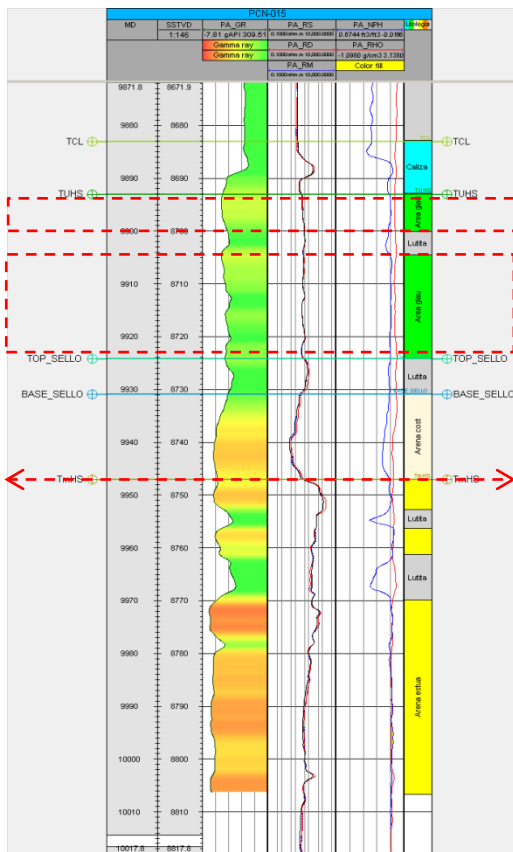


Tabla 5. 7 Seguimientos del Reservorio Hollín PCN-014 (PETROAMAZONAS EP.)

HISTORIAL DE COMPLETACIÓN Y REACONDICIONAMIENTO DEL RESERVORIO HOLLÍN- PCN-015								
WELL	ARENA	DATE	BFPD	BPPD	BWPD	% BS&W	Injection Pressure. [psi]	Profundidad Propuesta (ft)
Pucuna - 15	Hollín	2-nov-13	661.09	0	661	100.00	710	9993.01'-9923.21'
Pucuna - 15	T	24-sep-15	139.44	60	79	57.00	1440	Espesor de
Pucuna - 15	T	1-nov-15	250.32	0	250	100.00	1560	sello caolinita
Pucuna - 15	T	1-Dec-17	84	15	69	81.71	3600	6.72
Pucuna - 15	T	5/2/2018	0	0	0	-----	2600	

Análisis PCN-015:

El Pozo **PCN-015** se encuentra estructuralmente alto, en la unidad hollín superior presenta un espesor de sello caolínico de 6.72 ft, distante del CAP, con resistividades inferiores a 40 ohmm, porosidad baja 0.09%, densidad >2.53% y con más del 50% de gas cromatográfico en intervalos de: a intervalos de 9892.93'-

9900.11 ft' y 9904.62'-9923.78' ft. En octubre del 2013 se analizó el pozo en la unidad TmHS obteniendo 100% de SW con 0 BPPD profundidad. Evaluar:

- Correr un registro de Saturación en intervalos propuestos:

Intervalos	Perforación	Espesor actual
9892.93'-9900.11'	Propuesto	
9904.62'-9923.78'	Propuesto	6.72 ft

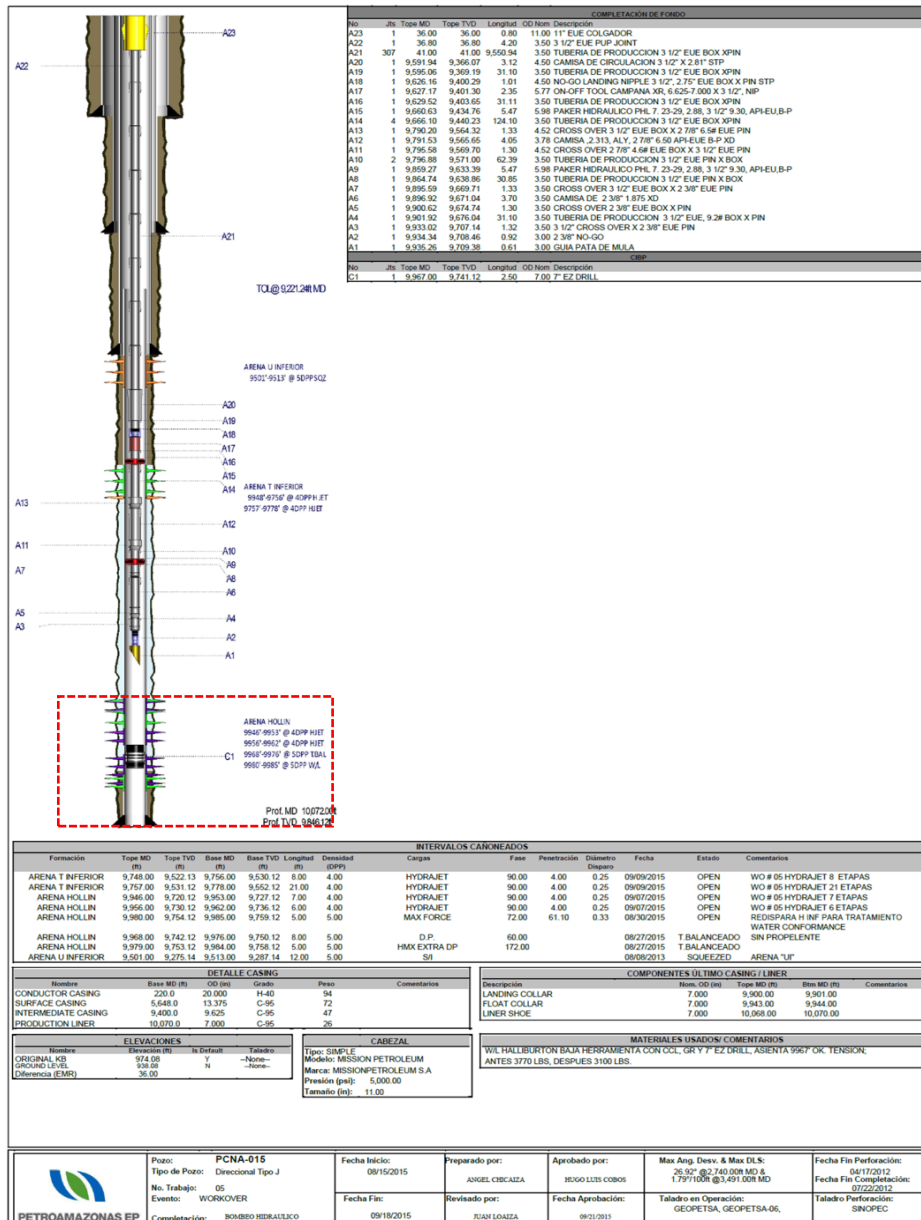


Figura 5. 6 Diagrama actual de intervalos de perforación PCN-015 (PETROAMAZONAS EP, 2016).

5.6 Nuevo Pozo prospecto de Reservorio

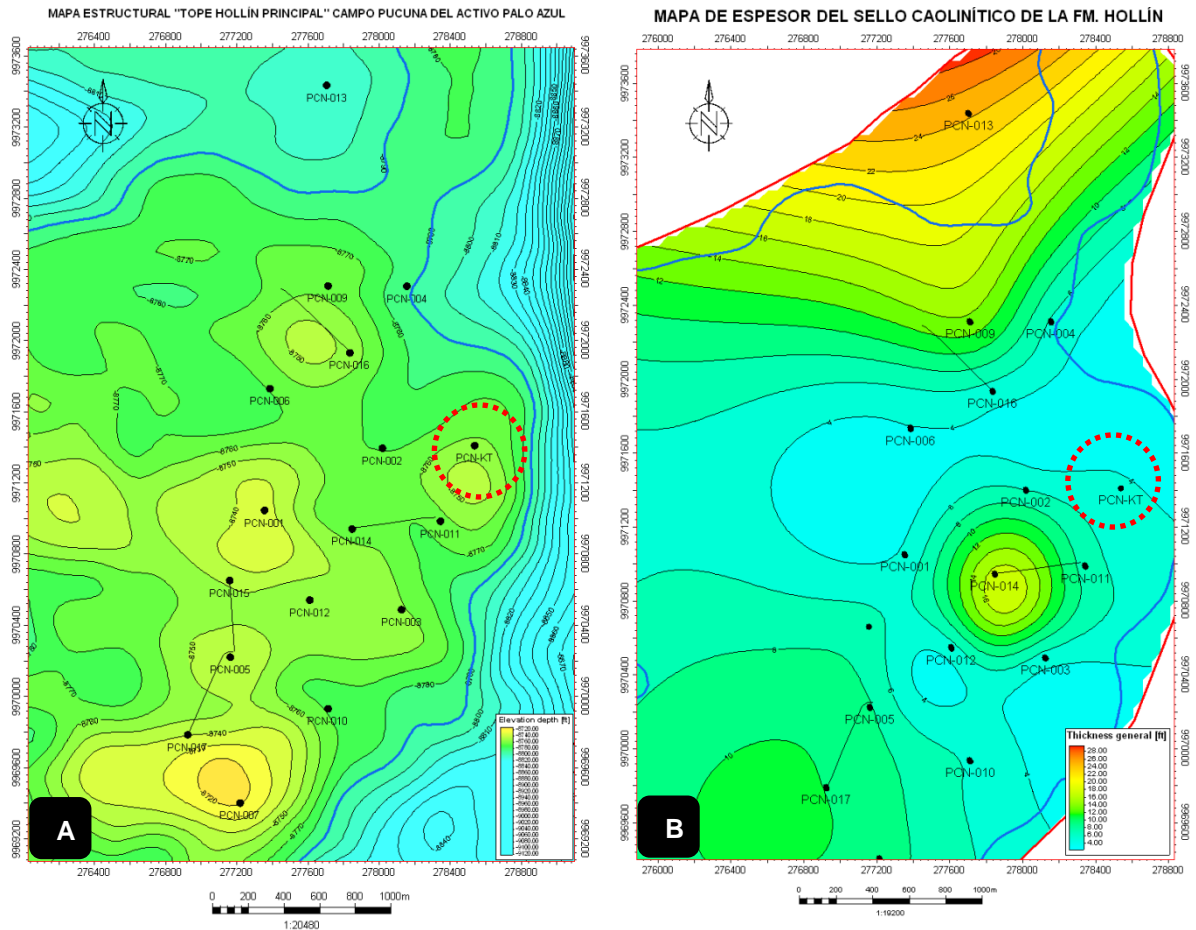


Figura 5. 7 Pozo PCN-KT, nuevo propuesto para iniciar producción de hidrocarburos.

Análisis:

El pozo PCN-KT se encuentra dentro del área de producción de la Fm Hollín, estructuralmente alto como se puede observar en el mapa estructural figura A, cumple con el radio de drenaje de 250m y radialmente el espesor del sello caolinítico se mantiene constante resultando efectivo ya que actúa como barrera para evitar el contacto agua petróleo y así obteniendo mayor producción.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Por medio del análisis de la base generada de datos disponibles, como Master Logs, reportes finales de geología, Núcleos, registros eléctricos, registros discretos (litofacies, secuencias, zonas poro y zonas densas), correlaciones estratigráficas y estructurales de los 17 pozos que pertenecen al Campo Pucuna del Activo Palo Azul fueron analizados para identificar el sello caolinítico.

Luego de haber identificado el sello caolinítico en todos los pozos se interpoló los resultados de datos, generando un mapa de espesor de sello caolinítico de la Fm. Hollín obteniendo que la mayor concentración de material arcilloso se encuentra en la zona Norte, centro sur y en menor proporción en la zona sur.

Evaluando las concentraciones de caolinita, saturaciones de agua y ubicación estructural de los pozos del Campo Pucuna, se identificaron 7 pozos con efectividad de sello caolinítico, definiendo trabajos óptimos para mejorar e incrementar la producción de los Pozos: PCN-002, PCN-005 PCN-008, PCN-010, PCN-014, PCN-015 y PCN-017.

Para los Pozos PCN-005 PCN-008, PCN-014, y PCN-017 se concluye que se requiere aislar la unidad Hollín inferior y realizar trabajos de workover (fracturas) en la unidad Hollín superior "TUHS" y en el pozo PCN-015 se evalúe registros de saturación en intervalos de la Hollín Superior (9892.93'-9900.11 ft' y 9904.62'-9923.78' ft) para definir el tipo de trabajo necesario.

En el Pozo PCN-002 debido a que se encuentra en una posición estructural alta con un sello constante de 6.01 ft alrededor de sus pozos aledaños posee condiciones favorables para un cambio de geometría e incrementar el caudal de producción, evitando la influencia de agua.

El Pozo PCN-013 presenta un buen espesor de caolinita de 24.33 ft, pero muestra condiciones desfavorables debido a que se encuentra inundado y ubicado por debajo del contacto agua- petróleo con 100% de saturación de agua.

Se definió un nuevo pozo prospecto para trabajos de perforación PCN-KT, debido a que se encuentra en la zona de producción actual de la Formación Hollín con un sello caolinítico constante, cumple con el radio de drenaje de 250m y se ubica en la posición estructural más alta.

Posterior al análisis del sello caolinítico del campo Pucuna del Reservorio Hollín se puede concluir que el espesor óptimo y el porcentaje de caolinita en el sello es de 6ft con 14.5%.

6.2 Recomendaciones

El Campo Pucuna del Activo Palo Azul es un campo muy antiguo por lo que los seguimientos del historial de completación y reacondicionamiento del reservorio Hollín para el caso de algunos pozos presentan información insuficiente para plantar una propuesta de aumento de producción, por lo que se recomienda que al equipo encargado de este campo otorgue la posibilidad de estudios más detallados.

El sello caolinítico actúa como una barrera y si su concentración es mayor ayuda a generar una mayor columna de petróleo por lo que se recomienda identificar el sello litológico al momento de realizar trabajos de aumento de producción.

BIBLIOGRAFÍA

7. BIBLIOGRAFÍA

- Activo Palo Azul, P. (2013). *REPORTE FINAL DE GEOLOGÍA*. Quito: Geología de Reservorios.
- Aspden, J. A., & Litherland, M. (1992). *The geology and Mesozoic collision history of the Cordillera Real*. Ecuador: Tectonophysics, 205: 187-204.
- Baby, P., Rivadeneira, M., & Barragán, R. (2004). *LA CUENCA ORIENTE: GEOLOGÍA Y PETRÓLEO*. Quito - Ecuador: 1ª edición, octubre de 2004, ISBN 9978-43-859-9.
- Baby, P., Rivadeneira, M., Bernal, C., Christophoul, F., Dávila, C., Galárraga, M., . . . Barragán, R. (1998). "Structural Style and Hydrocarbon Entrapments in the Ecuadorian Oriente Basin". Brazil: A.A.P.G. Convention, Rio de Janeiro, pp. 464- 465.
- Baby, P., Rivadeneira, M., Christophoul, F., & Barragán, R. (1999). *Style and timing of deformation in the Oriente Basin of Ecuador. extended abstract, international symposium of andean Geodynamics*. Germany: Gottingen.
- Baby, P., Rivadeneira, M., Dávila, C., Galárraga, M., & Rosero, J. (1997). *MODELO ESTRUCTURAL DE LA PARTE NORTE DE LA CUENCA ORIENTE*. Quito: Convenio PETROPRODUCCIÓN- ORSTOM, Informe Técnico PETROPRODUCCIÓN 31pp.
- Bentabol, M. M. (2003). *TRANSFORMACIONES HIDROTERMALES DE LA CAOLINITA*. Málaga : Tesis Doctoral.
- Bird, E. (2008). *Coastal Geomorphology: An introduction*. 2da Edition, J, Wiley & Sons Ltd; 411p.
- Bristow, C. R., & Hoffstetter, R. (1977). *Lexique Stratigraphique International*. Paris: Centre National of the Recherche Scientifique, 2nd (Ed.), 150 pp.
- Christophoul, F. (1999). *Discrimination des influences tectoniques et eustatiques dans les bassins liés à des zones de convergence: exemples du bassin subandin d'Equateur*. Francia: Phd, Université Toulouse, Paul Sabatier 184 pp.
- Dalrymple, R., Boyd, R., & Zaitlin, B. (1994). *Incised-valley systems: origin and sedimentary sequences*. SEMP Spec. Publ., 51, 390 p.
- Dunbar, C. O., & Rodgers, J. (1958). *Principios de Estratigrafía*. Méjico: (traducción de 1963).

- Ellis, D. V., & Singer, J. M. (2008). *Well Logging for Earth Scientists*. Springer, P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, The Netherlands Second Edition.
- Emery, D., & Myers, K. (1996). *Sequence Stratigraphy: Blackwell*. London: 297 p.
- EP, P. (2017). Reporte Gerencial. *Informe de Gestión 2017*, 27. Obtenido de Reporte Gerencial.
- Feininger, T. (1975). *Origin of Petroleum in the Oriente of Ecuador*. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, .
- HAQ, B., HARDENBOL, S., & VAIL, P. (1987). *Chronology of sea levels since the Triassic*. Science, 235: 1156- 1167.
- Harding, T. (1985.). *Seismic characteristics and identification of negative flower structures, positives flower structures and positive*. AAPG Bulletin 69 (4), 582 – 600.
- Hernández, P. Y. (2017). *Caracterización mineralógica y geoquímica de caolines del área de Huayacocotla, Veracruz, (México) para uso industrial*. México.
- Hillier, S. (1995). *Erosión, sedimentación y origen sedimentario de arcillas*. En: Velde B. (eds) Origen y Mineralogía de Arcillas. Springer, Berlín, Heidelberg.
- Inoue, A. (1995). *Formation of Clay Minerals in Hydrothermal Environments*. In: Velde B. (eds) Origin and Mineralogy of Clays. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Jaillard, E. (1997). *Síntesis estratigráfica y sedimentológica del Cretácico y Paleógeno de la Cuenca Oriental del Ecuador*. Quito: Convenio ORSTOM PETROPRODUCCION 1: 1-164.
- Labogeo. (1995). *Correlación estratigráfica de las formaciones cretácicas entre los pozos: Tipitini Minas-1, Tambococha-1, Ishpingo 1 y 2*. Petroproducción, 1.
- Marksteiner, R., & Alemán, A. M. (1997). *Petroleum systems along the Fold Belt associated to the Marañón – Oriente – Putumayo (MOP) Foreland basins, VI Simposio Bolivariano, “Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas”*. Cartagena de Indias, Colombia: Tomo II, p. 63-74.
- Millot. (1978). *Clay genesis*. Stroudsburg: En: Fairbridge RH, Bourgeois J (editores) La enciclopedia de sedimentología, vol 6. Dowden, Hutchinson y Ross, pp 152-155.
- Millot, G. (1970). *La geología de las arcillas*. Masson, París.
- Minster, J., & Jordan, T. (1978). *Present-Day Plate Motion*. : Journal of Geophysical Research, 83: 5331-5354.

- Murray, H. H. (2006). *Structure and Composition of the Clay Minerals and their Physical and Chemical Properties*. pp. 21-24.
- MURRAY, H. H. (2007). *Applied clay mineralogy*. The Netherlands: Elsevier, 180 p.
- Ortegón, E., Pacheco, J. F., & Prieto, A. (2005). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. Chile: ISBN: 92-322719-1.
- Patterson, S. H., & Murray, H. H. (s.f.). *Kaolin, refractory Clay, Ball Clay, and Halloysite in North America, Hawaii, and the Caribbean Region*. 1984: U. S. Geological Survey Prof. Paper 1306, 1984. .
- Pilger, R. (1984). *Cenozoic Plate Kinematics, Subduction and magmatism: South American Andes*. Journal of the Geological Society of London, 141: 793-802.
- Pucuna, A. (2017). *Informe de Reservorios*. Quito: Petroamazonas.
- Rivadeneria, M. (1997). *The Oriente Basin: An optimum Tectonic Sedimentary environment for the crude generation and accumulation*. . Convenio Petroproducción – IRD,4.
- Rivadeneria, M., & Baby, P. (1999). *"La Cuenca Oriente: Estilo Tectónico, Etapas de Deformación y Características Geológicas de los Principales Campos de Petroproducción"*. Quito.
- Sampieri, R. H. (2010). *Metodología de Investigación*. Edición 2010.
- Sand, L. B. (1956). *On the genesis of residual kaolins*. American Mineralogist.
- Sander, L. L. (1998). *A MANUAL OF Field Hydrogeology*. Prentice-Hall, Inc. ISBN 0-13-227927-4, p.381.
- Sauer, W. (1965). *Geología del Ecuador*. Editorial del Ministerio de Educación 1: 1-390.
- Schlumberger. (10 de 08 de 2018). *Oilfield Glossary*. Obtenido de <https://www.glossary.oilfield.slb.com/Terms/p/processing.aspx>
- SHANMUGAN, G., POFFENBERGER, M., & TORO, J. (1998). *Tide-Dominated Estuarine Facies in the Hollin and Napo ("T" and "U") Formations (Cretaceous), Sacha Field, Oriente Basin Ecuador*. AAPG Annual Convention Abstract Salt Lake City, Utah, May, 17-28.
- TSCHOPP, H. J. (1953). *Oil explorations in the Oriente of Ecuador*. AAPG Bulletin, 37: 2303-2347.

- Velde, B. (1985). *Minerales de arcilla: una explicación físico-química de su aparición*. Elsevier, Amsterdam, 423 pp.
- Velde, B. (1995). *Geología de las arcillas*. En: Velde B. (eds) Origen y Mineralogía de Arcillas: Springer, Berlín, Heidelberg.
- Vera, T. J. (1994). *ESTRATIGRAFÍA PRINCIPIOS Y MÉTODOS*. Madrid: Porto Cristo, 13 (Parque de Lisboa) , ISBN: 84-7207-074-3.
- White, H., Skopec, R., Ramírez, F., Rodas, J., & Bonilla, G. (1995). "*Reservoir Characterization of the Hollin and Napo formations, Western Oriente Basin, Ecuador*". AAPG Memoir 62, 573-596 pp.
- Woolfield, M., Goodwind, J., Iboaf, M., & Koch, M. (2006). *Métodos para la recopilación de datos*. Volumen 1: Orientación general y generación de informes.

ANEXOS

Pozo PCN-02

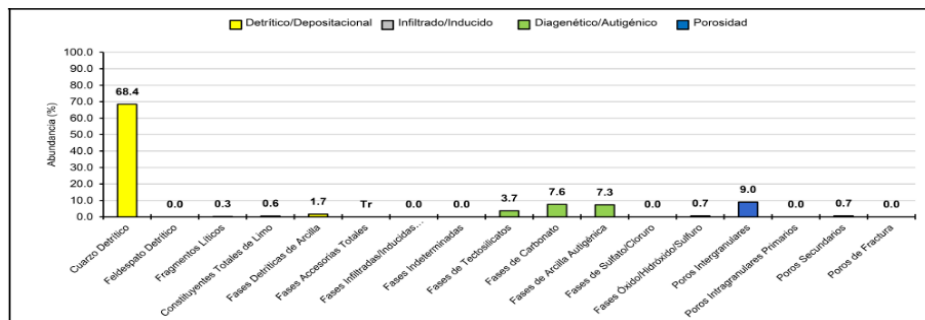
Anexo 1 Estudio petrográfico/ mineralógico de las Areniscas Reservorio del Pozo PCN-002. (Montenegro, 1990).

Textura General "Sección A"	
Tamaño de grano: Arenisca fina (uf)	Máximo: cB (520 µm)
Fábrica /Estructura:	Arenisca laminada, sorteo y empaquetamiento moderado, laminar debido a variación de distribución de arcilla, granos de la armazón de subangulares a subredondeado.
Mineralogía	
<p>Areniscas corresponden a cuarzo areniscas, debido a granos que muestran ser subredondeado los cuarzos muestran inclusiones de cristalitos de apatito; trazas de cristales polies cristalinos. Los feldespatos están presentes como trazas de plagioclasas albita- oligoclasa, las micas son detríticas tipo moscovita.</p> <p>Los minerales accesorios se tiene el zircón, reconocible por su relieve elevado, birrefringencia y en zonas con ligera concentración de granos, entre los opacos presenta pirita asociada a materia orgánica (vitrinita/ bitumen sólido remanente).</p> <p>Los cementos presentes son el Sílice por sobrecrecimiento de granos de cuarzo, la calcita de variedad espática como cemento de parches rellenando intersticios asociada con muestras de granulometría más gruesas en la base del núcleo. Entre las arcillas presenta Caolinita 50% (forma de acordeón o foliada) de las muestras de montmorillonita 40% (láminas alargadas, paralelas con bordes irregulares) y clorita 10% (pequeñas placas como aspecto de rosas) que destruyen poros de la roca.</p>	
Características del Reservorio	
Porosidad	Libre (sin el bitumen sólido), afectado por la presencia de caolín y ocasionalmente de calcita.
Permeabilidad	Baja a moderadamente buena (enrejado de macroporos interconectados débiles)

Pozo PCN-07

Anexo 2 Estudio mineralógico y petrográfico de secciones delgadas de muestras del Pozo PCN-007- Sección B.

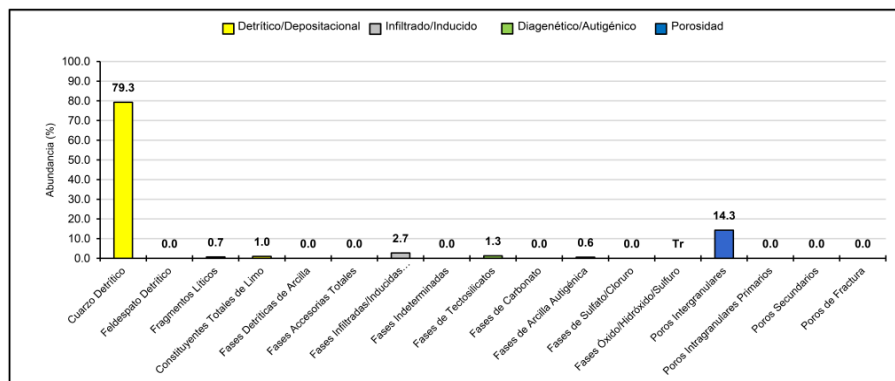
Textura General "Sección B"	
Tamaño de grano: fB-mB	Máximo: cB (520 µm)
Fábrica /Estructura:	Arenisca laminada, sorting y empaquetamiento moderado, laminar debido a variación de distribución de arcilla, granos de la armazón de subangulares a subredondeado.
Mineralogía	
Mineralogía dendrítica dominada por cuarzo tamaño arena monocristalina (libre de inclusiones) y policristalino (contactos internos rectos). Líticos representados por escaso material sedimentario (rico en arcilla). Minerales accesorios en trazas como micáceos (moscovita) y pesados (incluyendo opacos detríticos), fases diagenéticas altas de sobrecrecimiento de cuarzo, arcillas y dolomita ferrosa, esos sobrecrecimientos como bordes delgados (<20 µm) bien desarrollados, arcillas comunes que comprenden principalmente caolinitas con arcillas indeterminadas subordinadas. La caolinita es clasificada como relleno de poros moderadamente abundante y reemplazamiento de granos. Es normalmente muy fina a finamente cristalina con unidades cristales sueltas a moderadamente empaquetadas dentro de agregados.	
Características del Reservorio	
Porosidad	Moderada. Dominada por poros intergranulares con menores poros secundarios (disolución). Los cuellos de poros restringidos por sobrecrecimiento de cuarzo.
Permeabilidad	Baja a moderadamente buena (enrejado de macroporos interconectados débiles)



Anexo 3 Geología de Reservorios PCN-007 sección "B" (Sadlok Grzegorz, 2016).

Anexo 4 Estudio mineralógico y petrográfico de secciones delgadas de muestras del Pozo Pucuna-07- Sección C.

Textura General “Sección C”	
Tamaño de grano: fa-mA/mB-cA	Máximo: vcA (1680 μm)
Fábrica /Estructura:	Arenita laminada? sorting pobre a moderado y empaquetamiento moderado, laminación aparente debido a variación en tamaño de grano, granos de la armazón de subangulares a subredondeado.
Mineralogía	
<p>Mineralogía detrítica dominada por cuarzo tamaño arena monocristalina (libre de inclusiones) y policristalino (contactos internos rectos). Limos escasos representados por granos clasificados de cuarzo y partículas intermedias comunes. Comprende fases moderadas ennegrecidas y opacas relleno/ recubriendo poros, además se piensa que esta fase representa hidrocarburos/ bitumen? residual?</p> <p>Exhibe bajas fases diagenéticas, las fases tectosilicatos son menores y comprenden sobrecrecimiento de cuarzo (bordes discontinuos/ proyecciones), estos sobrecrecimientos se pueden considerar como bordes delgados de ‘polvo’ separando los mimos. Arcillas poco frecuentes representadas por caolinita que es típicamente muy fina a finamente cristalina con empaquetamiento moderado de unidades de cristales dentro de agregados (impregnación con hidrocarburo/ bitumen? Residual?). Los opacos son trazas de piritita relleno poros.</p>	
Características del Reservorio	
Porosidad	Moderadamente buena. Dominada por poros intergranulares con menores poros secundarios (disolución).
Permeabilidad	Moderadamente buena a buena (enrejado de macroporos bien interconectados)

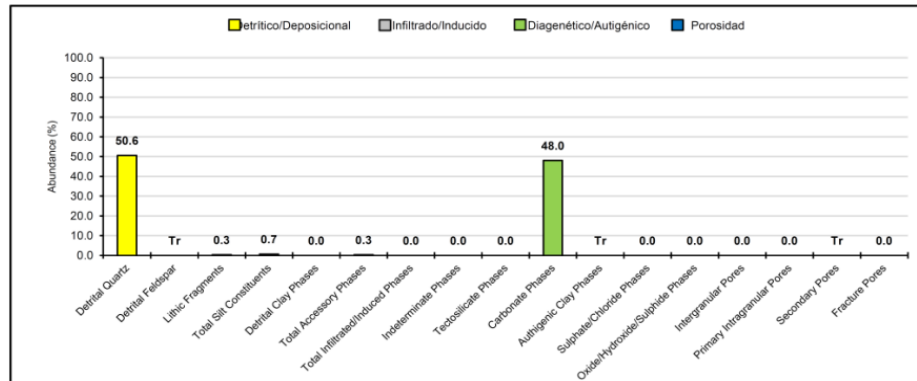


Anexo 5 Geología de Reservorios PCN-007 sección “C” (Sadlok Grzegorz, 2016).

Pozo PCN_09

Anexo 6 Estudio mineralógico y petrográfico de secciones delgadas de muestras del Pozo PCN-009- Sección D.

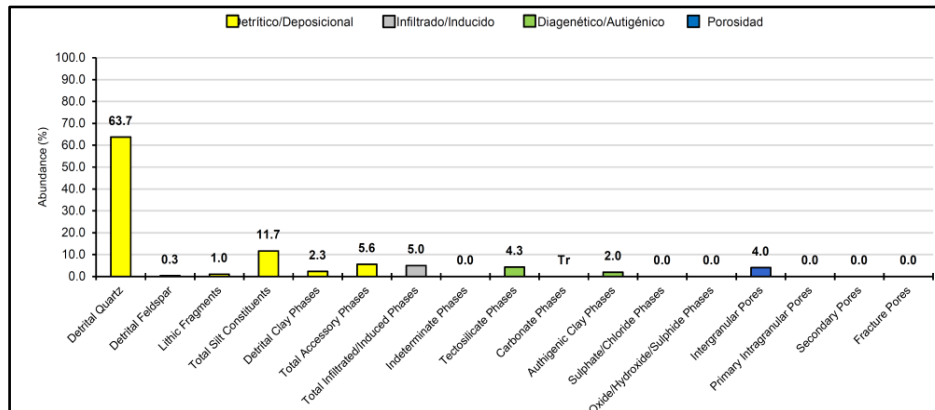
Textura General “Sección D”	
Tamaño de grano: vL-fL	Máximo: cU (400 µm)
Fábrica /Estructura:	Arenisca masiva (A), sorting y empaquetamiento moderado, subangular a subredondeado.
Mineralogía	
Mineralogía detrítica dominado por cuarzo tamaño arena monocristalina (libre de inclusiones) y policristalino (contactos internos rectos). Trazas de granos (part disoluciones) se clasifican en Plagioclasas/ feldspatos indiferenciados. Escasos líticos encontrados solo en materiales félsicos trazas de chert. Pocos minerales accesorios representados por minerales pesados (opacos detríticos), trazas de minerales micáceos (moscovita), orgánicos. Altas fases diagenéticas y dominio calcáreo. Trazas de arcillas representadas por caolinita como reemplazamiento de grano llenando disoluciones dejadas por granos, naturaleza aano cristalina.	
Características del Reservorio	
Porosidad	Muy pobre.
Permeabilidad	Muy baja (macroporos interconectados no visibles)



Anexo 7 Geología de Reservorios PCN-009 sección “D” (Sadlok Grzegorz, 2016).

Anexo 8 Estudio mineralógico y petrográfico de secciones delgadas de muestras del Pozo Pucuna-09- Sección “E”

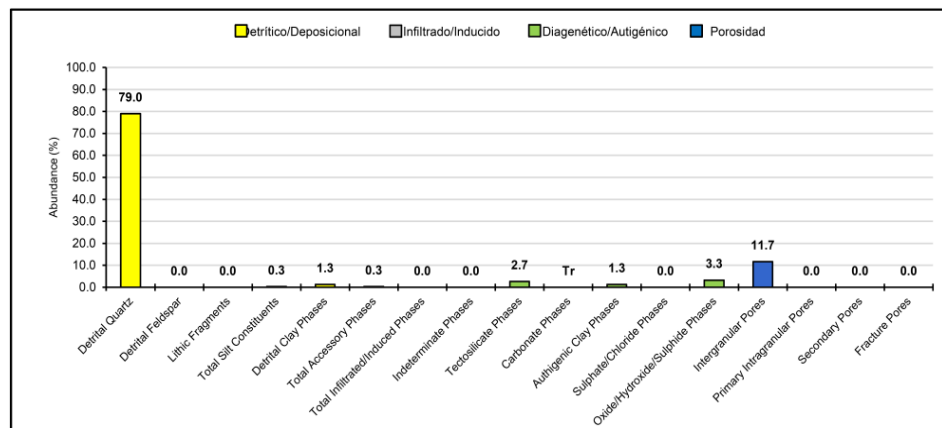
Textura General “Sección E”	
Tamaño de grano: vfU-fU	Máximo: mU (880 µm)
Fábrica /Estructura:	Arenisca limosa masiva (A), sorting pobre y empaquetamiento moderado, subangular a subredondeado.
Mineralogía	
<p>Mineralogía detrítica dominado por cuarzo tamaño arena monocristalina (libre de inclusiones) y policristalino (contactos internos rectos). Escasos granos clasificados como feldespatos y comprenden plagioclasa/ feldespatos. Escasos líticos representados por material sedimentario (chert rico en arcilla). Abundantes limos representados granos de cuarzo, minerales accesorios presentes como minerales pesados moderadamente abundantes (zircón, turmalina, opacos detríticos), escasos minerales micáceos (moscovita), menores orgánicos/ mat. carbonáceo. Bajas fases diagenéticas, abundantes fases tectosilicato presentes en sobrecrecimiento de cuarzo en bodes discontinuos. Arcillas representadas por escasa caolinita en relleno de poros.</p> <p>En el grupo las fases dendríticas consisten de abundante cuarzo con nivel de K-Feldespato, las arcillas contienen abundante caolinita (C y D) en formas de racimos intergranulares de placas, libros y vermes.</p>	
Características del Reservorio	
Porosidad	Muy pobre. Dominada por poros intergranulares
Permeabilidad	Pobre/ baja moderada (macroporos interconectados débiles)



Anexo 9 Geología de Reservorios PCN-009 sección “E” (Sadlok Grzegorz, 2016).

Anexo 10 Estudio mineralógico y petrográfico de secciones delgadas de muestras del Pozo Pucuna-09- Sección F

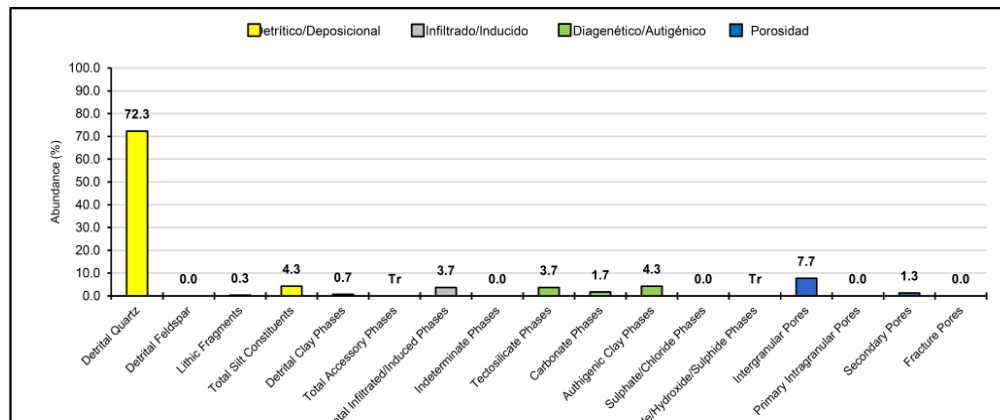
Textura General “Sección F”	
Tamaño de grano: fL-mU	Máximo: vCL (1120 µm)
Fábrica /Estructura:	Arenisca masiva (A), sorting pobre y empaquetamiento moderado, subangular a subredondeado.
Mineralogía	
Mineralogía dentrítica dominado por cuarzo tamaño arena monocristalina (libre de inclusiones) y policristalino (contactos internos rectos). Escasos limos en trazas de granos como cuarzo. Pocas arcillas representadas como poros de color marrón, bajas fases diagenéticas, abundantes fases tectosilicato presentes en sobrecrecimiento de cuarzo en bodes discontinuos y proyecciones. Arcillas representadas por escasa caolinita en relleno de poros como remplazamiento de grano y arcillas indeterminadas de recubrimiento de granos y remplazamiento.	
Características del Reservoirio	
Porosidad	Moderadamente muy buena. Dominada por poros intergranulares
Permeabilidad	Buena (macroporos interconectados visibles)



Anexo 11 Geología de Reservoirios PCN-009 sección “F” (Sadlok Grzegorz, 2016).

Anexo 12 Estudio mineralógico y petrográfico de secciones delgadas de muestras del Pozo Pucuna-09- Sección G

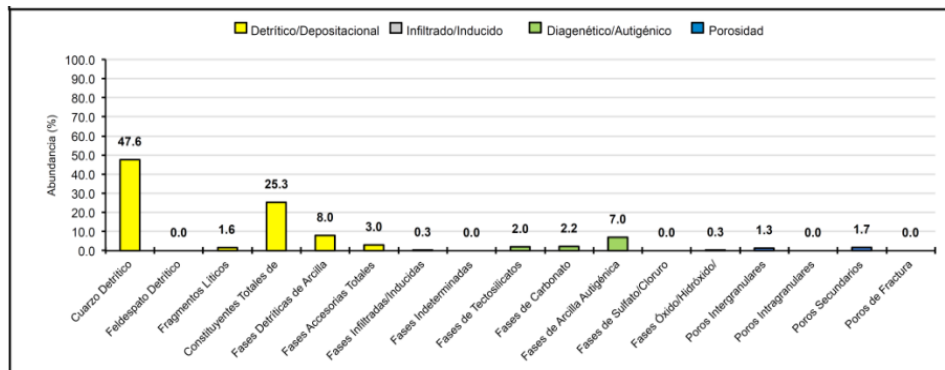
Textura General “Sección G”	
Tamaño de grano: vfU-fL/fL-fU	Máximo: mL (280 µm)
Fábrica /Estructura:	Arenisca masiva (A), sorting y empaquetamiento moderado, laminar por rápida variación en tamaño de grano, concertación de arcilla y carbonatos. subangular a subredondeado.
Mineralogía	
Mineralogía detrítica dominado por cuarzo tamaño arena monocristalina (libre de inclusiones) y policristalino (contactos internos rectos). Líticos representados por escaso material indiferenciado (félsico). Limos moderadamente abundantes en granos clasificados de cuarzo, escaso feldespatos y partículas indeterminadas. Fases infiltradas de negro, opaco de relleno de poros// recubrimiento de poro (? hidro.res. /bitumen.)	
Bajas fases diagenéticas, arcillas moderadamente abundantes representadas por escasa caolinita en relleno de poros, como reemplazamiento de grano y arcillas indeterminadas de color verdoso. Fases tectosilicato moderadamente abundantes representadas por sobrecrecimientos de cuarzo en bordes discontinuos y proyecciones, opacos se observan como trazas de pirita de relleno de poros.	
Características del Reservorio	
Porosidad	Moderadamente buena. Dominada por poros intergranulares con menores poros secundarios (disolución).
Permeabilidad	Baja a moderadamente buena (macroporos interconectados débiles)



Anexo 13 Geología de Reservorios PCN-009 sección “G” (Sadlok Grzegorz, 2016).

Anexo 14 Estudio mineralógico y petrográfico de secciones delgadas de muestras del Pozo Pucuna-09- Sección “H”.

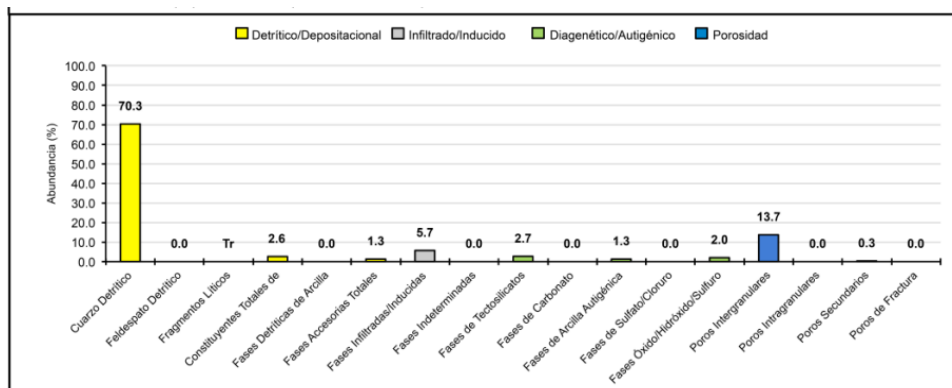
Textura General “Sección H”	
Tamaño de grano (armazón): limo- mfA	Máximo: mL (120 µm)
Fábrica /Estructura:	Arenisca limosa, sorting y empaquetamiento moderado, débilmente laminada por rápida variación en la distribución de materia orgánica y arcilla, subangular a subredondeado.
Mineralogía	
Mineralogía detrítica dominado por cuarzo granos monocristalinos (libre de inclusiones) y policristalinos (contactos internos rectos). Líticos representados por escaso material sedimentario (chert) e indiferenciado (félsico). Arcillas detríticas intergranulares (café), minerales opacos moderadamente abundantes como minerales pesados (incluyendo opacos), material orgánico/ carbonoso, micáceos (moscovita) y trazas de pellets glauconíticos. Fases diagenéticas moderadas, dominancia de arcillas por concentraciones moderadas de arcillas indeterminadas (verdosa) relleno de poros, reemplazando granos, trazas recubriendo granos, colinita (empaquetamiento débil) poco común relleno de poros y reemplazando granos. Carbonatos moderados por fases de dolomita? y siderita? Fases tectosilicatos moderadamente abundantes representadas por sobrecrecimientos de cuarzo en bordes discontinuos y proyecciones, opacos se observan como pirita de relleno de poros.	
Características del Reservoirio	
Porosidad	Pobre. Poros intergranulares con menores poros secundarios (disolución).
Permeabilidad	Mala (Ningún enrejado de macroporos interconectados débiles)



Anexo 15 Geología de Reservoirios PCN-014 sección “H” (Sadlok Grzegorz, 2016).

Anexo 16 Estudio mineralógico y petrográfico de secciones delgadas de muestras del Pozo Pucuna-09- Sección I

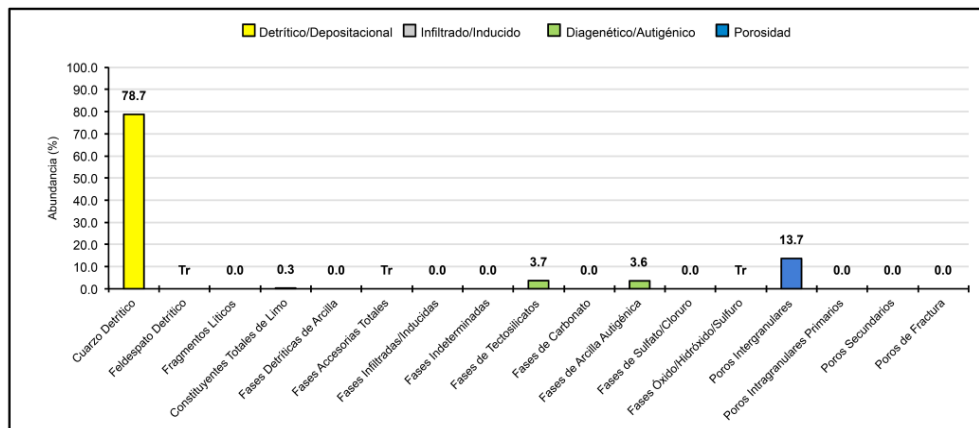
Textura General “Sección I”	
Tamaño de grano (armazón): fB-fA	Máximo: mB (280 µm)
Fábrica /Estructura:	Arenisca débilmente laminada, sorting moderadamente bueno y empaquetamiento moderado, laminar por parches de cemento de pirita distribuidos a manera de láminas, subangular a subredondeado.
Mineralogía	
Mineralogía detrítica dominado por cuarzo tamaño arena monocristalina (libre de inclusiones) y policristalino (contactos internos rectos). Líticos representados por escaso material indiferenciado (félsico), limos moderadamente abundantes por cuarzo y partículas indeterminada, fases opacas y negras rellenando poros/recubriendo poros (posible hidrocarburo/bitumen? residual? Bajas fases diagenéticas, fases tectosilicatos son moderadamente abundantes y representan sobrecrecimientos de cuarzo (bordes discontinuos, delgados bordes de ‘polvo’ separados por el mismo sobrecrecimiento), arcillas en menores proporciones y se representan por caolinita (fina a finamente cristalina y empaquetamiento variable) reemplazando granos y arcillas indeterminadas rellenando poros. Las arcillas indeterminadas son verdosas y de textura cristalina afanítica, los opacos son pirita rellenando poros (cementación en parches, distribución a manera de láminas.	
Características del Reservorio	
Porosidad	Moderadamente buena. Dominada por poros intergranulares con menores poros secundarios (disolución) poco frecuentes.
Permeabilidad	Baja a moderadamente buena (enrejado de macroporos interconectados débiles a moderados.)



Anexo 17 Geología de Reservorios PCN-014 sección "I" (Sadlok Grzegorz, 2016).

Anexo 18 Estudio mineralógico y petrográfico de secciones delgadas de muestras del Pozo Pucuna-09- Sección J

Textura General “Sección J”	
Tamaño de grano (armazón): mB- gB	Máximo: mgA (1920 µm)
Fábrica /Estructura:	Arenisca masiva (A), sorting y empaquetamiento moderado.
Mineralogía	
<p>Mineralogía detrítica dominado por cuarzo de granos monocristalinos (libre de inclusiones) y policristalinos (contactos internos rectos). Trazas de granos (disoluciones) se clasifican como plagioclasa/ feldespatos indiferenciados, los feldespatos k se subestiman por la ausencia de tinción, limos poco comunes representados por granos de cuarzo, accesorios en traza por minerales pesados (incluyendo opacos detríticos).</p> <p>Bajas fases diagenéticas, fases de tectosilicatos moderadamente abundantes comprenden sobrecrecimiento de cuarzo (bordes discontinuos de ‘polvo’/ proyecciones), arcillas moderadamente abundantes conformadas por caolinita (muy fina a finamente cristalina con empaquetamiento débil a moderado de unidades de cristales dentro de agregados) rellenando poros y poco frecuente reemplazando granos, los opacos como trazas en proporción clasificados como pirita llenando poros y de reemplazamiento.</p>	
Características del Reservorio	
Porosidad	Moderadamente buena. Dominada por poros intergranulares.
Permeabilidad	Moderadamente buena a buena (enrejado de macroporos interconectados débiles), los poros abiertos tienen gargantas relativamente largas (armazón de arena de grano medio a grueso).



Anexo 19 Geología de Reservorios PCN-014 sección “J” (Sadlok Grzegorz, 2016).

Detalle: Resultados Pozo: Pucuna-07

1	Estas muestras parecen contener dickita como también Caolinita.
2	Dolomita Identificada en las muestras parecen ser débilmente – ferroan.
3	(Nota: Debido a ‘problemas de redondeamiento’ la mineralogía de la Roca Total puede varias de 99.8- 100.2 wt%) y Tr<0.1wt%

Tabla 3: Resultados DRX

ID Muestra		Mineralogía de Roca Total (Peso %)											Mineralogía de Arcillas (Filosilicatos) (Peso % en masa)				
Profundidad (ft)	Cuarzo	Feldespatos K	Plagioclasa	Calcita	Dolomita-Fe	Siderita	Pirita	Yeso	Anatasa	Dawsonita?	Arcilla Total	Ilita/Esmect. (IS)	Ilita & Mica	Caolinita	Clorita	S en IS	
-	9493.0'	94.5	0.1	0.0	0.3	0.5	0.2	0.3	Tr	0.0	0.0	4.1	0.5	0.1	3.5	0.0	75-85%
-	9496.5'	95.5	0.0	0.0	Tr	0.2	0.3	0.5	0.1	0.0	0.0	3.3	0.6	0.2	2.6	0.0	75-85%
4	9513.3'	85.6	1.0	0.0	0.2	0.6	0.9	0.0	0.1	0.0	11.6	0.4	0.5	10.7	0.0	75-85%	
8B	9697.0'-9698.0'	78.6	0.0	0.0	Tr	8.7	0.8	Tr	0.0	0.0	0.1	11.6	0.6	0.3	10.8	0.0	75-85%

Anexo 20. Resultados de cálculo de minerales de Arcillas en % de masa- PCN-07. (Sadlok et al., 2015)

Detalle: Resultados Pozo: Pucuna-09

1	Todas las muestras parecen contener dickita, así como Caolinita.
2	(Nota: Debido a ‘redondeo de número ‘la mineralogía de Roca Total puede variar de 99.8-100.2wt%).
3	Tr<0.1wt%

Tabla 3: Resultados XRD

ID Muestra/ Ref Cliente		Mineralogía Roca Total (% Peso)											Mineralogía de la Arcilla (Filosilicatos) (% Peso en roca total)				
Profundidad (ft)	Cuarzo	Feldspato-K	Plagioclasa	Calcita	Dolomita & Fe-Dolomita	Siderita	Pirita	Marcasita	Meiinterita	Anatasa	Arcilla Total	Ilita/Esmect. (IE)	Ilita & Mica	Caolinita	Clorita	S in IS	
1	9570.10'	90.2	3.1	0.0	0.1	0.2	1.8	Tr	0.0	0.0	Tr	4.5	0.0	0.4	4.1	0.0	-
4	9571.50'	91.3	5.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	Tr	3.2	0.0	Tr	3.2	Tr	-
7	9577.80'	93.2	3.5	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	Tr	2.9	0.0	0.5	2.4	0.0	-
9	9581.25'	90.8	4.8	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	Tr	4.0	0.0	-
13	9781.10'	80.4	Tr	0.0	0.0	0.0	1.8	0.2	0.0	0.0	0.1	17.5	0.0	0.5	16.9	0.0	-
15A	9785.00'-9786.00'	78.3	0.7	0.0	0.0	0.0	0.2	14.8	1.6	0.5	0.0	3.9	0.0	1.1	2.8	0.0	-
17A	9788.00'-9789.00'	87.7	0.3	0.0	0.0	0.0	2.1	Tr	0.0	0.0	0.1	9.8	0.0	0.5	9.3	0.0	-

Anexo 21. Resultados de cálculo de minerales de Arcillas en % de masa PCN-09. (Sadlok et al., 2015)

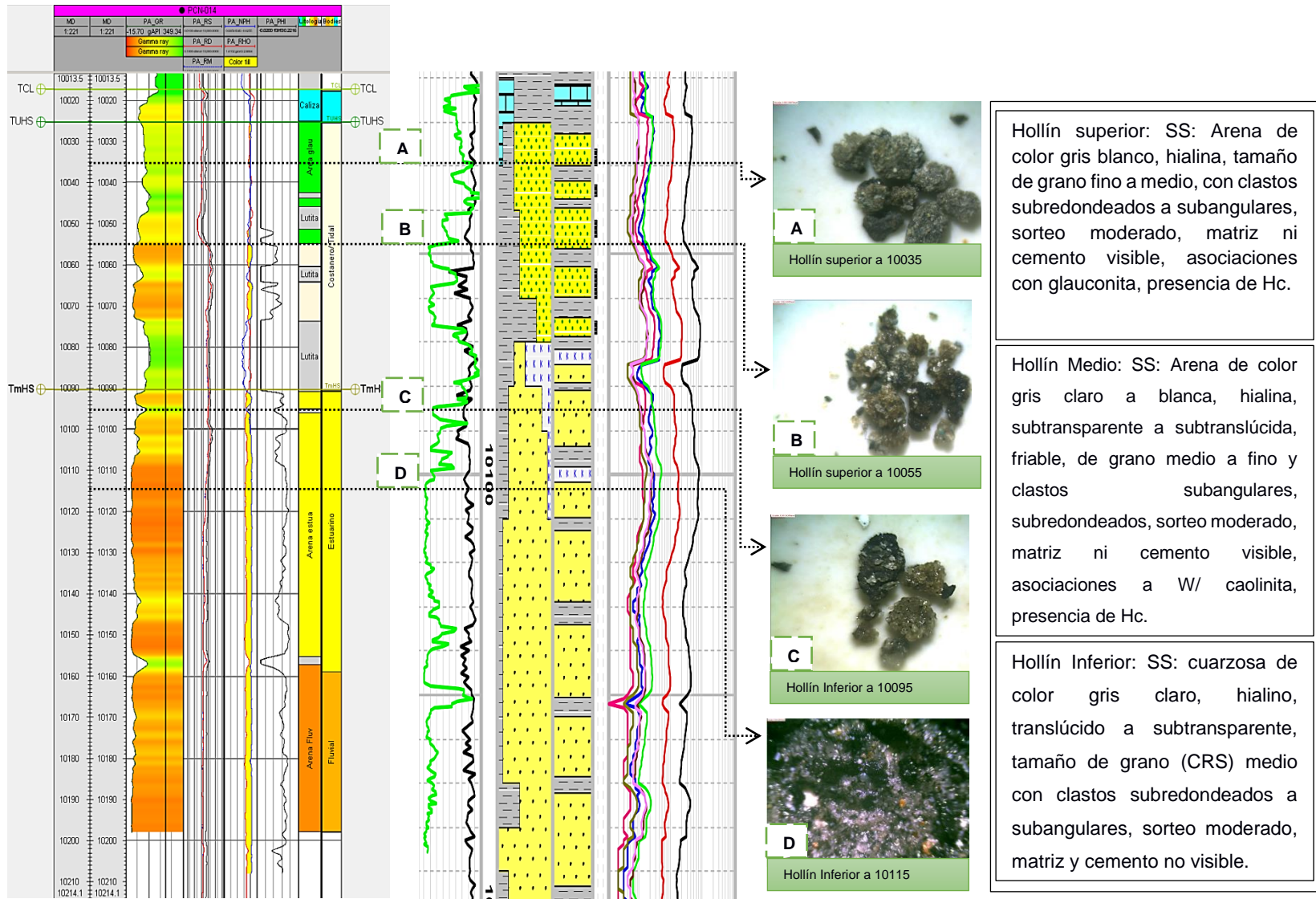
Detalle: Resultados Pozo: Pucuna-014

1	Todas las muestras parecen contener dickita, así como Caolinita.
2	Esta muestra parece contener concentraciones menores de Illita/ Esmectita (I/S) altamente- esmectita mezclada- capeada ordenada alzar.
3	(Nota: Debido a 'redondeo de número 'la mineralogía de Roca Total puede variar de 99.8-100.2wt%) y Tr<0.1tw%

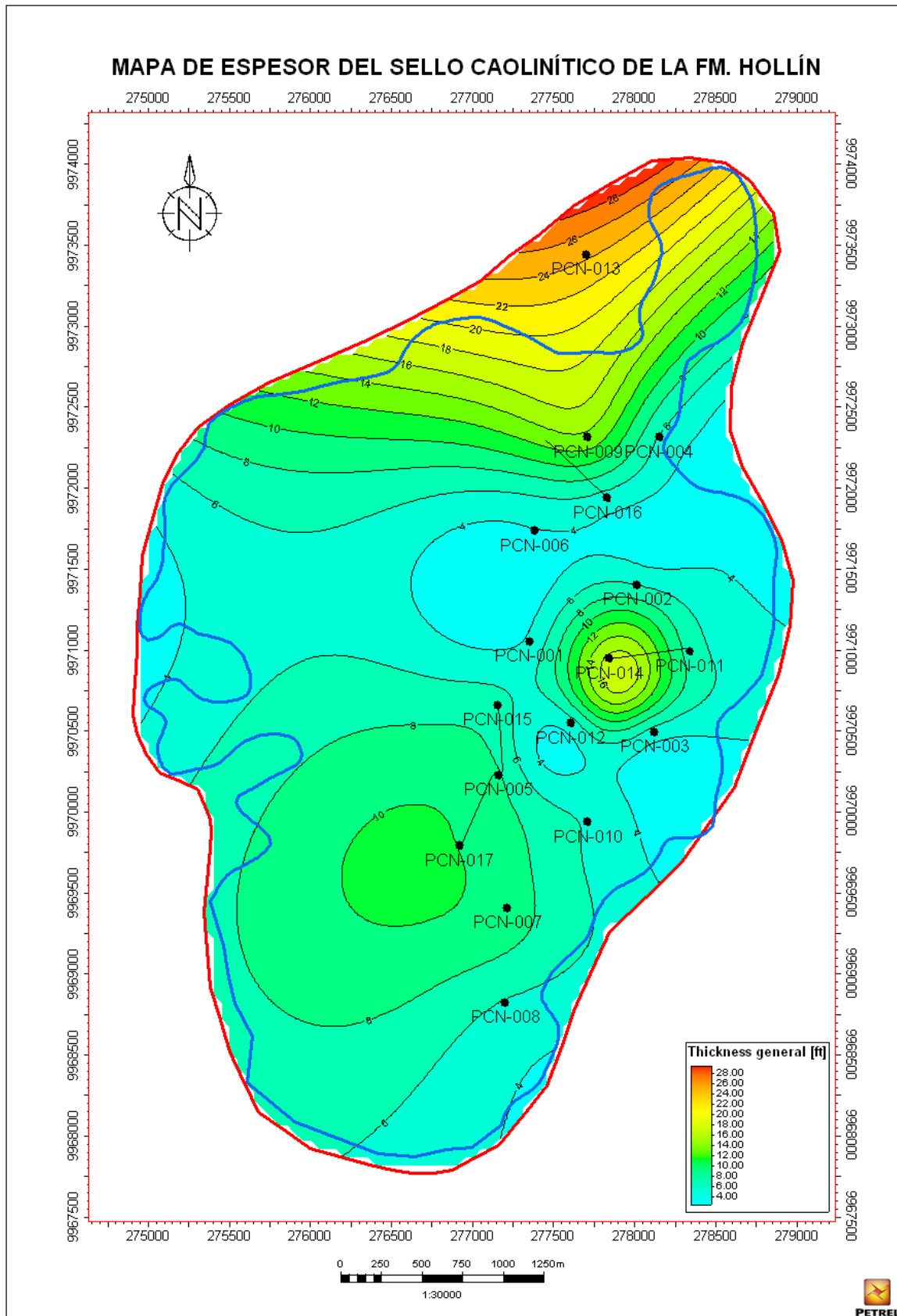
Tabla 3: Resultados DRX

ID Muestra		Mineralogía de Roca Total (Peso %)										Mineralogía de Arcillas (Filosilicatos) (Peso % en masa)				
ID Muestra	Profundidad (ft)	Cuarzo	Feldespato K	Plagioclasa	Calcita	Dolomita-Fe	Siderita	Pirita	Anatasa	Dawsonita?	Arcilla Total	Illita/Esmect. (I/S)	Illita & Mica	Caolinita	Clorita	S en I/S
* 6	10035.0'	75.7	0.6	0.1	Tr	0.9	0.2	0.5	0.2	Tr	21.6	2.8	1.7	17.1	0.0	5-15%
13	10104.0'	88.5	0.3	Tr	0.0	0.0	0.0	4.5	Tr	0.0	6.6	1.2	1.0	4.5	0.0	50-60%
18	10149.0'	94.7	0.2	0.0	Tr	Tr	0.0	Tr	Tr	0.0	5.0	Tr	Tr	5.0	0.0	highly-smect.

Anexo 22. Resultados de cálculo de minerales de Arcillas en % de masa PCN-014. (Sadlok & Johannsson 2016)



Anexo 23. Descripción Litológica del Campo Pucuna PCN-014 con registros eléctricos, master log y muestras de la formación Hollín (Sadlok Grzegorz, 2016; PETROAMAZONAS, 2013).



Anexo 24. Mapa de Espesor del Sello Caolínico donde la línea azul representa el CAP de TmHS y el polígono rojo empleado para poder incluir el pozo PCN-013 que se encontraba fuera del CAP.