

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR
ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**ACTUALIZACIÓN DEL MODELO SEDIMENTOLÓGICO Y
ESTRATIGRÁFICO DEL YACIMIENTO R0-4 HYH0027 EN LAS ARENAS
R0/R1, R2 Y R3/R4 PARA LA EVALUACIÓN DE OPORTUNIDADES DE
DESARROLLO EN LAS COLUMNAS 2 Y 3 DEL CAMPO HUYAPARI,
PERTENECIENTE AL BLOQUE AYACUCHO DE LA FAJA PETROLÍFERA
DEL ORINOCO, ESTADO ANZOÁTEGUI.**

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR LA
BACHILLER BELLORIN F.,
ORIANA A. PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO
GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, OCTUBRE DE 2023

AGRADECIMIENTOS

A Dios, quien me ha guiado a lo largo de todo mi camino.

A mi madre Yadira Ferrer, por todo su amor y quien siempre será mi motivo para seguir adelante.

A mi padre William Bellorin, por todo su cariño y dedicación, por alentarme cada día y orientarme durante mi desarrollo académico.

A mis mejores amigos Jesús y Crismary, por acompañarme en los buenos y malos momentos y apoyarme incondicionalmente.

A mi tutor industrial Pablov Aguilera, por todo su apoyo.

A Petropiar, por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto. Al personal de Estudios Integrados, por su amabilidad y por siempre estar dispuestos a enseñarme y aconsejarme.

A la Universidad de Oriente, profesores y mis compañeros de estudio.

RESUMEN

Este trabajo consiste en la actualización de los modelos sedimentológico y estructural del yacimiento R0-4 HYH0027 (yacimiento medio) dentro del área de las columnas 2 y 3 del campo Huyapari, ubicado en El Tigre, estado Anzoátegui. Dicha investigación corresponde a una de tipo descriptiva y explicativa, mientras que el diseño de esta es de tipo documental. Para llevar a cabo este proyecto se inició con la recopilación de información proveniente de 5 núcleos de pozos presentes en el campo, a partir de los cuales se señalaron las principales características (litología, tamaño de grano, escogimiento, estructuras sedimentarias, fósiles y bioturbación) de los cuerpos presentes en el yacimiento medio, así como también se definieron las facies litológicas, depositacionales y ambientes de depositación. Posteriormente se realizaron correlaciones estratigráficas con la finalidad de elaborar una interpretación paleoambiental a través de mapas de facies. Adicionalmente, se identificaron marcadores estratigráficos que delimitaron las secuencias estratigráficas interpretadas en el intervalo de estudio. Finalmente, se desarrollaron mapas de espesores de arena neta. Los resultados obtenidos indican que se presentan 3 unidades dentro del yacimiento medio correspondientes a AMV-185, AMV-175 y AMV-165, dentro de las cuales se detallaron las subunidades 185, 185.2, 185.1, 175, 165 y 165.1. Estas unidades están asociadas a ambientes de depositación fluvial y deltaico, cuya interpretación paleoambiental indica la presencia, principalmente, de canales fluviales y llanuras de inundación. El intervalo de estudio se encuentra enmarcado por 2 superficies de máxima inundación, asociadas a las superficies AMV-185 y AMV-155, entre las cuales se identificaron un sistema encadenado de nivel bajo, seguido de un sistema encadenado transgresivo. Por último, los mapas isópacos de arena neta indican espesores en un rango de 0 a 75 pies, en donde las subunidades que contienen una mejor distribución de los cuerpos y espesores considerables corresponden a la 165 y 185.1, cuyos espesores promedios aproximados son de 35 y 20 pies, respectivamente.

CONTENIDO

	Página
ACTA DE APROBACIÓN.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN.....	iv
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE APÉNDICES	xi
LISTA DE ANEXOS.....	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Objetivos de la investigación.....	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Justificación de la investigación.....	4
1.4 Alcance de la investigación.....	5
1.5 Limitaciones de la investigación	5
CAPÍTULO II	6
GENERALIDADES	6
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio.....	6
2.1.1 Bloque Ayacucho.....	6
2.1.2 Campo Huyapari	8
2.2 Reseña institucional.....	18
2.2.1 Misión.....	19
2.2.2 Visión.....	19

2.2.3 Política de Gestión	20
2.2.4 Objetivo de la Institución.....	20
CAPÍTULO III	21
MARCO TEÓRICO	21
3.1 Antecedentes de la investigación.....	21
3.2 Fundamentos teóricos	23
3.2.1 Yacimiento.....	23
3.2.2 Sedimentología	23
3.2.3 Estratigrafía.....	24
3.2.4 Ciclos estratigráficos.....	24
3.2.5 Secuencias estratigráficas	24
3.2.6 Límites de secuencia.....	25
3.2.7 Sistemas encadenados o Sistemas sedimentarios (<i>Systems tract</i>)	25
3.2.8 Superficie de inundación	27
3.2.9 Superficie de máxima inundación.....	27
3.2.10 Parasecuencias	28
3.2.11 Facies	28
3.2.12 Ambiente o medio de sedimentación.....	28
CAPÍTULO IV	33
METODOLOGÍA DE TRABAJO	33
4.1 Tipo de investigación	33
4.2 Diseño de la investigación.....	33
4.3 Población de la investigación	34
4.4 Muestra de la investigación.....	34
4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	34
4.6 Etapas de investigación	35
4.6.1 Recopilación de información bibliográfica.....	35

4.6.2	Elaboración de cartas sedimentológicas	36
4.6.3	Representación de facies.....	37
4.6.4	Identificación de los marcadores estratigráficos (SB/MFS/FS) y correlación de estos.....	37
4.6.5	Delimitación y posterior correlación de secuencias estratigráficas, parasecuencias, patrones de apilamiento y sistemas encadenados	38
4.6.6	Elaboración de mapas de espesores para las secuencias estratigráficas	38
CAPÍTULO V	.....	39
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	.....	39
5.1	Unidades y ambientes sedimentarios.....	39
5.1.1	Pozo A5-C01.....	40
5.1.2	Pozo D4-C02.....	42
5.1.3	Pozo E2-C01	42
5.1.4	Pozo F4-C01	43
5.1.5	Pozo I5-C01	43
5.2	Ambientes de depositación.....	43
5.3	Representación y delimitación de los depósitos sedimentarios	46
5.4	Marcadores estratigráficos.....	51
5.5	Mapas de espesor.....	55
5.5.1	Subunidad 165.1	55
5.5.2	Subunidad 165	55
5.5.3	Subunidad 175	56
5.5.4	Subunidad 185.1	56
5.5.5	Subunidad 185.2	56
5.5.6	Subunidad 185	56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	.....	57
Conclusiones	.....	57
Recomendaciones	.....	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	.....	59

APÉNDICES..... 62
ANEXOS 84

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 División del Bloque Ayacucho (Cedeño Maradei, P. J.)	7
2.2 División del campo Huyapari (González, B., 2018).....	9
4.1 Ubicación de la zona de estudio, correspondiente a las columnas 2 y 3 del campo Huyapari, señaladas por el marco azul (Cedeño Maradei, P. J., 2010)	35
4.2 Membrete de las cartas sedimentológicas.....	36
5.1 Pozos con núcleo del campo Huyapari (Henríquez, M. y Martínez, M., 2012).....	40
5.2 Líneas de secciones estratigráficas. El pozo E2-C01 corresponde al punto de color rojo.....	46
5.3 Detalle de las superficies adicionales identificadas en el pozo E2- C01 (correspondientes a las líneas punteadas)	47
5.4 Ubicación de las secciones estratigráficas representativas del área de estudio.....	48
5.5 Ejemplos de electrofacies identificadas, asociadas a canales (fluviales o distributarios, según sea el caso)	49
5.6 Ejemplos de electrofacies identificadas como llanuras (de inundación o deltaicas, según el caso)	50
5.7 Ejemplo de un patrón asociado a barras	50
5.8 Abanico de rotura, resaltado en color anaranjado	51
5.9 Marcadores estratigráficos y sistemas encadenados identificados en el área productora del campo Huyapari	52

LISTA DE TABLAS

	Página
2.1 Unidades, arenas y yacimientos del campo Huyapari	12
5.1 Facies y ambientes depositacionales presentes en el yacimiento medio del campo Huyapari	45

LISTA DE APÉNDICES

	Página
A. TABLA RESUMEN DE LOS POZOS CON NÚCLEO	63
A.1 Tabla con información resumida de los núcleos	64
B. CARTAS SEDIMENTOLÓGICAS	67
B.1 Carta sedimentológica del núcleo A5-C01	68
B.2 Carta sedimentológica del núcleo D4-C01	69
B.3 Carta sedimentológica del núcleo E2-C02	70
B.4 Carta sedimentológica del núcleo F4-C01	71
C. CORRELACIONES ESTRATIGRÁFICAS	72
C.1 Correlación estratigráfica de la sección 2 (A-A')	73
C.2 Correlación estratigráfica de la sección 4 (B-B')	74
C.3 Correlación estratigráfica de la sección 6 (C-C')	75
C.4 Correlación estratigráfica de la sección 11 (D-D')	76
C.5 Correlación estratigráfica de la sección 16 (E-E')	77
D. MARCADORES ESTRATIGRÁFICOS	78
D.1 Marcadores estratigráficos de la sección 2 (A-A')	79
D.2 Marcadores estratigráficos de la sección 4 (B-B')	80
D.3 Marcadores estratigráficos de la sección 6 (C-C')	81
D.4 Marcadores estratigráficos de la sección 11 (D-D')	82
D.5 Marcadores estratigráficos de la sección 16 (E-E')	83

LISTA DE ANEXOS

	Página
1 Mapa estructural de la superficie 155	86
2 Mapa estructural de la superficie 165.1	88
3 Mapa estructural de la superficie 165	90
4 Mapa estructural de la superficie 175	92
5 Mapa estructural de la superficie 185.1	94
6 Mapa estructural de la superficie 185.2	96
7 Mapa estructural de la superficie 185	98
8 Mapa de paleoambiente de la subunidad 165.1	100
9 Mapa de paleoambiente de la subunidad 165	102
10 Mapa de paleoambiente de la unidad 175	104
11 Mapa de paleoambiente de la subunidad 185.1	106
12 Mapa de paleoambiente de la subunidad 185.2	108
13 Mapa de paleoambiente de la subunidad 185	110
14 Mapa isópaco de arena neta de la subunidad 165.1	112
15 Mapa isópaco de arena neta de la subunidad 165	114
16 Mapa isópaco de arena neta de la unidad 175	116
17 Mapa isópaco de arena neta de la subunidad 185.1	118
18 Mapa isópaco de arena neta de la subunidad 185.2	120
19 Mapa isópaco de arena neta de la subunidad 185	122

INTRODUCCIÓN

El campo Huyapari pertenece a la empresa mixta Petropiar, y este se encuentra ubicado en el estado Anzoátegui, cerca de la ciudad de El Tigre. El presente trabajo de investigación tiene como finalidad actualizar y complementar los modelos sedimentológico y estratigráfico de una porción del campo Huyapari, para que, de esta forma, se cuente con una mayor certidumbre de la descripción y distribución de los cuerpos objetivos para la producción de estos.

Para llevar a cabo el propósito previamente mencionado, se inició recopilando información proveniente de los núcleos de pozos, para posteriormente establecer las facies depositacionales y ambientes de depositación asociados a los cuerpos presentes en el campo. De igual forma, se realizaron correlaciones estratigráficas dentro de la zona de interés para establecer la continuidad lateral de los cuerpos, a partir de las cuales se generaron mapas de paleoambiente, que permitieron describir las facies presentes en el área. Seguidamente, se identificaron y delimitaron los marcadores estratigráficos y consecuentes sistemas encadenados que se presentan en el campo. Por último, se elaboraron mapas isópacos de arena neta.

De forma general, este trabajo se encuentra estructurado de la siguiente manera:

En el capítulo I se expone la situación a investigar, donde se incluye el objetivo general y los objetivos específicos, la justificación de la investigación y el alcance de esta, así como también las limitaciones presentadas al momento de realizar el trabajo.

El capítulo II está centrado, principalmente, en la descripción del área de estudio, se detalla su ubicación, sedimentología, estratigrafía y geología estructural, así como también se incluye una descripción de los yacimientos que lo conforman. Por otra parte, se incluye información referente a la empresa en la que se realizó el trabajo.

En el capítulo III se incluyen las bases de la investigación, tales como los antecedentes y los fundamentos teóricos, en donde se establecen términos relativos al tema a tratar

En el capítulo IV se presenta la metodología seguida para llevar a cabo este trabajo,

El capítulo V presenta los resultados del proyecto y los respectivos análisis generados a partir estos. Por último, se cuenta con las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

El yacimiento R0-4 HYH0027 está conformado por varias unidades sedimentarias (arenas) que tiene su origen en la depositación de sedimentos provenientes del Cratón de Guayana. La continuidad y disposición de los cuerpos que conforman estas arenas se encuentra definida actualmente con base en unidades de 4-5to orden (parasecuencias). El avance de la explotación del yacimiento, los resultados observados y planes conllevan a la necesidad de realizar una delimitación detallada de los cuerpos genéticamente relacionados para obtener mapas o volúmenes que representen mejor la distribución de las arenas objetivo en el desarrollo del campo.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Actualizar el modelo sedimentológico y estratigráfico del yacimiento R0-4 HYH0027 para la evaluación de oportunidades de desarrollo en las arenas R0/R1, R2 y R3/R4 del campo Huyapari, perteneciente al Bloque Ayacucho de la Faja Petrolífera del Orinoco, estado Anzoátegui.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Identificar las unidades sedimentarias y ambientes con base en la descripción, estudios y análisis de núcleos existentes.

2. Definir la geometría externa de los depósitos sedimentarios, su orientación y distribución areal.

3. Validar los marcadores estratigráficos (SB, MFS, FS) con la información de núcleos.

4. Correlacionar secuencias de tercer orden, sistemas encadenados y parasecuencias.

5. Elaborar mapas de espesor de las unidades sedimentarias y parasecuencias correlacionadas.

1.3 Justificación de la investigación

En todo campo existe la necesidad de mantener actualizada y complementar la caracterización geológica, así como realizar continuas revisiones de esta. El Modelo Estratigráfico y Modelo Sedimentológico conforman las bases para la definición y delimitación de las secuencias presentes por lo que su impacto en la caracterización es notable y a partir de ellos se desprenden la descripción y caracterización de otros aspectos geológicos del subsuelo. Dentro del Plan de Negocio vigente para el campo Huyapari, se proyecta continuar el desarrollo de los 3 yacimientos presentes en el área, especialmente en el yacimiento R0-4 HYH0027, donde las actividades planificadas en él representan más del 50% de las restantes para el periodo 2024-2032. Entre ellas, 17 macollas propuestas están dentro del área de las columnas 2 y 3, con un total de 120 planes. Como una manera de reducir la incertidumbre en la distribución y existencia de arena con calidad para ser explotada se requiere realizar la Revisión Estratigráfica y Sedimentológica del yacimiento R0-4 HYH0027 en las columnas 2 y 3 dentro del área asignada a la empresa mixta para lo cual se diseña este trabajo de investigación.

1.4 Alcance de la investigación

El presente proyecto de investigación contempla la evaluación del yacimiento medio del campo Huyapari, desde el punto de vista sedimentológico y estratigráfico, lo cual comprende la clasificación de facies e identificación de unidades sedimentarias para representar los depósitos sedimentarios (geometría externa, orientación y distribución areal). Por otra parte, incluye la selección de marcadores estratigráficos (SB/MFS/FS), delimitación de secuencias estratigráficas, parasecuencias, patrones de apilamiento y sistemas encadenados, para posteriormente plasmarlos en mapas.

1.5 Limitaciones de la investigación

a. Información. Al realizar un modelo sedimentológico y estructural se parte del material referente a los núcleos de pozos, el cual en este caso particular es escaso, al igual que sucede con las muestras de pared de pozos. Por otra parte, no se cuenta con muestras de canal ni imágenes de pared de los pozos, los cuales resultarían de utilidad y complemento para el análisis de facies.

b. Software especializado. Las licencias de estos no fueron accesibles siempre que estos se requerían para el desarrollo del trabajo de investigación.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

2.1.1 Bloque Ayacucho

Esta área se encuentra en la zona central de la Faja Petrolífera del Orinoco y al Sur de la Cuenca Oriental de Venezuela. Específicamente abarca el estado Anzoátegui, entre la ciudad El Tigre y el Río Orinoco. Limita por el Norte con los campos Yopales Sur, Miga, Melones, Adas y Lejos, hacia el Sur con el Río Orinoco, por el Este con el Bloque Carabobo y por el Oeste con el Bloque Junín.

El Bloque Ayacucho se encuentra dividido en 25 cuadrángulos (Figura 2.1), los cuales están identificados desde la “A” hasta la “Y”, en representación de los nombres de cada uno. Estos cuadrángulos son: Arecuna, Base, Cariña, Dobokubi, Eñepa, Farante, Guahibo, Huyapari, Irapa, Japreria, Kuripaco, Lache, Makiritare, Ninan, Orechicano, Piaroa, Quiriquire, Rionegrino, Sanama, Taurepaco, Uaica, Viakchi, Xamatari y Yaruro.

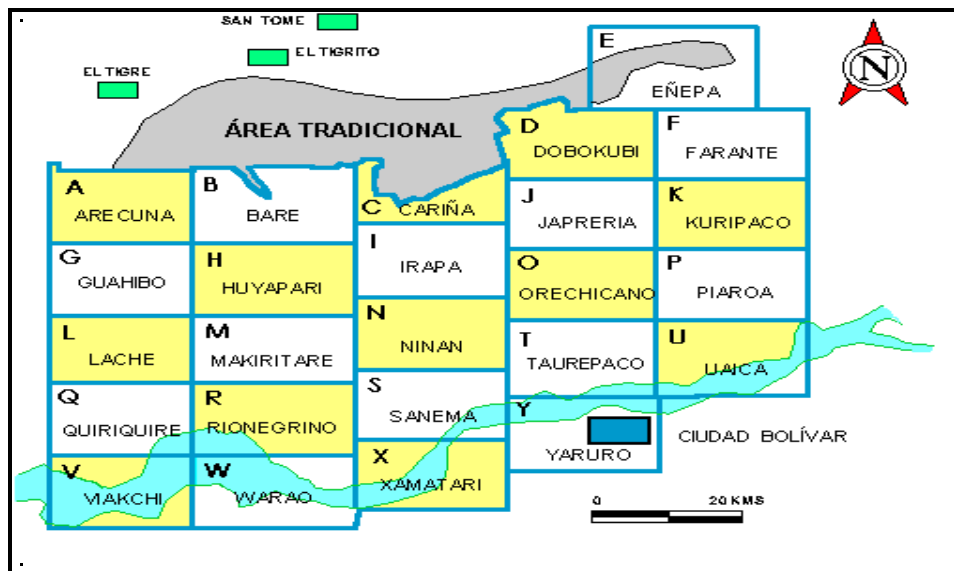


Figura 2.1. División del Bloque Ayacucho (Cedeño Maradei, P. J.)

Estratigráficamente, el área de Ayacucho está constituida por una cuña de rocas sedimentarias que se engrosa e inclina hacia el Norte, las cuales suprayacen al basamento ígneo – metamórfico de edad Precámbrico (Rivas, G., 2014). La columna estratigráfica de esta área abarca desde el Pre-Cámbrico, representado por el Basamento, hasta el Pleistoceno, incluyendo las Formaciones: Merecure, Oficina, Freites, Las Piedras y Mesa.

2.1.2 Campo Huyapari

El campo Huyapari se encuentra localizado en la zona centro-Occidental del Bloque Ayacucho y está delimitado en el Norte por el campo Bare, al Sur por el campo Makiritare, al Este por los campos Irapa y Nian y al Oeste por los campos Guahibo y Lache. Este, abarca una superficie de extensión de 463,07 km² y presenta acumulaciones de petróleo extra-pesado con una gravedad comprendida entre 8 – 9° API (Rivas G., 2014).

El terreno perteneciente al campo Huyapari se encuentra dividido en una serie de bloques denominados macollas, con un área de 4,5 km x 1,5 km y estas están organizadas por filas que van desde la “A” a la “L” y columnas del 1 al 6 (Figura 2.2). En estas macollas se ubican desde 5 hasta 13 arreglos de pozos, los cuales están organizados con un espaciamiento lineal en superficie de 10 – 15 m.

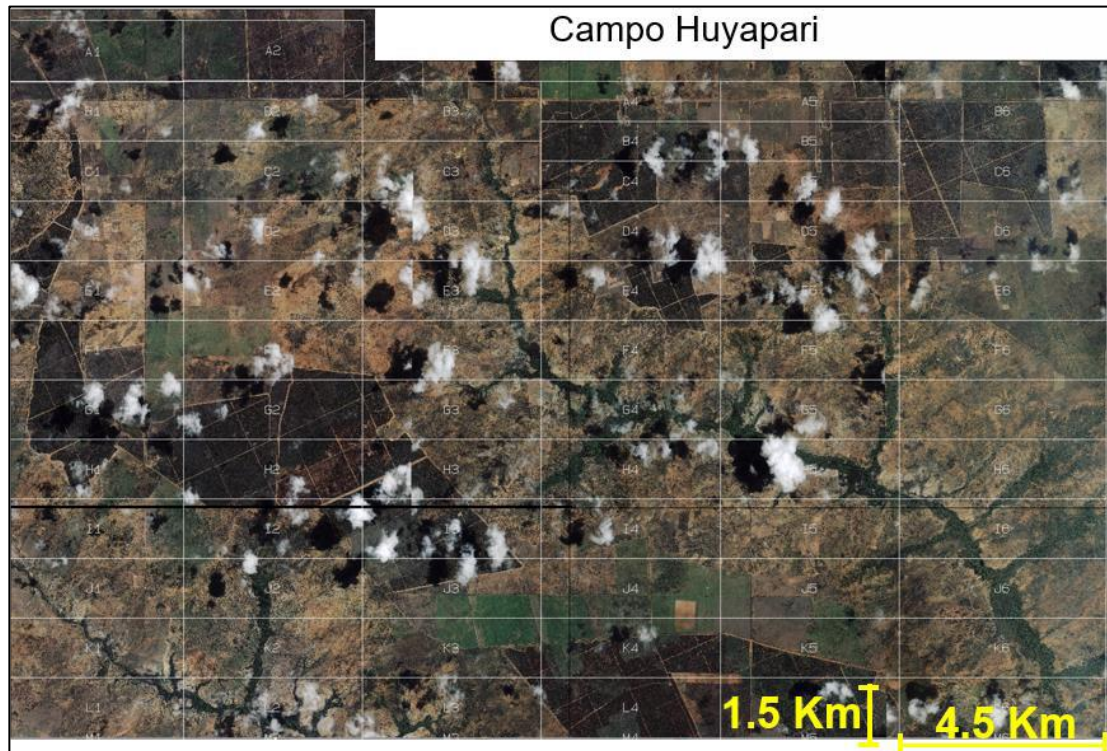


Figura 2.2. División del campo Huyapari (González, B., 2018).

Actualmente, el campo Huyapari cuenta con 223 pozos estratigráficos, 1008 pozos productores y 993 ramales de investigación.

2.1.2.1 Sedimentología

Cedeño Maradei P. J. (2014) señala que, en el campo Huyapari, las reservas petrolíferas de interés se encuentran localizadas en las arenas de las Formaciones Oficina (Mioceno) y parte de la Formación Merecure (Oligoceno). Estas reservas recuperables están, en su mayoría, contenidas en arenas de canal depositadas en ambientes de llanura costera inferior y llanura deltaica. Adicionalmente a los procesos fluviales actuantes, los procesos de marea también influyeron en la depositación de canales, específicamente en los de llanura deltaica. La depositación del campo tiene una dirección preferencial Sur – Norte, con una sedimentación típicamente agradante, lo cual es característico de un sistema transgresivo.

Los canales dominados por procesos fluviales presentan arenas con tamaños variados (de fino a grueso), llegando a encontrarse guijarros con tamaños de hasta 8 cm. En cuanto a los canales influenciados por procesos de marea, se presentan intercalaciones de arenas y arcillas del tipo montmorilloníticas, illíticas, cloríticas y caoliníticas (producto de la meteorización tropical del Escudo de Guayana).

En el campo Huyapari se presentan diversos tipos de depósitos de acumulación de arenas, entre en ellos se encuentran (González, B., 2018):

1. Canales individuales, que poseen unidades de arenas con espesores de 25' – 50', las cuales son interpretadas como barras acumuladas en la base de los canales y como barras agradacionales, que corresponden a acumulaciones laterales. Este tipo de canales son depositados por meandros fluviales, comprendidos por cientos de metros a varios kilómetros de ancho.

2. Sistemas de canales estrechos, característicos de canales de ambiente fluvial y/o deltaico.

3. Sistemas de canales más extensos lateralmente, que pueden ser típicos de meandros de canales fluviales de la llanura costera o de los canales de sistemas de marea (debido a la energía de esta).

4. Canales amalgamados, conformados por sistemas de múltiples canales sobrepuestos y unidos, los cuales forman capas de arenas con extensiones laterales desde 2 hasta 20 km y longitudes de decenas de kilómetros. Estos constituyen las mejores zonas de los yacimientos, ya que los canales amalgamados erosionan otros complejos de canales amalgamados más viejos, por lo que las arenas se encuentran en comunicación lateralmente, lo cual contribuye a la acumulación de hidrocarburos.

5. Abanicos de rotura, frente deltaico y complejos de deltas marinos, conformados por depósitos significativos de arena, que pueden encontrarse en determinadas zonas del área de estudio. Se hace alusión a estos tipos de depósitos como “abanicos de rotura”, debido a que sus procesos de depositación son similares y, por ende, las características de las arenas resultantes lo serán de igual forma. Estos cuerpos de arena son extensos lateralmente, con un espesor aproximado de 1 – 5 metros y decenas de kilómetros de longitud. Poseen una menor calidad de almacenamiento para los yacimientos, en comparación con los complejos principales de canales.

2.1.2.2 Estratigrafía

De acuerdo con Cedeño Maradei, P. J, el área operacional del campo Huyapari se encuentra comprendida por tres yacimientos primordiales de reservas (denominados inferior, medio y superior), los cuales presentan lutitas marinas depositadas durante periodos de máxima superficie de inundación como principales unidades sellantes entre ellos. A su vez, estos yacimientos se encuentran subdivididos por unidades, cuya nomenclatura se denota de la siguiente manera:

1. xx5: corresponden a inundaciones menores dentro de las secuencias de tercer orden.

2. x55: corresponden a máximas inundaciones dentro de las secuencias de tercer orden.

3. x00: discordancias o truncamientos que limitan las secuencias de tercer orden.

En la Tabla 2.1 se mencionan las unidades que comprenden al campo Huyapari, así como también las Arenas y Yacimientos a los cuales pertenecen.

Tabla 2.1 Unidades, arenas y yacimientos del campo Huyapari.

Edades		Formación	Yacimiento	Arena	Unidad
Cenozoico	Mioceno medio	Fm. Oficina	Superior	K	AMV-255
				L	AMV-245
				M/N	AMV-235
				O/P	AMV-200
			Medio	R0/R1	AMV-185
				R2	AMV-175
				R3/R4	AMV-165
	Mioceno inferior	Fm. Oficina	Inferior	S	AMV-155
				TU	AMV-145
				TL	AMV-144
				U1	AMV-135
	Oligoceno	Fm. Merecure		U2/U3	AMV-125

2.1.2.3 Descripción de los yacimientos

Según indica García, G. (2016), las áreas productoras del campo Huyapari están conformadas de la siguiente manera:

❖ Yacimiento superior: conformado por las arenas K, L, M/N y O/P, de la Formación Oficina, de edad Mioceno Medio. Este intervalo representa un sistema encadenado de baja energía.

A continuación, se describen las arenas que lo comprenden, de base a tope:

Arenas O/P (base del intervalo):

1. Originadas por un aumento leve del nivel de mar.
2. Se presentan como una unidad deltaica sobrepuesta, dominada por frentes de deltas y estrechos sistemas de canales, de distribución compleja.
3. Tasa baja de aporte de sedimentos, conformadas por arenas de poco espesor y lutitas masivas.

Arenas N/M (suprayacente discordantemente a las arenas O/P):

1. Representan una parasecuencia o superficie de inundación.
2. Conformada principalmente por areniscas masivas transgresivas y lutitas de poco espesor, están dominadas por sistemas de canales fluviales, serpenteantes, complejos, depositados en un ambiente de llanura deltaica, con evidencia ocasional de actividad de marea.

Arena L (suprayacente concordantemente a las arenas N/M, conforma el tope del intervalo):

1. Representa otra superficie secundaria de inundación.

2. Conformada principalmente de lutitas y arenas poco masivas, progradantes, que fueron depositadas en sistemas de canales con influencia fluvial y de marea, asociados con abanicos.

3. Representa una superficie causada por un aumento máximo del nivel del mar, con una tasa de aporte de sedimentos baja.

❖ Yacimiento medio: intervalo conformado por las arenas R0/R1, R2 y R3/R4 de la Formación Oficina, de edad Mioceno Medio.

Este representa un sistema encadenado de baja energía. Está constituido por las siguientes arenas, descritas de base a tope:

Arenas R3/R4 (base del intervalo):

1. Tienen como origen un aumento del nivel del mar.

2. Aporte de sedimentos conformados por una secuencia de areniscas masivas progradantes y la intercalación de lutitas y areniscas transgresivas.

3. Representada en complejos canales serpenteantes, lateralmente extensivos, que contiene evidencia de actividad fluvial y de marea.

Arena R2 (suprayacente concordantemente a las arenas R3/R4):

1. Representa un sistema de canales fluviales con dominio de mareas, complejos y menos extensivo que los de la arena R3/R4.
2. Conformada principalmente de areniscas transgresivas y lutitas.

Arenas R0/R1 (suprayacente concordantemente a la arena R2, tope del intervalo):

1. Representan un complejo sistema de canales o parte de un sistema regional de canales, los cuales, en la mayor parte del campo se presentan coalescente, con dirección Sur – Norte, dominada por bandas de canales estrechos, con radios de poco espesor/profundidad y abundante evidencia de actividad fluvial y corrientes de marea.
2. Es un complejo deltaico altamente constructivo dominado por las mareas, desarrollado al final del sistema transgresivo.

❖ Yacimiento inferior: está conformado por las arenas S, T, U1 de la Formación Oficina, de edad Mioceno Inferior, y por las arenas U2/U3 de la Formación Merecure, de edad Mioceno Inferior. Representa un sistema transgresivo de baja energía que se acuña al basamento desde el Norte al Sur de la Cuenca Oriental.

Arena S (base del intervalo):

1. Representa una superficie de máxima inundación, una superficie transgresiva marina, a menudo fuertemente cementada con carbonato, y es la base de una unidad marina de lutita que generalmente es de entre 15 y 40 pies de espesor, su espesor varía, ya que este sello de lutita marina es localmente erosionado por un límite en la secuencia de la arena R3/R4 de la Formación Oficina.

Arenas T y U1:

1. Se presentan como unas superficies de inundación.

2. Depositadas en sistemas transgresivos, masivos, en canales, abanicos fluviales y ambientes de abanicos de frentes deltaicos.

3. Representadas por estuarios y sistemas de canales con influencia de marea, conformadas principalmente por una secuencia de arenas masivas con intercalaciones lutíticas, que en algunas zonas del campo Huyapari, se presentan coalescentes.

Arenas U2/U3:

1. Superficie particularmente compleja que correlaciona con el tope de la Formación Merecure.

2. Depositadas en sistemas complejos de canales fluviales, serpenteantes, con facies de abanico de rotura de menores.

3. Representa una zona de intensos procesos de formación de suelo meteorizado que probablemente marcan un periodo largo sin depositación en un ambiente de llanura costera, suprayacente se encuentran lignitos y lutitas que marcan el principio de un periodo de aumento del nivel del mar.

4. La superficie puede representar un horizonte por exposición sub-areal, erosión o cambio de facies, es decir, un límite de secuencia, correspondiente a la zona de desarrollo del suelo meteorizado, por debajo de las arenas U2/U3. Pero también representa un periodo de sedimentación rápida, solapándose durante un aumento rápido del nivel del mar, esto de acuerdo con las lutitas y lignitos suprayacentes.

5. Conformada principalmente por arenas masivas de hasta más de 100 pies de espesor.

2.1.2.4 Geología estructural

La estructura del campo Huyapari consiste en un monoclinal fallado, con buzamiento al Norte, el cual está dominado por tensiones compresionales, provocando fallas principales con una orientación N 65° E y una segunda familia con rumbo N 25° O (Henríquez, M. y Martínez, M., 2012).

2.2 Reseña institucional

González, B. (2018) indica que Petróleos de Venezuela, S.A (PDVSA) es una empresa creada en el año 1975 por el Estado venezolano. Esta se dedica a la planificación, supervisión y control de las actividades nacionales e internacionales que estén relacionadas con la exploración, producción y comercialización de hidrocarburos en el país. Específicamente, sus operaciones incluyen la exploración, producción y mejoramiento de crudo y gas natural; la refinación, transporte y mercadeo de crudo y productos refinados; y el procesamiento, transporte y mercadeo de gas natural.

PDVSA cuenta con empresas filiales, así como también participa en asociaciones realizadas con empresas locales y extranjeras. En el año 1997, PDVSA firma un convenio de Asociación Estratégica con las empresas Phillips y Texaco, a partir del cual se inicia la exploración, producción y comercialización del campo Hamaca y parte Norte del campo Makiritare. Este proceso fue manejado por AMERIVEN.

Posteriormente, en el año 2007, concluye y se disuelve el acuerdo pautado, por lo que la Petrolera AMERIVAN pasa a ser la Empresa Petropiar y el campo Hamaca cambia su nombre a campo Huyapari, los cuales prevalecen hasta hoy en día.

Petropiar es una empresa mixta que se encarga del manejo (explotación, producción, procesamiento y comercialización) de los hidrocarburos extraídos del campo Huyapari. La propiedad de la empresa la comparte PDVSA (con un 70% de capital accionario) y Chevron (con el 30% restante).

2.2.1 Misión

Ser una empresa mixta, adscrita a la Corporación Venezolana del Petróleo (CVP), socialmente responsable y comprometida con el desarrollo del Plan de la Patria, dedicada a la exploración, producción, mejoramiento y comercialización de crudo extrapesado; con un equipo de profesionales, quienes ejecutan un trabajo de forma eficiente, eficaz, segura, confiable y cumpliendo con los parámetros de preservación del ambiente en beneficio de la nación y socios.

2.2.2 Visión

Ser una empresa mixta de exploración, producción, mejoramiento y comercialización de crudo extrapesado; reconocida en el ámbito nacional e internacional por su excelente gestión en materia de hidrocarburos, destacándose por su aporte social y cooperación con el desarrollo del Estado Venezolano, dando fiel cumplimiento a los objetivos estratégicos de la Nación y garantizando la Plena Soberanía Petrolera.

2.2.3 Política de Gestión

PDVSA Petropiar es una empresa mixta que garantiza la extracción, producción, mejoramiento y comercialización de crudo extrapesado, de acuerdo a los estándares internacionales de calidad; y que de manera responsable, confiable, segura y rentable, cumple los requisitos legales y reglamentos aplicables, velando por la seguridad integral de su talento humano, preservando el ambiente y con el firme compromiso de satisfacer las necesidades de nuestros clientes, proveedores y partes interesadas, para de esta manera cumplir las normas ISO 9001, ISO 14001 y el Sistema Integrado de Gestión de Riesgos SIR PDVSA vigentes, asegurando así el desarrollo económico, social y tecnológico de la patria venezolana.

2.2.4 Objetivo de la Institución

La empresa Petropiar, tiene como objetivo realizar la explotación de crudos extra-pesados mediante producción en frío a través de pozos horizontales perforados, combinado con el uso de diluyente, (Nafta de 47° API) mezclado con crudo en superficie (8,5° API), creando una mezcla de crudo diluido de 15° API reduciendo así los costos de producción y facilitando el transporte del mismo hacia el complejo mejorador Petropiar José Antonio Anzoátegui en Puerto la Cruz, donde será llevado a través de diversos procesos de refinación a una gravedad de 26°, el cual se comercializa a un mejor precio de venta en los mercados mundiales, cumpliendo con los requisitos de las normas ISO 9001-2008, ISO 14001-2004 y el Sistema Integrado de Gestión de Riesgos (González, B., 2018).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Steven Johansen, S. (2000), describió el modelo sedimentológico y estratigráfico comprendido para un área que incluye parte del campo Bare y el campo Huyapari. En este, realizó correlaciones basándose en 160 pozos que se encontraban dentro del área de estudio y, adicionalmente, identificó las superficies del modelo en 40 pozos extras que se encontraban fuera del área de interés. Reconoció tres intervalos estratigráficos en los que se encuentran reservas de petróleo (abarcando 750 pies, aproximadamente), estos son:

1. Intervalo basal rico en arena, depositado en canales fluviales y abanicos aluviales.

2. Intervalo medio rico en lutitas, depositado principalmente en canales distributarios deltaicos, canales fluviales de planicies deltaicas y abanicos deltaicos.

3. Intervalo superior rico en arena, depositado principalmente en canales fluviales y abanicos deltaicos.

A su vez, estos intervalos son subdivididos en parasecuencias más pequeñas, que son separadas por superficies de aumento relativo en el nivel base (un delicado balance entre el suministro de sedimentos, subsidencia y cambios en el nivel del mar), inconformidades u otras superficies de sedimentación lenta.

Por otra parte, el autor reconoció, de forma simplificada, cinco facies en el área de estudio:

Facies 1: Fluvial, dominado por la carga de fondo.

Facies 2: Fluvial de carga mixta.

Facies 3: Abanicos de rotura limpio, abanico deltaico y canales distributarios.

Facies 4: Abanicos de rotura arcillosos.

Facies 5: Llanuras aluviales, cuencas de inundación, pantanos de lignito y arcillas marinas.

Henríquez, M. y Martínez, M. (2012), realizaron una evaluación estratigráfica del campo Huyapari. Para ello, estos autores delimitaron secuencias estratigráficas de tercer orden (de acuerdo con la escuela de Galloway) e identificaron dentro de cada una de estas los patrones de apilamiento característicos de los mismos. Posteriormente, definieron los sistemas encadenados y los correlacionaron al resto de pozos. Dentro de las mismas secuencias, a su vez, ubicaron las superficies estratigráficas presentes (correspondientes a superficies de inundación), a partir de las cuales determinaron secuencias estratigráficas de cuarto y quinto orden (parasecuencias).

En cuanto a la zona de interés del presente trabajo, correspondiente al yacimiento medio, los autores previamente citados indican lo siguiente con respecto a las unidades que lo conforman:

1. Arenas R3/R4 (Unidad AMV-165): Es una unidad transgresiva con un patrón progradante, representa una superficie de inundación y su ambiente de depositación es deltaico, principalmente.

2. Arenas R2 (Unidad AMV -175): Es una unidad transgresiva con un patrón retrogradante, representa una superficie de inundación y podría interpretarse como un sistema encadenado de baja energía (LST), pero muy corta. Por otra parte, el ambiente de depositación es principalmente de tipo fluvial.

3. Arenas R0/R1 (Unidad AMV-185): Es una unidad transgresiva con un patrón retrogradante, representa una superficie de máxima inundación y su ambiente de depositación es de tipo fluvial, principalmente.

3.2 Fundamentos teóricos

3.2.1 Yacimiento

Unidad natural de producción, acumulación de petróleo en el subsuelo, que tiene límites definidos y es impermeable a los fluidos confinados. Un campo puede estar formado por uno o varios yacimientos (Martínez, A. R., 1997)

3.2.2 Sedimentología

Rama de la Geología que se encarga de estudiar los procesos de formación, transporte y depositación material que se acumula como sedimento en ambientes continentales y marinos, y que eventualmente forman rocas sedimentarias. Se encarga de interpretar y reconstruir los ambientes sedimentarios del pasado. Se encuentra estrechamente ligada a la Estratigrafía (Revista Ciencias de la Tierra, 2023).

3.2.3 Estratigrafía

De acuerdo con los autores Corrales Zarauza, I., Rosell Sanuy J., Sanchez De la Torre, L., Vera Torres, J. A., y Vilas Minondo, L. (1977), la Estratigrafía se define como “el estudio e interpretación de los procesos registrados en las sucesiones sedimentarias, que van a permitir, además de conocer la naturaleza y disposición de las rocas estratificadas, la correlación, tanto de los materiales como de los sucesos, y una ordenación temporal correcta de la secuencia de materiales y sucesos”.

3.2.4 Ciclos estratigráficos

Originados por los cambios del nivel del mar. Dependiendo de la duración del ciclo, se clasifican en 1°, 2°, 3°, 4° y 5° orden. Estos ciclos generan, a su vez, las secuencias estratigráficas, las cuales representan un proceso sedimentario limitado en la base y en el tope por discordancias. Por lo tanto, mientras más amplio sea el ciclo estratigráfico, mayor será el número de secuencias estratigráficas que presente (Méndez Baamonde, J., 2009).

3.2.5 Secuencias estratigráficas

Sucesión relativamente concordante de estratos ligados genéticamente y limitados por discontinuidades o sus concordancias correlativas. Corresponde al conjunto de sedimentos depositados en un ciclo completo de cambio de nivel de base o de movimiento de la línea de costa. Estas secuencias están conformadas por los sistemas sedimentarios (Marocco, R., 2009).

3.2.6 Límites de secuencia

Los límites de las secuencias derivados del descenso relativo del nivel del mar son de dos tipos (Méndez Baamonde, J., 2009):

Discordancia tipo 1. Cuando el descenso del nivel del mar es interpretado como mayor que la subsidencia y la exposición subaérea puede abarcar la plataforma y parte del talud. Se producen procesos de erosión y meteorización, rejuvenecimiento de las corrientes de agua, así como desplazamiento hacia la cuenca de las facies litorales.

Discordancia tipo 2. Se produce cuando la tasa de descenso del nivel del mar es menor que la de subsidencia. Se produce una exposición parcial de la plataforma, con procesos de erosión y meteorización locales. También se produce un desplazamiento de las facies litorales hacia el borde de la plataforma y la cuenca, sin llegar hasta su límite.

3.2.7 Sistemas encadenados o Sistemas sedimentarios (*Systems tract*)

De acuerdo con Méndez Baamonde, J. (2009), los sistemas encadenados son sucesiones de estratos genéticamente relacionados y depositados en condiciones ambientales o sedimentarias específicas (fluviales, deltaicos, estuarios, líneas de costa, entre otros). Se reconocen cuatro sistemas:

1. Sistemas transgresivos. Es el sistema depositacional originado durante el aumento eustático o relativo de nivel del mar. Situado en la parte media de las secuencias de tipo 1 y 2.

Al subir el nivel del mar, los valles y canales fluviales sobre la plataforma comienzan a ser rellenados con los sedimentos. Los valles y canales más profundos forman estuarios, hay expansión de sedimentación en la plataforma mientras en el talud y la cuenca la depositación es mínima. La transgresión culmina con la superficie de máxima inundación, la cual precede al inicio de la progradación.

2. Sistemas de Nivel Bajo. El nivel bajo (*lowstand*) indica el intervalo de tiempo geológico de un ciclo eustático, durante el cual el nivel del mar se encuentra por debajo de la ruptura de la pendiente costera y que puede localizarse eventualmente por debajo del borde de la plataforma continental. Se forma en un descenso eustático rápido del nivel del mar, o durante el tiempo final del descenso del nivel del mar, o durante el ascenso rápido. Se encuentra sobre un límite de secuencia tipo 1.

El descenso relativo del nivel del mar origina una continuación en el desarrollo de los ambientes fluviales sobre la plataforma expuesta, desarrollando canales cada vez más profundos, buscando una nivelación con el nivel del mar que ha descendido y formando valles encajados. Los sedimentos son depositados por debajo del margen de plataforma, en el talud y en las partes profundas de las cuencas, originando prismas de nivel bajo y turbiditas en las zonas más profundas.

3. Sistemas de Nivel Alto. Los depósitos de nivel alto (*highstand*) están situados entre el tope de un sistema transgresivo y el límite de la secuencia hacia arriba, el cual viene dado por un límite de secuencia 1 o 2. Los depósitos de nivel alto pueden corresponder: a la parte final de un aumento del nivel del mar, a un estado alto “estacionado” y al inicio del descenso eustático.

Los sedimentos acarreados se distribuyen por toda la plataforma. Durante el estado temprano, la agradación domina el tipo de sedimentación y con una progradación lenta en la línea de costa que marcó el estado de máxima inundación. Durante el nivel medio y tardío el avance de la progradación es rápido y dependerá de la cantidad de material transportado hasta la plataforma. En el nivel alto tardío la sedimentación en el talud y cuenca se activa en forma importante.

4. Sistemas de bordes de plataforma. Es el más bajo asociado con un límite de secuencia 2. Este sistema se forma cuando el descenso eustático del nivel del mar abarca parte de la plataforma y es menor que el que forma los sistemas de nivel bajo. Inicialmente la agradación de los sedimentos es más importante que la progradación. Posteriormente la sedimentación es agradacional y progradacional. El tope del sistema de borde de plataforma puede representar la base de un nuevo sistema transgresivo.

Puesto que el descenso relativo del nivel del mar es menor, el acomodo de los sedimentos es rápido, inicialmente en forma acreciente y posteriormente progradante.

3.2.8 Superficie de inundación

Superficie que separa estratos jóvenes de antiguos por un incremento abrupto en la profundidad del agua (Méndez Baamonde, J., 2009).

3.2.9 Superficie de máxima inundación

Es la superficie que marca el final de la transgresión de la línea de costa. Esta superficie separa las series retrogradantes inferiores (ligadas a la transgresión) de las facies progradantes superiores (debidas a las regresiones normal y, después, forzada) (Marocco, R, 2009).

3.2.10 Parasecuencias

Marocco, R. (2009) indica que Van Wagoner (1995), define una parasecuencia como una sucesión de estratos o grupo de estratos relativamente concordantes, genéticamente relacionados y limitados por superficies de inundación.

3.2.11 Facies

Arche, A. (2010), de acuerdo con Selley (1970) define las facies como un conjunto de rocas sedimentarias que puede ser definido y separado de otros por su geometría, litología, estructuras sedimentarias, distribución de paleocorrientes y fósiles.

Las facies descriptivas pueden clasificarse en:

1. Litofacies. Unidades de rocas definidas por un conjunto de características físicas tales como tamaño de grano, composición química, estructuras sedimentarias y tipo de estratificación.
2. Biofacies. Definidas por el contenido de organismos fósiles (macro- y/o microfósiles) y estructuras orgánicas que contienen.

3.2.12 Ambiente o medio de sedimentación

Arche, A. (2010) indica que Selley (1970), define los ambientes de sedimentación como una parte concreta de la superficie terrestre donde se acumulan sedimentos y que se diferencia física, química y biológicamente de las zonas adyacentes.

Quintas Caballero, F. J. (1986), explica la clasificación de los ambientes sedimentarios de acuerdo con W. H Twenhofel, en 1950. Dicha clasificación se basa en la separación de los medios según su posición geográfica y de acuerdo con el medio en el seno del cual ocurre la sedimentación. Por lo tanto, estos pueden ser: continentales, transicionales o mixtos y marinos.

Se desglosarán los ambientes sedimentarios pertinentes al presente trabajo de investigación:

3.2.12.1 Medios continentales

Se localizan en los continentes e islas y son de diversos tipos. Se diferencian en medios continentales acuáticos, donde interviene el agua (fluviales, palustres, lacustres y espeleanos) y en medios continentales terrestres, donde interviene el aire (medios desérticos y glaciares).

❖ Medios fluviales de sedimentación:

Medio de sedimentación de pie de monte: se localiza en los frentes montañosos, donde cambia el relieve hacia una zona llana. En esta región se produce un cambio brusco en la velocidad del agua, disminuyendo la competencia de la corriente fluvial que da lugar a la acumulación en masa de la mayor parte de la carga física. El cuerpo sedimentario que presenta son los abanicos aluviales.

En los abanicos aluviales, se acumulan sedimentos clásticos de todos los tamaños y sedimentos arcillosos. El grado de clasificación de los sedimentos es variable, aunque predominan los pobremente clasificados y masivos o burdamente estratificados. En las arenas de los cauces es típica la estratificación cruzada torrencial y la estratificación inclinada, y en las gravas se presentan los cantos imbricados.

Se observa una tendencia distributiva desde sedimentos más gruesos, en la parte alta, hasta sedimentos más finos hacia la llanura, donde se acumulan arenas finas y arcillas.

Medio de sedimentación de la llanura fluvial: cubren extensiones considerables, a veces de hasta millones de kilómetros cuadrados y, por tanto, sus depósitos son mucho más abundantes y representados en la columna geológica. Presenta dos tipos de depósitos:

a. Depósitos del cauce del río: formados después de las riadas y compuestos por los clastos más gruesos que transporta la corriente. Generalmente presentan una cierta gradación, encontrándose los sedimentos más gruesos en el fondo del canal, mientras que hacia las orillas se encuentran los sedimentos más finos (arenas o aleurolitas, aunque pueden ser gravas).

La acumulación de sedimentos ocurre en el lado interno de los meandros, formando barras y bancos de arenas y gravas, los cuales se caracterizan casi siempre por presentar estratificación cruzada. En las zonas bajas situadas entre las barras arenosas, donde la velocidad de la corriente es muy pequeña, se acumulan sedimentos finos, arcillosos y aleuríticos.

b. Depósitos de llanura aluvial: solo recibe sedimentos durante las crecidas o inundaciones en que partes considerables de esta son cubiertas por un manto de agua que deposita en ella su carga. Los sedimentos resultantes, en general, presentan una pobre selección con estratificación muy fina y laminar y, con un alto contenido de materia orgánica en los climas húmedos. En las regiones de clima cálido y poco lluvioso, grandes áreas de las llanuras de inundación permanecen secas y se desarrollan grietas de lodo en los sedimentos finos. En estos climas, los sedimentos pueden enriquecerse de carbonato de calcio.

3.2.12.2 Medios transicionales o mixtos

Se localizan en el límite entre el mar y las tierras emergidas y se caracterizan porque los sedimentos acumulados tienen propiedades similares a ambos. Pueden ser: deltaico, de laguna marginal, litoral, palustre parálisis, estuarino, entre otros.

❖ Medio deltaico de sedimentación:

Techo: en las llanuras deltaicas emergidas se acumulan arenas, aleuritas, arcillas y materia orgánica. En raras ocasiones, en el techo se acumulan gravas, lo que ocurre solamente en los deltas formados por las desembocaduras de ríos de montaña.

Los sedimentos del techo son transportados por las corrientes fluviales y, en algunas ocasiones, por el viento.

La llanura deltaica sumergida recibe sedimentos marinos y terrígenos. Las olas, las mareas y corrientes distribuyen y seleccionan los sedimentos que se acumulan en estas llanuras. En las regiones litorales, muchas veces se acumulan hasta gravas, con excelente selección. Aunque estos sedimentos no suelen ser fosilíferos, en ellos pueden encontrarse fósiles marinos, y restos de plantas y animales terrestres; estos últimos arrastrados hacia el litoral por las corrientes fluviales. Las capas sedimentarias formadas en estas zonas se presentan bien estratificadas, y son algo frecuentes en ellas los acuíferos.

Talud deltaico: se caracterizan por su yacencia inclinada; los ángulos de inclinación son mayores donde el oleaje es débil y existen fuertes corrientes marinas. Se encuentran capas lenticulares de arenas, aleuritas y finas capas arcillosas.

En los sedimentos del talud pueden acumularse sedimentos calcáreos, así como sílice y óxidos e hidróxidos de hierro. De igual forma, pueden encontrarse algunos fósiles marinos mezclados con restos de la biota terrestre.

Capas de fondo: compuestas por sedimentos terrígenos finos, sedimentos químicos y organógenos acumulados en condiciones marinas, caracterizados por la estratificación fina y laminar. Cuando avanza el delta, estas capas son cubiertas por los sedimentos del talud.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

De acuerdo con Arias, F. G. (2012), una investigación del tipo descriptiva “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento”.

De igual manera, el mismo autor indica que una investigación del tipo explicativo “se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto en la determinación de causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis”.

Por consiguiente, se considera el presente trabajo como una investigación descriptiva y explicativa, ya que se realizará la caracterización del yacimiento medio desde el punto de vista sedimentológico y estratigráfico, así como también se realizaron interpretaciones y representaciones de depofacies y espesores de las secuencias estratigráficas presentes.

4.2 Diseño de la investigación

Arias (2006) define la investigación documental como “un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos”.

Por lo tanto, esta investigación corresponde a una de tipo documental, ya que se empleará información y estudios previos proporcionados por la empresa, para la realización de este.

4.3 Población de la investigación

La población del presente trabajo está representada por el campo Huyapari, situado en la Faja Petrolífera del Orinoco, Bloque Ayacucho, en el estado Anzoátegui.

4.4 Muestra de la investigación

La muestra corresponde 258 pozos que abarcan las arenas del yacimiento medio, es decir, las R0/R1, R2 y R3/R4.

4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Arias, F. G. (2012) indica que una técnica de investigación es “el procedimiento o forma particular de ordenar datos o información”. Mientras que, un instrumento de recolección de datos será “cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”.

En este caso particular, la técnica a emplear es el análisis documental, y los instrumentos de recolección de datos incluyen: computadora, pendrive, lápices, hojas blancas, información de la empresa, software computarizado (Word, Excel, Power Point, suite Openworks, Petrel) e Internet.

4.6 Etapas de investigación

4.6.1 Recopilación de información bibliográfica

Esta primera etapa consistió en la delimitación del área de interés (Figura 4.1) y la selección de los pozos a emplear, los cuales incluyen aquellos con núcleo (5), confirmatorios o también llamados pozos verticales (78) y productores o pozos horizontales (175), para un total de 253 pozos. Posteriormente, se procedió a recolectar y revisar la información disponible del área, la cual comprende reportes, informes internos y trabajos de grado.

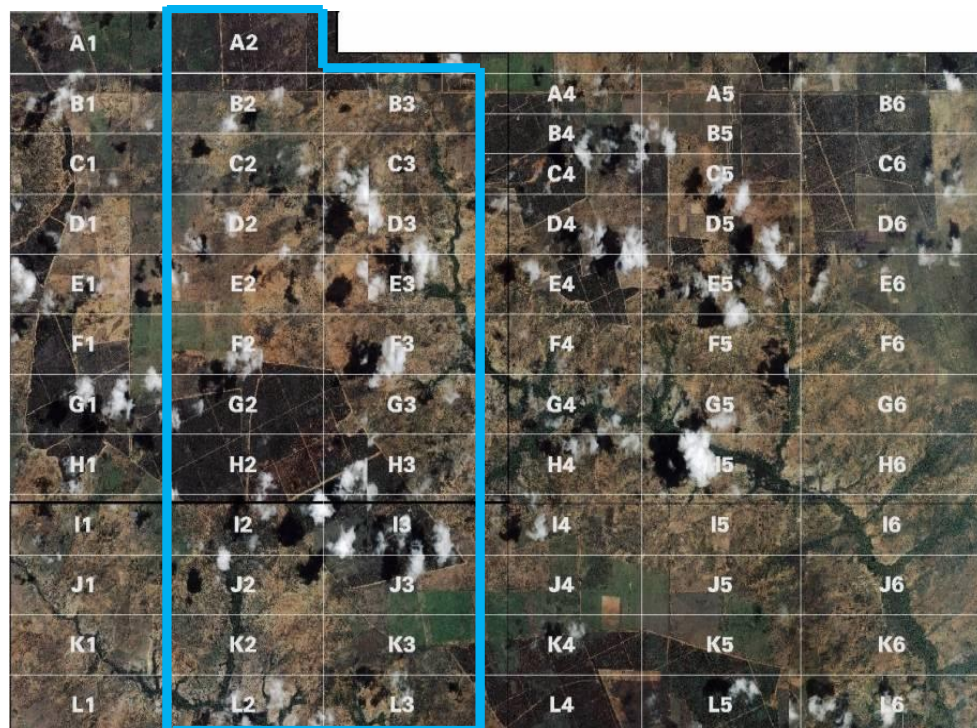


Figura 4.1 Ubicación de la zona de estudio, correspondiente a las columnas 2 y 3 del campo Huyapari, señaladas por el marco azul (Cedeño Maradei, P. J., 2010).

Se registraron y validaron las descripciones de 5 núcleos de pozos presentes en el campo, correspondientes a A5-C01ST, D4-C02ST, E2-C01ST, F4-C01ST e I5-C01ST. A partir de estos se recabaron las unidades (AMV-185, AMV-175 y AMV-165) y sus correspondientes facies litológicas, facies depositacionales y ambientes de depositación.

4.6.2 Elaboración de cartas sedimentológicas

La descripción e interpretación de los núcleos se plasmó en cartas sedimentológicas, las cuales fueron elaboradas mediante el software SedLog. Dichas cartas comprenden los siguientes aspectos (Figura 4.2): Edad, Formación, Escala (en pies), Litología, Tamaño de grano, Estructuras sedimentarias, Fósiles, Bioturbación y Facies depositacionales.

FORMACIÓN	ESCALA (m)	LITOLOGÍA											ESTRUCTURAS / FÓSILES	BIOTURBACIÓN	FACIES				
			MUD			SAND			GRAVEL						1	2	3	4	5
			-clay	-silt	vf	f	m	c	vc	-gran	-pebb	-cobb	-boul						

Figura 4.2. Membrete de las cartas sedimentológicas

4.6.3 Representación de facies

Se realizaron 44 secciones estratigráficas con la finalidad de correlacionar las unidades del yacimiento medio en los pozos sin núcleo que se encuentran dentro del área de estudio, los cuales incluyen tanto pozos verticales como horizontales. Estas involucran un total de 249 pozos, ya que, 4 de los 5 pozos con núcleo presentes en el campo se ubican fuera de la zona de interés.

A partir de dichas correlaciones se generaron mapas estructurales de los contornos de las unidades. Una vez finalizados, se procedió a elaborar los mapas de facies para cada unidad sedimentaria. Dichos mapas permiten establecer las áreas de desarrollo de los cuerpos presentes en las unidades, así como su orientación y distribución.

4.6.4 Identificación de los marcadores estratigráficos (SB/MFS/FS) y correlación de estos

A partir de la información de los núcleos de pozos, se comprobaron los marcadores estratigráficos presentes en el área productiva del campo Huyapari, los cuales corresponden a: límite de secuencia (*sequence boundary* o SB), máxima superficie de inundación (*maximum flooding surface* o MFS) y superficie de inundación (*flooding Surface* o FS).

4.6.5 Delimitación y posterior correlación de secuencias estratigráficas, parasecuencias, patrones de apilamiento y sistemas encadenados

En base a los marcadores estratigráficos y la información previa, se enmarcaron los sistemas encadenados correspondientes (de acuerdo con la escuela de Galloway) que se presentan en el área productiva del campo Huyapari.

4.6.6 Elaboración de mapas de espesores para las secuencias estratigráficas

Se realizaron mapas isópacos de arena neta (comprendidas por aquellas con una arcillosidad igual o inferior al 30%) para las subunidades establecidas en el yacimiento medio. Para la elaboración de dichos mapas, se tomó en consideración los pozos verticales y horizontales, dándole un mayor peso a la información obtenida a partir de los pozos confirmatorios.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Unidades y ambientes sedimentarios

De forma general, la zona reservorio del campo Huyapari está conformada por una sección basal rica en arena depositada en un ambiente fluvial, la cual está enmarcada por el basamento y la superficie AMV-155; una sección media rica en arcilla, dominada por un sistema depositacional de planicie costera a deltaico, ubicada entre las superficies AMV-155 y AMV-200, y una última sección igualmente rica en arena, dominada por un sistema depositacional fluvial, correspondiente al área ubicada desde la superficie AMV-200 a la AMV-255.

Las facies que se presentan en el campo Huyapari han sido determinadas, principalmente, de acuerdo con la litología, textura (tamaño de grano y escogimiento), estructuras sedimentarias, bioturbación y registros detallados obtenidos de los núcleos de pozos.

El campo Huyapari dispone de 7 pozos con núcleo (Figura 5.1), sin embargo, 2 de ellos no contienen información confiable (correspondientes a los pozos MFH012A y L5-OB1ST). Por dicha razón, únicamente se trabajó con los datos recolectados a partir de los 5 núcleos restantes.

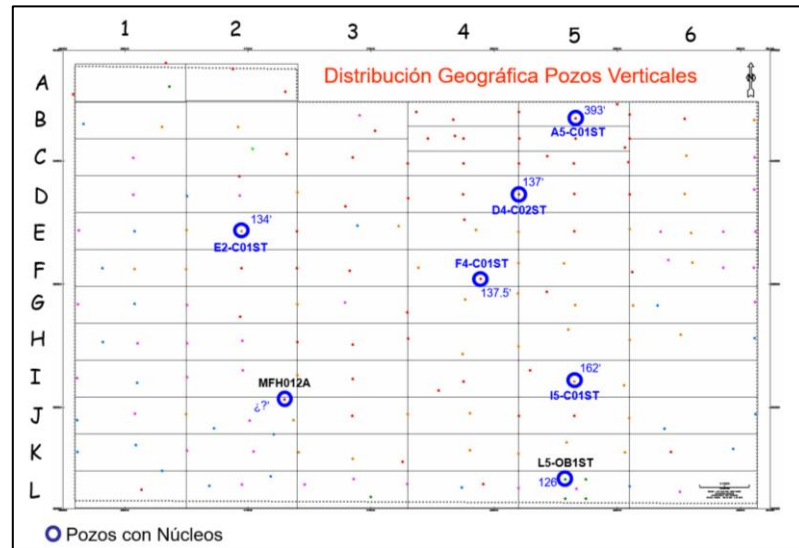


Figura 5.1. Pozos con núcleo del campo Huyapari
(Henríquez, M. y Martínez, M., 2012).

En el caso particular del yacimiento medio, se reconocen 5 facies litológicas, 5 facies depositacionales y, adicionalmente, 5 ambientes de depositación, siendo estos últimos determinados a partir de análisis bioestratigráficos realizados a muestras de pared de los pozos con núcleo.

De forma detallada, abarcando el intervalo de estudio, se expone lo siguiente:

5.1.1 Pozo A5-C01

De acuerdo con la interpretación de la empresa, la zona de yacimiento medio que abarca este pozo se encuentra ubicado desde los 2652,95' a los 2883,36' de profundidad. Los intervalos de núcleo recuperados de este pozo indican lo siguiente (descrito de base a tope):

5.1.1.1 Unidad AMV-165 (2822,41' – 2883.36'), está conformada por partículas tamaño arcilla, limo (con arcilla y arena de tamaño medio) y arena gruesa, cuyo escogimiento va desde excelente a pobre. La coloración presente es oscura, desde gris a negro oliva. Las litofacies identificadas para este segmento son Arcilita, Arenisca arcillosa fina y Arenisca arcillosa gruesa, mientras que las depofacies consisten en Depósito de inundación, Abanico de rotura arcilloso y Abanico de rotura limpio.

5.1.1.2 Unidad AMV-175 (2776,06 – 2822,41'), está conformada por granos tamaño arcilla, arena fina a gruesa, arena gruesa a media y arcilla nuevamente. El escogimiento va de pobre a excelente. La coloración de las arcillas es oscura, principalmente negro oliva, mientras que la arena se encuentra impregnada por hidrocarburos. Las litofacies identificadas son Arcilita y Arena gruesa limpia. La depofacies asociadas corresponden a Depósito de inundación para las arcillas y Canal arcilloso para las arenas.

5.1.1.3 Unidad AMV-185 (2652,95' – 2776.06') está conformada por arcilla, limo y arena muy fina, con un escogimiento general muy bueno. La coloración principalmente es oscura, siendo negro-marrón y marrón amarillento. Las litofacies identificadas son Arcilita y Arenisca arcillosa fina. La depofacies corresponde a Depósito de inundación.

En términos generales, en esta sección del yacimiento medio se presenta estratificación horizontal, raíces de plantas y bioturbación provocada por horadaciones.

5.1.2 Pozo D4-C02

La zona de interés se ubica desde los 2498,92' a los 2726,49', sin embargo, para este intervalo únicamente se recuperó la sección de la unidad AMV-165.

5.1.2.1 Unidad 165 (2643,95' – 2726.49'), compuesta por granos tamaño arena gruesa a media con un escogimiento pobre a moderado, cuya coloración no se aprecia debido a la presencia de hidrocarburos. Las facies litológica y depositacional corresponden a Arenisca gruesa limpia y Canal arcilloso, respectivamente.

Presenta laminación cruzada paralela, algunas raíces y clastos de arcilla en parte del intervalo.

5.1.3 Pozo E2-C01

En este pozo, el yacimiento medio se ubica desde los 2404,41' a 2672,28' de profundidad.

5.1.3.1 Unidad 165 (2572,58' – 2672,28'), comprendida por partículas de arena fina a gruesa con escogimiento muy pobre a moderado y una coloración marrón amarillenta oscura, donde también se evidencia presencia de hidrocarburos. La litofacies abarca Arenisca gruesa limpia, mientras que las depofacies corresponden a Canal limpio y Canal arcilloso.

5.1.3.2 Unidad 185 (2404,41' – 2514,36'), consta de partículas tamaño arena fina a media y limo a arena media, de escogimiento pobre a muy bueno. La coloración se ve afectada por manchas de hidrocarburos. Presenta litofacies de Arenisca arcillosa fina, Arenisca arcillosa gruesa, Arenisca limpia fina y Arcilita.

Por otra parte, las depofacies asociadas son Canal arcilloso, Abanico de rotura limpio y Abanico de rotura arcilloso.

Presenta bioturbación generada por horadaciones y ocasionalmente se encuentra estratificación cruzada y raíces de plantas.

5.1.4 Pozo F4-C01

La zona de interés se ubica entre los 2247,24' – 2472,31'. Únicamente se recuperó una sección para este intervalo, correspondiente a la unidad AMV-165.

Unidad AMV-165 (2399,92' – 2472,31') contiene granos de arena fina a gruesa con un escogimiento pobre a moderado. Se encuentra impregnada por hidrocarburos. Las litofacies identificadas son Arenisca gruesa limpia, Arcilita, Arenisca arcillosa fina, Arenisca arcillosa gruesa y Arenisca fina limpia. Las depofacies asociadas son Canal arcilloso y Canal limpio. Posee algunas zonas con estratificación cruzada, ubicadas al tope del intervalo.

5.1.5 Pozo I5-C01

En este pozo no se recuperaron intervalos de núcleo correspondientes al yacimiento medio.

5.2 Ambientes de depositación

Los ambientes de depositación del campo Huyapari han sido determinados a partir de análisis bioestratigraficos (paleontología y palinología) realizados a muestras de pared extraídas de los pozos con núcleo.

Dentro de la zona de interés, los ambientes de depositación están caracterizados por tres tipos: llanura de inundación, llanura costera (bajo influencia de marea alta, media y baja) y bahía/laguna costera, siendo este último el que se presenta con menor frecuencia.

De acuerdo con la palinología, se presentan tanto polen y esporas (palinomorfos continentales) como dinoflagelados (palinomorfos marinos). En la gran mayoría de las muestras analizadas para el yacimiento medio, se presenta el fósil de planta denominado *Mauritiidites franciscoi*, el cual corresponde a la palma de moriche (*Mauritia flexuosa*). Dicho fósil está asociado a ambientes transicionales entre llanuras de inundación y zonas costeras. En menor proporción se presentan otros palinomorfos continentales, tales como esporas de pteridofitas (helechos), hifas de hongos, *Jandufouria seamrogiformis*, *Laevigatosporites*, *Psilatricolporites* y *Verrucatosporites usmensis*. Los dinoflagelados presentes se caracterizan por cuerpos de algas, *Cleistosphaeridium*, *Spiniferites*, (ambientes marinos neríticos cercanos a la costa) *Polysphaeridium zoharyi*, *Selenopemphix nephroides* (característicos de ambientes marinos someros).

Por otra parte, la micropaleontología está caracterizada principalmente por las formas planctónicas *Milamina* sp. K1 y *Ammobaculites*, cuyas ocurrencias evidencian condiciones sedimentarias asociadas a ambientes someros, los cuales se pueden interpretar como transicionales.

Los análisis bioestratigráficos en conjunto a las descripciones de núcleo evidencian el sistema de depositación para el yacimiento medio, correspondiente a uno de tipo transicional, que abarca desde un ambiente fluvial a uno deltaico (para la unidad AMV-165) y un ambiente fluvial (para las unidades AMV-175 y AMV-185).

En concordancia a lo expuesto previamente, se tienen un conjunto de facies litológicas, depositacionales y ambientes de depositación, los cuales se presentan en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Facies y ambientes depositacionales presentes en el yacimiento medio del campo Huyapari.

Nº	Facies litológicas	Facies depositacionales	Ambientes de depositación
1	Arenisca limpia gruesa	Canal limpio	Llanura de inundación
2	Arenisca arcillosa gruesa	Canal arcilloso	Llanura costera – marea alta
3	Arenisca limpia fina	Abanico de rotura limpio	Llanura costera – marea media
4	Arenisca arcillosa fina	Abanico de rotura arcilloso	Llanura costera – marea baja
5	Arcilita	Depósitos de inundación	Bahía / Laguna costera

Adicionalmente, se realizó un cuadro recopilatorio (Apéndice A) en el que se resume la información de los núcleos. Este incluye los intervalos ocupados por las unidades del yacimiento medio, indicando si se recuperó o no el núcleo, el tamaño de grano, escogimiento, facies (litológicas y depositacionales) y el ambiente de depositación.

Una descripción más detallada de los núcleos fue establecida en las cartas sedimentológicas (Apéndice B).

5.3 Representación y delimitación de los depósitos sedimentarios

Una vez descritas las unidades involucradas, se procedió a realizar las correlaciones estratigráficas de las mismas al resto de pozos. Las líneas de sección realizadas se muestran en la Figura 5.2. Las correlaciones se iniciaron a partir del pozo con núcleo ubicado dentro del área de interés, correspondiente al pozo E2-C01.

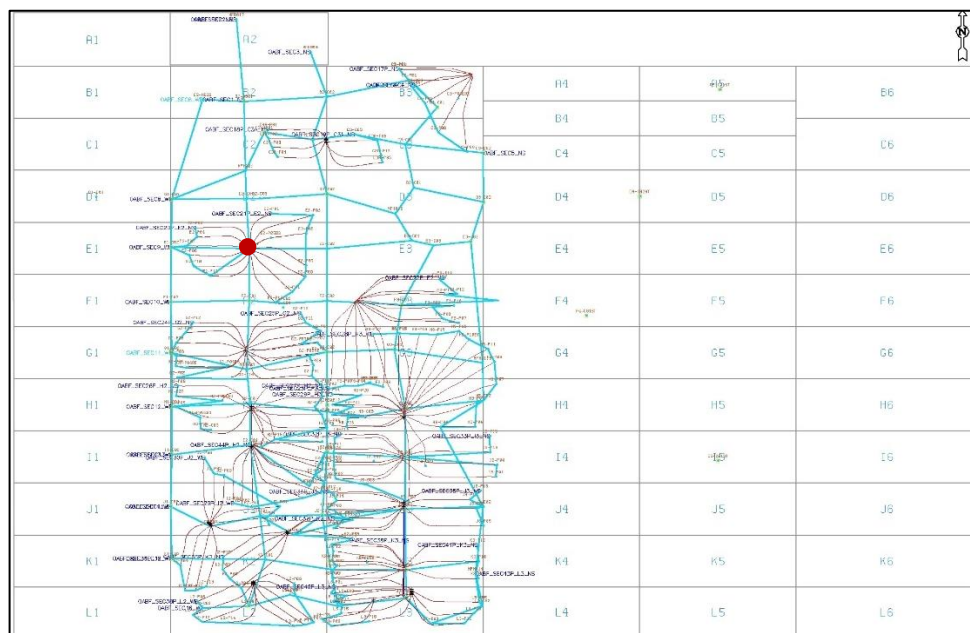


Figura 5.2. Líneas de secciones estratigráficas. El pozo E2-C01 corresponde al punto de color rojo.

Dentro de las unidades implicadas en el yacimiento medio se detallaron 3 superficies, correspondientes a 185.1, 185.2 y 165.1 (Figura 5.3).

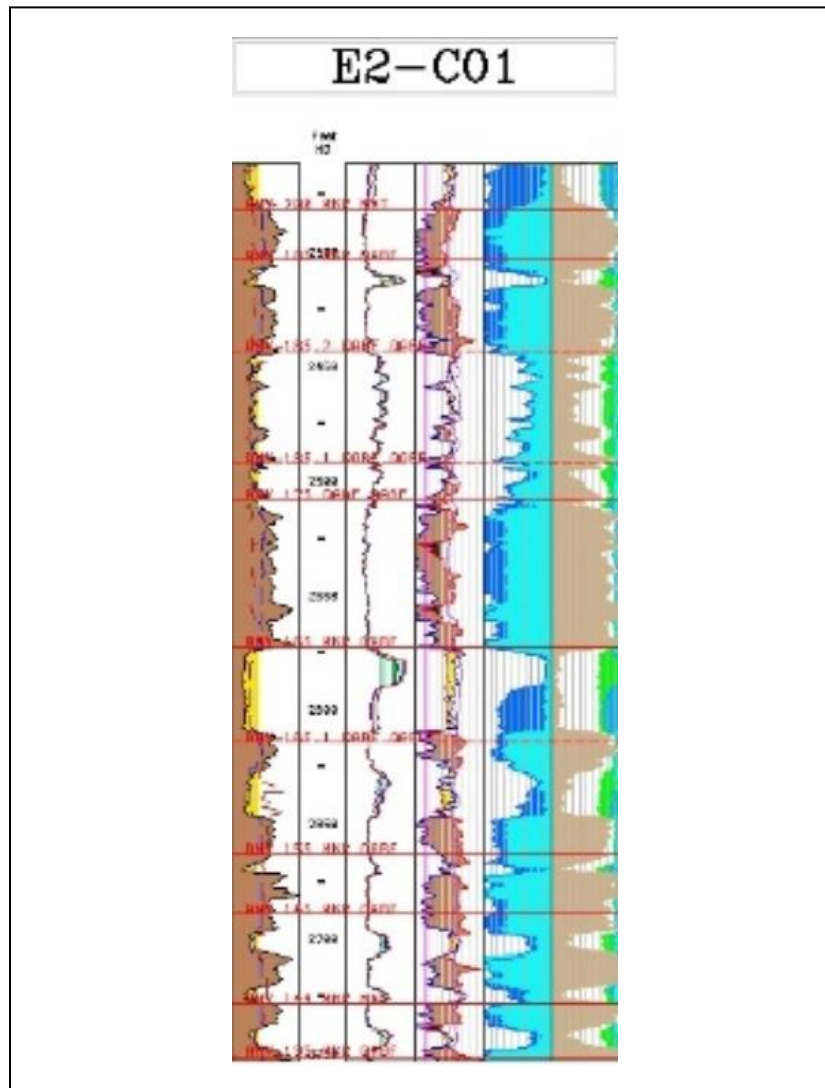


Figura 5.3. Detalle de las superficies adicionales identificadas en el pozo E2-C01 (correspondientes a las líneas punteadas).

Adicionalmente, se obtuvieron mapas estructurales (presentados en los Anexos 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7) de las superficies de las unidades involucradas (185, 185.2, 185.1, 175, 165, 165.1 y 155). Estos mapas no indican la presencia de alguna anomalía en el campo ni tampoco evidencian errores cometidos durante la realización de las correlaciones estratigráficas de los pozos.

En el Apéndice C se muestran 5 correlaciones estratigráficas representativas del área de estudio, realizadas en pozos verticales. En la Figura 5.4 se muestra el mapa base del campo y la ubicación de las secciones seleccionadas.

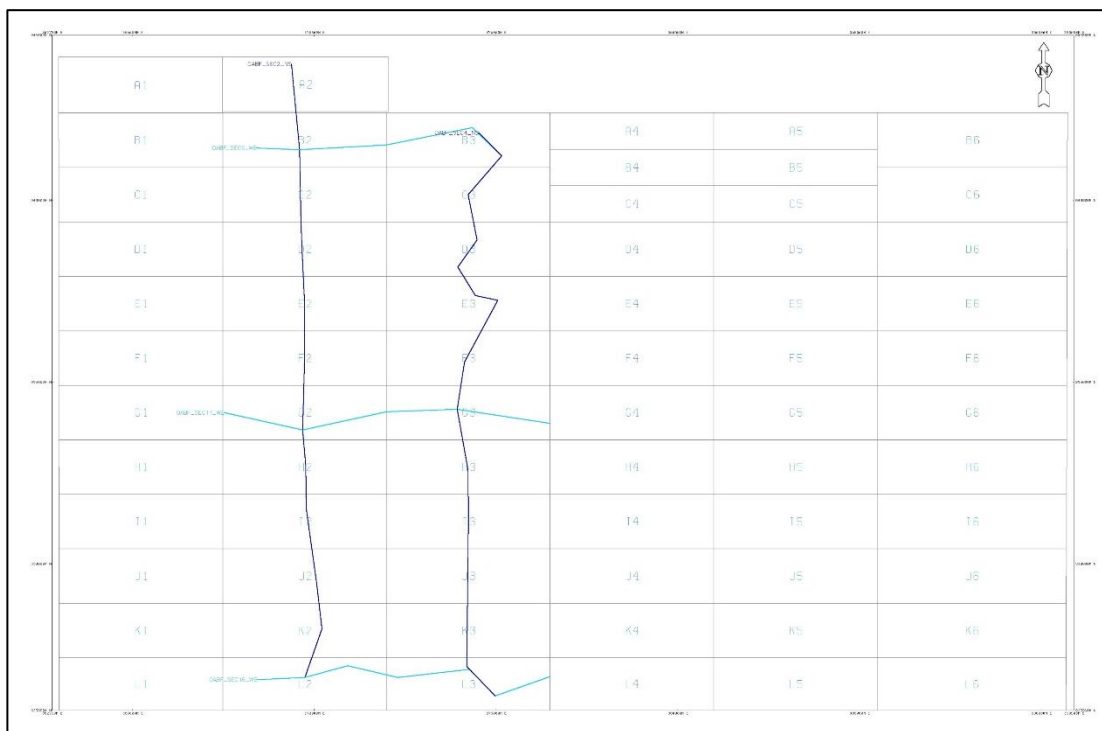


Figura 5.4. Ubicación de las secciones estratigráficas representativas del área de estudio.

A partir de las correlaciones realizadas, se desarrolló una interpretación paleoambiental, la cual indica la posible extensión y configuración de los depósitos presentes.

En los mapas de paleoambiente (Anexos 8, 9, 10, 11, 12 y 13), de acuerdo con la ubicación de la información de los registros de rayos Gamma y los patrones que describen, se identificaron las siguientes facies:

1. Canales fluviales (ubicados entre las unidades 175 y 185) y canales distributarios (en la unidad 165). Los registros indican formas típicamente cilíndricas (Figura 5.5).

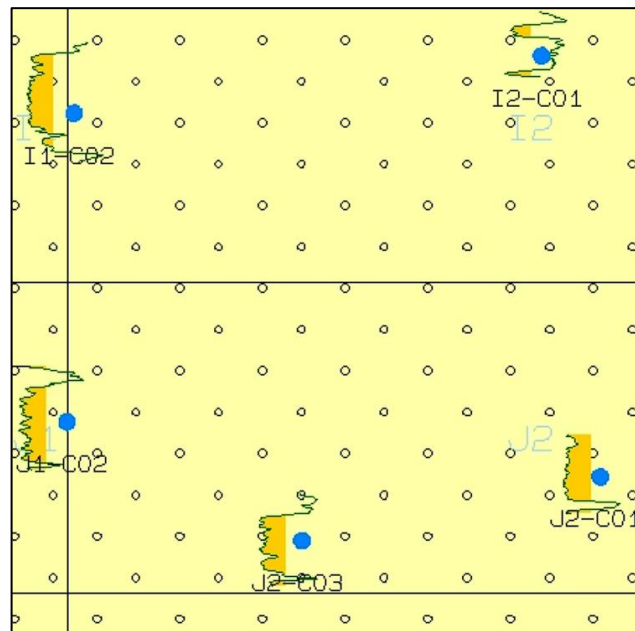


Figura 5.5. Ejemplos de electrofacies identificadas, asociadas a canales (fluviales o distributarios, según sea el caso).

2. Llanuras de inundación (presentes entre las unidades 175 y 185) y llanuras deltaicas (unidad 165). En estos casos, los patrones de los registros son irregulares (Figura 5.6).

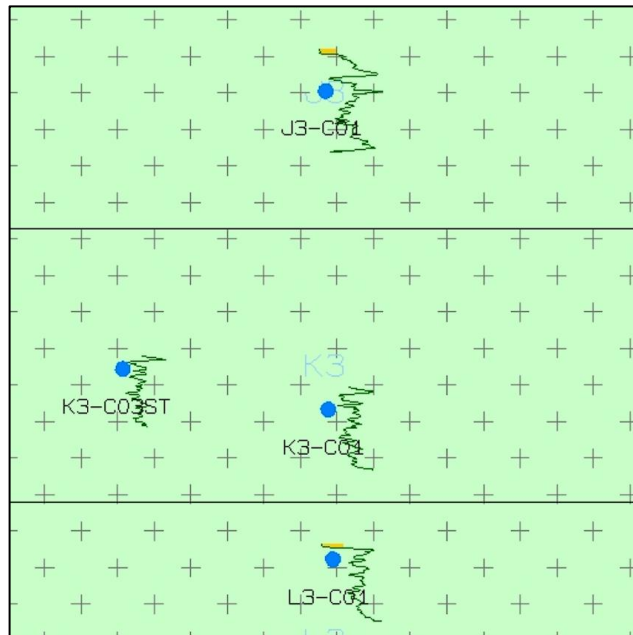


Figura 5.6. Ejemplos de electrofacies identificadas como llanuras (de inundación o deltaicas, según el caso).

3. Barras de canal (subunidades 185 y 185.2). Las electrofacies describen patrones granocrecientes, esto se muestra en la Figura 5.7.

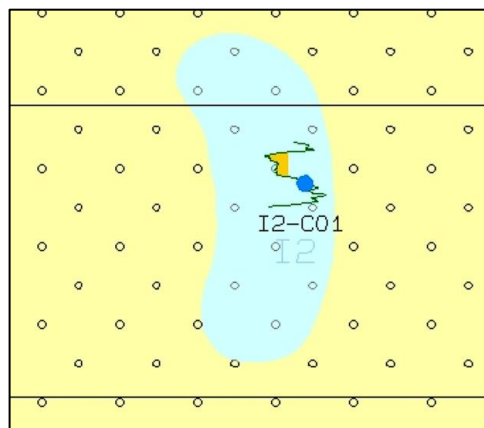


Figura 5.7. Ejemplo de un patrón asociado a barras.

4. Abanico de rotura fluvial (unidad 175). En este caso, el registro indica una forma granocreciente, donde se observa una pequeña porción de arena hacia el tope. Asimismo, este se encuentra rodeado de registros con formas irregulares, asociados a llanuras, y registros con patrones vinculados a canales. De acuerdo con estas características, este patrón puede relacionarse a la parte distal de un abanico de rotura fluvial (Figura 5.8).

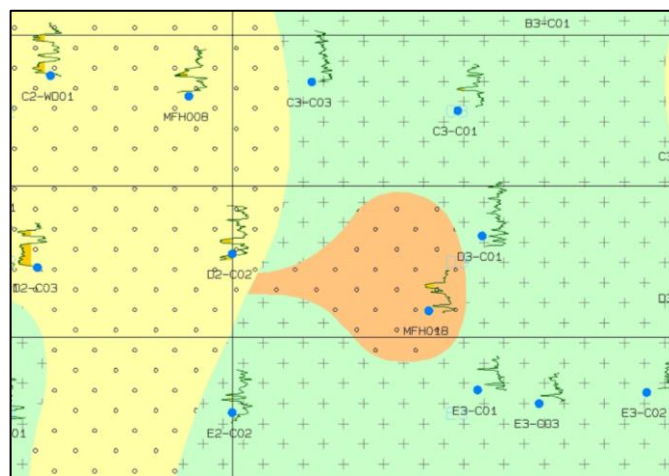


Figura 5.8. Abanico de rotura, resaltado en color anaranjado.

5.4 Marcadores estratigráficos

En la zona productora del campo Huyapari se presentan superficies de inundación, asociadas a los topes de las unidades; 3 superficies de máxima inundación y 1 límite de secuencia de tipo 1, ubicado hacia la base del área. De acuerdo con ello, se establecen 3 ciclos transgresivos delimitados por las superficies de máxima inundación (Figura 5.9). En el Apéndice D se muestra el ciclo presente en el área de estudio, ubicado en las secciones representativas previamente establecidas.

Específicamente, los ciclos identificados la zona productora del campo Huyapari se describen de la siguiente manera:

Las unidades presentes desde la AMV-125 a la AMV-155 están asociadas a un sistema encadenado de nivel bajo superpuesto por un sistema transgresivo. Específicamente, el sistema de nivel bajo se presenta hasta la unidad AMV-135, mientras que el sistema transgresivo abarca hasta la unidad AMV-155, representando esta última una superficie de máxima inundación. En este punto, el sistema encadenado de nivel alto se encuentra poco preservado o ausente.

Hacia la base de este intervalo se encuentran las arenas de mayor espesor, las cuales se hacen más delgadas y menos continuas lateralmente a medida que se aproximan a la unidad AMV-155.

Este primer intervalo está asociado a un sistema encadenado de nivel bajo/transgresivo debido a las arenas amalgamadas de la unidad AMV-125, las cuales pueden representar los periodos de caída, el consecuente incremento del nivel del mar y la agradación resultante de la llanura costera por los procesos de canales fluviales.

Por otra parte, la unidad AMV-175 representa otro sistema encadenado de nivel bajo poco desarrollado (en comparación a los otros LST presentes en el área). De igual forma, el sistema de nivel alto es muy delgado o se encuentra totalmente removido del área. Esto puede acreditarse a la configuración tectónica de la cuenca.

Las unidades AMV-185 y AMV-200 son interpretadas como una superficie de máxima inundación y un subsecuente sistema de nivel alto o un sistema de caída de nivel base, respectivamente.

Las unidades AMV-255 y AMV-265 representan otros potenciales sistemas de nivel bajo y transgresivo. Las tendencias de las arenas de 255 son similares a las de AMV-125.

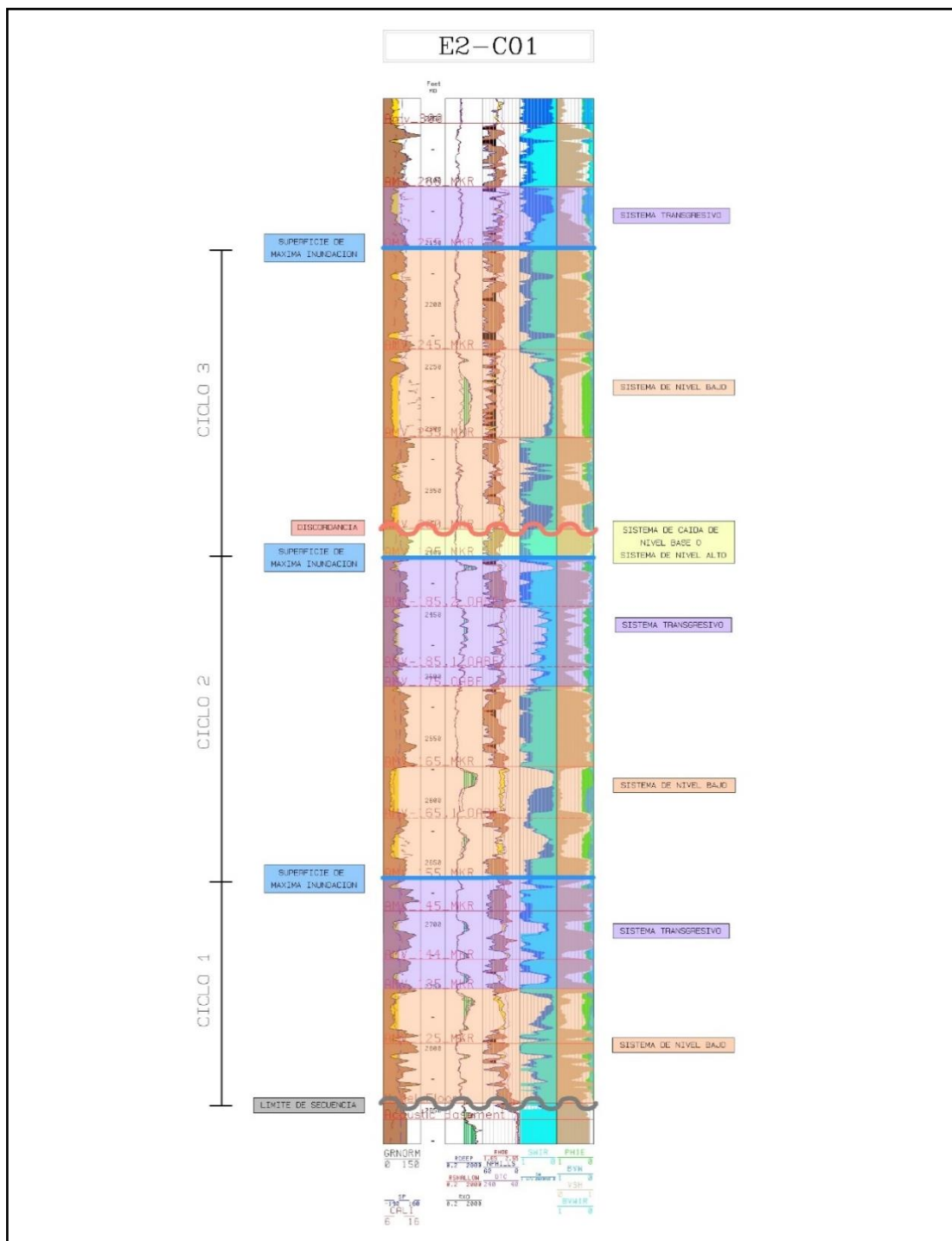


Figura 5.9. Marcadores estratigráficos y sistemas encadenados identificados en el área productora del campo Huyapari.

5.5 Mapas de espesor

Los mapas isópacos de arena neta representan los espesores de los cuerpos objetivos presentes en las subunidades del intervalo de estudio. En estos se confirma la dirección en la que se produjo la sedimentación. En dichos mapas se obtuvo lo siguiente:

5.5.1 Subunidad 165.1

El mapa isópaco de la subunidad 165.1 (Anexo 14) indica que los mejores espesores de arena se ubican en la zona suroeste del área de estudio. Comprende espesores de 0 a 75 pies, con un espesor promedio que está en el orden de los 35 pies. Hacia la zona centro norte, ocurre una disminución de los espesores, los cuales abarcan desde 2 a 47 pies, con un promedio estimado de 20 pies.

5.5.2 Subunidad 165

En el caso de la subunidad 165 (Anexo 15), los cuerpos de arena se distribuyen de una manera más homogénea en la zona de interés. En esta se observa que los valores de espesor ocupan desde 0 a 66 pies, siendo que, el valor predominante se ubica en 35 pies, aproximadamente. Cabe destacar que esta es una de las subunidades que contiene las mejores distribuciones de los espesores de la zona de estudio, ya que los cuerpos de arena abarcan casi en su totalidad dicha área, a la vez que contiene un espesor predominante considerable.

5.5.3 Subunidad 175

En la unidad 175 se observa que los cuerpos de arena se encuentran ubicados hacia el oeste de la zona de estudio (Anexo 16). En este caso, los espesores van desde los 0 a los 40 pies, cuyo espesor promedio se encuentra ubicado en los 20 pies. Es importante destacar que, en este intervalo, hacia la zona este prácticamente no hay desarrollo de arenas.

5.5.4 Subunidad 185.1

El desarrollo de los cuerpos de arena se presenta en la zona central del área de interés (Anexo 17) y los espesores se encuentran comprendidos entre 0 a 34 pies. Para esta unidad, el valor predominante de espesor se encuentra en los 15 pies.

5.5.5 Subunidad 185.2

La distribución de las arenas se presenta más homogénea para la unidad 185.2 (Anexo 18), cuyos espesores abarcan los 0 a 47 pies. El promedio de espesor se encuentra ubicado, aproximadamente, en los 20 pies. Esta representa otra de las subunidades que contiene buenos espesores, los cuales se extienden casi en su totalidad de la zona de estudio.

5.5.6 Subunidad 185

La unidad 185 corresponde al nivel con menores desarrollo de las arenas (Anexo 19), cuyos espesores van desde 0 a 40 pies. El valor promedio predominante corresponde a 7 pies aproximadamente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El yacimiento medio del campo Huyapari se encuentra conformado por 3 unidades sedimentológicas: AMV-185, AMV-175 y AMV-165. Dentro de estas se detallaron 3 superficies correspondientes a 185.1, 185.2 y 165.1.

2. Las unidades del yacimiento medio están asociadas a ambientes de depositación fluvial (para el caso de AMV-185 y AMV-175) y deltaico (para AMV-165).

3. La geometría, distribución y ubicación de los depósitos sedimentarios se representaron mediante mapas de paleoambiente, los cuales indican la presencia de canales distributarios, canales fluviales, llanuras de inundación, llanuras deltaicas, barras de canal y abanico de rotura fluvial.

4. El área de interés se encuentra delimitada por dos superficies de máxima inundación, entre las cuales se presenta un sistema encadenado de nivel bajo (hacia la base) y un sistema transgresivo (hacia el tope).

5. Los mapas isópacos de arena neta indican espesores contenidos en un rango de 0 a 75 pies. Las subunidades 165 y 185.2 contienen los mejores desarrollos de cuerpos de arena, los cuales se encuentran distribuidos de forma más homogénea a lo largo de la zona de estudio. Estas subunidades presentan espesores promedio de 35 y 20 pies, respectivamente. Por otra parte, las subunidades restantes (165.1, 175, 185.1 y 185) contienen cuerpos de arena restringidos a zonas más pequeñas del área de interés, cuyos espesores abarcan un rango de 7 a 35 pies.

Recomendaciones

1. Integrar los resultados de esta investigación con el resto de las disciplinas de las Geociencias.
2. Utilizar la definición de subunidades propuesta en este trabajo para representar la extensión y relaciones lateral y vertical entre parasecuencias.
3. Extrapolar la metodología aplicada al resto del campo y utilizar como dato de entrada para calibración y/o propagación en el modelo 3D.
4. Extender el estudio al resto del área del campo para determinar la posible existencia de una discordancia ubicada entre los ciclos estratigráficos 2 y 3.
5. Verificar la facies de barra de canal asociada a las unidades AMV-185.2 y 185, la cual podría corresponder a una barra de desembocadura con influencia de marea.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arche, A. (2010). **SEDIMENTOLOGÍA DEL PROCESO FÍSICO A LA CUENCA**. España. pp 17 – 23.

Arias, F. G. (2012). **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA**. Sexta Edición, Editorial Episteme, Caracas, Venezuela. pp 24 – 68.

Cedeño Maradei, P. J. (2010). **INTERPRETACION GEOLOGICA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PERFORACION DE LOS POZOS AL SUR Y SURESTE DE LA MACOLLA H2 CAMPO HUYAPARI, BLOQUE AYACUCHO FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO**. Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Departamento de Geología, Ciudad Bolívar, Venezuela; informe de pasantía, pp 17 – 24.

Corrales Zarauza, I., Rosell Sanuy J., Sánchez De la Torre, L., Vera Torres, J. A., y Vilas Minondo, L. (1977). **ESTRATIGRAFÍA**. Editorial Rueda. pp 2 – 3.

García, G. (2016). **CLASIFICACIÓN DE LA BASE DE DATOS DE LOS PLANES DE POZOS GENERADOS PARA EL DESARROLLO DEL CAMPO HUYAPARI, POR EL EQUIPO DE DESARROLLO DE MACOLLAS PERTENECIENTE A LA GERENCIA DE EXPLOTACIÓN DE LA EMPRESA MIXTA PDVSA – PETROPIAR**. Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Departamento de Geología, Ciudad Bolívar, Venezuela; informe de pasantía, pp 27 – 29.

González, B. (2018). **EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE CORTE PETROFÍSICO Y SU INFLUENCIA EN EL PETRÓLEO ORIGINAL EN SITIO (POES) PARA EL YACIMIENTO S-U3 HYH0035 DEL CAMPO HUYAPARI, DIVISIÓN AYACUCHO, FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO**. Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Departamento de Geología, Ciudad Bolívar, Venezuela; trabajo de grado, pp 6 – 14.

Henríquez, M. y Martínez, M. (2012). **EVALUACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL CAMPO HUYAPARI**.

Johansen, S. (2000). **STRATIGRAPHY AND SEDIMENTOLOGY OF THE HAMACA INITIAL DEVELOPMENT AREA AND BARE 53 FIELD AREA, ORINOCO HEAVY OIL BELT, VENEZUELA**. Petrolera Ameriven, S.A. pp 1-4

Marocco, R. (2009). **INTRODUCCIÓN A LA ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL**. Lima, Perú. pp 36 – 38 (Texto del curso dictado en IRD de Lima)

Martínez, A. R. (1997). **DICCIONARIO DEL PETROLEO VENEZOLANO**. Segunda edición. Editorial Los Libros de El Nacional, Caracas, Venezuela. pp 178.

Méndez Baamonde, J. (2006). **PETROLOGÍA**. Universidad Central de Venezuela, Caracas. pp 219-220.

Méndez Baamonde, J. (2009). **CARBONATOS ORIGEN Y SEDIMENTACIÓN**. Universidad Central de Venezuela, Caracas. pp 190 – 213.

Quintas Caballero, F. J. (1986). **ESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTOLOGÍA**. Segunda Edición. Editorial Universitaria Félix Valera, La Habana, Cuba. pp 15 – 40.

Revista Ciencias de la Tierra. (2023). **SEDIMENTOLOGÍA**. 12 de junio 2023, (<https://revistacienciasdelatierra.com/articulos/geociencias/sedimentologia/>).

Rivas, G. (2014) **DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE DECLINACIÓN DE PRODUCCIÓN DE LOS YACIMIENTOS DEL CAMPO HUYAPARÍ, BLOQUE H, PERTENECIENTE A LA FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO, ESTADO ANZOÁTEGUI**. Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional, Núcleo Anzoátegui, San Tomé, Venezuela; trabajo de grado, pp 18 – 28.

APÉNDICES

APÉNDICE A
TABLA RESUMEN DE LOS POZOS CON NÚCLEO

Apéndice A.1 Tabla con información resumida de los núcleos

En el apéndice A.1 se muestra una recopilación de información de los núcleos del campo Huyapari, obtenida de reportes de la empresa.

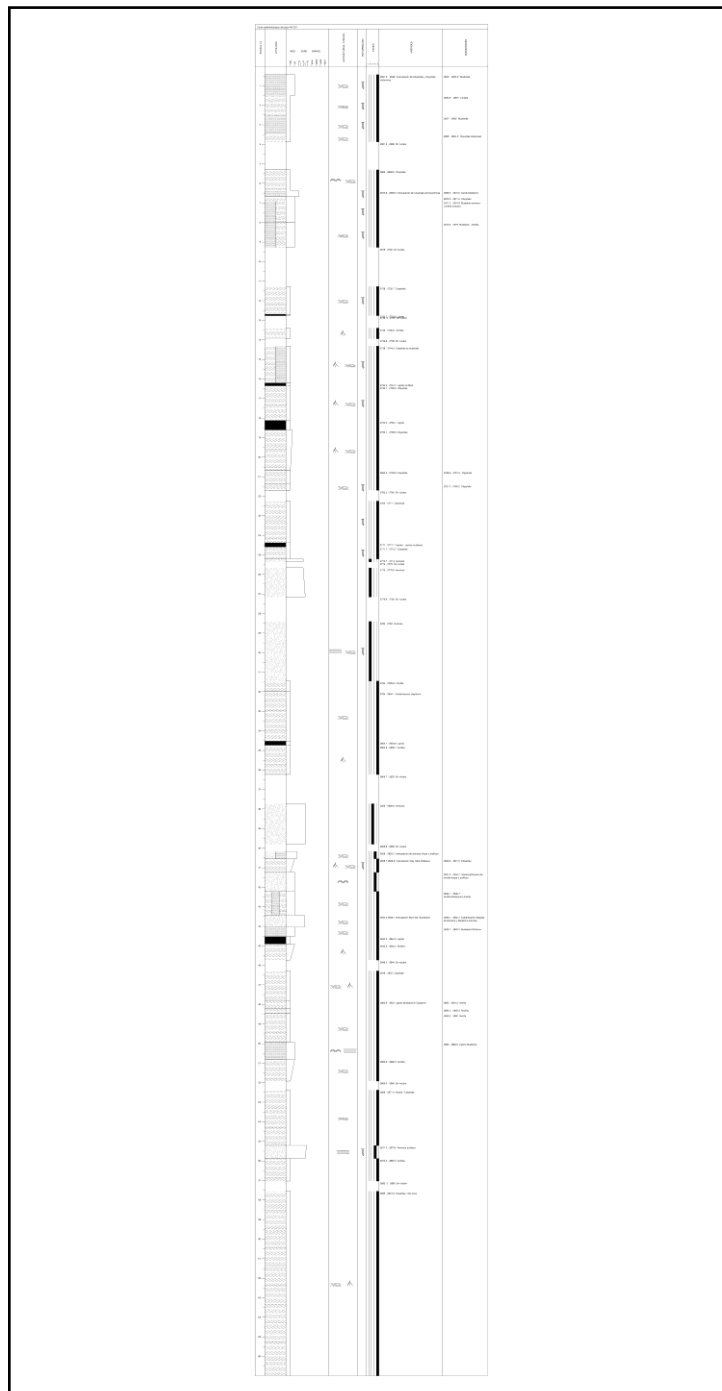
Pozos	Unidad	Profundidad de la unidad (pies)	Núcleo	Tamaño de grano	Escogimiento	Colores	Litofacies	Depofacies	Ambiente de deposición	
A5-C01	185	2652,95 - 2776,06	✓	Limo	Bueno	Marrón-negro, gris oliva	Arenisca arcillosa fina / Arcilita	Depósito de inundación	Llanura costera inferior con influencia de marea (baja, media, alta) a posible bahía/laguna costera.	
				Arcilla	Muy bueno		Arcilita			
				Arena muy fina	Pobre		Arenisca arcillosa fina			
				Limo	Muy bueno		Arcilita			
				Arcilla	Muy bueno					
	175	2776,06 - 2822,41	✓	Arcilla	Excelente	Negro oliva	Arcilita	Depósito de inundación	Llanura costera inferior con influencia de marea media	
				Arena gruesa - media	Pobre	Impregnado de hidrocarburo	Arenisca gruesa limpia	Canal arcilloso		
				Arena fina a gruesa		Impregnado de hidrocarburo				
	165	2822,41 - 2883,36	✓	Arena gruesa	Muy pobre a moderado	Impregnado de hidrocarburo	Negro oliva, Gris oliva, gris verduzco	Arcilita	Depósito de inundación	Llanura de inundación bajo influencia de marea / Llanura costera con influencia de marea alta - media a posible bahía/laguna costera
								Arenisca arcillosa gruesa	Abanico de rotura limpio	

				Limo (pequeñas cantidades de arcilla y arena media)	Moderado a excelente	Gris oliva claro, negro oliva	Arcilita / Arenisca arcillosa fina / Arenisca arcillosa gruesa	Depósito de inundación / Abanico de rotura arcilloso	
				Arcilla	Excelente	Gris oliva, negro oliva	Arcilita	Depósito de inundación	
D4-C02	185	2498,92 - 2597,28	-	-	-	-	-	Depósito de inundación	Llanura costera con influencia de marea alta - media
	175	2597,28 - 2643,95	-	-	-	-	-	Depósito de inundación	Llanura costera con influencia de marea baja - media
	165	2643,95 - 2726,49	✓	Arena media a gruesa	Muy pobre a moderado	Impregnado de hidrocarburo	Arenisca gruesa limpia	Canal arcilloso	Llanura de inundación con influencia de marea
Arena gruesa				Muy pobre a moderado	Impregnado de hidrocarburo	Arenisca gruesa limpia	Canal arcilloso		
E2-C01	185	2404,41 - 2514,36	✓	Limo - arena media	Pobre a Muy bueno	Impregnado de hidrocarburo	Arenisca arcillosa fina / Arcilita	Abanico de rotura limpio / Abanico de rotura arcilloso	-
				Arena fina a media	Pobre a Moderado		Arenisca arcillosa fina / Arenisca arcillosa gruesa / Arenisca limpia fina	Canal arcilloso	
	175	2514,36 - 2572,58	-	-	-	-	-	-	
	165	2572,58 - 2672,28	✓	Arena media a gruesa	Muy pobre a Moderado	Impregnado de hidrocarburo	Arenisca gruesa limpia	Canal limpio	-
Arena fina a gruesa									

				Arena media	Pobre				
				Arena fina a gruesa	Muy pobre a moderado				
				Arena fina	Moderado				
				Arena gruesa	Muy pobre				
						-	Canal arcilloso		
						Arenisca gruesa limpia	Canal limpio		
F4-C01	185	2247,27 - 2336,97	-	-	-		-	-	Llanura costera con influencia de marea baja / Bahía
	175	2336,97 - 2399,92	-	-	-		-	-	Llanura costera inferior con influencia de marea baja
	165	2399,92 - 2472,31	✓	Arena fina a gruesa	Pobre a Moderado	Impregnado de hidrocarburo	Arenisca gruesa limpia / Arenisca fina limpia / Arenisca arcillosa gruesa / Arenisca arcillosa fina	Canal limpio	Llanura costera con influencia de marea (alta / baja) y llanura de inundación bajo influencia de marea
				Arena fina a gruesa	Pobre a Moderado		Arenisca gruesa limpia / Arenisca arcillosa fina		
Arena muy fina a gruesa	Moderado a bueno	Arenisca gruesa limpia / Arcilita	Canal arcilloso / Canal limpio						
I5-C01	185	2013,01 - 2.065,54	-	-	-	-	-	-	Llanura costera con influencia de marea media - alta
	175	2065,54 - 2111,46	-	-	-	-	-	-	Transición de llanura de inundación a costera
	165	2111,46 - 2183,48	-	-	-	-	-	-	Llanura costera con influencia de marea alta

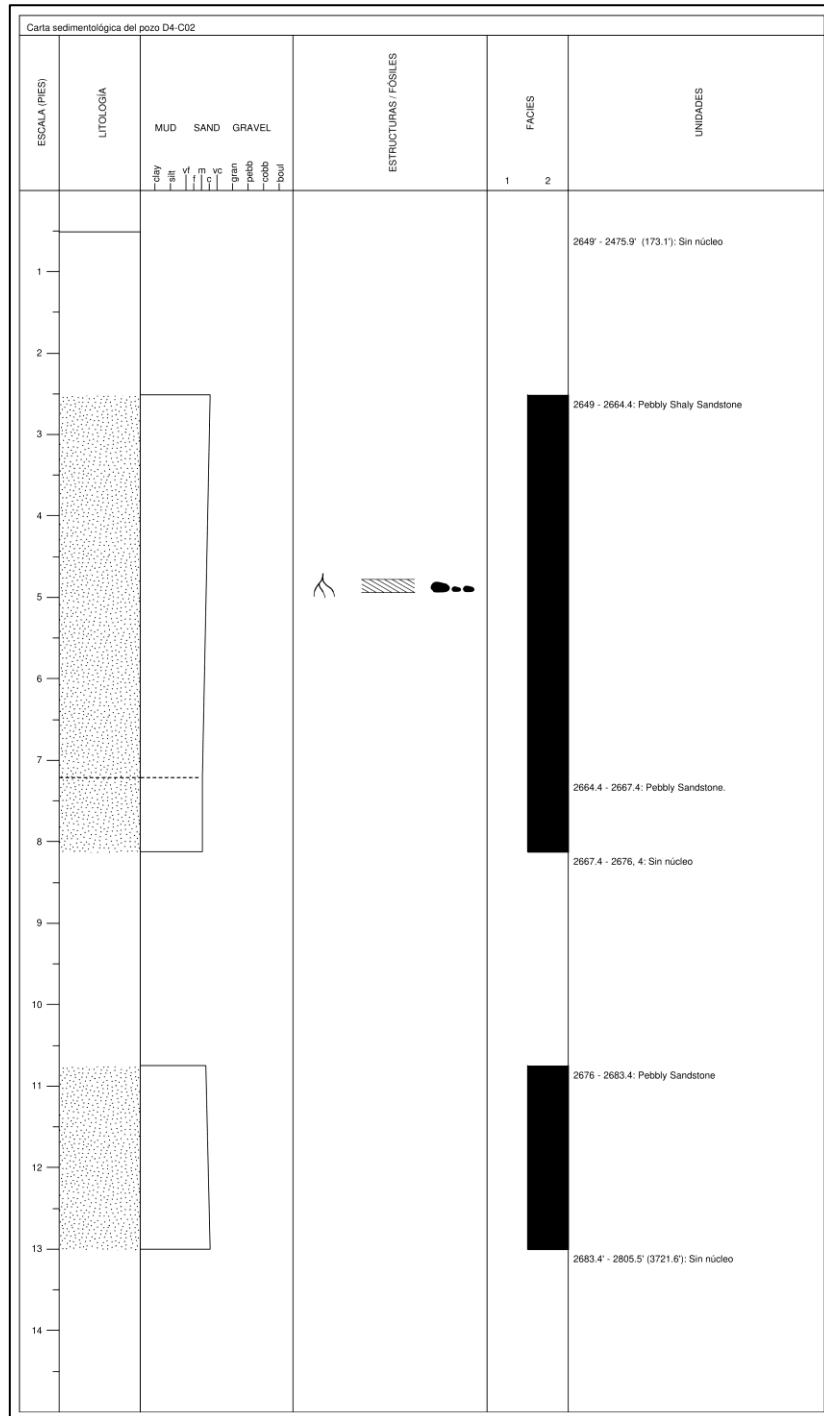
APENDICE B
CARTAS SEDIMENTOLÓGICAS DE LOS NÚCLEOS

Apéndice B.1 Carta sedimentológica del núcleo A5-C01



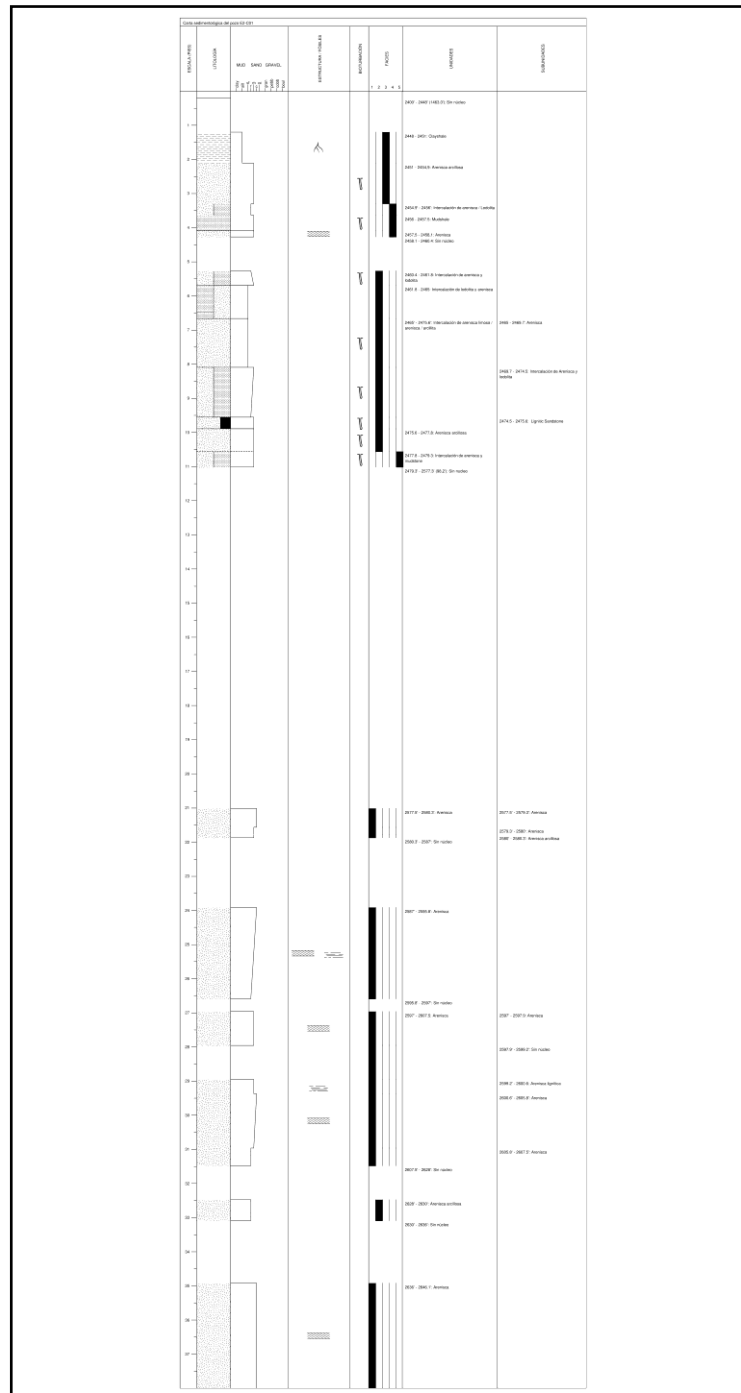
Apéndice B.1 Carta sedimentológica del núcleo A5-C01

Apéndice B.2 Carta sedimentológica del núcleo D4-C01



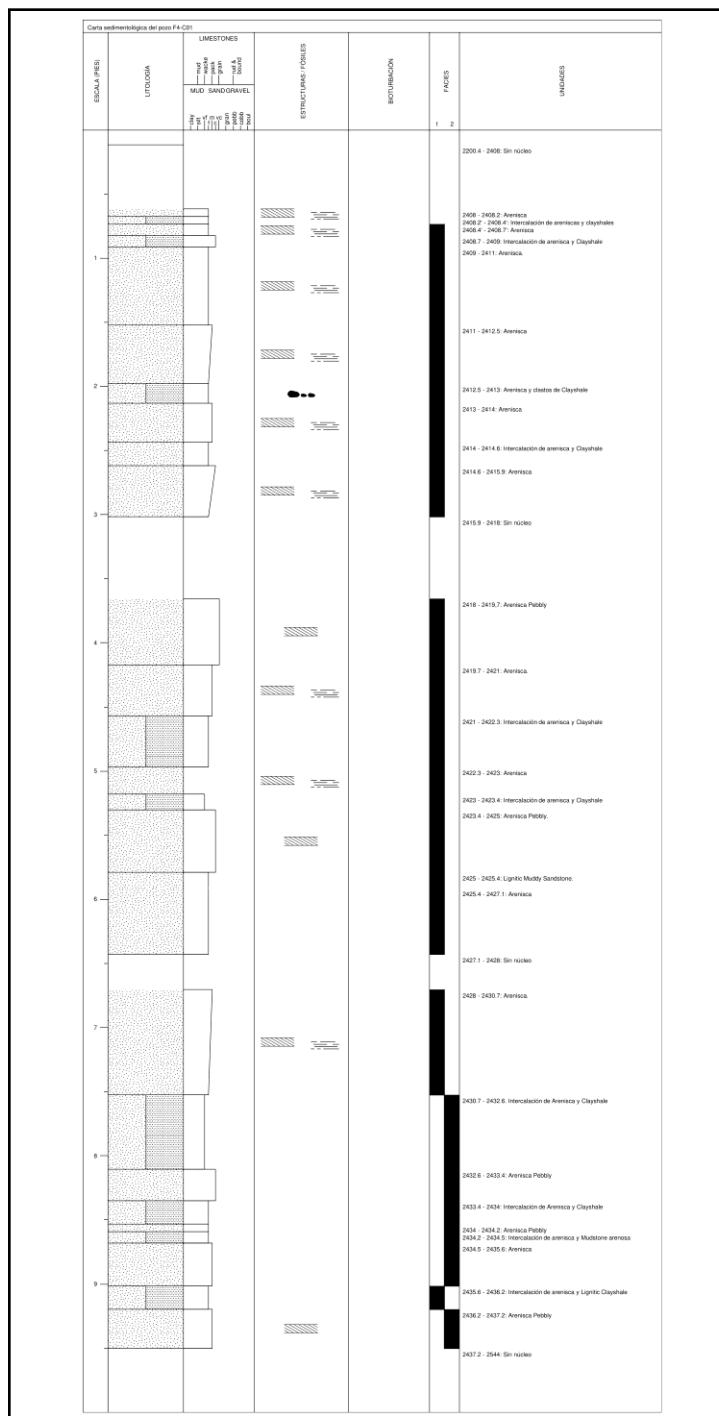
Apéndice B.2 Carta sedimentológica del núcleo D4-C01

Apéndice B.3 Carta sedimentológica del núcleo E2-C02



Apéndice B.3 Carta sedimentológica del núcleo E2-C02

Apéndice B.4 Carta sedimentológica del núcleo F4-C01

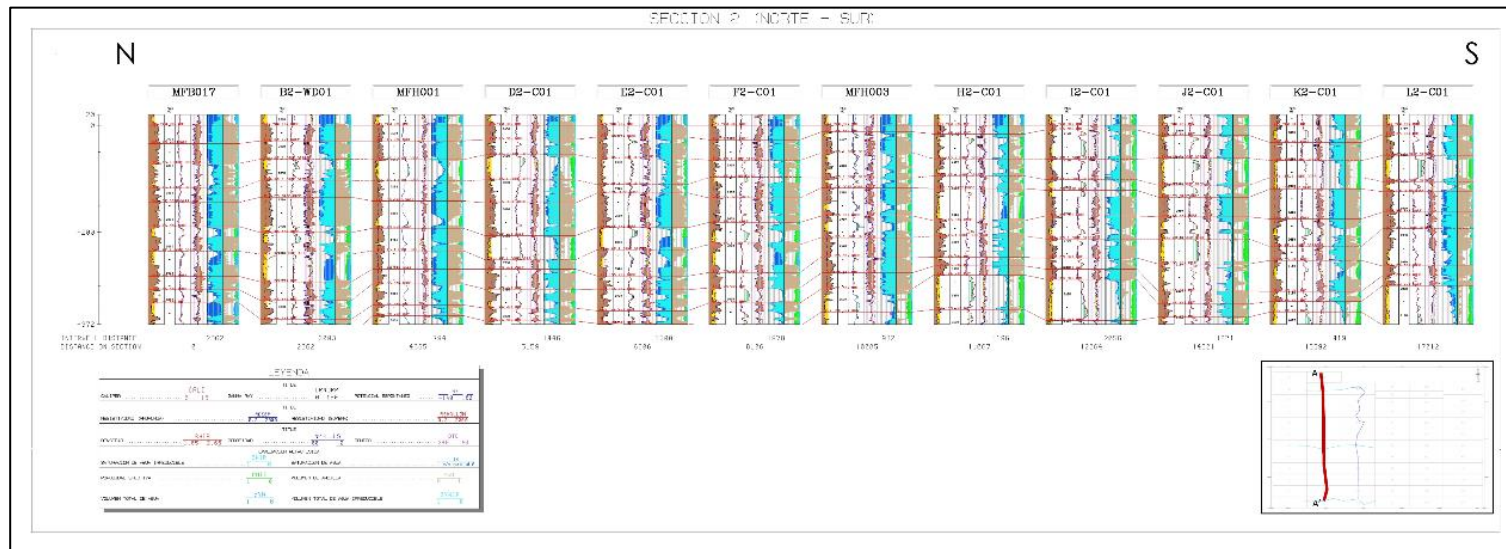


Apéndice B.4 Carta sedimentológica del núcleo F4-C01.

APÉNDICE C
CORRELACIONES ESTRATIGRÁFICAS

Apéndice C.1 Correlación estratigráfica de la sección 2 (A-A')

En el apéndice C.1 se muestra la sección 2 (A-A'), con orientación Norte – Sur.



Apéndice C.1 Correlación estratigráfica de la sección 2 (A-A').

Apéndice C.2 Correlación estratigráfica de la sección 4 (B-B')

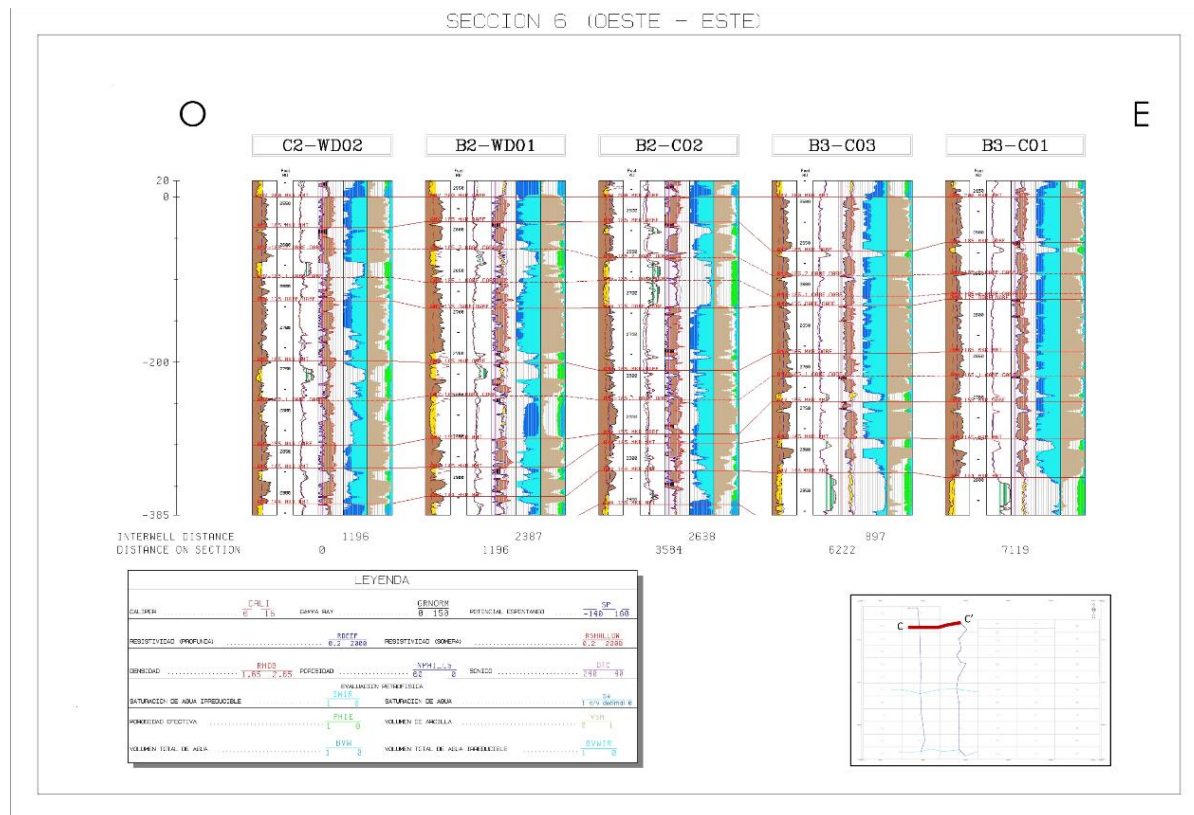
En el apéndice C.2 se muestra la sección 4 (B-B'), con orientación Norte – Sur.



Apéndice C.2. Correlación estratigráfica de la sección 4 (B-B')

Apéndice C.3 Correlación estratigráfica de la sección 6 (C-C')

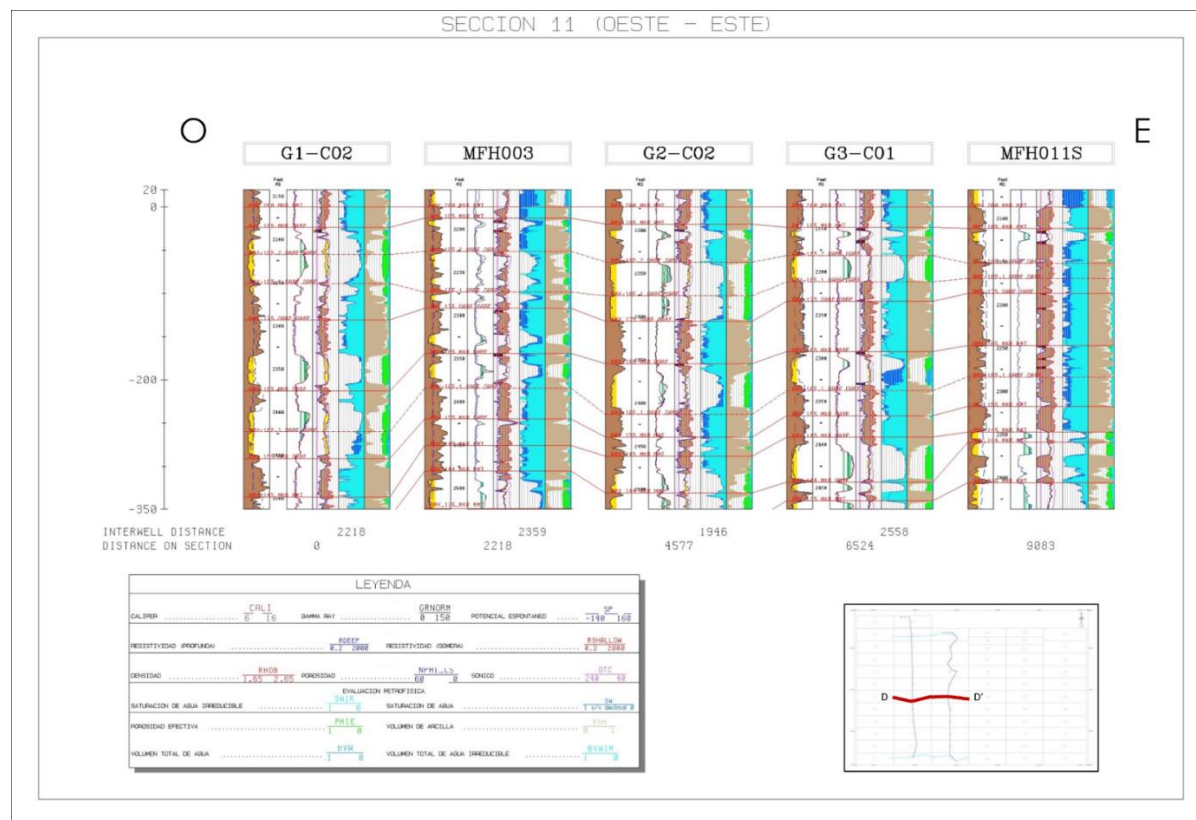
En el apéndice C.3 se muestra la sección 6 (C-C'), con orientación Oeste – Este.



Apéndice C.3. Correlación estratigráfica de la sección 6 (C-C').

Apéndice C.4 Correlación estratigráfica de la sección 11 (D-D')

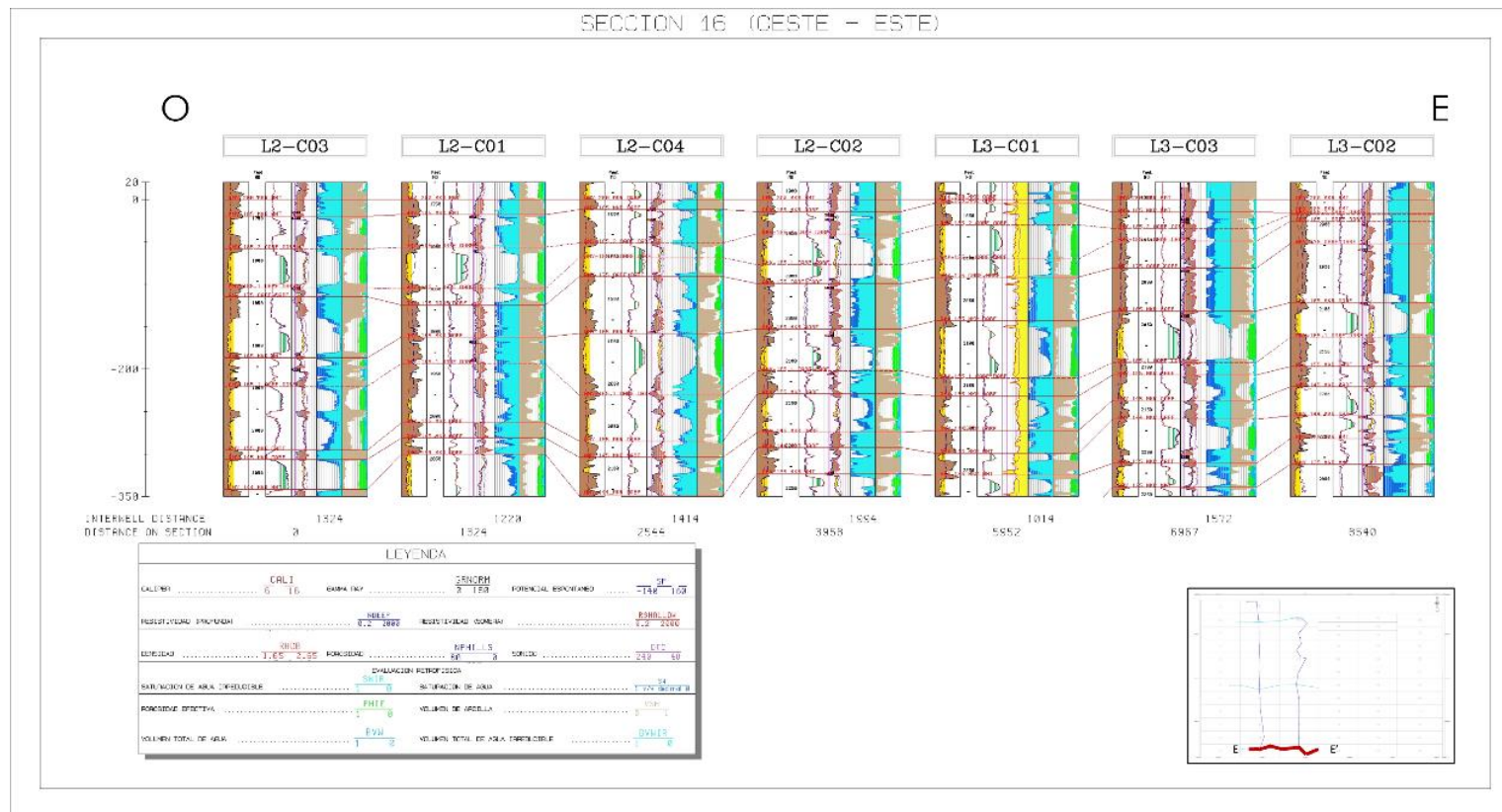
En el apéndice C.4 se muestra la sección 11 (D-D'), con orientación Oeste – Este.



Apéndice C.4. Correlación estratigráfica de la sección 11 (D-D').

Apéndice C.5 Correlación estratigráfica de la sección 16 (E-E')

En el apéndice C.5 se muestra la sección 16 (E-E'), con orientación Oeste – Este.

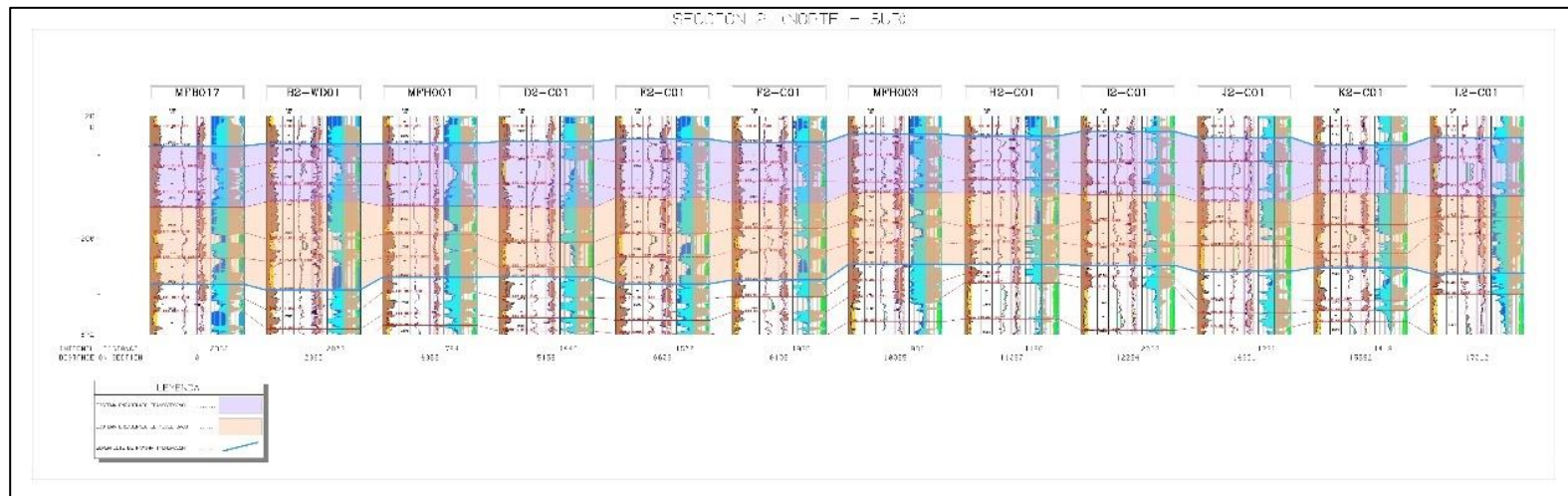


Apéndice C.5. Correlación estratigráfica de la sección 16 (E-E').

APÉNDICE D
MARCADORES ESTRATIGRÁFICOS

Apéndice D.1 Marcadores estratigráficos de la sección 2 (A-A')

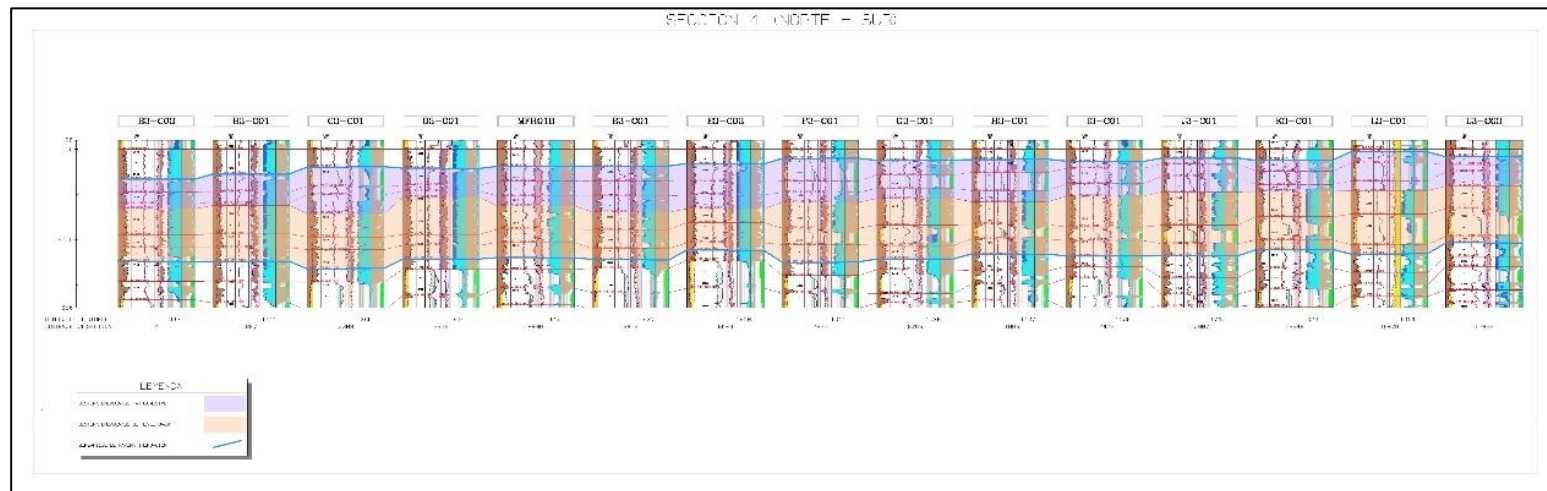
En el apéndice D.1 se presenta la identificación de los marcadores estratigráficos en la sección 2 (A-A'), cuya orientación es Norte – Sur.



Apéndice D.1 Marcadores estratigráficos de la sección 2 (A-A').

Apéndice D.2 Marcadores estratigráficos de la sección 4 (B-B')

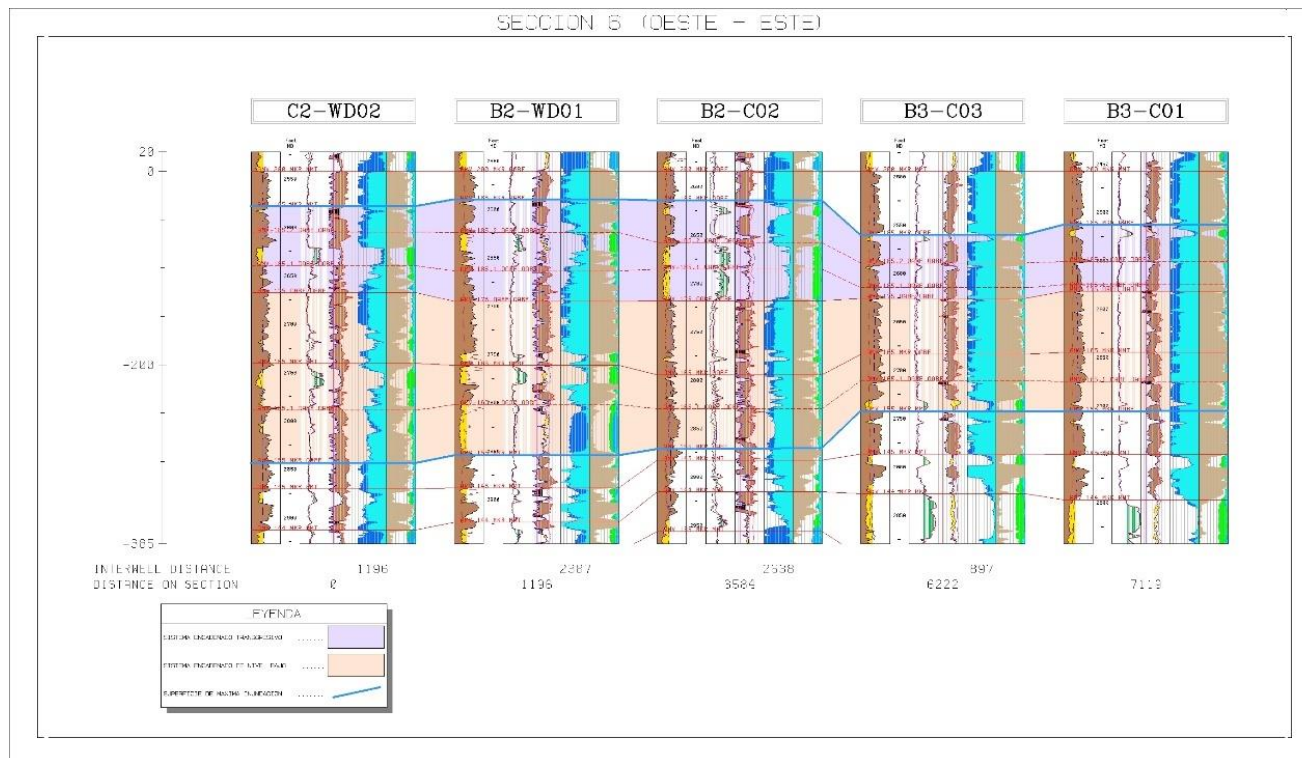
En el apéndice D.2 se presenta la identificación de los marcadores estratigráficos en la sección 4 (B-B'), cuya orientación Norte – Sur.



Apéndice D.2. Marcadores estratigráficos de la sección 4 (B-B')

Apéndice D.3 Marcadores estratigráficos de la sección 6 (C-C')

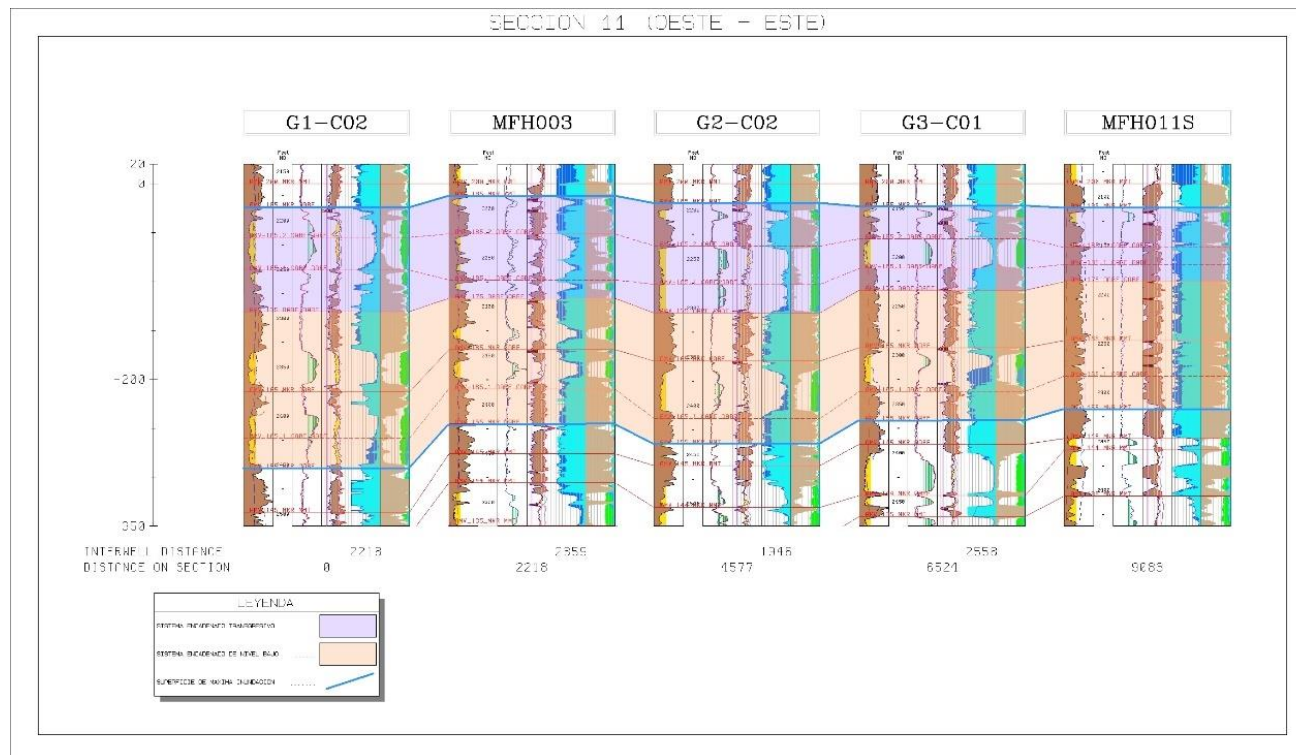
En el apéndice D.3 se presenta la identificación de los marcadores estratigráficos en la sección la sección 6 (C-C'), con orientación Oeste – Este.



Apéndice D.3. Marcadores estratigráficos de la sección 6 (C-C').

Apéndice D.4 Marcadores estratigráficos de la sección 11 (D-D')

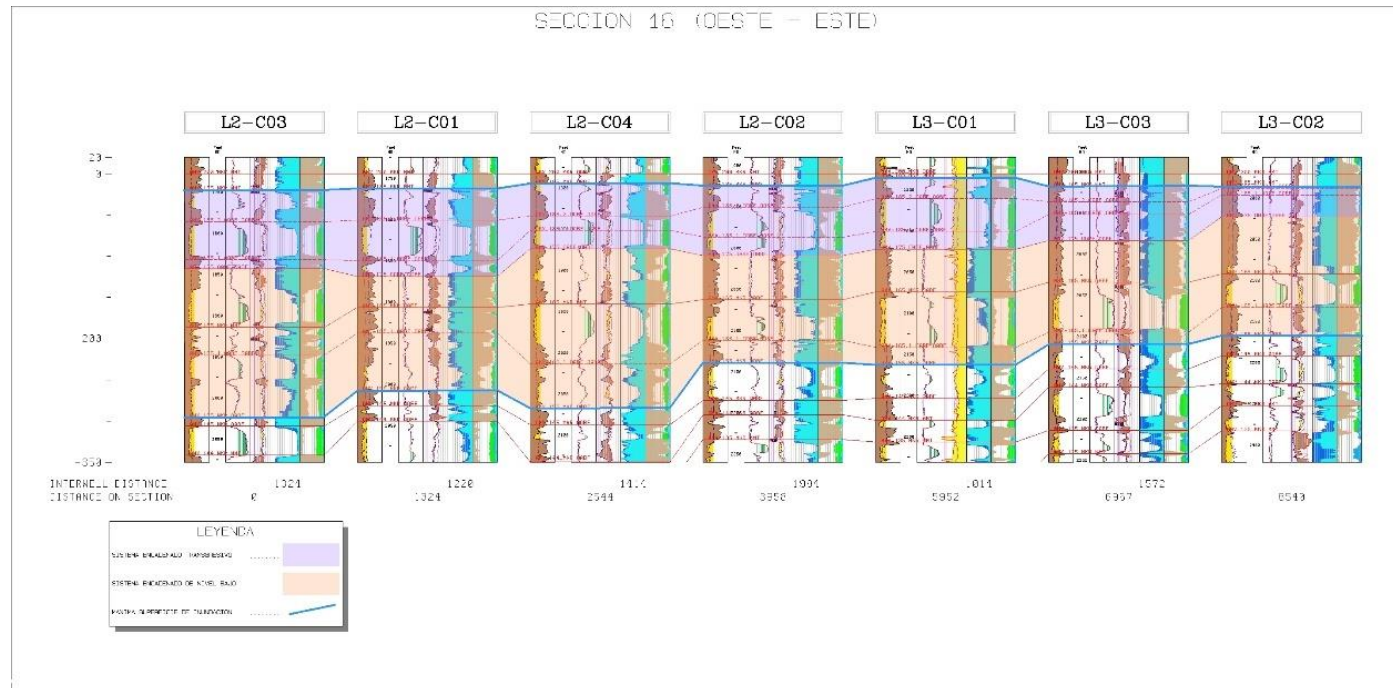
En el apéndice D.4 se presenta la identificación de los marcadores estratigráficos en la sección 11 (D-D'), con orientación Oeste – Este.



Apéndice D.4. Marcadores estratigráficos de la sección 11 (D-D').

Apéndice D.5 Marcadores estratigráficos de la sección 16 (E-E')

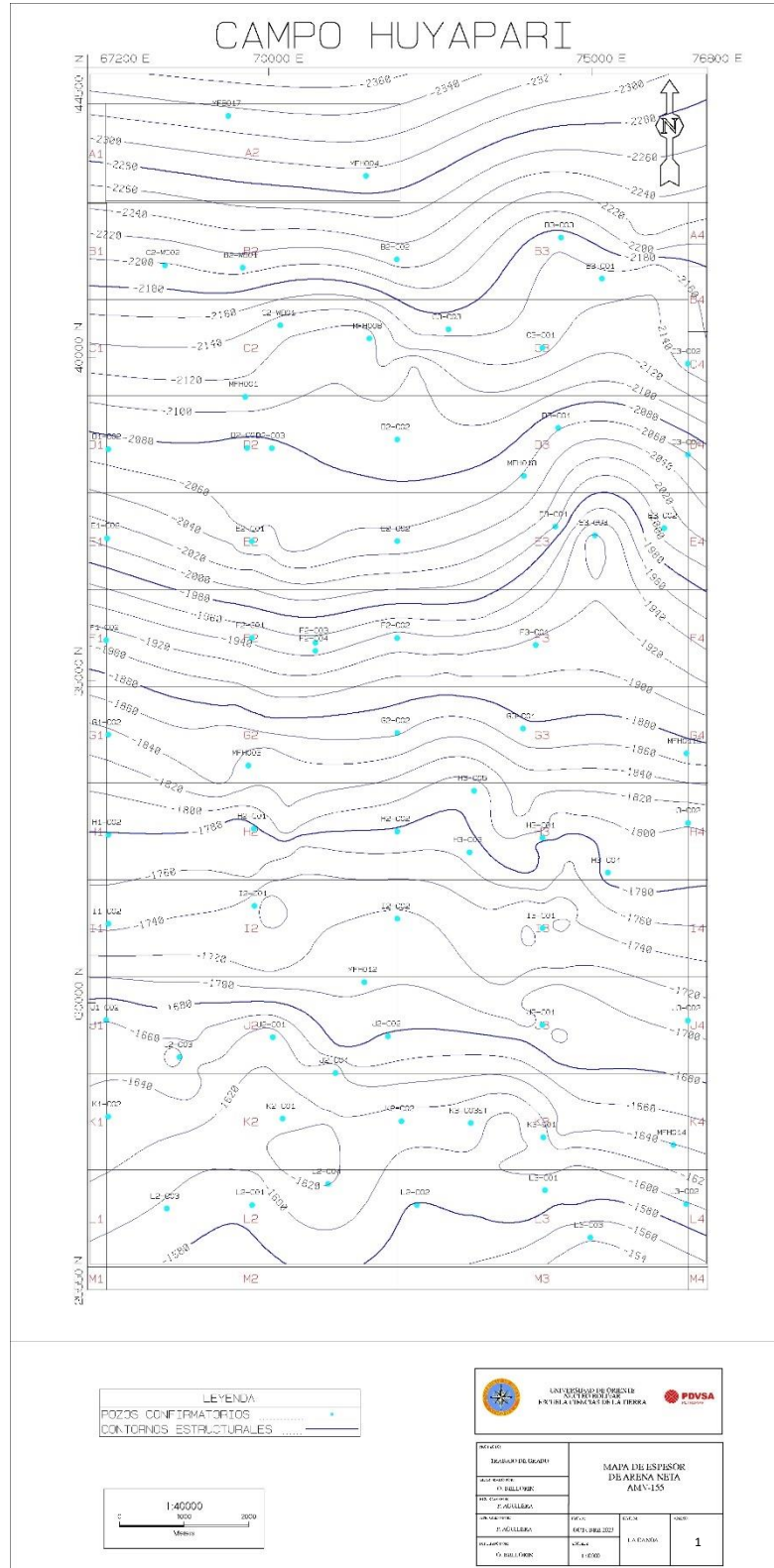
En el apéndice D.5 se presenta la identificación de los marcadores estratigráficos de la sección 16 (E-E'), con orientación Oeste – Este.



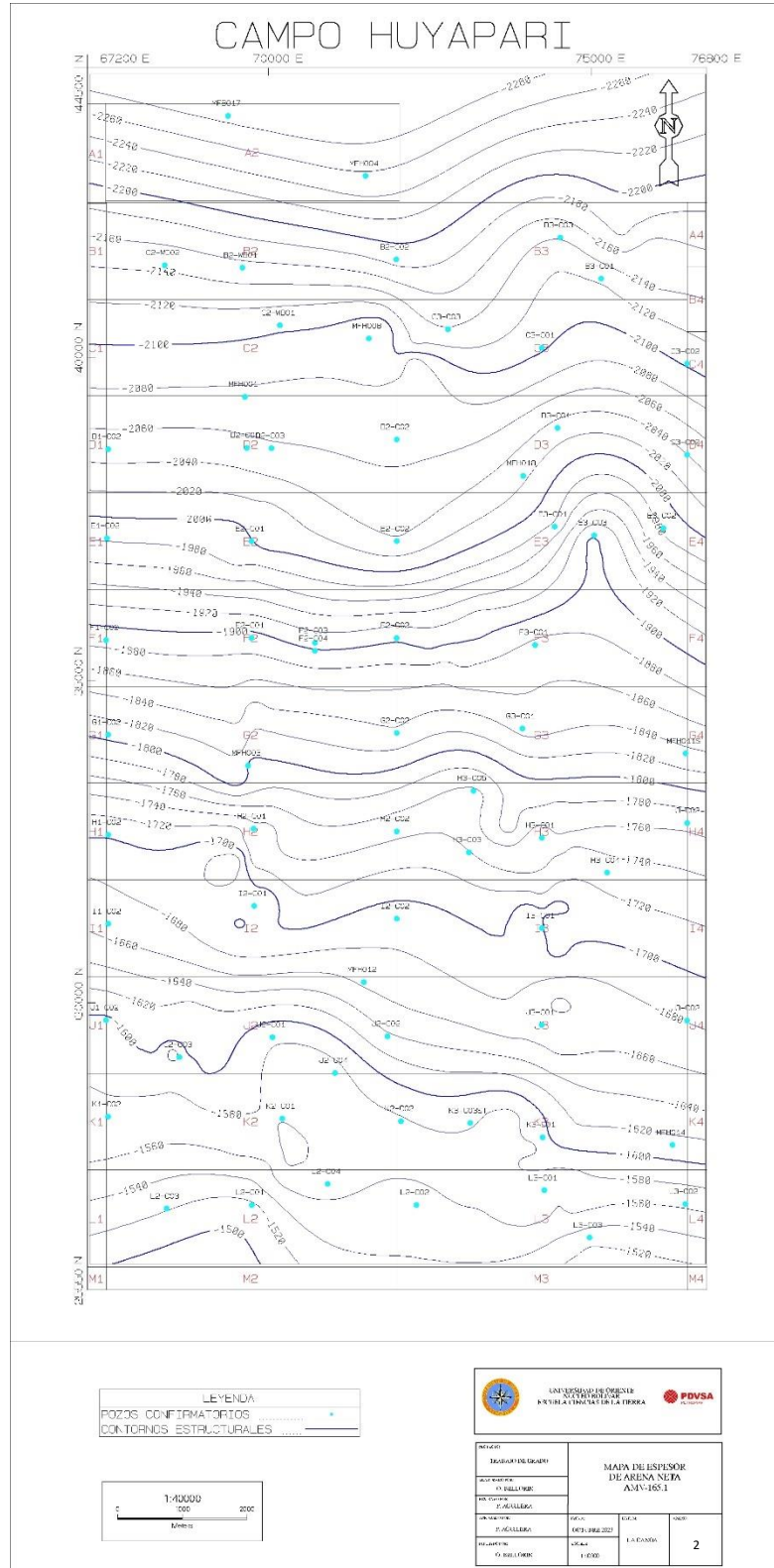
Apéndice D.5. Marcadores estratigráficos de la sección 16 (E-E')

ANEXOS

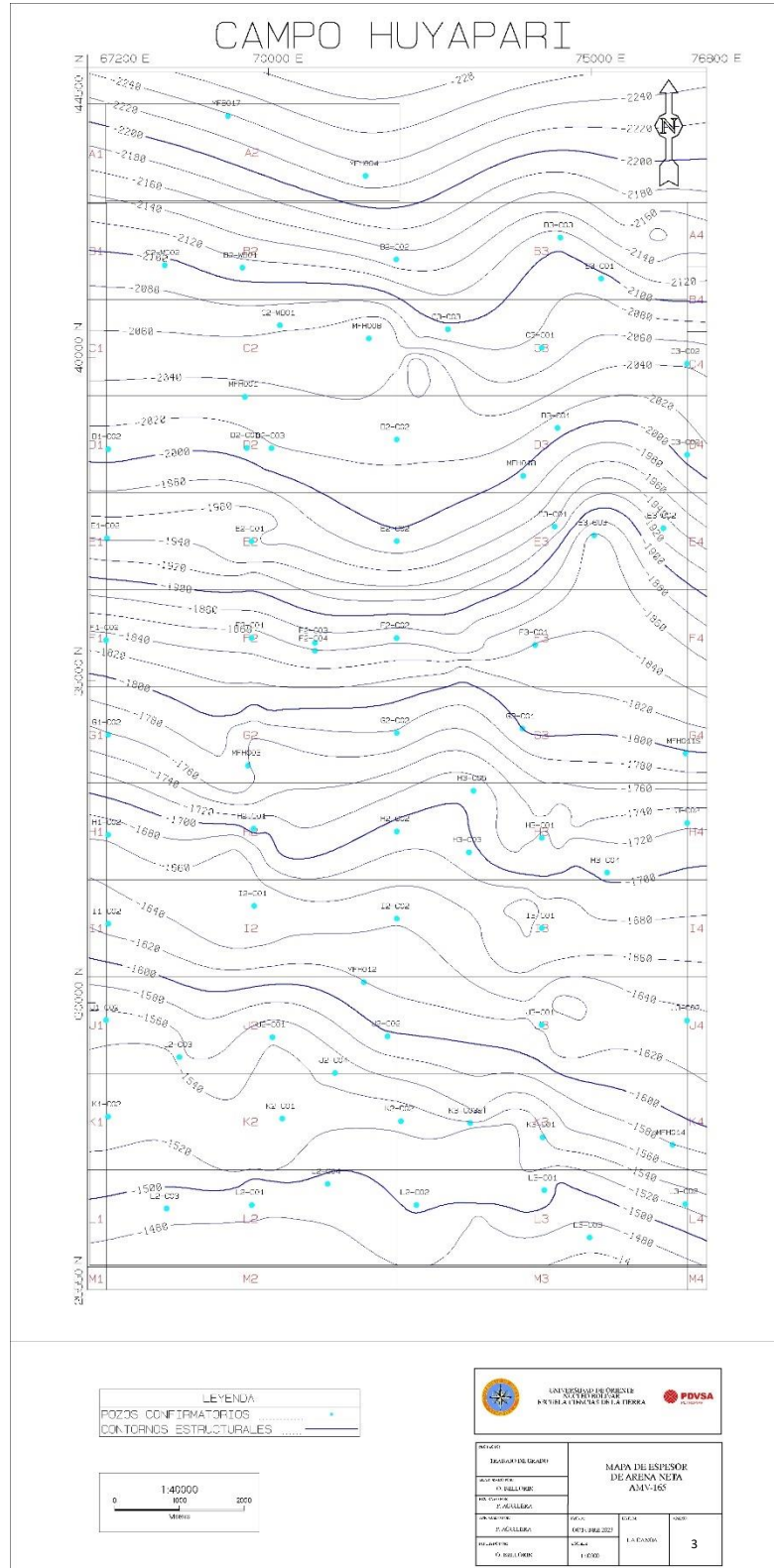
ANEXO 1
MAPA ESTRUCTURAL DE LA SUPERFICIE 155



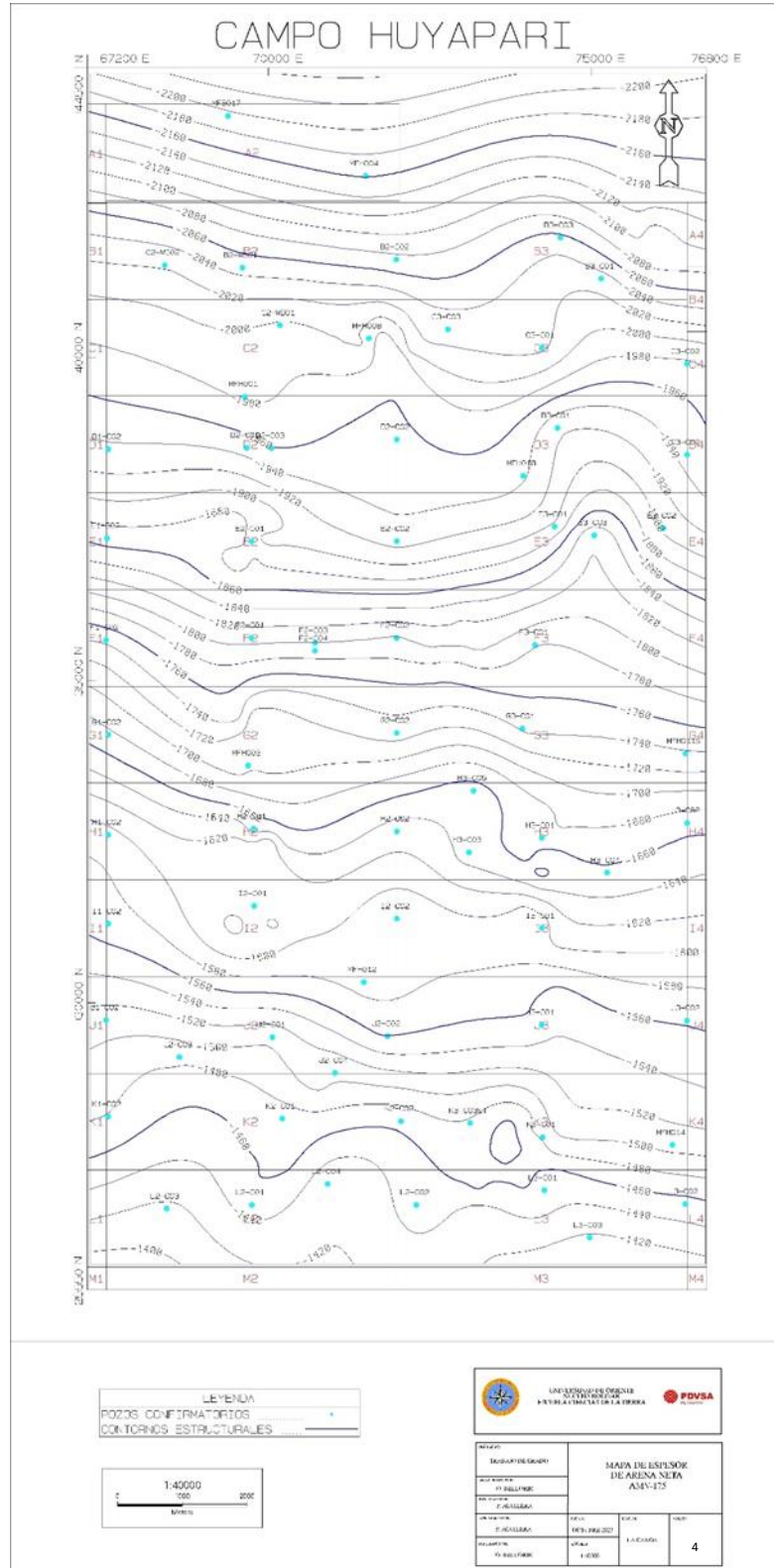
ANEXO 2
MAPA ESTRUCTURAL DE LA SUPERFICIE 165.1



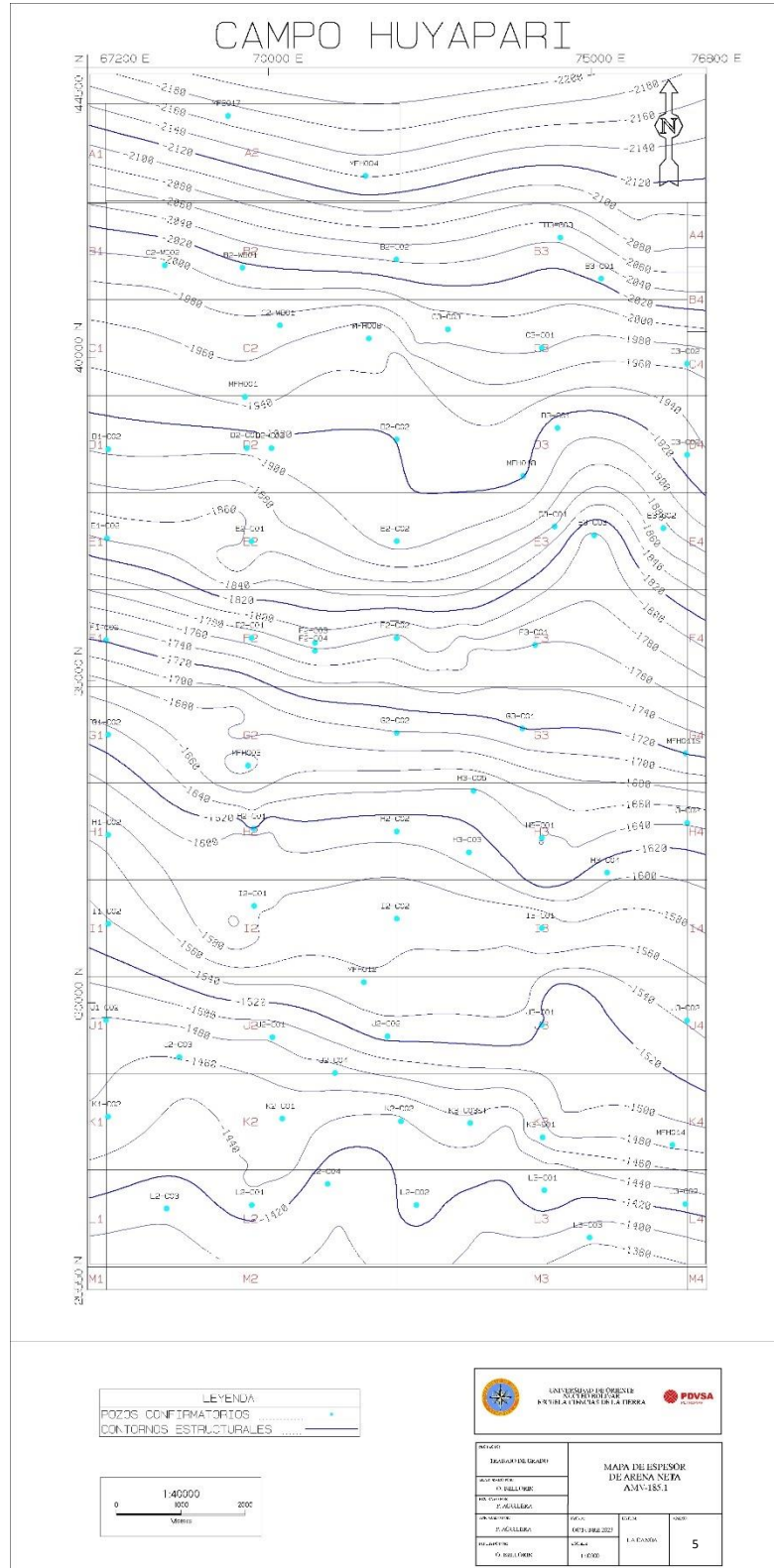
ANEXO 3
MAPA ESTRUCTURAL DE LA SUPERFICIE 165



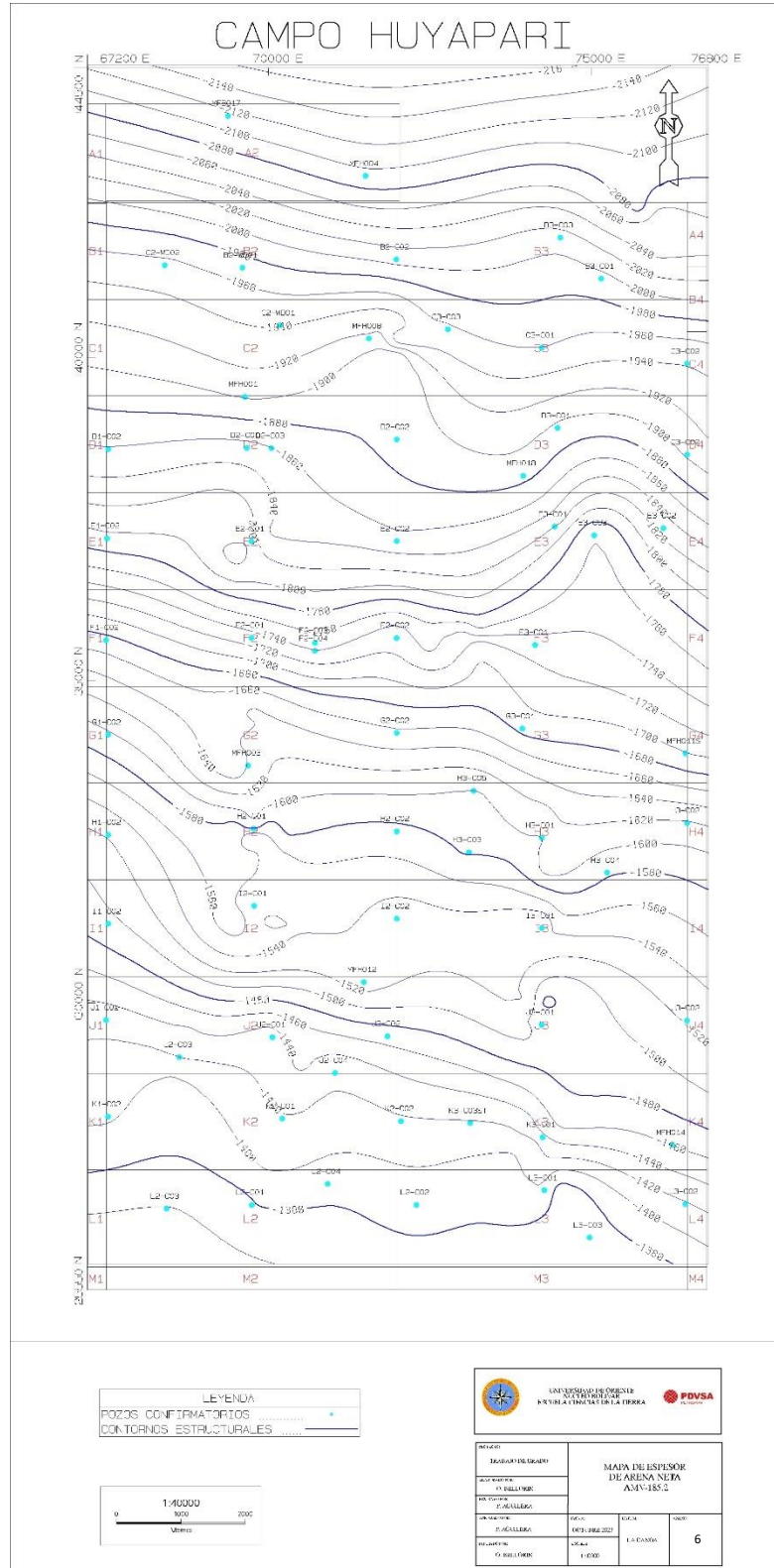
ANEXO 4
MAPA ESTRUCTURAL DE LA SUPERFICIE 175



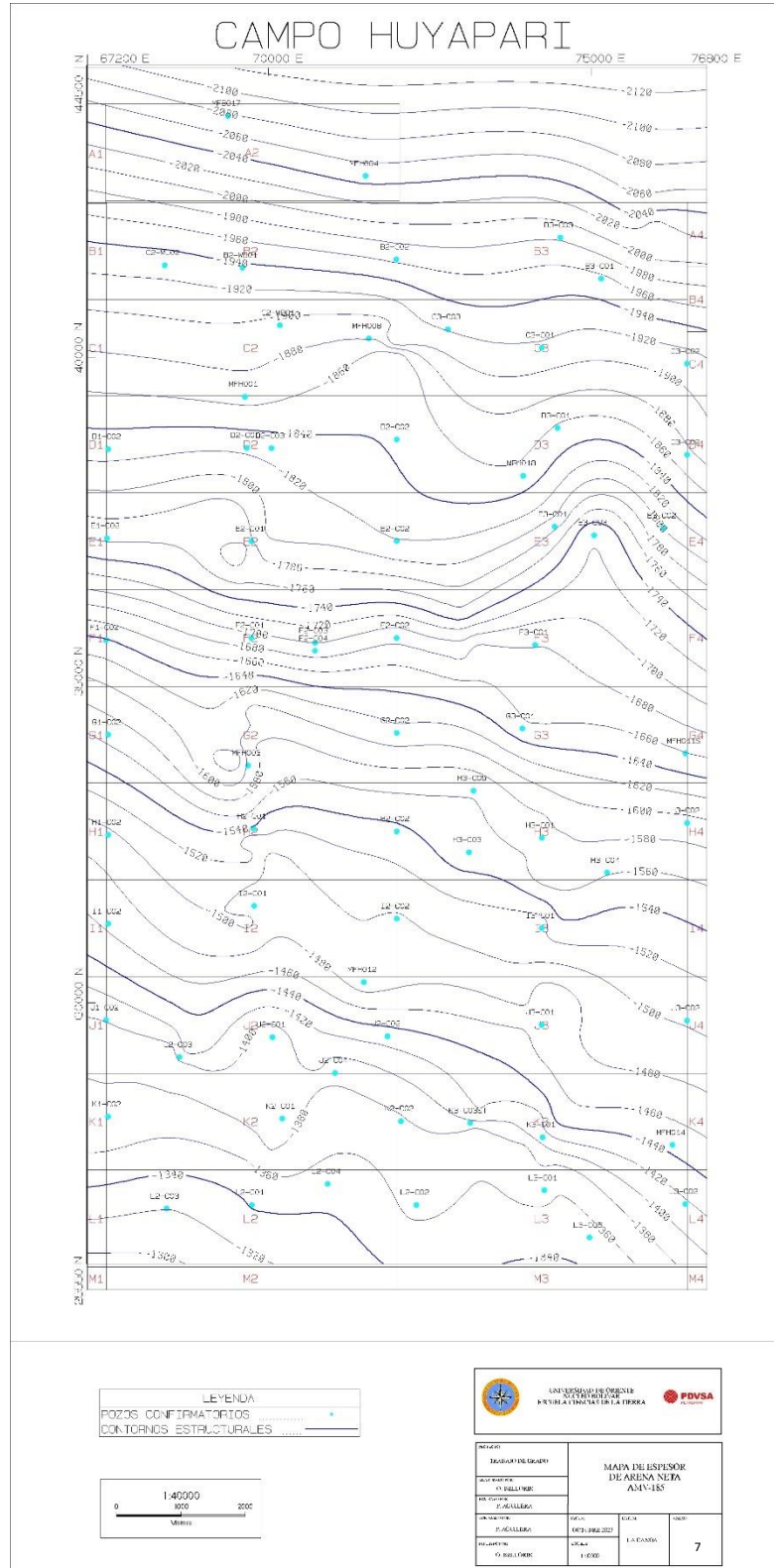
ANEXO 5
MAPA ESTRUCTURAL DE LA SUPERFICIE 185.1



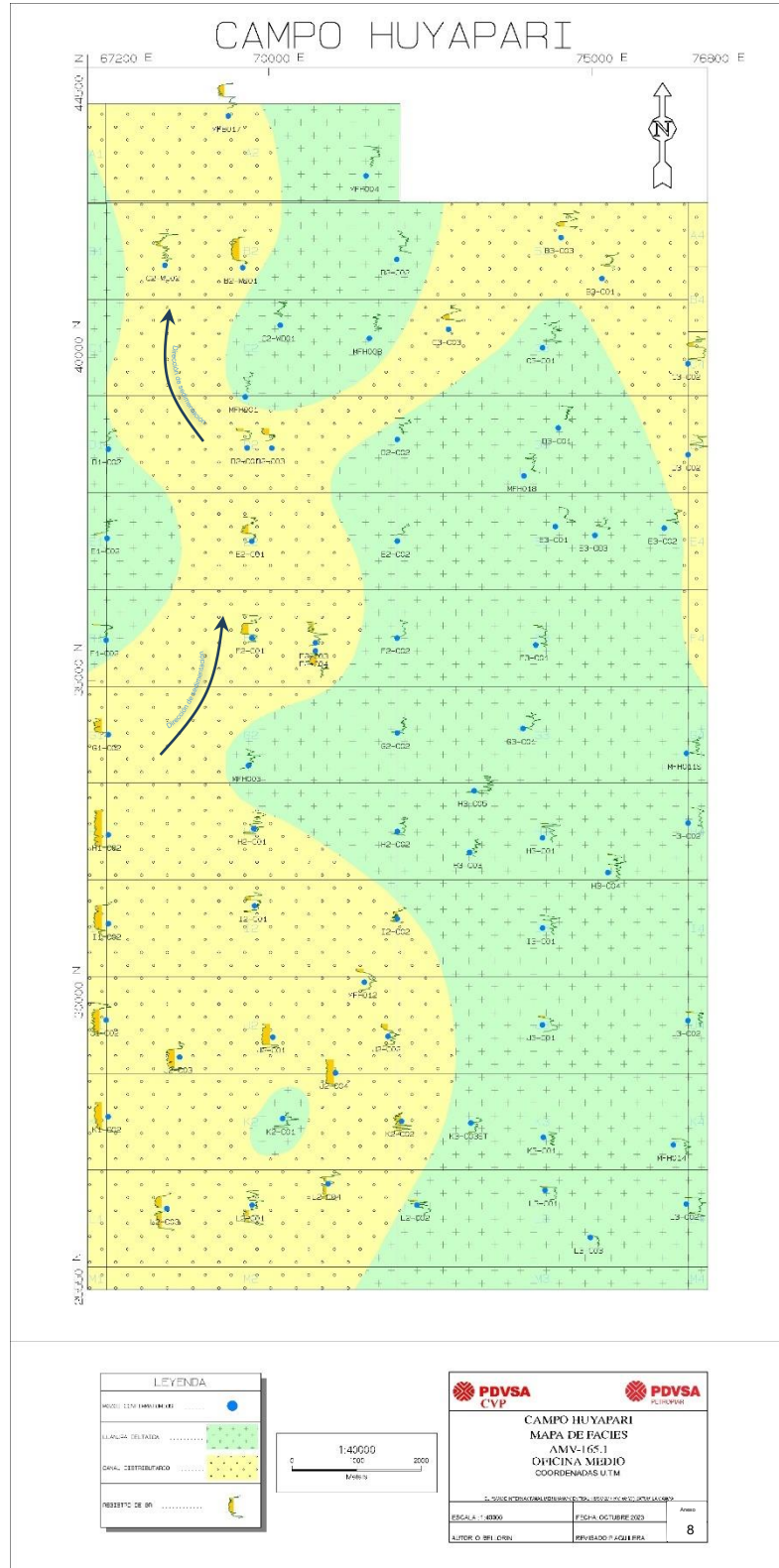
ANEXO 6
MAPA ESTRUCTURAL DE LA SUPERFICIE 185.2



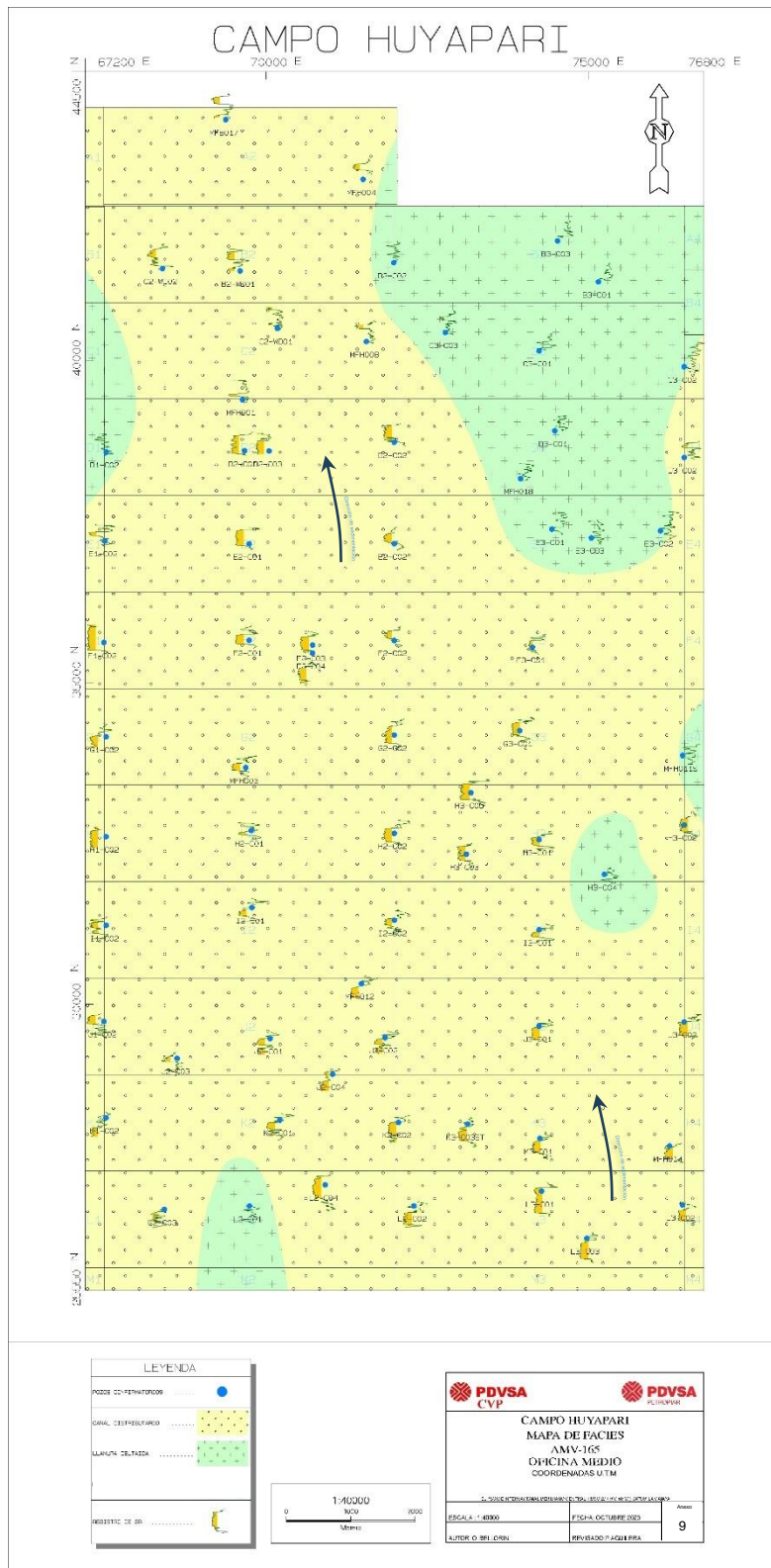
ANEXO 7
MAPA ESTRUCTURAL DE LA SUPERFICIE 185



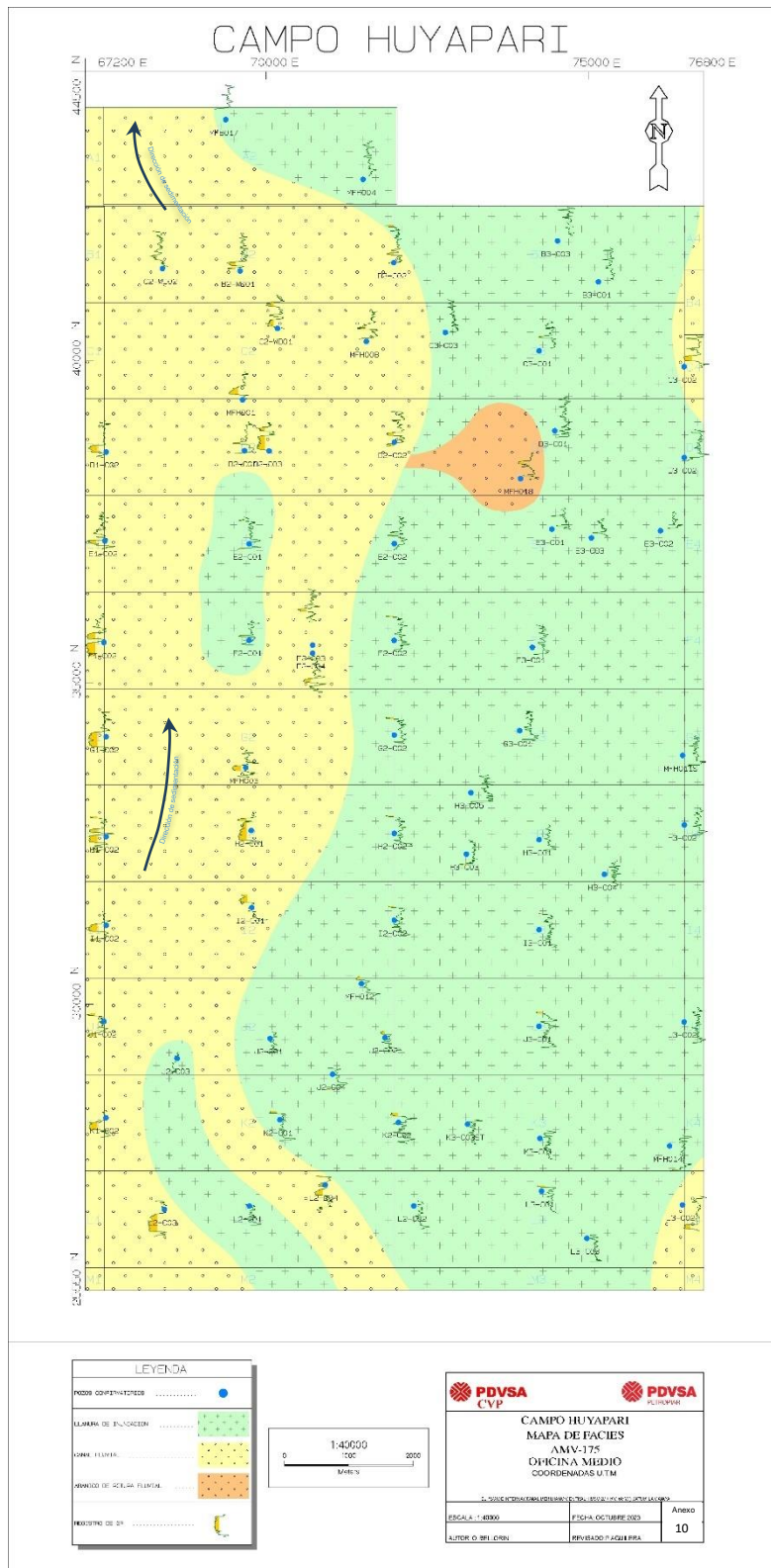
ANEXO 8
MAPA DE PALEOAMBIENTE DE LA SUBUNIDAD 165.1



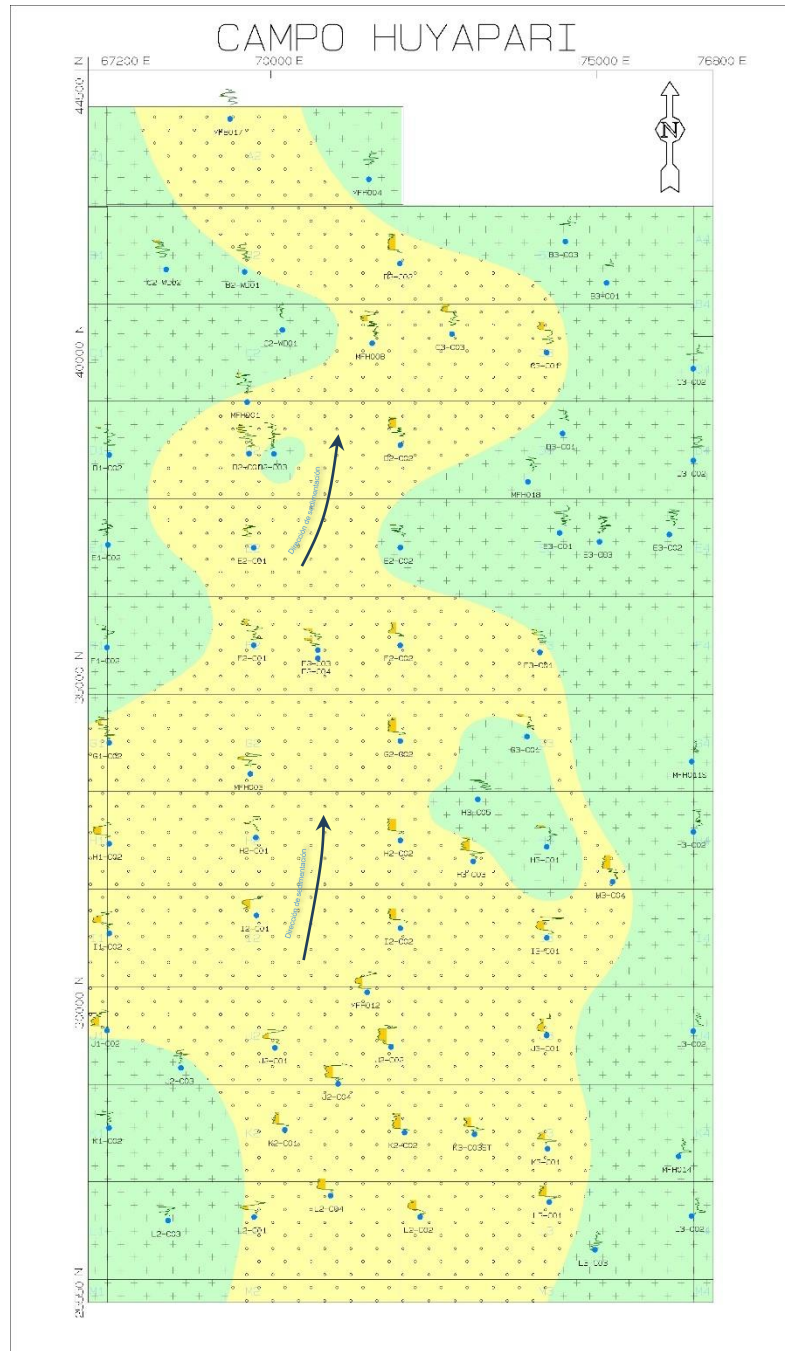
ANEXO 9
MAPA DE PALEOAMBIENTE DE LA SUBUNIDAD 165



ANEXO 10
MAPA DE PALEOAMBIENTE DE LA UNIDAD 175



ANEXO 11
MAPA DE PALEOAMBIENTE DE LA SUBUNIDAD 185.1

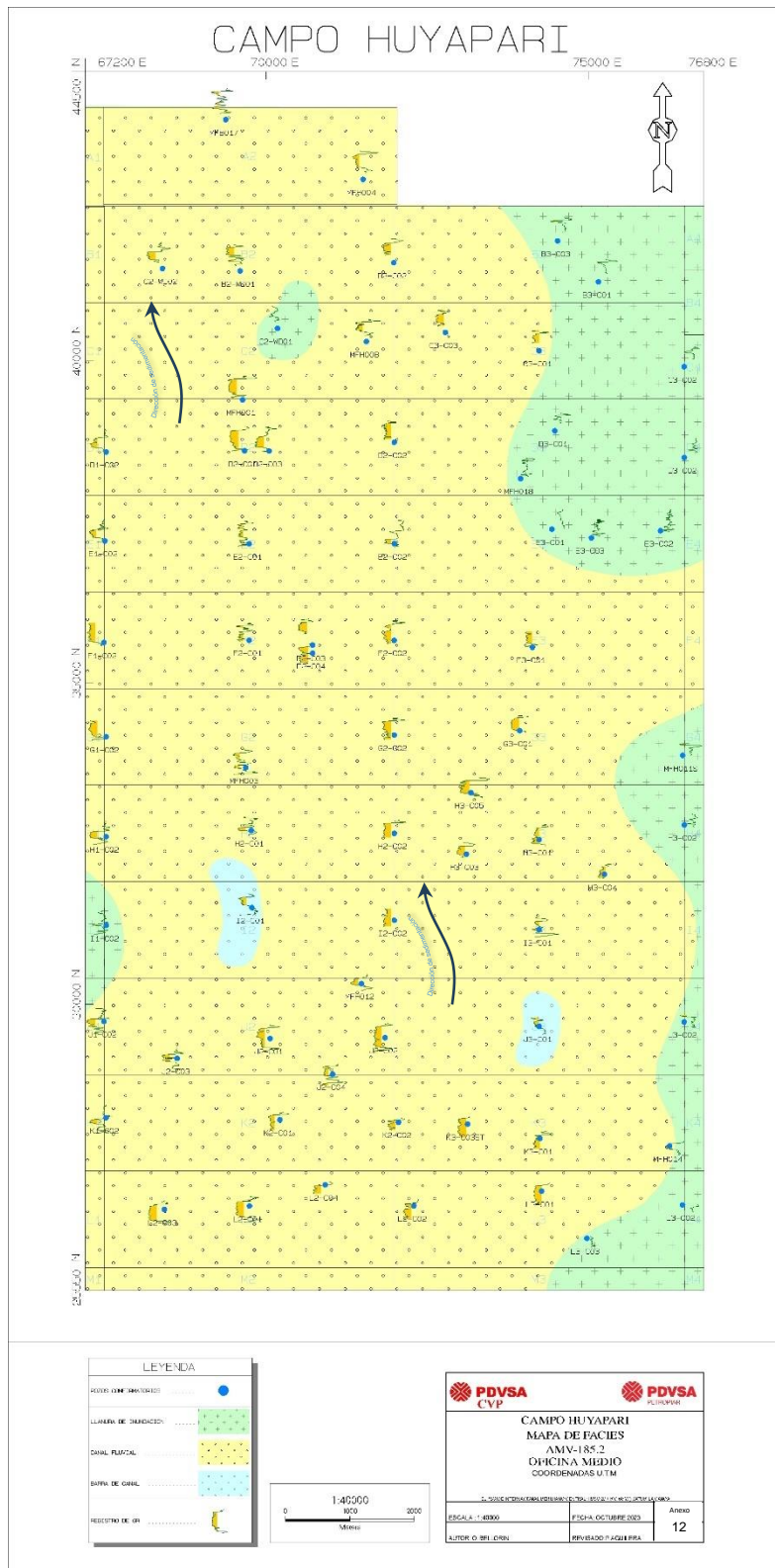


LEYENDA	
POZOS OPERATIVOS	●
CAPA DE INYECCIÓN	(Stippled pattern)
CAPA FLUYENTE	(Dotted pattern)
RESTRICCIÓN DE FLUJO	(Fault symbol)

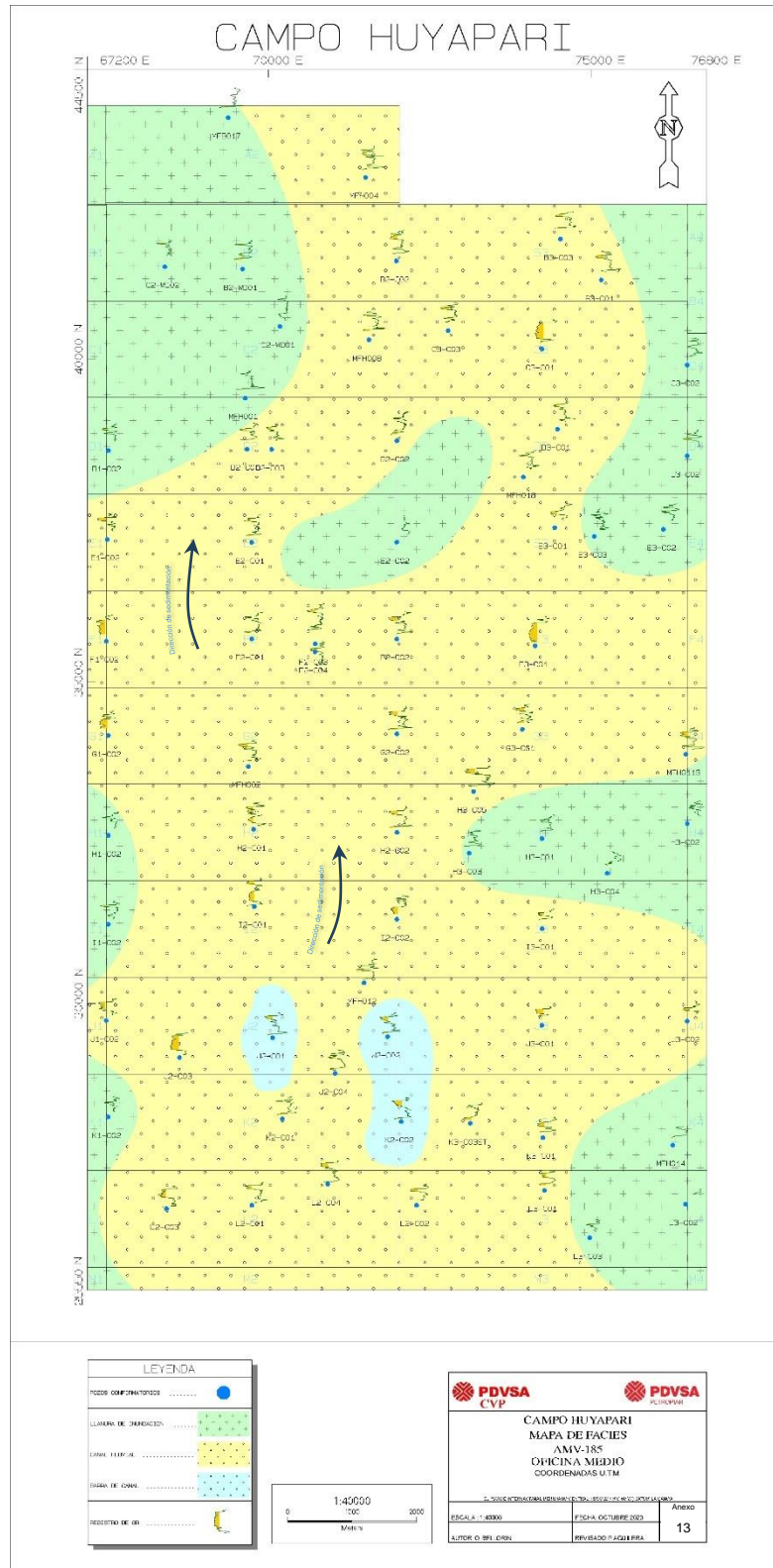


PDVSA CVP	PDVSA FICHAS
CAMPO HUYPARI MAPA DE FACIES ANEXO 1.15.1 OFICINA MEDIO COORDENADAS UTM	
<small>LA SUBLICORPORACIÓN PDVSA, S.A. C.V. CON SU C.E. PDVSA, S.A.</small>	
ESCALA: 1:10000	FICHA: OCTUBRE 2009
AUTOR: O. BIL. OSIN	REVISADO: P. AGUIRRE
Anexo 11	

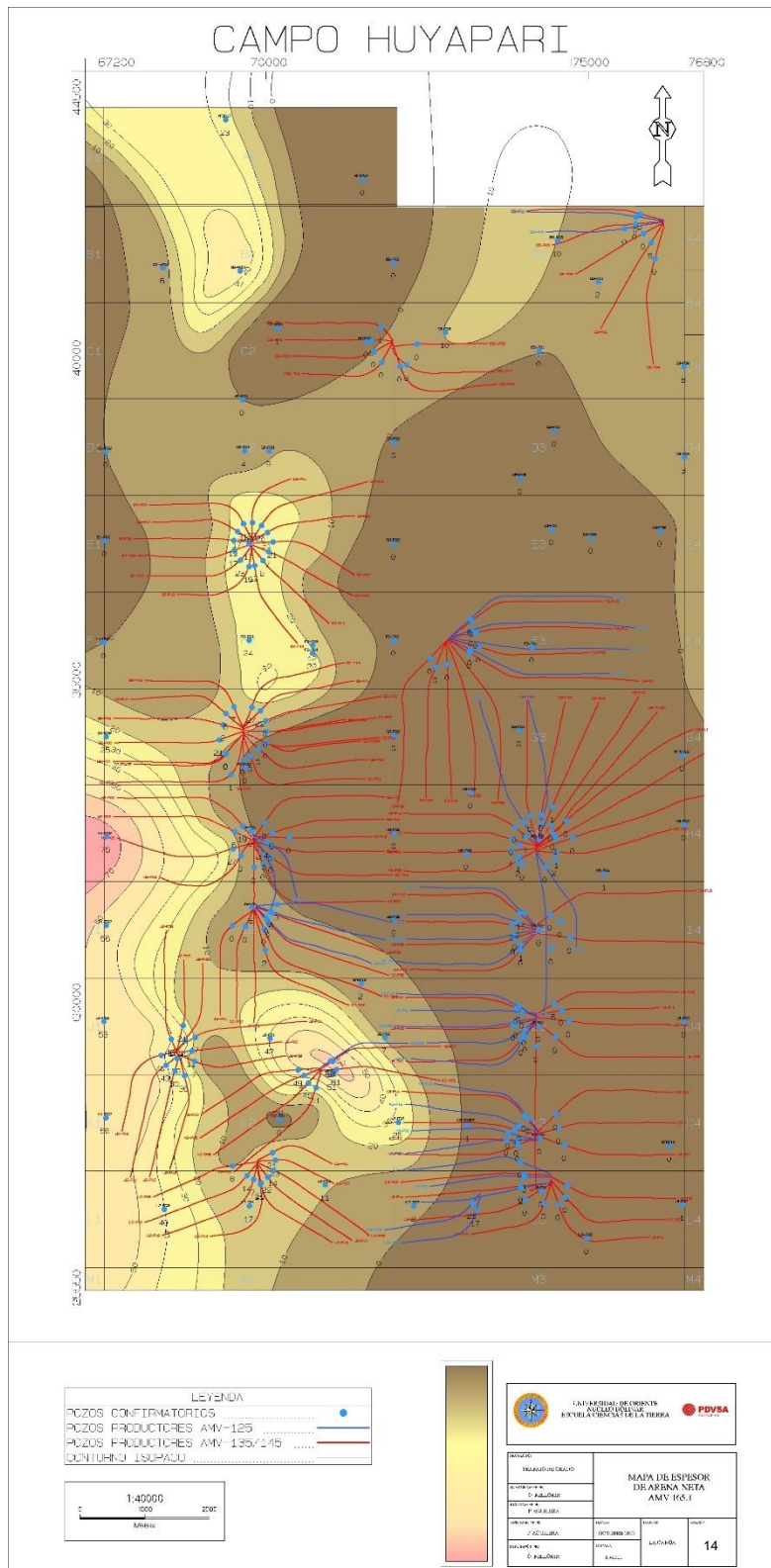
ANEXO 12
MAPA DE PALEOAMBIENTE DE LA SUBUNIDAD 185.2



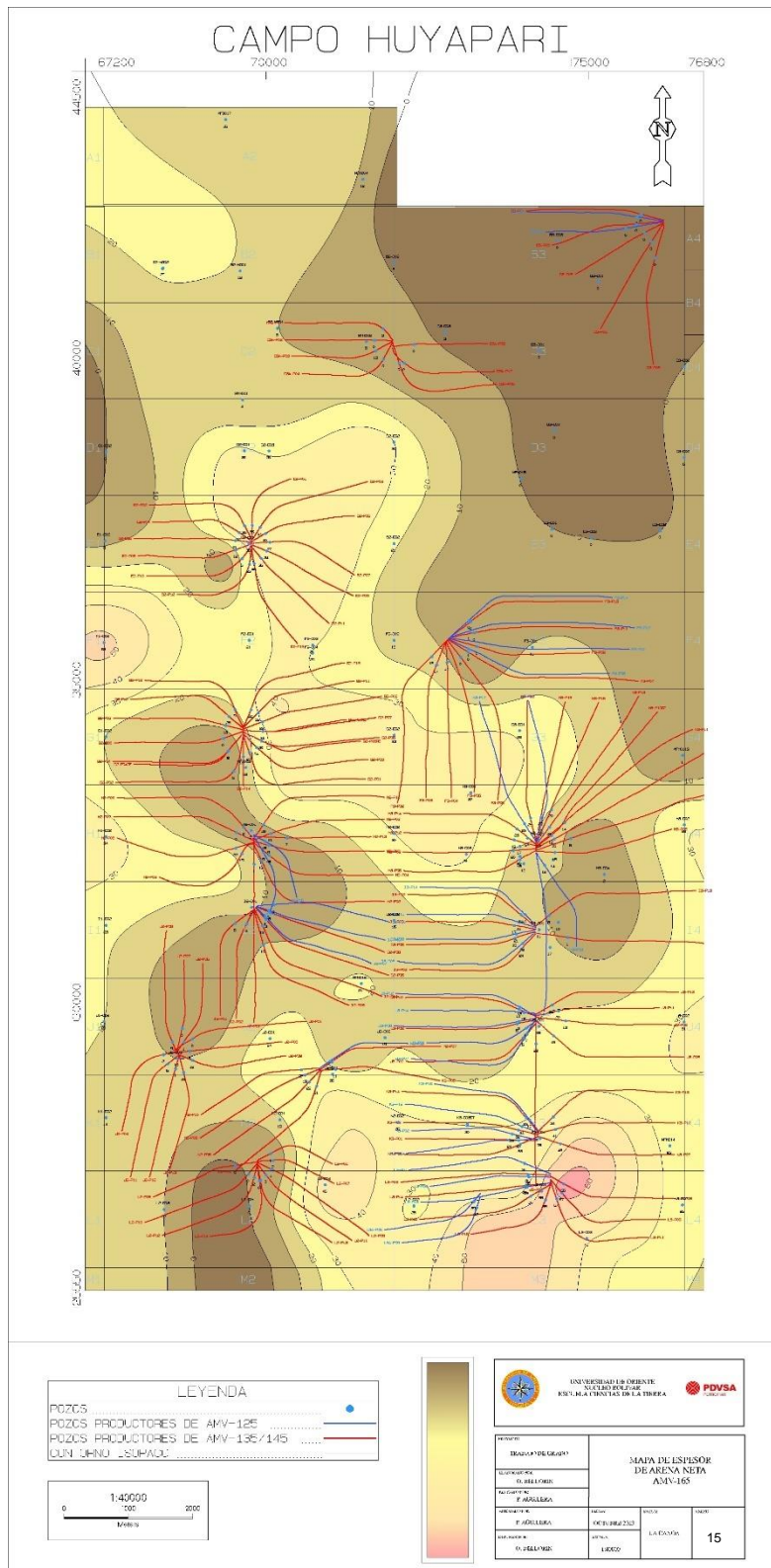
ANEXO 13
MAPA DE PALEOAMBIENTE DE LA SUBUNIDAD 185



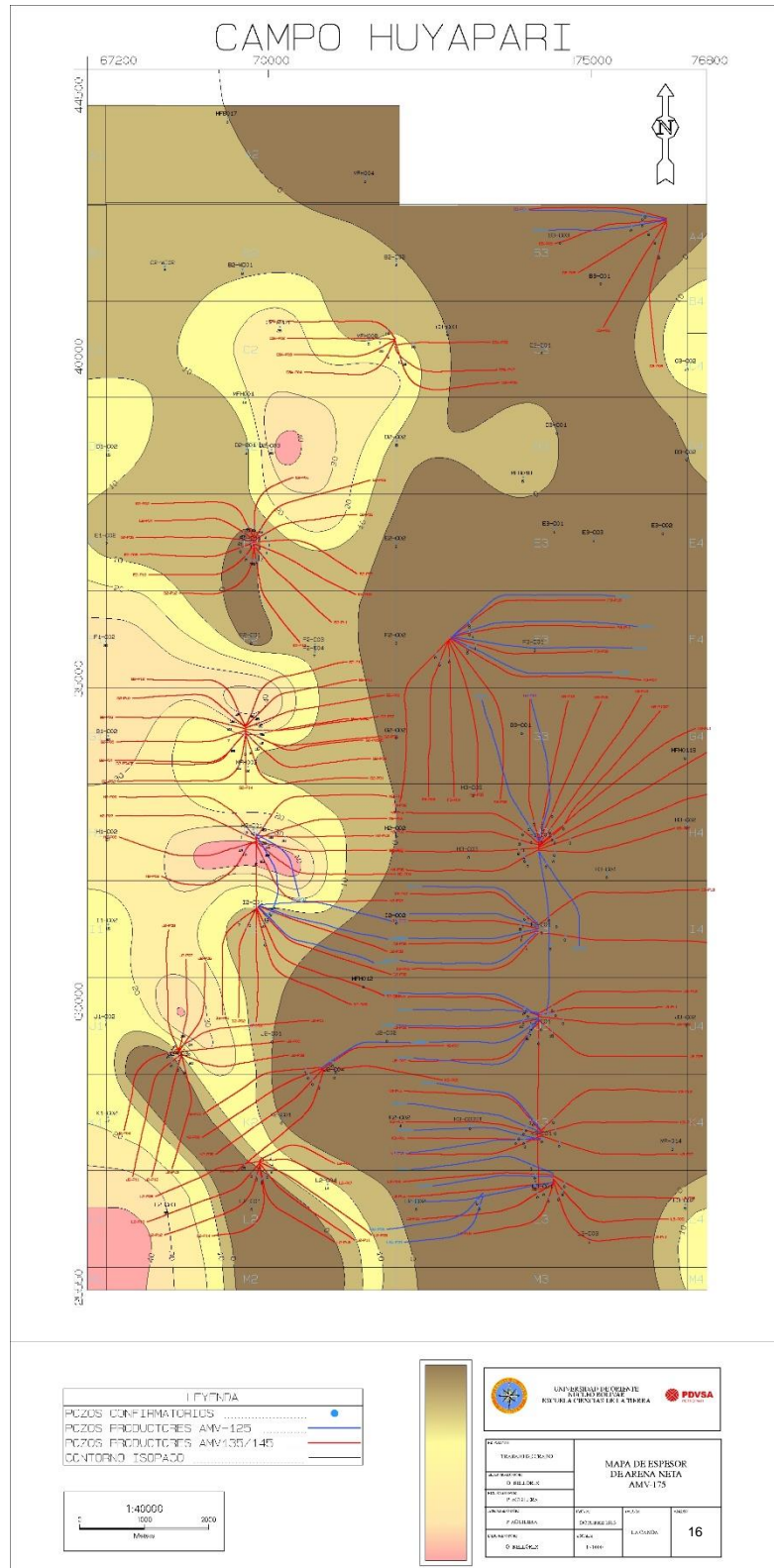
ANEXO 14
MAPA ISÓPACO DE ARENA NETA DE LA SUBUNIDAD 165.1



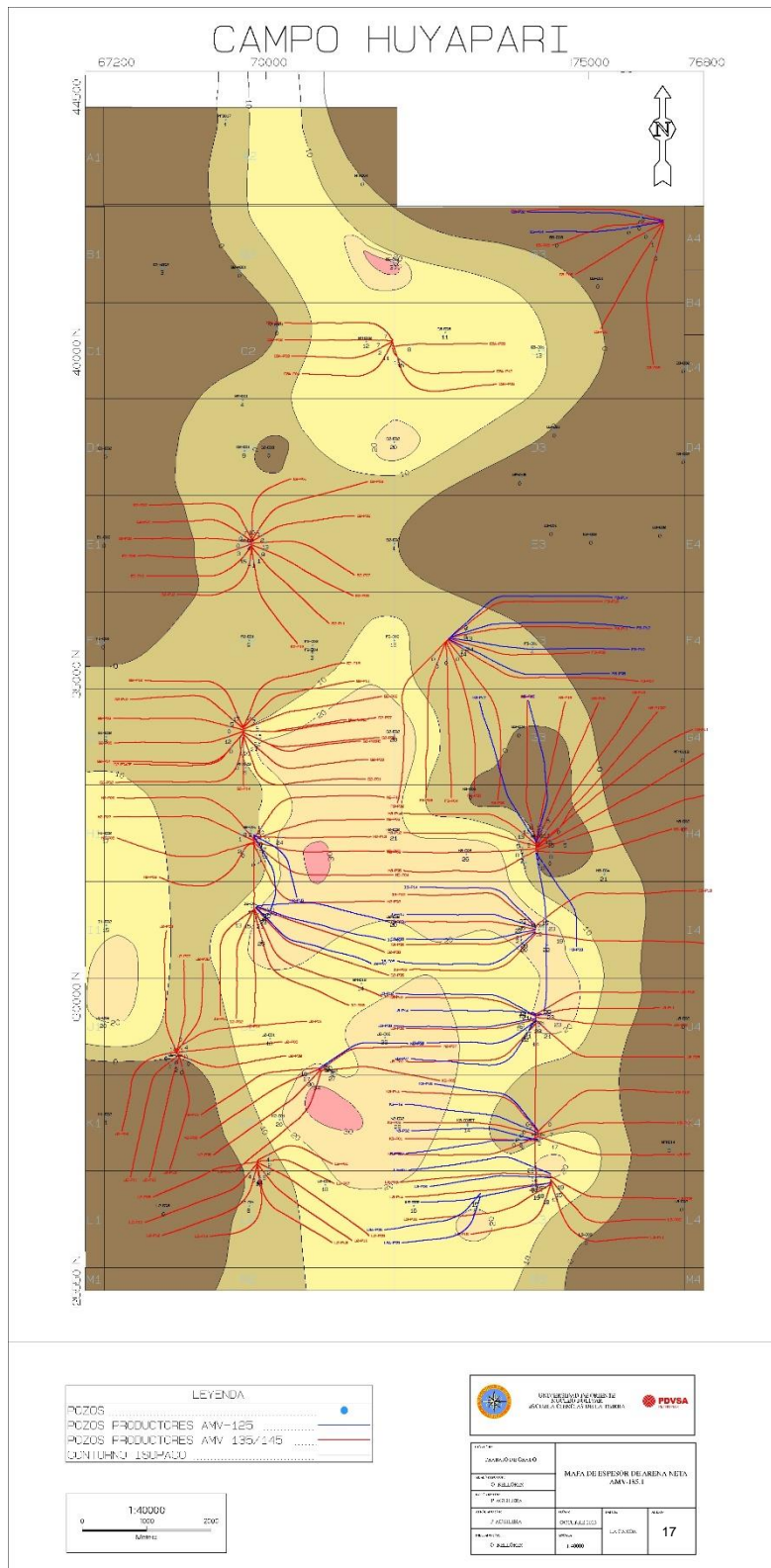
ANEXO 15
MAPA ISÓPACO DE ARENA NETA DE LA SUBUNIDAD 165



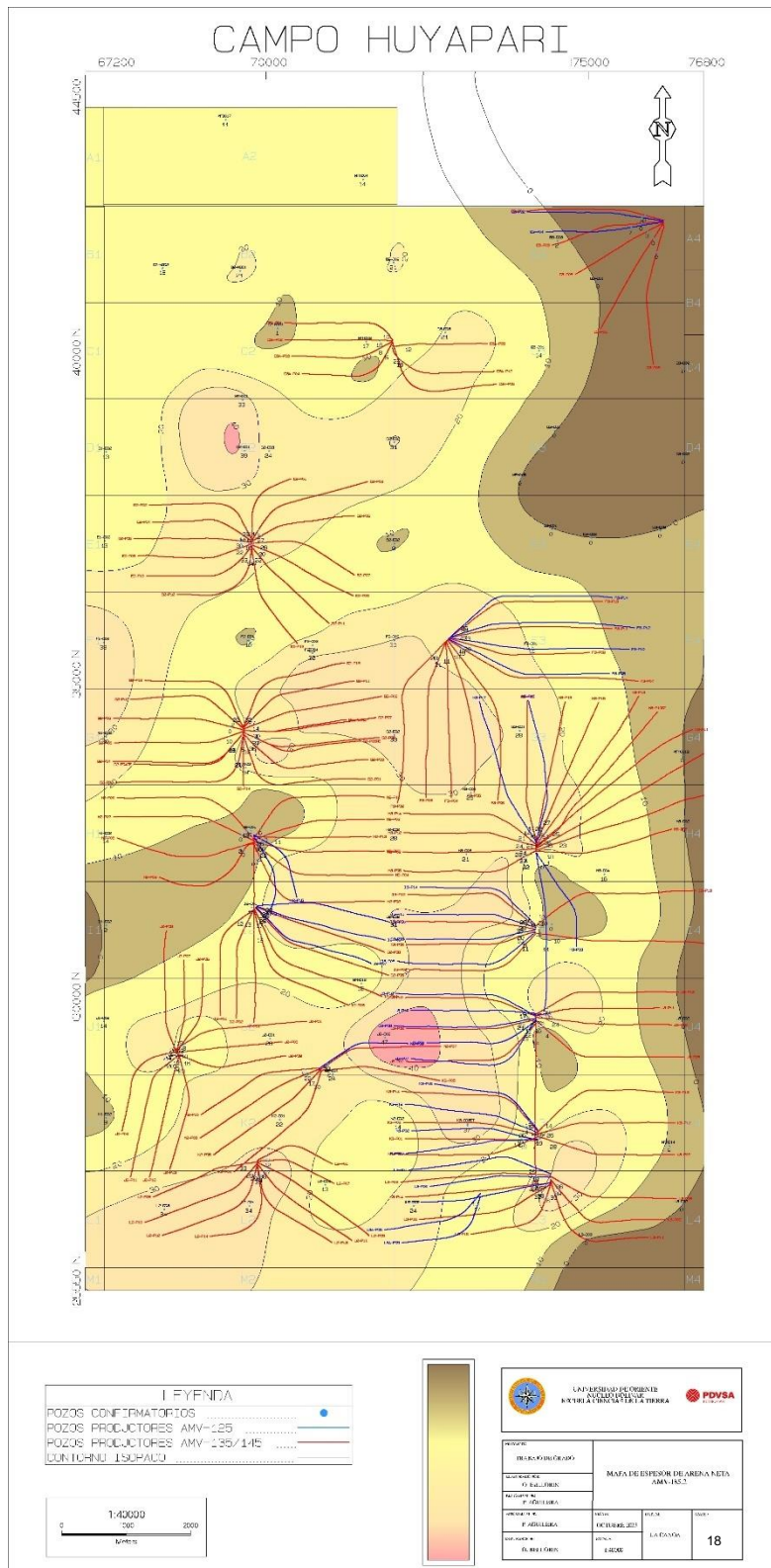
ANEXO 16
MAPA ISÓPACO DE ARENA NETA DE LA UNIDAD 175



ANEXO 17
MAPA ISÓPACO DE ARENA NETA DE LA SUBUNIDAD 185.1



ANEXO 18
MAPA ISÓPACO DE ARENA NETA DE LA SUBUNIDAD 185.2



ANEXO 19

MAPA ISÓPACO DE ARENA NETA DE LA SUBUNIDAD 185

