

ANEXO 4

MEMORIA HIDROGEOLÓGICA

**PARA EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DETALLADO DEL PROYECTO DE
PERFORACIÓN DE 575 POZOS DE DESARROLLO LOTE X**

MEMORIA HIDROGEOLÓGICA PARA EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DETALLADO DEL
PROYECTO DE PERFORACIÓN DE 575 POZOS DE DESARROLLO

1. HIDROGEOLOGÍA (MEMORIA HIDROGEOLÓGICA DEL LOTE X)

1.1 GENERALIDADES

La presente memoria hidrogeológica tiene a fin analizar todos los aspectos geológicos, estructurales, litológicos y propiedades físico químicas del área del proyecto para poder evaluar las condiciones hidrogeológicas que presenta e identificar si existen cuerpos de agua subterráneos productivos.

1.2 OBJETIVO

- Caracterizar las principales características geológicas del área de estudio.
- Identificar las unidades hidrogeológicas y correlacionarlas con la geología de la zona.
- Determinar el grado de salinidad para el área de estudio.
- Realizar un análisis de la vulnerabilidad de las aguas subterráneas, mediante el método de DRASTIC.

1.3 UBICACIÓN Y ALCANCE

La presente memoria hidrogeológica ha sido realizada para el área del Proyecto de perforación de pozos de desarrollo se realizará en los distritos de Los Órganos, El Alto y Lobitos, Provincia de Talara, Departamento de Piura.

El alcance de esta evaluación y análisis es dar conocer los aspectos hidrogeológicos más resaltantes de la zona de estudio a fin de conocer sus características hidrogeológicas, unidades de formación, conexión hidráulica, tipos de acuíferos, grado de salinidad y grado de vulnerabilidad para finalmente elaborar el mapa hidrogeológico y de vulnerabilidad para poder así determinar las medidas de manejo adecuado para la no afectación de los cuerpos subterráneos si fuese el caso.

1.4 METODOLOGÍA

La metodología empleada en el presente estudio consistió en la recopilación de información bibliográfica de estudios realizados dentro o cerca del área de estudio, revisión de boletines y cartas geológicas nacionales correspondientes a la zona de interés.

Se revisó a detalle e interpreto las columnas litológicas de los primeros 300 metros de profundidades de los pozos perforados en proyectos anteriores.

Se interpretó 10 registros eléctricos (Pozos perforados) alineados en la zona central del Lote.

Asimismo se compiló y analizó la información de los resultados de análisis de salinidad de las aguas de formación encontradas en los pozos perforados.

1.5 ESTUDIOS BÁSICOS

❖ Geología:

- **Tablazo Talara – Cuaternario Pleistoceno**

Se presenta en forma de una costra sedimentaria, con una potencia promedio de 3 m. Su litología varía en razón de su distancia al mar y constituyen conglomerados lumaquéllicos poco consolidados en una matriz areno arcósica y en los sectores más orientales están constituidos por conglomerados de coquinas.

- **Formación Chira-Verdún – Eoceno Superior**

Conformado por conglomerados heterogéneos y areniscas poco compactas con fragmentos redondeados y subangulosos. Esta formación se encuentra afectada por un sistema de fallas que presentan una orientación predominante al noreste.

- **Formación Talara – Terciario Eoceno**

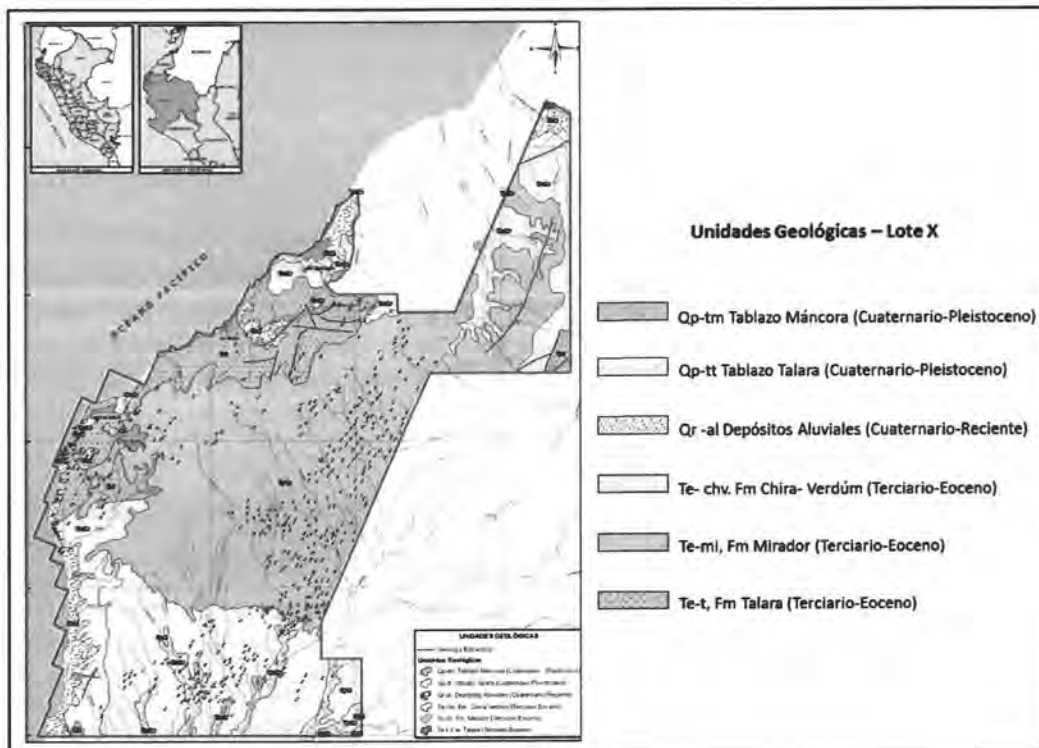
Aflora y se extiende a lo largo de la faja costanera. Hacia el este de la ciudad de El Alto, sus afloramientos están desplazados por numerosas fallas de rumbo NS-SO en sentido transversal. Sus características litológicas están comprendidas por lutitas, areniscas de grano variado, conglomerados cuarzosos y sedimentos de aguas profundas, todos ellos de considerable compactación.

Es una Formación productora de petróleo en el noreste peruano. Las rocas reservorio están constituidas por horizontes arenosos y conglomerádicos, las facies lutáceas constituyen la roca sello. Los entrapamientos son estratigráficos y los fallamientos en bloques han puesto en contacto capas permeables e impermeables constituyendo trampas estructurales.

- **Tablazo Máncora – Pleistoceno**

Constituyen depósitos escalonados en forma de terrazas, litológicamente se compone de conglomerados con cantos de roca de diferente naturaleza, arenas finas o gruesas, bioclásticas con contenidos de fragmentos de conchas, lumaquelas y coquinas que muestran concentraciones de caparzones, mayormente de macrofauna.

FIGURA 1: GEOLOGÍA – LOTE X



Elaborado por Gema, 2015.
Fuente: CNPC, 2015.

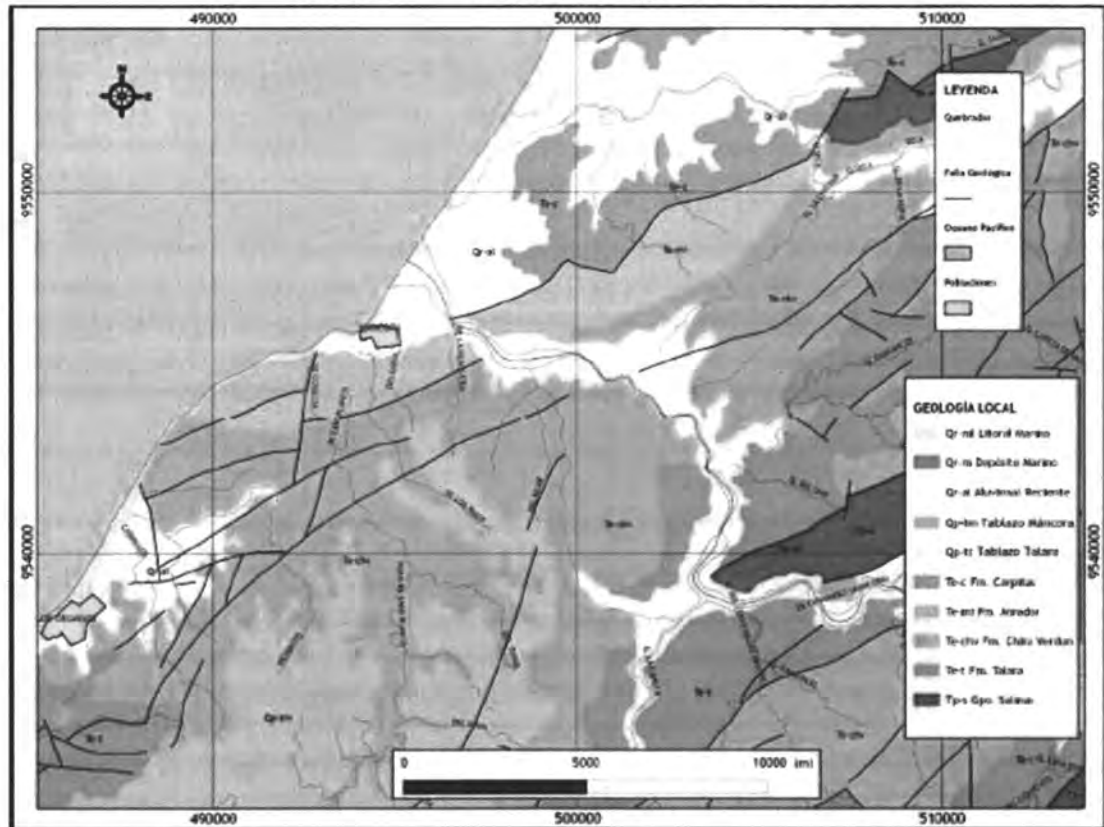
1.6 ASPECTOS ESTRUCTURALES

La estructura geológica del área de la zona de estudio, que se encuentra conformando la Cuenca Talara, en el Noroeste del Perú es extremadamente complicada debido a la excepcional intensidad del fallamiento. La mayoría de las fallas normales son de alto ángulo. Por añadidura los deslizamientos por gravedad y posiblemente los escurrimientos son factores prominentes en algunos lugares.

La Cuenca Talara se encuentra en una faja paralela a la Costa del NO Peruano y limitada al Este por los cerros paleozoicos de los Amotapes de orientación NE-SO.

Las fallas mayores reconocidas en los mapas de contornos y que controlan las zonas altas y bajas tienen un rumbo predominante NE-SO. Estas fallas tienen gran extensión longitudinal. Entre estas fallas longitudinales o sus extremidades, se encuentran fallas transversales normales de rumbo NO-SE que tienen menor continuidad.

FIGURA 2: GEOLOGÍA ESTRUCTURAL – LOTE X



Fuente: CNPC, 2015.

FIGURA 3: GEOLOGÍA ESTRUCTURAL – LOTE X

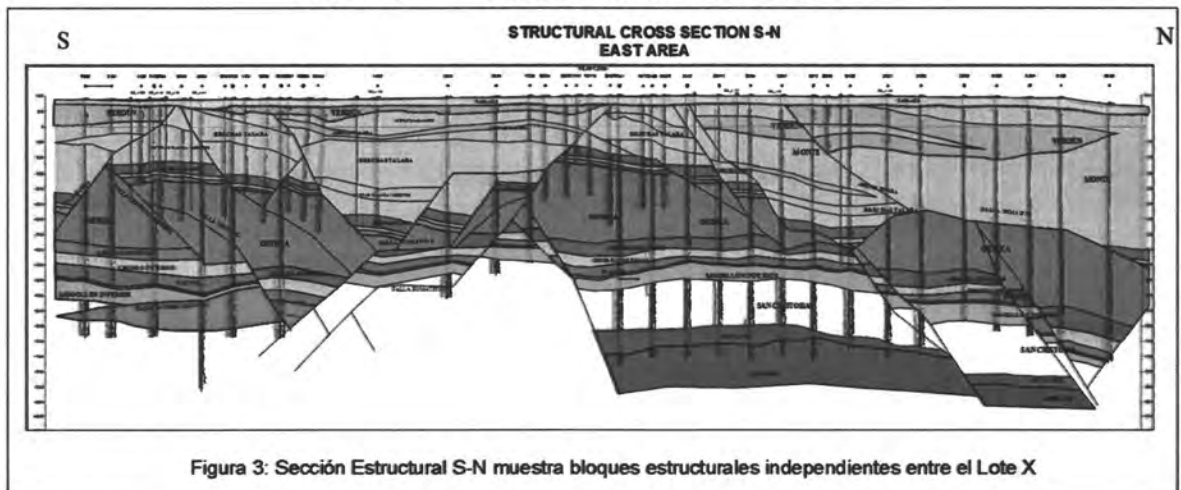


Figura 3: Sección Estructural S-N muestra bloques estructurales independientes entre el Lote X

Fuente: CNPC, 2015.

1.7 ANÁLISIS GENERAL DEL PROYECTO

CNPC cuenta dentro del Lote X con instalaciones de producción y facilidades autorizadas y suficientes para atender los requerimientos del Proyecto, entre las principales se encuentran las siguientes:

- Carreteras afirmadas en buen estado de conservación y mantenimiento.
- Instalaciones de producción (baterías) con capacidad suficiente para almacenar los hidrocarburos que pudiera generar el Proyecto.
- Sistema de tratamiento y disposición de agua de producción, tanto para disposición en pozos profundos como para su uso en recuperación secundaria.
- Zonas habilitadas para el tendido de líneas de conducción.
- Sistemas de generación y transmisión de energía eléctrica.
- Oleoductos y gasoductos.
- Zona de almacenamiento temporal de residuos industriales adecuada y operativa.
- Almacenes de equipos y materiales.
- Oficinas administrativas.

El presente proyecto de desarrollo contempla la perforación de 575 pozos, donde cada pozo se realizará cuatro etapas cuya duración dependerá de la profundidad objetivo de cada pozo. El cual se llevará a cabo en un periodo entre 20 y 26 días para la habilitación de la locación, perforación, terminación y puesta en producción del pozo.

1.8 ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL ÁREA DE INFLUENCIA

El abastecimiento de agua potable en la región Piura está a cargo de la Empresa Prestadora de Servicios Grau, la cual capta el agua del río Chira y luego del tratamiento en su planta la distribuye en forma restringida a la ciudad de Piura y a otras ciudades más lejanas como Talara, generalmente por horas.

El abastecimiento de agua en las localidades de Lobitos y Los Órganos son por red pública sin embargo según los datos del Censo del 2007, siete viviendas consumen agua de pozo los cuales captan agua de los acuíferos de la Quebrada Fernández y Pariñas.

TABLA 1: TIPO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA SEGÚN PROVINCIA Y ÁREA DE RESIDENCIA

Localidad	Total de Viviendas	Tipo de Abastecimiento de Agua							
		Red Publica dentro	Red Publica fuera	Pilón	Camión Cisterna	Pozo	Rio, Acequia	Vecino	Otro
El Alto	1 707	126	4	13	1 657	-	-	1	6
Lobitos	224	152	15	8	10	3	-	23	13
Los Órganos	2 402	1 821	154	6	206	4	-	140	71

Fuente: INEI - Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda

TABLA 2: ACUÍFEROS DE CAPTACIÓN

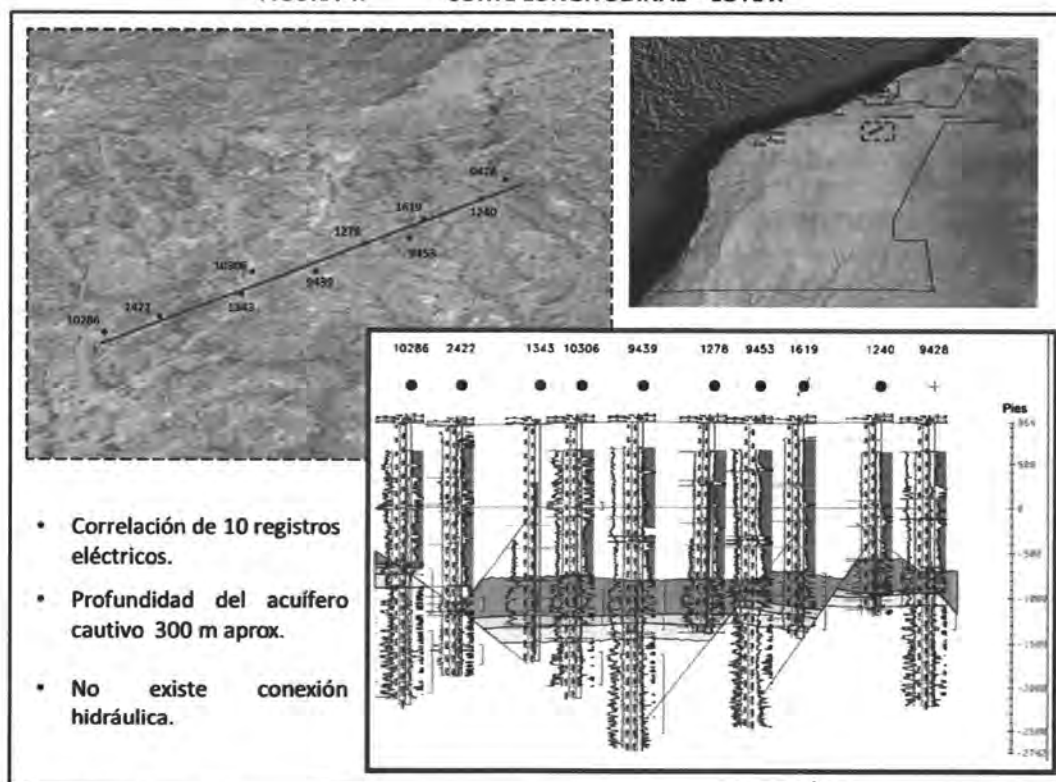
Localidad	Pozo	Acuífero
El Alto	-	-
Lobitos	3	Pariñas.
Los Órganos	4	Fernández

Elaborado por Gema, 2015.

1.9 ANÁLISIS DE REGISTROS GEOELÉCTRICOS

Se ha analizado 10 registros eléctricos alineados ubicados en la zona norte central del lote donde se muestra de manera esquemática la disposición de los estratos en un corte longitudinal y el grado de fallamiento presente en el Lote X, así como el aislamiento hidráulico entre las formaciones, lo cual no ha permitido la formación acuíferos productivos de agua dulce, pero sí de acuíferos cautivos profundos con alto grado de salinidad considerados como agua de formación, tal como se puede apreciar en los registros eléctricos presentados en la siguiente figura.

FIGURA 4: CORTE LONGITUDINAL – LOTE X



Elaborado por Gema, 2015.

Fuente: CNPC, 2015.

[Signature]
JUAN GUILLERMO MANRIQUE PERALTA
INGENIERO GEOGRAFO PLANIFICADOR
Reg. CIP N° 9388

1.10 ANÁLISIS HIDROGEOLÓGICO

Las condiciones geológicas, litológicas, geomorfologías y estructurales definen sistemas hidrogeológicos con características particulares como: el tipo de acumulación de aguas subterráneas, condiciones hidrodinámicas, recarga, descarga, recursos y reservas, relación con los drenajes superficiales.

Por otro lado Estudios desarrollados para los centros en función de estas condiciones, características y análisis de precipitaciones y recarga superficial indican que la recarga continental hacia las zonas de playa de Máncora es a través de la Quebrada Fernández y el acuífero que se moviliza en su cauce.

Asimismo las actividades de perforación de exploración en el Lote X han permitido determinar que, desde superficie hasta las profundidades que alcanzan los pozos perforados (de 500 a 2500 m aproximadamente), existen diferentes niveles de agua; sin embargo, se trata de aguas fósiles de acuíferos cautivos que entrapan en algunas formaciones pero que no presentan conexión hidráulica y su contenido de salinidad es superior a la del agua de mar, por lo tanto no se consideran aguas aprovechables productivas para consumo.

1.11 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

Los acuíferos son formaciones capaces de transmitir una cantidad importante de agua y existen diferentes tipos de acuíferos de acuerdo a su comportamiento y características como acuíferos libres, acuitardos, acuicludos y acuífugos, los cuales se asocian al tipo de unidad hidrogeológica.

En ese sentido en el área de estudio se han identificado y determinado dos unidades hidrogeológicas correspondientes un acuífero fisurado y detrítico que presenta las siguientes características:

- a. **Acuífero Detrítico (Pe-m)** : Constituido por sedimentos inconsolidados del Cuaternario Reciente, siendo que el mayor volumen de ellos se acumula a lo largo del cauce de la Quebrada Fernández y se amplifica conforme se aproxima a la zona de desembocadura en el Océano Pacífico, intercalándose con depósitos marinos. Estos depósitos constan de bloques subredondeados, limos, arcillas y arenas medias (depósitos fluvioaluvionales) y arenas y limos de grano medio a fino (depósitos marinos) desde la base hacia la cima, en espesores que superan los 60 m de espesor y los 2 km de ancho.
- b. **Acuífero Fisurado (Qpl-m)**: Se emplaza en el sector Suroccidental de Máncora, constituido en los tablazos y colinas costeras en las unidades de depositación Cuaternaria del Eoceno y Pleistoceno. Estos materiales tienen grados de compactación medios a altos e intercalan arenas, limos, lutitas, areniscas y conglomerados como efecto de las fluctuaciones del nivel del mar. Los volúmenes capaces de almacenar agua son centros aislados de areniscas y arenas y conglomerados, constituyendo casi el 50 % del volumen total. El resto de esta unidad tiene afinidad hidrodinámica limitada a los bordes fisurados y fallados orientados preferentemente de Sureste hacia el

Noroeste y en las interconexiones entre las fisuras con las zonas de valle. Los valores de permeabilidad y porosidad son regularmente afines y son primarios y secundarios.

En el mapa Hidrogeológico anexo se aprecia la distribución espacial de las unidades hidrogeológicas descritas.

1.12 MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL

Para el presente modelo conceptual se han considerado 78 columnas litológicas de pozos perforados anteriormente, de los cuales se han analizado e interpretado los primeros 300 metros perforados, de este análisis se ha identificado en algunos acuíferos cautivos no productivos, es decir formaciones con características de almacenamiento pero no tienen conexión hidráulica y en algunos casos se encuentra saturado con alto contenido de salinidad.

Considerando que el área de estudio se encuentra en la Cuenca Sedimentaria Talara y en las columnas litológicas revisadas se observan afloramientos rocosos de edades geológicas que van desde el Terciario inferior hasta el Cuaternario reciente, constituidos principalmente por rocas sedimentarias las que afloran en la zona oeste del lote en las localidades de Cabo Blanco, El Ñuro, Los Órganos y en ambos flancos de la Quebrada Fernández, las formaciones identificadas hasta los 350 m son el Tablazo, Fm. Talara, Fm. Chira – Verdún, Fm. Mirador, conformados principalmente por arenas, areniscas y lutitas.

Seguidamente se muestra la ubicación de las columnas litológicas analizadas.

TABLA 3: COORDENADAS DE UBICACIÓN DE LAS COLUMNAS LITOLÓGICAS INTERPRETADAS

Ítem	Pozo	Proyección UTM WGS84 – Zona 17 SUR		Profundidad de acuífero cautivo (m)
		Este	Norte	
1	EA5644	477636	9515666	158.50
2	EA9001	479829	9514212	182.88
3	EA6408	480017	9513512	70.10
4	EA6657	480317	9513303	207.26
5	AA6681	480065	9515144	137.16
6	AA5696	479854	9516699	237.74
7	AA6224	480314	9517570	-
8	AA5689	482009	9517692	-
9	AA6629	482497	9519660	195.07
10	AA1926	482696	9519360	173.74
11	AA6348	484495	9521839	85.34
12	AA7636	484681	9522109	207.26
13	AA7754	485490	9523998	0.00
14	AA7189	486068	9524889	0.00
15	EA7138	486496	9525363	91.44
16	EA6264	486712	9526098	176.78
17	EA6019	487265	9526612	121.92
18	EA6017	487759	9527185	-
19	EA7098	487988	9528070	121.92

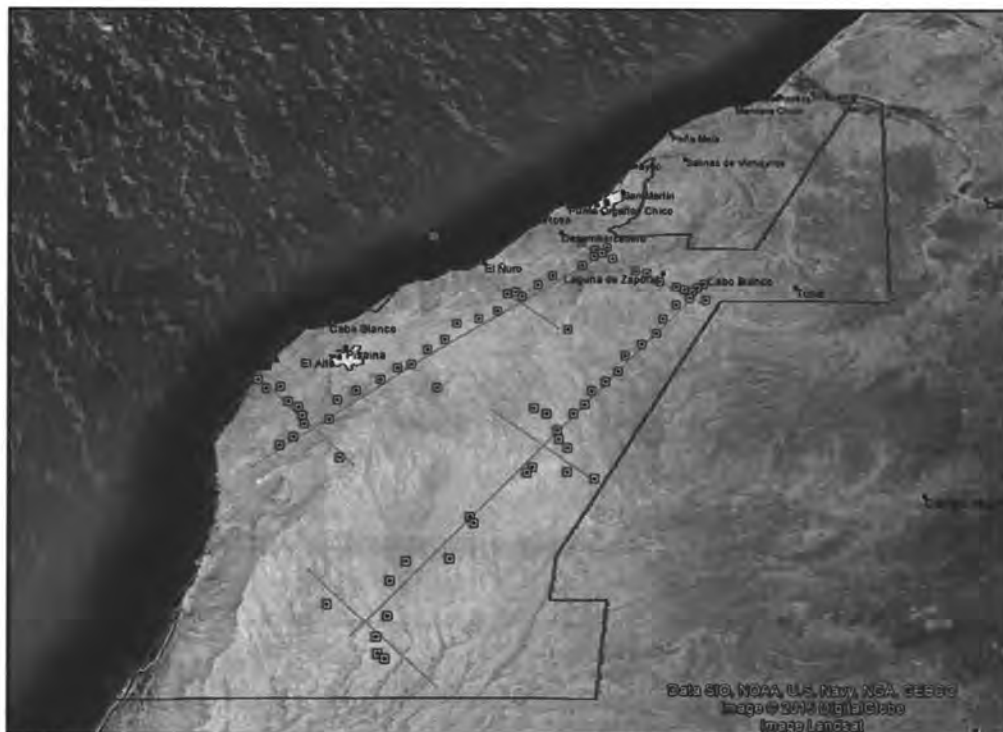
Ítem	Pozo	Proyección UTM WGS84 – Zona 17 SUR		Profundidad de acuífero cautivo (m)
		Este	Norte	
20	EA7059	488673	9528748	-
21	EA7062	489267	9529375	-
22	EA7037	489497	9530261	-
23	EA7197	490033	9531128	-
24	EA7027	490610	9531553	-
25	EA5803	490937	9532169	-
26	EA7072	491199	9532402	213.36
27	PB279	485255	9535347	-
28	PB277	485965	9534799	-
29	PB269	486292	9534554	-
30	EA1861	486859	9534116	-
31	EA2306	488008	9533243	-
32	EA2237	488547	9533087	-
33	EA2514	489186	9532551	82.30
34	EA1955	489969	9532220	-
35	EA5704	490351	9532068	268.22
36	EA5781	490708	9531931	-
37	EA7012	491358	9531422	-
38	EA6033	473905	9523321	85.34
39	EA1983	474385	9523768	79.25
40	EA6256	474679	9524465	60.96
41	EA8001	475723	9524656	-
42	EA1922	475853	9525672	176.78
43	EA7988	476576	9526126	60.96
44	EA1588	477513	9526746	-
45	EA6516	478119	9527364	-
46	EA6529	478700	9527553	-
47	EA1893	479260	9528395	-
48	EA7291	479923	9528971	85.34
49	EA6684	480293	9529955	-
50	EA2098	481214	9530279	121.92
51	EA2032	481989	9530784	-
52	EA2051	482967	9531692	-
53	EA1919	483581	9532444	-
54	EA2018	484179	9533058	-
55	PB268	485480	9533753	100.58
56	PB204	485956	9534339	231.65
57	PB269	486292	9534554	-
58	PB253	486509	9534920	198.12
59	EA1962	482254	9531887	-
60	EA2017	482614	9532012	-
61	EA2051	482967	9531692	-
62	EA7127	485305	9529586	-
63	EA6747	472084	9526884	158.50

Ítem	Pozo	Proyección UTM WGS84 – Zona 17 SUR		Profundidad de acuífero cautivo (m)
		Este	Norte	
64	EA5778	472571	9526378	198.12
65	EA5997	473170	9526469	213.36
66	EA7619	473702	9525681	121.92
67	EA7382	474225	9525354	121.92
68	EA6246	474489	9524911	-
69	EA6256	474679	9524465	60.96
70	EA6005	476647	9522586	-
71	EA5760	480040	9526252	-
72	EA8316	484934	9524870	106.68
73	EA7157	484366	9525162	-
74	EA2047	485605	9523534	-
75	EA7657	486017	9523085	207.26
76	EA6060	486141	9521876	188.98
77	EA6634	487287	9521553	188.98

Elaborado por Gema, 2015.

Fuente: CNPC, 2015.

FIGURA 5: UBICACIÓN DE LAS COLUMNAS LITOLÓGICAS ANALIZADAS

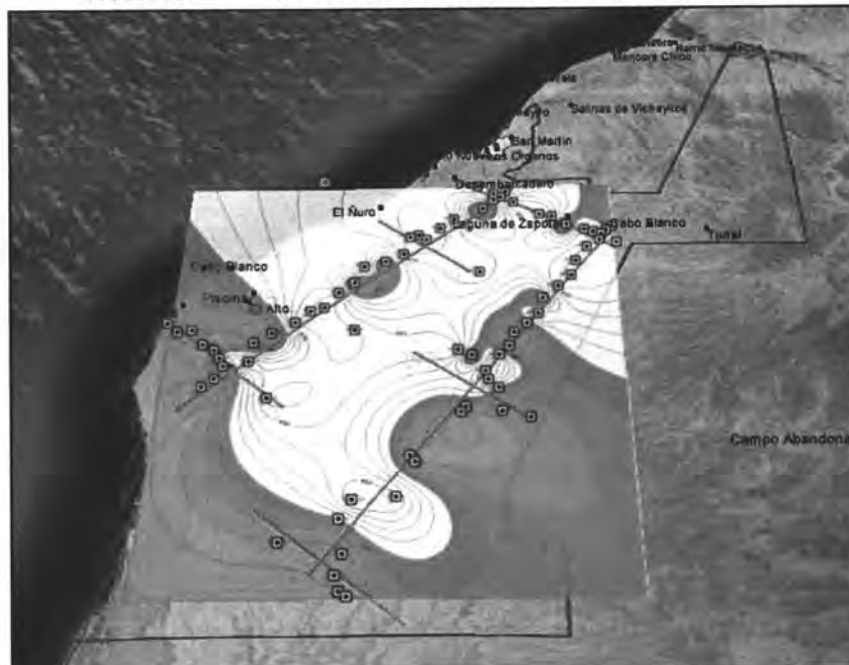


Elaborado por Gema, 2015.

Fuente: CNPC, 2015.

Se ha interpolado y generado un mapa de isopropfundidades del acuífero cautivo no productivo y el nivel de aguas fósiles encontradas en los registros. (Ver figura 04). En el cual se puede apreciar que la zona central del Lote hay ausencia de aguas de formación hasta los 350 m debido al fracturamiento y comportamiento estructural de la zona.

FIGURA 6: UBICACIÓN DE MAPA DE ISOPROFUNDIDADES



Elaborado por Gema, 2015.

JUAN GUILLERMO MANRIQUE PERALTA
INGENIERO GEOGRAFO PLANIFICADOR
Reg. CIP N° 93388

[illegible]

Fuente: CNPC, 2015.

JUAN GUILLERMO MANRIQUE PERALTA
INGENIERO GEOGRAFO PLANIFICADOR
Reg. CIP N° 93388

La evaluación de salinidad en las agua de formación de los acuíferos cautivos analizados e identificados en 26 pozos perforados anteriormente muestran el alto grado de salinidad de las aguas entrampadas en la zona entre profundidades de 250 y 350 metros.

MEMORIA HIDROGEOLÓGICA
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DETALLADO DEL PROYECTO DE PERFORACIÓN DE 575 POZOS DE DESARROLLO

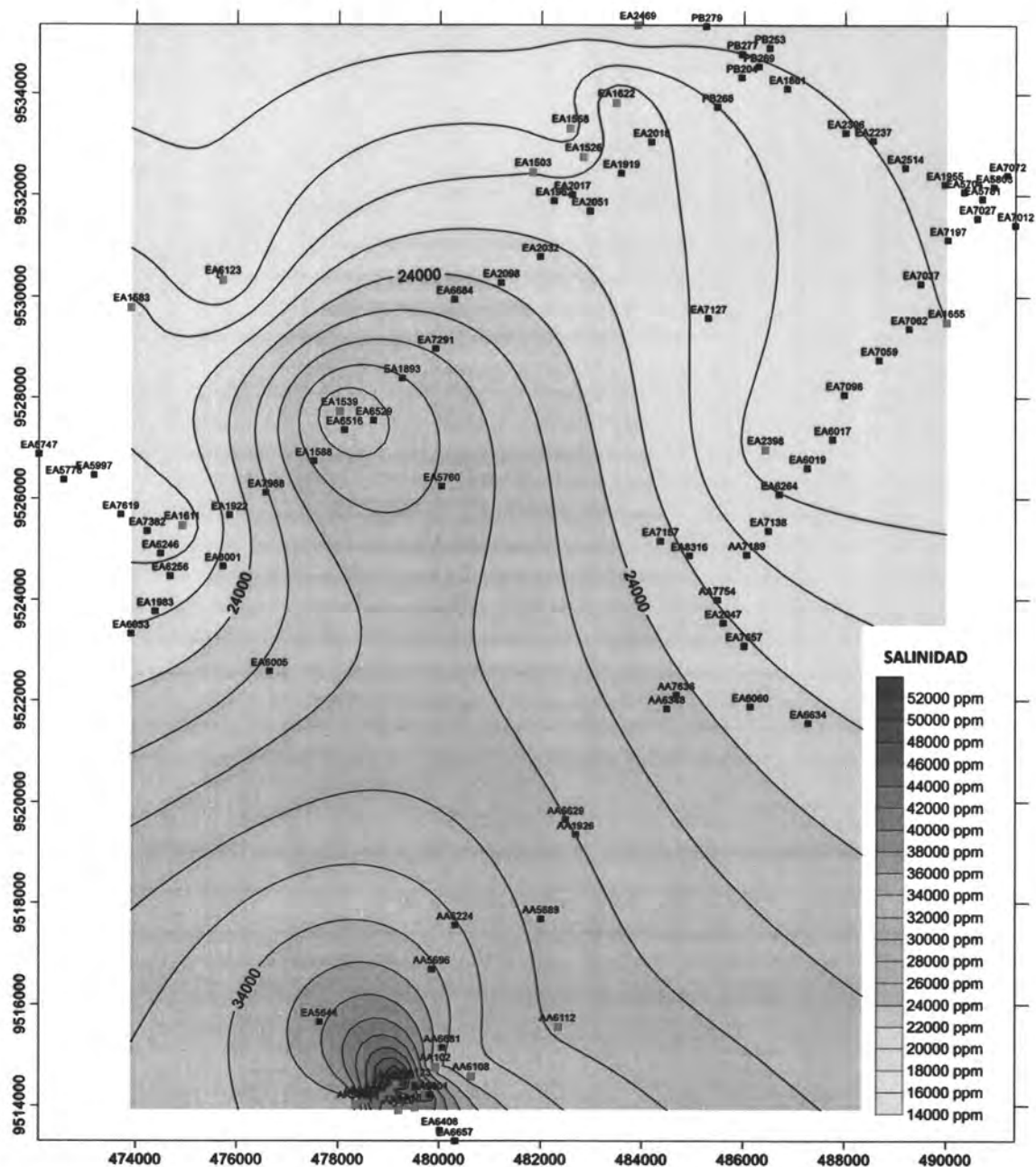
TABLA 4: UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE EVALUACIÓN DE SALINIDAD

POZO	Proyección UTM WGS84 – Zona 17 SUR		YACIMIENTO	SALINIDAD PPM
	ESTE	NORTE		
EA1622	483476	9533827	ORGANOS SUR	22000
EA1539	478021	9527724	TAIMAN	34300
EA1611	474921	9525456	TAIMAN	18753
EA6123	475718	9530320	VERDE	15800
EA2469	483896	9535369	ORGANOS SUR	14000
EA1503	481833	9532453	ORGANOS SUR	20000
EA1583	473908	9529784	VERDE	20500
EA2398	486437	9526970	ZAPOTAL	17000
EA1526	482828	9532753	ORGANOS SUR	19500
EA1558	482569	9533319	ORGANOS SUR	17000
EA1655	490003	9529497	LAGUNA ESTE	16000
AA102	479927	9514753	CARRIZO	34226
AA111	478532	9514118	CARRIZO	45852
AA123	479540	9514464	CARRIZO	42710
AA127	479072	9514185	CARRIZO	32972
AA129	479209	9513911	CARRIZO	42458
AA1639	479532	9513963	CARRIZO	43209
AA2172	478480	9514106	CARRIZO	36995
AA6011	478756	9514035	CARRIZO	45126
AA6108	480631	9514574	CARRIZO	33149
AA6112	482350	9515555	CARRIZO	29700
AA8276	478887	9514187	CARRIZO	43350
AA8277	479037	9514292	CARRIZO	38932
AA84	479724	9514185	CARRIZO	45263
AA9159	479152	9514423	CARRIZO	54966
AA9356	478352	9514018	CARRIZO	34630

Elaborado por Gema, 2015.

Fuente: CNPC, 2015.

FIGURA 8: INTERPOLACIÓN DE SALINIDAD EN EL ÁREA



Elaborado por Gema, 2015.
Fuente: CNPC, 2015.

Quando medimos la cantidad de sal en la agua, observamos cuánta concentración de sal hay en el agua. Concentración es la cantidad (por peso) de sal que hay en el agua, y puede ser expresada en partes por millón (ppm).

He aquí los diferentes tipos de agua:

- Agua Dulce - menos de 1 000 ppm
- Agua levemente salada - Desde 1 000 ppm hasta 3 000 ppm

- Agua moderadamente salada- Desde 3 000 ppm a 10 000 ppm
- Agua altamente salada - Desde 10 000 ppm a 35 000 ppm

El agua de los océanos tiene una salinidad de aproximadamente 35 000 ppm. Sería lo mismo decir que el agua de los océanos tiene aproximadamente 3.5% de sal.

Por otro lado considerando el estándar de calidad nacional ambiental para aguas (D.S. 002-2008- MINAM) que establece en su categoría 1: Poblacional y Recreacional los siguientes valores de conductividad:

TABLA 5: VALOR DE CONDUCTIVIDAD SEGÚN ECA

CATEGORÍA 1: Poblacional y Recreacional		
Parámetro Físico-Químico	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	
	A1	A2
	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional
Conductividad (Us/cm)	1500	1600

Del valor estándar de conductividad convertido a salinidad, para ver el grado de salinidad permisible para aguas de consumo seria:

Parámetro Físico-Químico	A1	A2
	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional
Conductividad (Us/cm)	1500	1600
Salinidad (ppm)	960	1020

Comparando este valor estándar establecido en el ECA, con los valores obtenidos en el análisis de salinidad de las aguas de formación encontradas que se encuentran en un intervalo de 15 000 y 50 000 ppm, se puede observar el exceso y el alto contenido salino de estas aguas encapsuladas en acuíferos cautivos profundos, las cuales no son productivas, ni aptas para consumo y/o captación.

1.14 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Los métodos de evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación se agrupan en tres principales modelos: los de simulación, estadísticos y de superposición e índices (paramétricos).

Ambientes Hidrogeológicos. Evalúan la vulnerabilidad de grandes ambientes hidrogeológicos en términos cualitativos, utilizando una superposición de mapas temáticos. Es aplicable cuando la información básica específica es inadecuada o escasa.

TABLA 6: DEFINICIÓN PRÁCTICA DE LAS CLASES DE VULNERABILIDAD

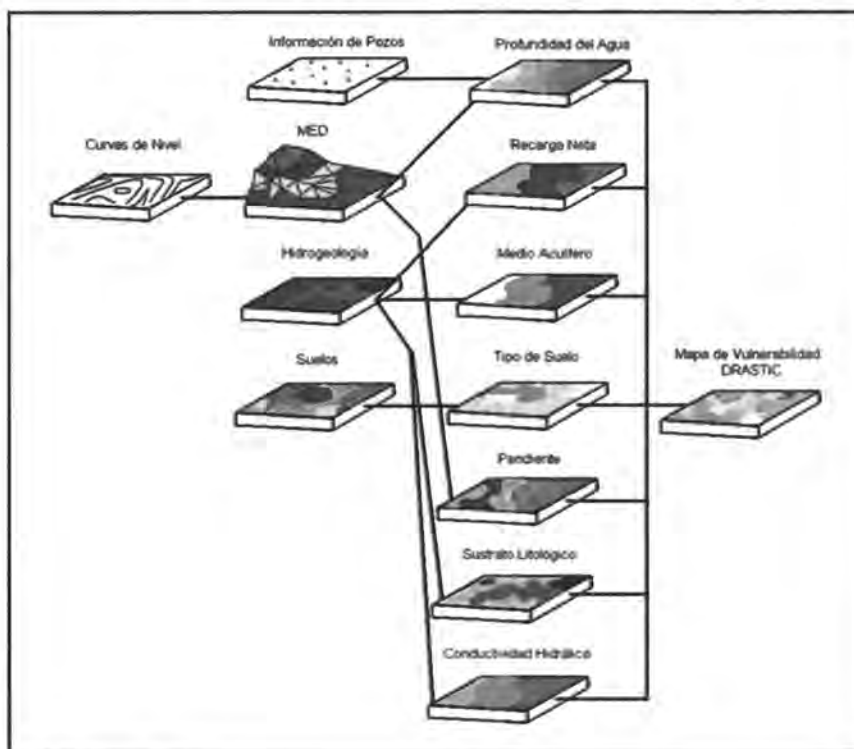
CLASE DE VULNERABILIDAD	DEFINICIÓN
EXTREMA	Vulnerable a la mayoría de los contaminantes con impacto rápido en muchos escenarios de contaminación.
ALTA	Vulnerable a muchos contaminantes (excepto a los que son fuertemente absorbidos o fácilmente transformados) en muchos escenarios de contaminación.
MODERADA	Vulnerable a algunos contaminantes solo cuando son continuamente descargados o lixiviados.
BAJA	Solo vulnerables a contaminantes conservativos cuando son descargados en forma amplia y continua durante largos periodos.
DESPRECIABLE	Presencia de capas confinantes en las que el flujo vertical (percolación) es insignificante.

Fuente: EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos), 2012.

La selección y aplicación de cualquiera de los métodos mencionados dependerá de la información existente, de la densidad de puntos de información y de la escala de evaluación que se aprecia en la siguiente figura. Según estos criterios los métodos de simulación son los que requieren información más detallada.

El método DRASTIC utiliza para la evaluación de la vulnerabilidad siete parámetros, D, R, A, S, T, I, C que dependen del clima, el suelo, el sustrato superficial y subterráneo.

FIGURA 9: VARIABLES DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO DRASTIC



Fuente GEMA, 2015.

A continuación se presenta en un cuadro integrado la descripción de cada uno de los siete parámetros que evalúa el Método de DRASTIC para evaluar la vulnerabilidad del acuífero presente en el área de estudio.

TABLA 7: PARÁMETROS DE DRASTIC

Símbolo	Parámetro	Descripción
D	Profundidad del agua subterránea.	Indica el espesor de la zona no saturada que es atravesado por las aguas de infiltración y que pueden traer consigo el contaminante, hasta alcanzar el acuífero.
R	Recarga neta.	Es la cantidad de agua anual por unidad de superficie que contribuye a la alimentación del acuífero. La recarga resulta primariamente de la fracción de precipitación que no se evapotranspira y de la escorrentía superficial. Es el principal vehículo transportador de los contaminantes.
A	Litología y estructura del medio acuífero.	Representa las características del acuífero, en particular la capacidad del medio poroso y/o fracturado para transmitir los contaminantes.
S	Tipo de suelo.	Representa la capacidad de los suelos para oponerse a la movilización de los contaminantes y corresponde a la parte de la zona vadosa o no saturada, que se caracteriza por la actividad biológica. En conjunto, con el parámetro A, determinan la cantidad de agua de percolación que alcanza la superficie freática.
T	Topografía.	Representa la pendiente de la superficie topográfica e influye en la evacuación de aguas con contaminantes por escorrentía superficial y sub-superficial.
I	Naturaleza de la zona no saturada.	Representa la capacidad del suelo para obstaculizar el transporte vertical.
C	Conductividad hidráulica del acuífero.	Determina la cantidad de agua que atraviesa el acuífero por unidad de tiempo y por unidad de sección, es decir la velocidad.

Fuente: GEMA, 2015.

De acuerdo con las características, el comportamiento del acuífero presente en el área de estudio y de su comportamiento hidráulico, se le asigna a cada parámetro, índices que van desde 1,0 (mínima vulnerabilidad) hasta 10,0 (máxima vulnerabilidad), presentados en la siguiente tabla.

TABLA 8: VALORACIONES DE PARÁMETROS PARA EL MÉTODO DRASTIC

D (PROFUNDIDAD,m)	Dr
0 - 1.5	10
1.5 - 4.6	9
4.6 - 9.1	7
9.1 - 15.2	5
15.2 - 22.9	3
22.9 - 30.5	2
> 30.5	1

FACTORES DE VALORACION	
VARIABLE	VALORACIÓN
R (RECARGAS,mm)	Rr
0 - 50	1
50 - 103	3
103 - 178	6
178 - 254	8
> 254	9

A (LITOLOGÍA DEL ACUIFERO)	VALORACIÓN Ar	VALOR TÍPICO Ar
Lutita masiva.	1 - 3	2
Metamórfica/Ignea.	2 - 5	3
Metamórfica/Ignea metereorizada.	3 - 5	4
Arenas y gravas de origen glaciár.	4 - 6	5
Secuencias de arenisca, caliza y lutitas.	5 - 9	6
Arenisca masiva.	4 - 9	6
Caliza masiva.	4 - 9	6
Arena o grava.	4 - 9	8
Basaltos.	2 - 10	9
Caliza kárstica.	9 - 10	10

VARIABLE	VALORACIÓN
S (TIPO DE SUELO)	Sr
Delgado o ausente.	10
Grava.	10
Arena.	9
Agregado arcilloso o compactado.	7
Arenisca margosa.	6
Marga.	5
Limo margoso.	4
Arcilla margosa.	3
Estiércol - cieno.	2
Arcilla no compactada y no agregada.	1

T (PENDIENTE, %)	Tr
0 - 2	10
2 - 6	9
6 - 12	5
12 - 18	3
>18	1

I (NATURALEZA DE LA ZONA SATURADA)	VALORACIÓN Ir	VALOR TÍPICO Ir
Capa confinante.	1	1
Cieno - arcilla.	2 - 6	3
Lutita.	2 - 5	3
Caliza.	2 - 7	6
Arenisca.	4 - 8	6
Secuencias de areniscas, caliza y lutita.	4 - 8	6
Arena o grava con contenido de cieno y arcilla significativo.	4 - 8	6
Metamórfica/Ignea.	2 - 8	4
Grava y arena.	6 - 9	8
Basalto.	2 - 10	9
Caliza kárstica.	8 - 10	10

C (CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA)		Cr
m/día	cm/s	
0.04 - 4.08	$4.6 \times 10^{-5} - 4.7 \times 10^{-3}$	1
4.08 - 12.22*	$4.7 \times 10^{-3} - 1.4 \times 10^{-2}$	2
12.22 - 28.55	$1.4 \times 10^{-2} - 3.4 \times 10^{-2}$	3
28.55 - 40.75	$3.4 \times 10^{-2} - 4.7 \times 10^{-2}$	6
40.75 - 81.49	$4.7 \times 10^{-2} - 9.5 \times 10^{-2}$	8
> 81.49	$> 4.7 \times 10^{-2}$	10

Fuente: EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos).

(*) Valor asumido según litología.

Además de la asignación de valores a cada parámetro, este método asigna un factor de ponderación a cada parámetro, que depende si el contaminante en cuestión es un pesticida (DRASTIC-P) o no (dado que los pesticidas son menos volátiles y más persistentes), con valores que están entre 1,0 y 5,0.

TABLA 9: FACTORES DE PONDERACIÓN PARA EL MÉTODO DRASTIC

FACTORES DE PONDERACIÓN							
TIPO DE CONTAMINANTE	Dw	Rw	Aw	Sw	Tw	Iw	Cw
Pesticida (DRASTIC - P)	5	4	3	5	3	4	2
No Pesticida.	5	4	3	2	1	5	3

Fuente: EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos), 2012.

El valor índice se obtiene, entonces, de la sumatoria de la multiplicación de cada parámetro por su respectivo factor de ponderación, así:

$$iV_{DRASTIC} = (D_r \times D_w) + (R_r \times R_w) + (A_r \times A_w) + (S_r \times S_w) + (T_r \times T_w) + (I_r \times I_w) + (C_r \times C_w)$$

r: factor de clasificación o valoración

w: factor de ponderación

Para el cálculo del análisis de vulnerabilidad de las aguas subterráneas, se utiliza el factor de ponderación Pesticida DRASTIC-P, donde los resultados pueden variar entre 23 (mínima) y 230 (máxima), en la práctica este índice varía entre 50 y 200. Seguidamente ubicamos el valor del índice de vulnerabilidad determinado en el siguiente cuadro para determinar el grado de vulnerabilidad para cada punto evaluado.

TABLA 10: GRADOS DE VULNERABILIDAD –MÉTODO DRASTIC

GRADOS DE VULNERABILIDAD - DRASTIC			
VULNERABILIDAD GENERAL		VULNERABILIDAD PESTICIDA	
GRADO	VULNERABILIDAD	GRADO	VULNERABILIDAD
Muy bajo.	23 - 64	Muy bajo.	26 - 73
Bajo.	65 - 105	Bajo.	74 - 120
Moderado.	106 - 146	Moderado.	121 - 167
Alto.	147 - 187	Alto.	168 - 214
Muy alto.	188 - 230	Muy alto.	215 - 260

Elaborado por Gema, 2015.

3.14.1 Análisis de resultados del método DRASTIC

Para hallar el grado de vulnerabilidad a las aguas subterráneas, se analizó distintos casos, donde interactúa la variabilidad de cada parámetro que solicita el método Drastic, los cuales fueron comparados con los valores de ponderación de DRASTIC- (pesticidas). Los resultados indican que el grado de vulnerabilidad del acuífero presente en el área de estudio es bajo, debido a las características litológicas que presenta la zona de estudio, considerando además que las aguas entrampadas en los acuíferos cautivos no productivos presentan una calidad no apto para consumo y/o captación (alto grado de salinidad) debido a que se presentan en forma discontinua, son cuerpos subterráneos no aprovechables en la siguiente tabla se muestra los resultados del análisis de vulnerabilidad a las aguas subterráneas (ver mapa de vulnerabilidad).

TABLA 11: RESULTADOS DE ÍNDICES DE VULNERABILIDAD DRASTIC PARA LOS PUNTOS EVALUADOS

POZO**	Proyección UTM WGS84 – Zona 17 SUR		ANALISIS DE VULNERABILIDAD DRASTIC								
	ESTE (m)	NORTE (m)	D	R	A	S	T	I	C	Índice de Vulnerabilidad	Grado de Vulnerabilidad
EA5644	477636	9515666	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo
EA9001	479829	9514212	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo
EA6408	480017	9513512	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo
EA6657	480317	9513303	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo
AA6681	480065	9515144	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo
AA5696	479854	9516699	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo
AA6629	482497	9519660	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo
AA1926	482696	9519360	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo
AA6348	484495	9521839	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo
AA7636	484681	9522109	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo
AA7754	485490	9523998	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo
AA7189	486068	9524889	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo
EA7138	486496	9525363	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo
EA6264	486712	9526098	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo
EA6019	487265	9526612	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo
EA7098	487988	9528070	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo
EA7072	491199	9532402	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo
EA2514	489186	9532551	1	3	2	6	1	6	1	82	bajo
EA5704	490351	9532068	1	3	2	6	1	6	1	82	bajo
EA6033	473905	9523321	1	3	2	6	3	6	1	88	bajo
EA1983	474385	9523768	1	3	2	6	3	6	1	88	bajo
EA6256	474679	9524465	1	3	2	6	3	6	1	88	bajo
EA1922	475853	9525672	1	3	2	6	3	6	1	88	bajo
EA7988	476576	9526126	1	3	2	6	3	6	1	88	bajo
EA7291	479923	9528971	1	3	2	6	3	6	1	88	bajo
EA2098	481214	9530279	1	3	2	6	3	6	1	88	bajo
PB268	485480	9533753	1	3	2	6	3	6	1	88	bajo

POZO**	Proyección UTM WGS84 – Zona 17 SUR		ANALISIS DE VULNERABILIDAD DRASTIC									
	ESTE (m)	NORTE (m)	D	R	A	S	T	I	C	Índice de Vulnerabilidad	Grado de Vulnerabilidad	
PB204	485956	9534339	1	3	2	6	3	6	1	88	bajo	
PB253	486509	9534920	1	3	2	6	3	6	1	88	bajo	
EA6747	472084	9526884	1	3	2	6	1	6	1	82	bajo	
EA5778	472571	9526378	1	3	2	6	1	6	1	82	bajo	
EA5997	473170	9526469	1	3	2	6	1	6	1	82	bajo	
EA7619	473702	9525681	1	3	2	6	1	6	1	82	bajo	
EA7382	474225	9525354	1	3	2	6	1	6	1	82	bajo	
EA6256	474679	9524465	1	3	2	6	1	6	1	82	bajo	
EA8316	484934	9524870	1	3	2	6	1	6	1	82	bajo	
EA7657	486017	9523085	1	3	2	6	1	6	1	82	bajo	
EA6060	486141	9521876	1	3	2	6	1	6	1	82	bajo	
EA6634	487287	9521553	1	3	2	6	1	6	1	82	bajo	
EA1622	483476	9533827	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
EA1539	478021	9527724	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
EA1611	474921	9525456	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
EA6123	475718	9530320	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
EA2469	483896	9535369	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
EA1503	481833	9532453	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
EA1583	473908	9529784	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
EA2398	486437	9526970	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
EA1526	482828	9532753	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
EA1558	482569	9533319	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
EA1655	490003	9529497	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
AA102	479927	9514753	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
AA111	478532	9514118	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
AA123	479540	9514464	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
AA127	479072	9514185	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
AA129	479209	9513911	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
AA1639	479532	9513963	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
AA2172	478480	9514106	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
AA6011	478756	9514035	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
AA6108	480631	9514574	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
AA6112	482350	9515555	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
AA8276	478887	9514187	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
AA8277	479037	9514292	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
AA84	479724	9514185	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
AA9159	479152	9514423	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	
AA9356	478352	9514018	1	3	2	6	5	6	1	94	bajo	

(**) Pozo perforado en estudios anteriores.

Elaborado por Gema, 2015.

1.15 MEDIDAS DE MANEJO

Considerando los aspectos hidrogeológicas y estructurales del área de estudio, así como también el análisis de vulnerabilidad realizado que determinan que no hay presencia de cuerpos de agua subterránea aprovechables y/o productivos, si no por el contrario existe acuíferos cautivos no productivos sin conexión hidráulica, entre profundidades e 250 y 350 m. Se proponen las siguientes medidas de manejo que van enfocadas principalmente al cuidado del suelo y a cualquier escenario de contaminación que pueda presentarse durante las actividades del proyecto.

- Los equipos donde se pueden producir derrames accidentales de lodos de perforación (torre de perforación, tanques de lodos y bombas), estarán provistos de sistemas de contención como parte de su estructura, de tal forma que cualquier derrame es recuperado y conducido al tanque de lodos.
- El terraplén o plataforma tendrá un adecuado sistema de drenaje y gradiente para la colección de fluidos de perforación y su conducción al cellar desde donde serán recuperados.
- Los tanques de combustibles se instalarán sobre cubetos, con capacidad para contener el 110% del volumen del tanque de mayor capacidad, que permitirán mantener cualquier derrame aislado del suelo.
- El almacenaje de aceites lubricantes deberá tener un sistema de contención impermeabilizado.
- La disposición de detritos de perforación y residuos del tratamiento de lodos, deberán ser dispuestos en la poza centralizada que se encuentre activa, esta poza deberá ser impermeabilizada.
- Los residuos sólidos, cualquiera sea su origen, no deberán entrar en contacto con el suelo, para ello se dispondrán cilindros rotulados con tapa, indicando el tipo de residuo correspondiente.

1.16 CONCLUSIONES

- El área de estudio se encuentra en la Cuenca Sedimentaria Talara , observándose en las columnas litológicas revisadas afloramientos rocosos de edades geológicas que van desde el Terciario inferior hasta el Cuaternario reciente, constituidos principalmente por rocas sedimentarias las que afloran en la zona oeste del lote en las localidades de Cabo Blanco, El Ñuro, Los Órganos y en ambos flancos de la Quebrada Fernández, las formaciones identificadas hasta los 350 m son el Tablazo, Fm. Talara, Fm. Chira – Verdún, Fm. Mirador, conformados principalmente por arenas , areniscas y lutitas.
- Se ha analizado 10 registros eléctricos alineados ubicados en la zona norte central del lote donde se muestra de manera esquemática la disposición de los estratos en un corte longitudinal y el grado de fallamiento presente en el Lote X, así como el aislamiento hidráulico entre las formaciones, lo cual no ha permitido la formación acuíferos productivos de agua dulce, pero sí de acuíferos cautivos profundos con alto grado de salinidad considerados como agua de formación.

- Los acuíferos cautivos no productivos más someros, identificados en la zona, se presentan irregularmente entre los 70 y 200 metros de profundidad con un alto grado de salinidad.
- Se identificaron dos unidades hidrogeológicas correspondientes un acuífero fisurado y detrítico conformados por material consolidado de areniscas conglomeráticas con presencia de carbonatos, arenas y lutitas, su distribución espacial se aprecia en el mapa Hidrogeológico realizado.
- Comparando el valor estándar establecido en el ECA, con los valores obtenidos en el análisis de salinidad de las aguas de formación encontradas que se encuentran en un intervalo de 15 000 y 50 000 ppm, se puede observar el exceso y el alto contenido salino de estas aguas encapsuladas en acuíferos cautivos profundos, las cuales no son productivas, ni aptas para consumo y/o captación.
- Los resultados indican que el grado de vulnerabilidad del acuífero presente en el área de estudio es bajo, debido a las características litológicas que presenta la zona de estudio, considerando además que las aguas entrampadas en los acuíferos cautivos no productivos presentan una calidad no apto para consumo y/o captación (alto grado de salinidad) debido a que se presentan en forma discontinua, son cuerpos subterráneos no aprovechables