

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“ABASTECIMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA CON FINES DE USO
AGRICOLA PARA EL FONDO LA EMPEDRADA AGROINDUSTRIAL
LA PUNTA S.A.C. – HUAURA - LIMA”**

Presentado por:

BACH. JESSICA JOHANY JIMENEZ CASTRO

**TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRICOLA**

**Lima – Perú
2017**

ÍNDICE

RESUMEN

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. GENERALIDADES	1
1.2. OBJETIVOS	1
1.2.1. OBJETIVO GENERAL	1
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
CAPITULO II: REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	3
2.1. HIDROGEOLOGÍA	3
2.1.1. FORMACIONES HIDROGEOLÓGICAS	3
2.1.2. PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS	5
2.2. PROSPECCIONES GEOFÍSICAS.....	10
2.2.1. METODO ELECTRICO RESISTIVO.....	10
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1. MATERIALES	14
3.1.1. INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA.....	14
3.1.2. SOFTWARE Y HARDWARE UTILIZADOS.....	14
3.1.3. EQUIPOS	14
3.2. UBICACIÓN Y ACCESO.....	15
3.3. CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA.....	17
3.3.1. MARCO GEOMORFOLÓGICO	17
3.3.2. MARCO GEOLÓGICO	17
3.3.3. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA	20
3.3.4. INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA.....	30
3.3.5. EL ACUIFERO	33

3.3.6.	LA NAPA.....	33
3.3.7.	PARAMETROS HIDROGEOLOGICO DEL ACUIFERO	37
3.4.	HIDROGEOQUIMICA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	40
3.5.	DEMANDA DE AGUA	44
3.6.	PERFORACION DEL POZO TUBULAR.....	46
3.6.1.	PERFORACIÓN	46
3.6.2.	LITOLOGIA DEL POZO PERFORADO.....	46
3.6.3.	PERFILAJE ELECTRICO DIAGRAFÍA.....	48
3.6.4.	DISTRIBUCIÓN DE LA COLUMNA DE PRODUCCIÓN.....	51
3.6.5.	FILTRO DE GRAVA.....	53
3.6.6.	DESARROLLO DEL POZO	53
3.6.7.	PRUEBAS HIDRAULICAS	53
3.6.8.	DESINFECCIÓN DEL POZO	56
3.6.9.	SELLO SANITARIO	56
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		57
4.1.	UBICACIÓN DE LA OBRA DE CAPTACIÓN SUBTERRÁNEA.....	57
4.1.1.	SECCIONES GEOELÉCTRICAS	57
4.1.2.	UBICACIÓN DEL POZO TUBULAR.....	63
4.2.	PERFORACIÓN DEL POZO TUBULAR.....	64
4.2.1.	CARACTERISTICAS FINALES DEL POZO.....	64
4.2.2.	PRUEBAS HIDRAULICAS	67
4.2.3.	HIDROGEOQUIMICA.....	72
CAPITULO IV: CONCLUSIONES		79
CAPITULO V: RECOMENDACIONES.....		80
CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA		81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Esquema de un acuífero libre.....	4
Figura 2.2: Esquema de un acuífero confinado	5
Figura 2.3: Clasificación de terrenos por la Permeabilidad.....	7
Figura 2.4: Dispositivo cuadripolo para medición de resistividades. Método Schulumberger	12
Figura 2.5: Diagramas de sondeos eléctricos. a, dos materiales; b, tres materiales	13
Figura 3.1: Ubicación del área de proyecto.....	15
Figura 3.2: Ubicación del área evaluada	16
Figura 3.3: Mapa Geológico.....	19
Figura 3.4: Sondaje Eléctrico SEV - 02	21
Figura 3.5: Sondaje Eléctrico SEV - 01	21
Figura 3.6: Sondaje Eléctrico SEV - 04	22
Figura 3.7: Sondaje Eléctrico SEV - 03	22
Figura 3.8: Sondaje Eléctrico SEV - 06	23
Figura 3.9: Sondaje Eléctrico SEV - 05	23
Figura 3.10: Sondaje Eléctrico SEV - 07	24
Figura 3.11: Mapa de ubicación de sondeos eléctricos verticales.....	25
Figura 3.12: Mapa de resistividad verdadera del horizonte H2.....	28
Figura 3.13: Mapa de espesor del horizonte H2.....	29
Figura 3.14: Mapa de ubicación de fuentes de aguas subterráneas.....	31
Figura 3.15: Perfil Litológico del SEV-01 – Fundo La Empedrada.....	34
Figura 3.16: Mapa de Isoprofundidad de la napa	35
Figura 3.17: Mapa de Hidroisohipsas.....	36
Figura 3.18: Prueba de Acuífero Pozo IRHS 10 (Descenso)	38
Figura 3.19: Prueba de acuífero Pozo IRHS 10 (Recuperación).....	39
Figura 3.20: Mapa de Isoconductividad eléctrica.....	42
Figura 3.21: Diagrama de Análisis de Agua Pozo IRHS 10	43
Figura 3.22: Litología del Pozo Tubular Perforado.....	47
Figura 3.23: Diagrafía	50
Figura 3.24: Diseño Técnico del Pozo Tubular Agroindustrial La Punta S.A.C.	52
Figura 4.1: Sección Geoeléctrica SEV. 03 – 02 – 01	60
Figura 4.2: Sección Geoeléctrica SEV. 07 – 06 – 05	61

Figura 4.3: Sección Geoeléctrica SEV. 04 – 03	62
Figura 4.4: Sección Geoeléctrica SEV. SEV.07-06-05-03-02-01	65
Figura 4.5: Mapa de ubicación de pozo tubular	66
Figura 4.6: Prueba de Rendimiento – Caudal Escalonada	68
Figura 4.7: Prueba de Acuífero - Fase de Descenso.....	70
Figura 4.8: Prueba de Acuífero – Fase de Recuperación	71
Figura 4.9: Diagrama de Piper.....	73
Figura 4.10: Diagrama de Stiff.....	73
Figura 4.11: Diagrama de Análisis de Agua para Uso Agrícola	77

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1: Valores relativos de permeabilidad	6
Cuadro 2.2: Valores de porosidad de algunas rocas	8
Cuadro 2.3: Valores de porosidad eficaz	8
Cuadro 2.4: Valores de la transmisividad.....	9
Cuadro 2.5: Valores del coeficiente de almacenamiento	10
Cuadro 2.6: Resistividades de algunos materiales en ohmios-metro	11
Cuadro 3.1: Resultados de la interpretación cuantitativa de los Sondeos Eléctricos Verticales	26
Cuadro 3.2: Tipos de rocas según los valores de resistividad	27
Cuadro 3.3: Características técnicas, medidas realizadas y explotación de los pozos en el área de estudio	32
Cuadro 3.4: Resultados de Análisis de Agua Pozo IRHS 10	40
Cuadro 3.5: Conductividad Eléctrica.....	41
Cuadro 3.6: Demanda de Agua para el Cultivo de Palta Fuerte – Fundo La Empedrada ...	45
Cuadro 3.7: Litología del Pozo Perforado	48
Cuadro 3.8: Resultado de diagrfía eléctrica.....	49
Cuadro 3.9: Distribución de la columna de producción	51
Cuadro 3.10: Radio de Influencia Absoluto (Ra)	55
Cuadro 3.11: Radio de Influencia Relativo (Rr)	55
Cuadro 4.1: Clasificación de Sondajes	63
Cuadro 4.2: Ubicación del Pozo Tubular	64
Cuadro 4.3: Resultados Prueba de Rendimiento	67
Cuadro 4.4: Clasificación del Agua.....	72
Cuadro 4.5: Clasificación de Iones.....	72
Cuadro 4.6: Resultados análisis microbiológico	78

RELACIÓN DE ANEXOS

Anexo 1: Informe de Ensayo N° 1403182 Pozo IRHS – 10

Anexo 2: Informe de Ensayo N° J-00187961 Pozo Agroindustrial La Punta

Anexo 3: Informe de Ensayo N° J-00187960 Pozo Agroindustrial La Punta

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es establecer las condiciones de abastecimiento de agua para el desarrollo de las actividades agrícolas en el Fundo La Empedrada ubicado en el valle de Supe en el sector La Empedrada, distrito y provincia de Huaura, departamento de Lima; usando como fuente las aguas subterráneas del acuífero de la zona. El trabajo consistió en determinar la ubicación de la obra de captación a través de la realización de un estudio hidrogeológico, realizando la caracterización hidrogeológica e hidrogeoquímica del acuífero en la zona evaluada. Una vez establecida la ubicación de la obra de captación se realizó la perforación de un pozo tubular, y las pruebas hidráulicas para determinar los parámetros hidrogeológicos, el rendimiento óptimo a ser explotado y las características hidrogeoquímicas del agua determinando su aptitud para uso agrícola. Los resultados identificaron que la zona evaluada reúne condiciones favorables para la captación de agua subterránea para los fines requeridos, ubicando la obra de captación en el SEV. 03 de coordenadas (UTM WGS 84) Este: 231,205.00 m., Norte: 8'791,746.00 m. con una profundidad total de 80.00 m. Una vez que se culminó la perforación del pozo tubular en el punto establecido, se determinó que el rendimiento óptimo es de 50.00 l/s para un N.D. de 35.10 m. y que los parámetros hidráulicos obtenidos transmisividad ($385.87 \text{ m}^2/\text{día}$) y permeabilidad (5.25 m/día) son representativos de acuíferos de buenas características hidrogeológicas, conformadas por gravas y arenas. De la evaluación hidrogeoquímica se determinó que es un agua de baja mineralización, perteneciendo a familia hidrogeoquímica de las Bicarbonatadas cálcicas. Y en su evaluación por su aptitud para uso agrícola se encuentra dentro del grupo de C_2S_1 siendo un agua apta para riego en la mayoría de sus casos; además reúne condiciones de buena potabilidad.

PALABRA CLAVE:

Hidrogeológico, Prospección Geofísica, Pruebas hidráulicas, Hidrogeoquímica, Pozo tubular.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

La EMPRESA AGROINDUSTRIAL LA PUNTA S.A.C., es una empresa privada dedicada a la agricultura. Para lo cual pretende utilizar las aguas subterráneas del acuífero de la zona, a través de la perforación e implementación de un pozo tubular y así cubrir la demanda de agua para su desarrollo agrícola, las cuales no podrían ser abastecidas con la dotación superficial, sobre todo en época de estiaje.

Mediante Procedimiento Administrativo, EMPRESA AGROINDUSTRIAL LA PUNTA S.A.C, obtuvo la autorización para perforación, se ha realizado en mérito a lo dispuesto en la RESOLUCION DIRECTORAL N° 763-2015-ANA-AAA-Cañete-Fortaleza de fecha 16 de Junio del 2015, en donde se resuelve: Aprobar el Estudio Hidrogeológico y Autoriza la Perforación de un Pozo Tubular ubicado en el Lote Vichama 1 en el Fundo La Empedrada, Distrito de Huaura, Provincia de Huaura y Departamento de Lima.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer las condiciones de abastecimiento de agua para el desarrollo de las actividades agrícolas en el Fundo La Empedrada, mediante la explotación de las aguas subterráneas de la zona.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer la ubicación para la realización de la obra de captación subterránea
- Determinar el rendimiento óptimo del pozo tubular perforado

- Establecer de los parámetros hidrogeológicos (transmisividad y permeabilidad) del acuífero en el área de estudio.
- Caracterización de la hidrogeoquímica del agua subterránea extraída del pozo tubular con fines de uso agrícola.

CAPITULO II: REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1. HIDROGEOLOGÍA

2.1.1. FORMACIONES HIDROGEOLÓGICAS

Se denomina acuífero a aquel estrato o formación geológica, que permitiendo la circulación de agua por sus poros o grietas, hacer que el hombre pueda aprovecharla en cantidades económicamente apreciables para subvenir a sus necesidades. Los acuíferos pueden ser clasificados según sus características litológicas y de acuerdo con la presión hidrostática del agua contenida en ellos, siendo esta última clasificación la de mayor importancia. (Custodio, E.; Llamas M., 2001:259)

- **Clasificación según sus características litológicas:**

- a. **Acuíferos**

Son formaciones que tienen la capacidad de almacenar agua y permiten su movimiento, los materiales comunes que lo constituyen son gravas, arenas, materiales calizos. Son recomendados para realizar perforaciones ya que presentan una capacidad de drenaje alta.

- b. **Acuitardos**

García, M.; Fernández, A. (2009) las describe como formaciones geológicas que son capaces de almacenar cantidades apreciables de agua, sin embargo la transmiten con dificultad o lentamente. Pueden ser consideradas formaciones semipermeables estando constituidas principalmente por limos, arenas limosas y arenas arcillosas. La capacidad de drenaje de este tipo de formaciones es baja.

- c. **Acuícludos**

Son formaciones que contienen agua en su interior hasta su saturación, pero no

tiene la capacidad de transmitirlo, razón por la cual el agua queda contenida en los poros de la formación no pudiendo ser liberada. Dentro de este grupo pueden incluirse las arcillas (García, M.; Fernández, A., 2009:33).

d. Acuífugos

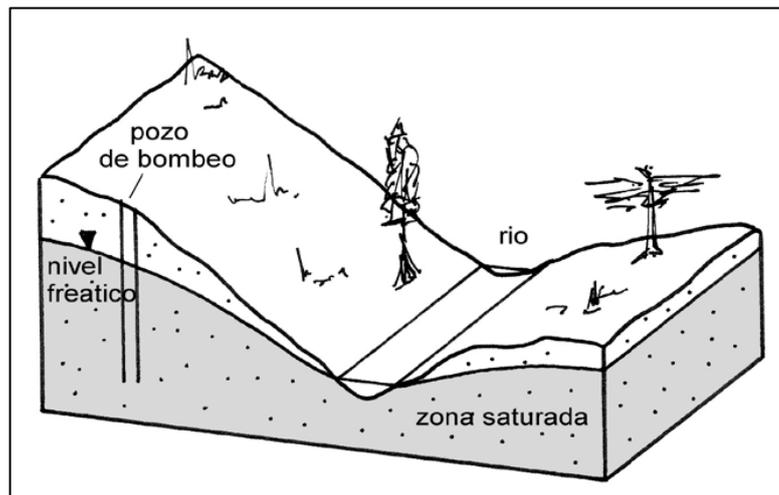
García, M.; Fernández, A. (2009) las describe como formaciones geológicas, que se muestran incapaces de almacenar agua y de transmitirla, están representados por las rocas compactas como granitos y gneises.

- **Clasificación de acuerdo con la presión hidrostática del agua:**

a. Acuífero libre o freático

Son aquellos acuíferos que tienen una superficie libre del agua que está en contacto directo con el aire, por ende, está a presión atmosférica. Cuando se realizan perforación de pozos en este tipo de acuíferos el nivel del agua encontrado coincide con la superficie freática. En la Figura 2.1 se esquematiza este tipo de acuífero (García, M.; Fernández, A., 2009:29).

Figura 2.1: Esquema de un acuífero libre



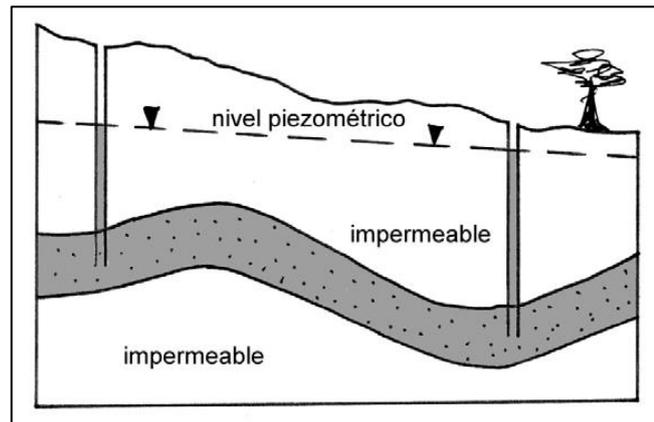
Fuente: García y Fernández, 2009

b. Acuífero confinados o cautivos

Como se puede ver en la Figura 2.2, en este tipo de acuíferos el agua se encuentra

sometida a una presión superior a la atmosférica, ocupando la totalidad de poros de la formación geológica. Estos acuíferos son fácilmente identificables cuando durante la perforación de pozos, cuando se atraviesa el techo del acuífero se observa un rápido ascenso del nivel del agua, hasta estabilizarse en una posición. (García, M.; Fernández, A., 2009:29).

Figura 2.2: Esquema de un acuífero confinado



Fuente: García y Fernández, 2009

c. **Acuífero Semiconfinado o semicautivo**

Este tipo de acuíferos se caracteriza por que la parte inferior y/o superior que los encierra no es un material totalmente impermeable, sino que es un acuitardo, permitiendo así la filtración vertical de agua, de forma lenta como es característico de los acuitardos, y que alimenta al acuífero principal, a partir de un acuífero o masa de agua que puede encontrarse situada encima o debajo del mismo. Este paso de agua solo será posible mientras exista una diferencia de potenciales entre ambos acuíferos. (Custodio, E.; Llamas M., 2001:265)

2.1.2. **PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS**

Para poder conocer y cuantificar el movimiento del agua en el acuífero, para ellos se definen parámetros fundamentales: permeabilidad, porosidad, transmisividad y coeficiente de almacenamiento.

a. Permeabilidad

Según Braja (2006) la permeabilidad es el parámetro que permite evaluar la capacidad o facilidad que ofrece un medio poroso al movimiento del agua. La permeabilidad ligada tanto a las características de textura del medio físico como del fluido que transmite, se denomina permeabilidad efectiva o conductividad hidráulica, y es representada por el coeficiente de permeabilidad, k . La permeabilidad denominada intrínseca, K , sólo depende de las características del medio permeable y suele expresarse en m/día. En el Cuadro 2.1 y en la Figura 2.3, se muestran valores característicos de permeabilidad y clasificación de terrenos en función de la permeabilidad. La permeabilidad efectiva k se define como el flujo de agua a través de un área de sección unitaria perpendicular a la dirección del flujo, bajo la acción de un gradiente hidráulico unitario, a una temperatura de 20 °C.

Darcy (1856) propuso la siguiente ecuación para calcular la velocidad del flujo a través de un suelo. (Braja, 2006:20)

$$v = k \cdot i$$

Dónde:

v = Velocidad de Darcy (cm/s)

k = Coeficiente de permeabilidad del suelo (cm/s)

i = Gradiente hidráulico

Cuadro 2.1: Valores relativos de permeabilidad

Material	Valores de K (cm/seg)	K en m/día (aproxim.)*
Grava limpia	> 1	>1000
Arena gruesa limpia	1 a 10^{-2}	1000 a 10
Mezcla de arena	10^{-2} a $5 \cdot 10^{-3}$	10 a 5
Arena fina	$5 \cdot 10^{-3}$ a 10^{-3}	5 a 1
Arena limosa	$2 \cdot 10^{-4}$ a 10^{-4}	2 a 0,1
Limo	$5 \cdot 10^{-4}$ a 10^{-5}	0,5 a 0,001
Arcilla	< 10^{-6}	<0,001

(*) El factor de conversión es 864 pero se ha redondeado a 1000.

Fuente: Custodio E. y Llamas M.,2001

Figura 2.3: Clasificación de terrenos por la Permeabilidad

Permeabilidad m/día	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	1	10	10 ²	10 ³	10 ⁴
Calificación	impermeables		Poco permeable		Algo permeable		Permeable		Muy permeable		
Calificación del acuifero	Acuicludo		Acuitardo		Acuifero pobre		Acuifero de regular a bueno		Acuifero excelente		
Tipo de materiales	Arcilla compacta		Limo arenoso		Arena fina		Arena limpia		Grava limpia		
	Pizarra		Limo		Arena limosa		Grava y arena				
	Granito		Arcilla limosa		Caliza fracturada		Arena fina				

Fuente: Custodio E. y Llamas M.,2001

b. Porosidad

La porosidad es una propiedad intrínseca de todo el material terrestre y se define como la relación entre el volumen de intersticios, todo tipo de espacio intergranular en una muestra de un medio poroso y el volumen total de las rocas y sedimentos. La porosidad está representada por la letra “m” y se expresa en tanto por ciento.

$$m = \frac{\text{volumen de los poros}}{\text{volumen total}}$$

La porosidad eficaz m_e , también denominada porosidad cinemática, es de relevante interés para conocer cómo se mueve el agua a través del acuifero. Se define como la relación entre el volumen de agua gravítica de un medio poroso saturado, y el volumen total. La porosidad eficaz se expresa en tanto por ciento. (García, M.; Fernández, A., 2009:34)

$$m_e = \frac{\text{volumen de poros conectados}}{\text{volumen total}}$$

EL Cuadro 2.2 y Cuadro 2.3, presenta valores de porosidad y porosidad eficaz para algunos materiales.

Cuadro 2.2: Valores de porosidad de algunas rocas

Material	Porosidad m (%)
Grava	25 - 40
Arenas y gravas	36
Arenas y gravas	25 - 50
Limos	35 - 50
Arcillas	40 - 70
Mármoles	0.1 - 0.2
Esquistos	1 - 10
Dolomitas	2.9
Granitos	1.5 - 0.02
Basaltos	0.1 - 2.9

Fuente: Vélez M.V., 1999:62

Cuadro 2.3: Valores de porosidad eficaz

Material	Porosidad m _e (%)
Gravas	25%
Arena	20%
Arena fina	10%
Arcilla + Gravas	5%
Arcilla	3%
Aluviones	10 a 20%

Fuente: Vélez M.V., 1999:73

c. Transmisividad

García, M.; Fernández, A. (2009) establece que éste parámetro representa la capacidad que tiene un acuífero para ceder agua. Está definido como el flujo de agua que atraviesa un área perpendicular a la dirección del flujo, de ancho unitario y que se extiende sobre todo el espesor del acuífero bajo acción de un gradiente hidráulico unitario, a una temperatura de 20°C. Se suele expresar en m²/día.

La permeabilidad y transmisividad se relacionan por la siguiente expresión:

$$T = K \cdot b$$

Dónde:

b = espesor del acuífero (m.)

K = permeabilidad (m/día)

El coeficiente de transmisividad puede determinarse mediante ensayos de bombeo, los cuales en muchas ocasiones suelen ser más confiables que los ensayos de laboratorio, ya que estos últimos la inexactitud está siempre presente en los resultados obtenidos, ya que las muestras no representan el estado natural de la formación acuífera de donde fueron obtenidas. En el Cuadro 2.4, se muestran algunos valores de transmisividad. (García, M.; Fernández, A., 2009:36)

Cuadro 2.4: Valores de la transmisividad

T (m ² /día)	Calificación estimativa
$T < 10$	Muy baja
$10 < T < 100$	Baja
$100 < T < 500$	Media a alta
$500 < T < 1000$	Alta
$T > 1000$	Muy alta

Fuente: García y Fernández, 2009:37

d. Coeficiente de almacenamiento

En Custodio, E.; Llamas M. (2001) se define como el volumen de agua que se puede extraer por unidad de volumen de un acuífero. Es el volumen de agua que es liberada de un volumen prismático de acuífero, se sección unitaria, cuando el nivel piezométrico desciende un metro. El coeficiente de almacenamiento es un número adimensional y se expresa en porcentaje (%). Este valor suele ser mayor en los acuíferos libres que en los acuíferos confinados. En el Cuadro 2.5, se tienen valores de coeficiente de almacenamiento de diferentes tipos de materiales permeables.

Cuadro 2.5: Valores del coeficiente de almacenamiento

Tipo de material permeable	Tipo acuifero	Valor medio de S
Cárstico: Caliza y dolomías jurásicas	Libre	2×10^{-2}
	Semiconfinado	5×10^{-4}
	Confinado	5×10^{-5}
Cárstico: Calizas y dolomías cretácicas y terciarias	Libre	$2 \times 10^{-2} - 6 \times 10^{-2}$
	Semiconfinado	$10^{-3} - 5 \times 10^{-4}$
	Confinado	$10^{-4} - 5 \times 10^{-5}$
Poroso intergranular: Gravas y arenas	Libre	$5 \times 10^{-2} - 15 \times 10^{-2}$
	Semiconfinado	10^{-3}
	Confinado	10^{-4}
Cársticos y porosos: Calcarenitas marinas terciarias	Libre	$15 \times 10^{-2} - 18 \times 10^{-2}$

Fuente: García y Fernández, 2009:38

2.2. PROSPECCIONES GEOFÍSICAS

“La «Prospección Geofísica» es una rama reciente de la «Geofísica Aplicada» (...) la definimos como la ciencia y técnica que, a partir de fenómenos físicos, naturales o provocados, trata de conocer la distribución de los materiales en el subsuelo y sus propiedades”. Existen diferentes métodos de prospección geofísica, los que siendo clasificados por el fenómeno empleado son (a) magnético, (b) gravimétrico, (c) eléctrico, (d) electromagnético, (e) sísmico, (f) radioactivos, (g) térmicos. (Custodio, E.; Llamas, M. R., 2001:1393)

2.2.1. METODO ELECTRICO RESISTIVO

Este método es de uso común en los estudios hidrogeológicos, permite conocer las características hidrogeológicas del terreno, determinar la naturaleza, la morfología y profundidad del substrato, de igual forma permite conocer la litología de las capas acuíferas.

Se utiliza la resistividad, que es la inversa de la conductividad. Este método tiene como fin estudiar las variaciones de este parámetro físico de las rocas y medir su aptitud de conducir la corriente eléctrica. Para esto en superficie se realizan una serie de medidas, que permiten obtener resistividades aparentes, en función de un parámetro lineal. Las parejas de estos valores se grafican formando una curva, que recibe el nombre de sondeo eléctrico vertical (SEV). La resistividad de las rocas depende del volumen de sus poros, de su distribución y de la resistividad del líquido que contiene en su interior. (Custodio, E.; Llamas, M. R., 2001:1393)

“(…) a efectos hidrogeológicos, una porosidad baja se manifiesta por resistividad elevada. Si la roca se encuentra sobre el nivel freático, o no contiene agua, la resistividad será elevada. Si la resistividad es muy baja, el agua almacenada tendrá un elevado contenido de sales.”. (Custodio, E.; Llamas, M. R., 2001:1397)

Para efectos indicativos, en el Cuadro 2.6, se muestra un resumen de los valores de la resistividad de diferentes materiales:

Cuadro 2.6: Resistividades de algunos materiales en ohmios-metro

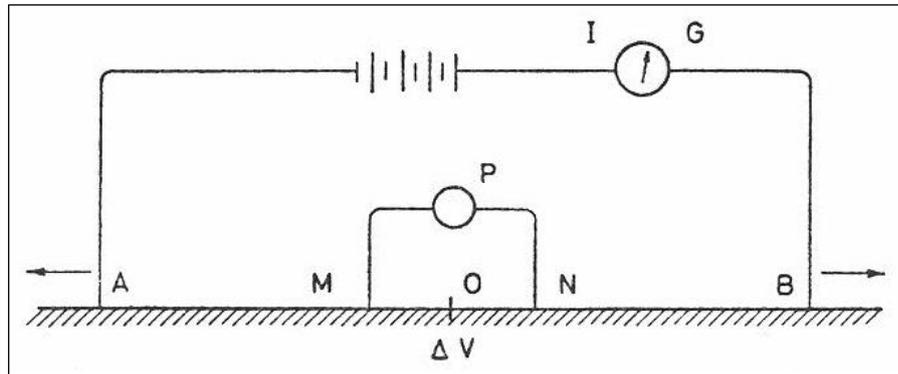
Materiales	Resistividad (ohm . m)
Aguas subterráneas en granito y roca hipogénica	20 - 100
Aguas subterráneas en caliza y acarreos	20 - 50
Aguas salobres	1 - 10
Aguas potables superficiales	20 - 300
Agua de mar	menor de 0,2
Agua destilada	mayor de 500
Arcilla y margas	10 - 100
Calizas y areniscas	50 - 3000
Pizarras	50 - 300
Rocas hipogénicas y metamórficas	100 - 10 000
Gravas	100 - 10 000
Arenas	130 - 1000
Limos	30 - 500

Fuente: Custodio E. y Llamas M.,2001

- **Dispositivo de medida**

El dispositivo de medida utilizado más frecuentemente es el tipo Schlumberger, llamado cuadripolar. Figura 2.4.

Figura 2.4: Dispositivo cuadripolo para medición de resistividades. Método Schulumberger



Fuente: G. Castany. 319 p.

Una línea de emisión permite, entre los electrodos *A* y *B*, colocados en el suelo, hacer pasar una corriente de intensidad *I*. Midiéndose la diferencia de potencial ΔV entre dos electrodos *M* y *N* que forman parte de la línea de recepción. Los electrodos *A* y *B*, *M* y *N* se encuentran dispuestos simétricamente en relación al centro *O* del dispositivo. (Castany G., 1975:319)

Las medidas de intensidad *I* y la diferencia de potencial ΔV se realizan con un potenciómetro.

La resistividad ρ del terreno, viene dada por la ley de Ohm cuya fórmula de aplicación es:

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I}$$

Dónde:

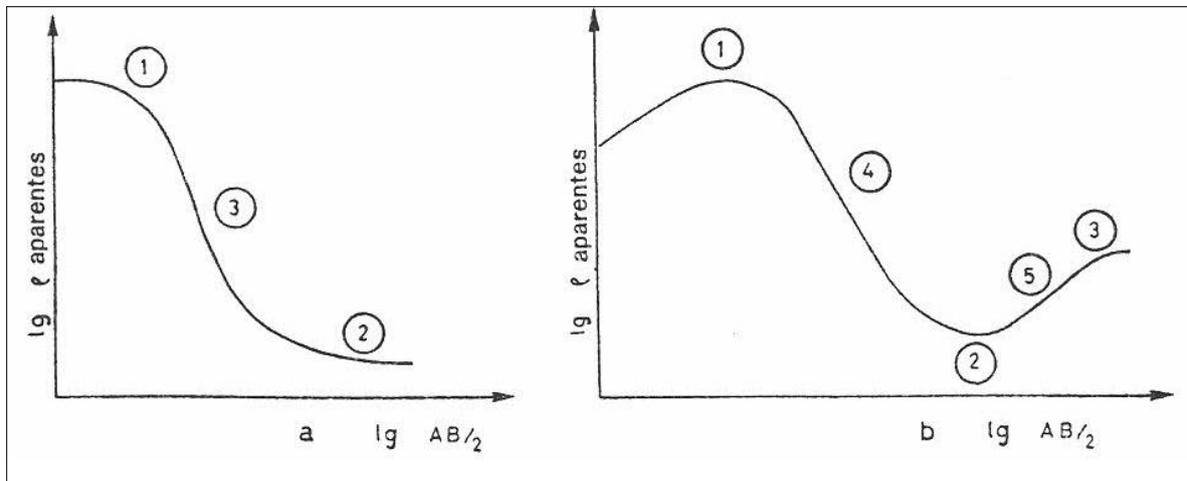
K = Coeficiente numérico que depende de la disposición de electrodos *A*, *M*, *N* y *B*

La resistividad aparente ρ_a depende de las dimensiones del dispositivo de medida $AMNB$ y de la distribución de las resistividades específicas en el suelo. Siendo la resistividad media de un volumen de terreno, volumen que aumenta con la longitud de AB , lo que elimina la influencia de las heterogeneidades locales. (Castany G., 1975:319)

- **Representación gráfica de las medidas**

Los datos obtenidos son llevados sobre un diagrama doble logarítmico, en las abscisas los logaritmos de $AB/2$ y en las ordenadas los logaritmos de las resistividades aparentes calculadas, se obtiene así una curva decreciente, asintótica a las resistividades específicas. A este gráfico obtenido se le llama diagrama del sondeo eléctrico. Ver Figura 2.5. (Castany G., 1975:319)

Figura 2.5: Diagramas de sondeos eléctricos. *a*, dos materiales; *b*, tres materiales



Fuente: G. Castany. 322 p.

CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

Se recopiló la información cartográfica existente de la zona, para dar inicio con los trabajos de ubicación del área evaluada. La cartografía base está a escala 1/100 000 en formato digital CAD, geo referenciada con *Datum* WGS 84 y en zona 18L. Para la ubicación de los pozos se usó la carta catastral 1/10,000 editada por el Proyecto Especial de Titulación de Tierras (PETT - COFOPRI)

Se adquirieron cartas nacionales del Instituto Geográfico Nacional (IGN) del Ministerio de Defensa, del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) del Sector Energía y Minas; y del Organismo de Formalización de la Propiedad Informal (COFOPRI), para la elaboración de la base cartográfica utilizada en el estudio.

3.1.2. SOFTWARE Y HARDWARE UTILIZADOS

- Computadora Intel (R) Core TM i7 CPU@ 2.30 GHZ y 8.00 GB de memoria
- *Software* AutoCAD 2013
- *Software* Surfer 8.0
- *Software* QualiGraf
- *Software* W-GeoSoft / WinSev 6.3

3.1.3. EQUIPOS

- Resistivímetro (Terrameter ABEM SAS – 1000)
- GPS
- Máquina perforadora Bucyrus Erie modelo 28 L Percusión
- Sonda eléctrica de 100 m.

- Bomba marca Byron Jackson Hidrostral, modelo 12 GH, con impulsores abiertos tipo turbina de eje vertical de 06 etapas.
- Motor estacionario marca *Cummins*, modelo NH-220 diesel D2, 220 Hp de potencia, de 600 rpm a 1800 rpm de velocidad.
- Caudalímetro *Mc Crometer* de Ø8'' con rango de medición de 0 a 150 l/s.

3.2. UBICACIÓN Y ACCESO

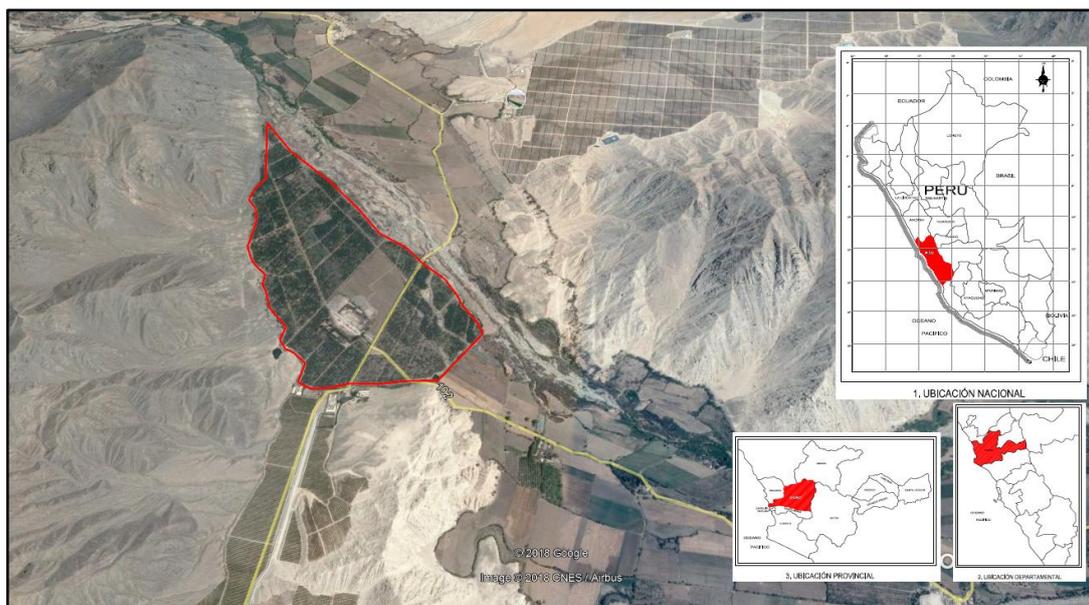
El área de estudio se ubica al Norte de la Ciudad de Lima, en el Valle de Supe en el Sector La Empedrada, acceso a través de la Panamericana Norte a la altura del Km. 160, se toma el desvío con la carretera a Sayán y se sigue un recorrido de 23 km. Llegando al fundo, en donde se delimitó un área de investigación aproximada de 7.76 0 Km² tal como se aprecia en el Figura 3.1 y Figura 3.2.

Políticamente ocupa parte del distrito de Huaura, de la provincia de Huaura y departamento de Lima. El área evaluada se encuentra definida geográficamente dentro de las siguientes Coordenadas del Sistema Proyección Transversal Mercator (WGS 84):

Por el Norte entre : 8'772,236 m. y 8'775,567 m.

Por el Este entre : 229,828 m. y 232,159 m.

Figura 3.1: Ubicación del área de proyecto



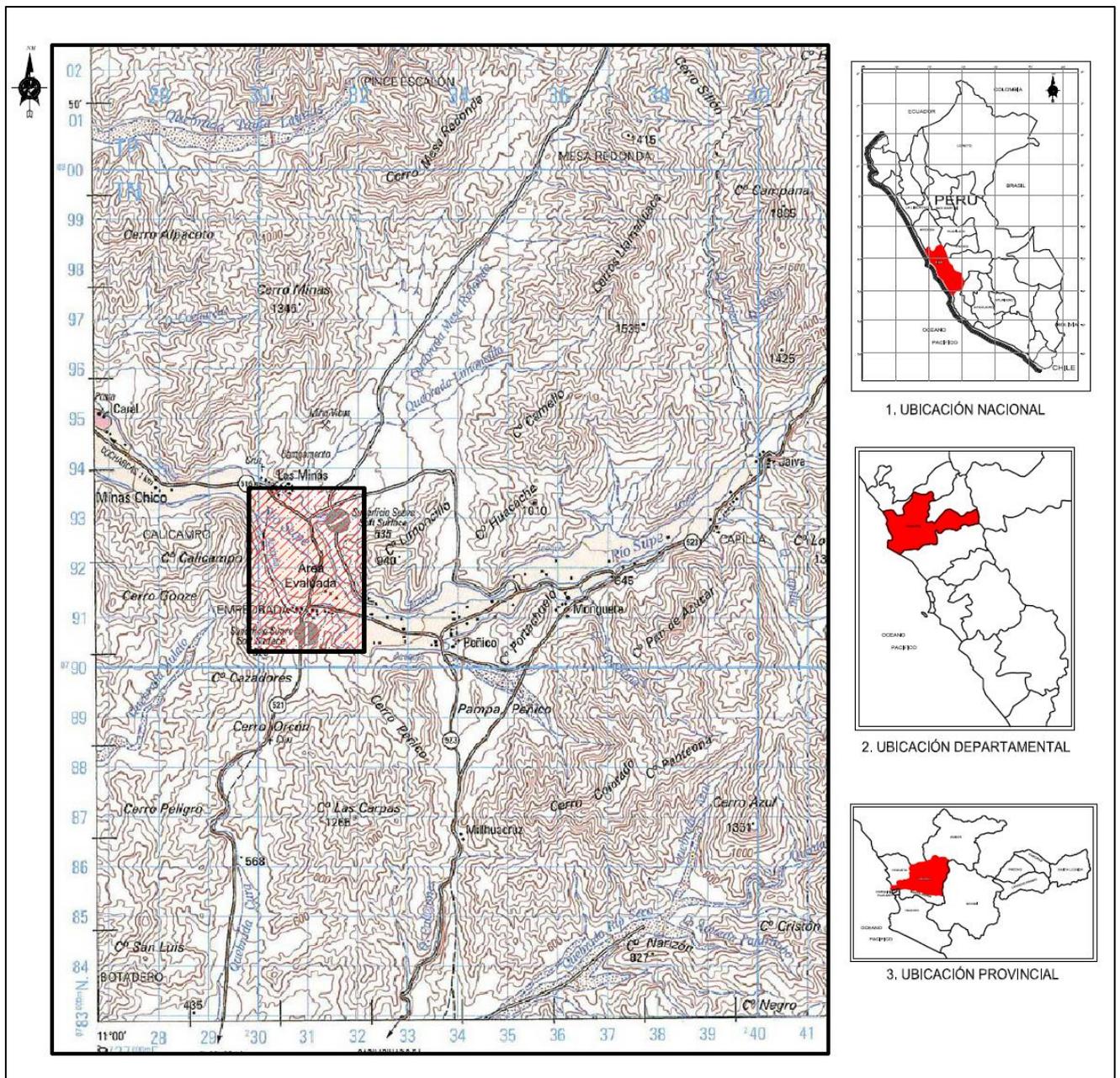


Figura 3.2: Ubicación del área evaluada

Fuente: IGN (Instituto Geográfico Nacional, Perú)

3.3. CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA

3.3.1. MARCO GEOMORFOLÓGICO

El área evaluada forma parte de la Planicie Aluvial constituido por materiales acarreados por el río Supe y quebradas tributarias, la cual está limitada a nivel regional, por afloramientos rocosos que se presentan a manera de cadena de cerros y hacia el valle como montes islas.

3.3.2. MARCO GEOLÓGICO

Se han identificado dos unidades geológicas: los afloramientos rocosos y los depósitos del cuaternario, tal como se aprecia en la Figura 3.3: Mapa geológico.

a. Afloramientos Rocosos

Los afloramientos que se aprecian, corresponden a una secuencia de Rocas Volcánicas Sedimentarías:

a.1. Formación Casma (Ki-c)

Esta formación está conformado por volcánicos bien estratificados, siendo en su mayor parte derrames delgados de andesita masiva de grano fino. Esta formación aflora hacia el norte en el cerro la Mina y hacia el oeste en los cerros Calicampo y Cazadores en la zona del estudio.

a.2. Ademalita Puscao (Kti-a-p)

Las rocas intrusivas forman parte del gran Batolito de la Costa y se encuentran emplazadas en formaciones sedimentarias y volcánicas de edad mesozoica y terciaria.

Todas las adamelitas son posteriores a las tonalitas y gabros, típicamente contienen ortosa y plagioclasa en más o menos la misma cantidad mientras que el cuarzo es muy abundante.

En el valle aflora dos tipos de adamelita: adamelita de Puscao (cerro La Empedrada, y cerro Limansillo) se encuentran hacia el sur y noreste del área de estudio.

b. Depósitos del Cuaternario

b.1. Depósitos Aluviales

Estos depósitos aluviales están limitados por los afloramientos rocosos gran parte del área de estudio y están constituidos por cantos, guijarros de variado tamaño y composición litológica, gravas, limos entremezclados y arenas, formando horizontes variables y se representan en forma alternada en sentido vertical. Existen dos tipos de depósitos aluviales:

- **Depósitos Aluviales de río**

Están constituidos por capas de cantos, gravas gruesa y fina, bien clasificada con elementos redondeados y asociados con capas de arenas, limos y arenas arcillosas en proporciones variables.

- **Depósitos aluviales de quebrada**

Los cauces están rellenos con un material angular menos clasificado que los depósitos de río y con mayor proporción de material intemperizado. Las nacientes de algunas de estas quebradas están al borde de la zona de lluvias donde los huaycos contribuyen de una manera importante con los depósitos de quebrada.

El material aluvial muestra un ligero endurecimiento lo que da lugar a la formación de escarpados verticales que limitan los frentes de algunas terrazas.

Los depósitos aluviales recientes están restringidos a franjas estrechas, los materiales son principalmente cantos y gravas sub redondeados con buena selección, en algunos casos su matriz es arenosa por lo que se les considera como depósitos fluvio aluviales, los que por su origen y características de formación, se les confiere buenas propiedades de porosidad y permeabilidad que favorecen al almacenamiento y flujo de las aguas subterráneas.

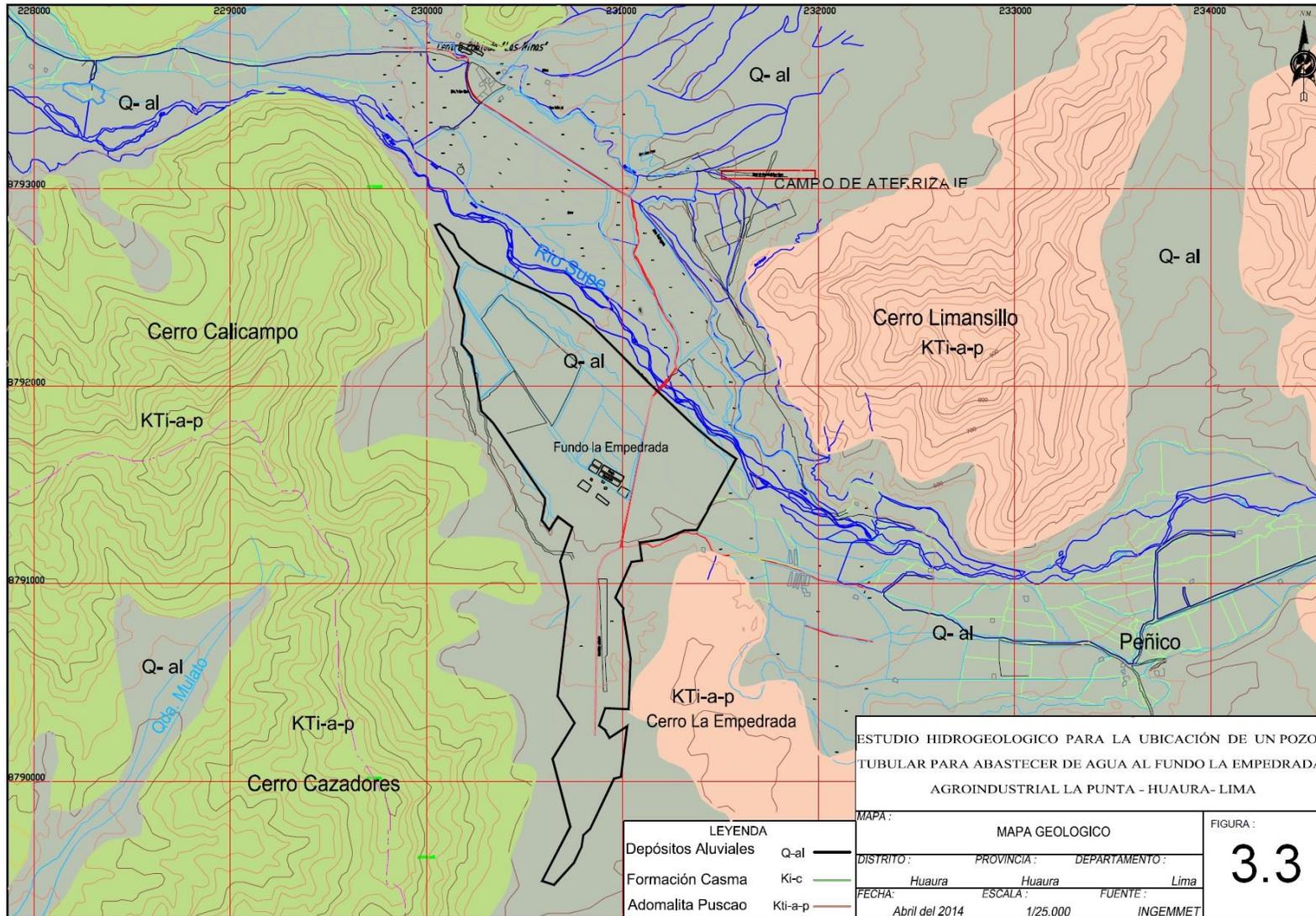


Figura 3.3: Mapa Geológico

Fuente: IGEMMET (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, Perú)

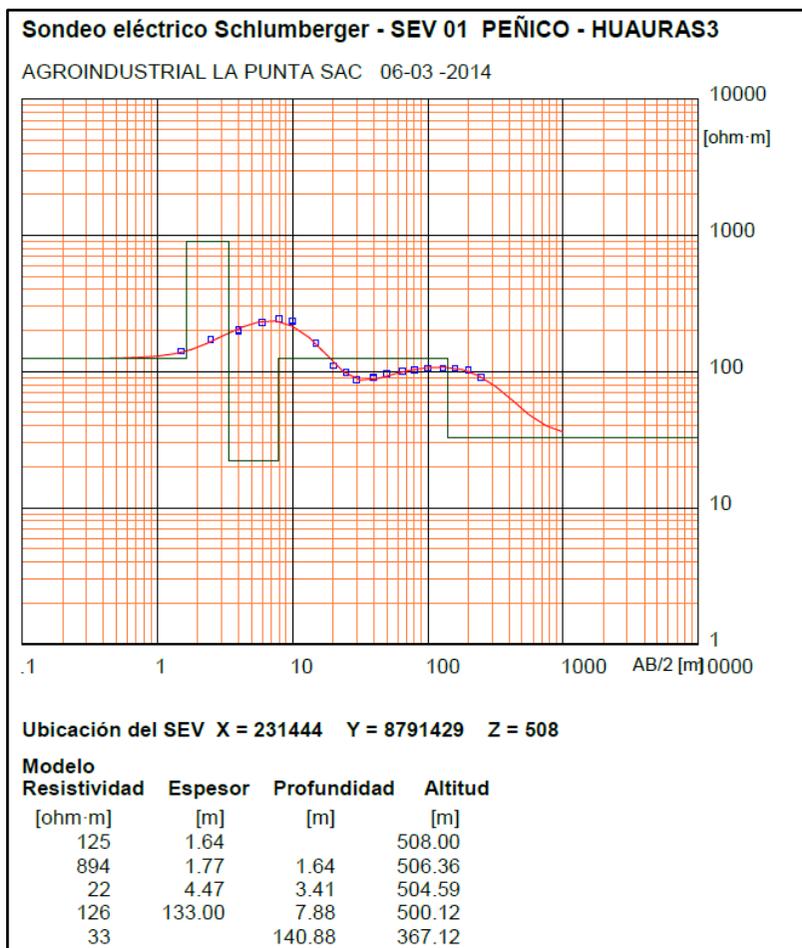
3.3.3. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

Para determinar las características geoeléctricas del relleno aluvial que forma el acuífero, así como sus variaciones laterales, verticales, espesores y posiciones relativas, se establecieron siete estaciones de sondeos eléctricos verticales de superficie en el Fundo La Empedrada, estando estas estaciones de sondeo dentro de la Parcela A y Parcela B del fundo, las ubicaciones de los sondeos se muestran en la Figura 3.11: Ubicación de sondeos eléctricos verticales.

Para investigar la estructura del relleno aluvial se han interpretado los sondeos eléctricos verticales de superficie (SEV), realizando siete sondeos, utilizando la configuración simétrica tetra electrónica propuesta por Schlumberger con una longitud de envío de corriente máxima de 800 m. y de recepción de 80 m., permitiendo así profundizar la investigación hasta los sedimentos compactos impermeables, tal como se aprecia en las ramas terminales de los gráficos de los Figura 3.4 a la Figura 3.10.

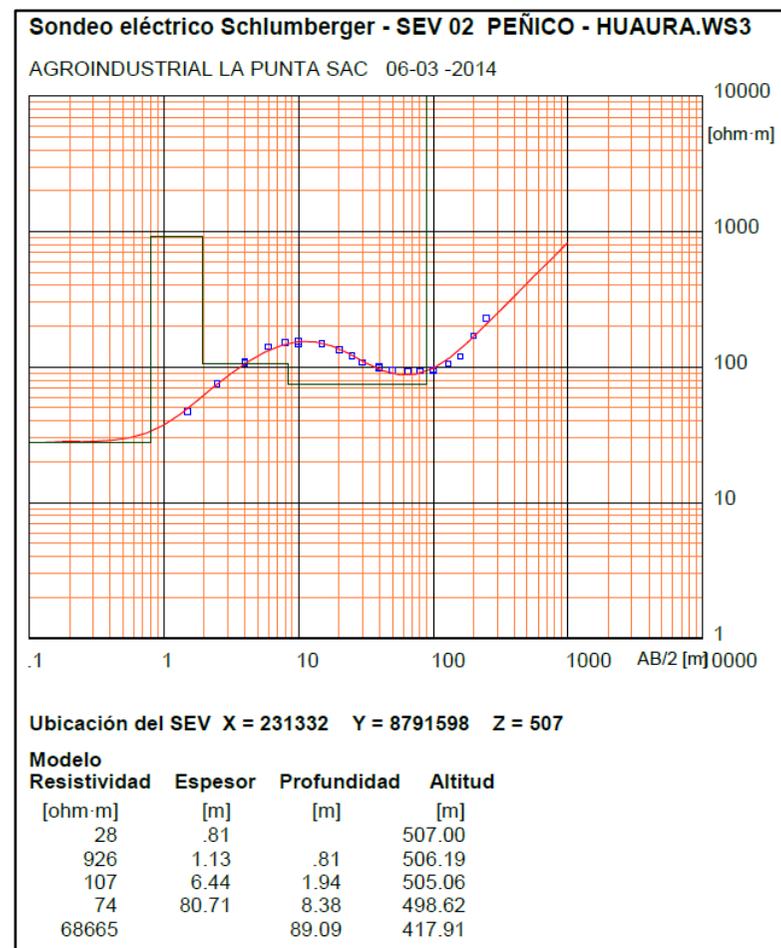
En cada estación, se ha podido conocer desde la superficie del terreno la distribución de los distintos horizontes, identificando valores de resistividad verdadera y espesor de cada uno, evaluando así, la presencia y calidad del acuífero.

Figura 3.5: Sondaje Eléctrico SEV - 01



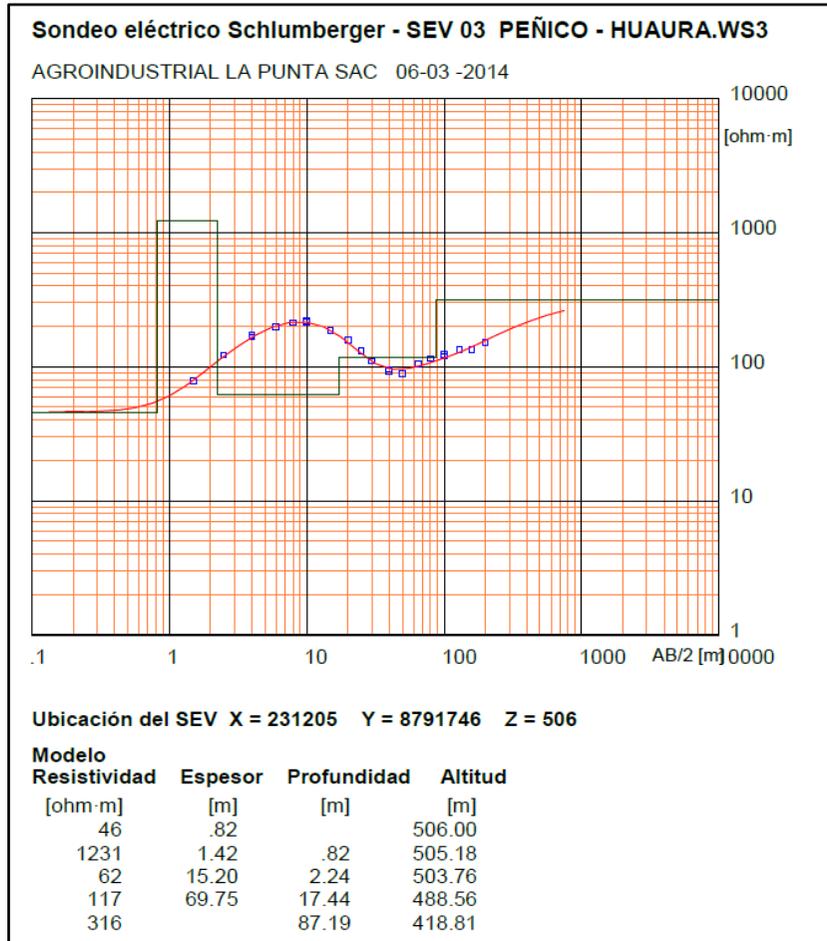
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.4: Sondaje Eléctrico SEV - 02



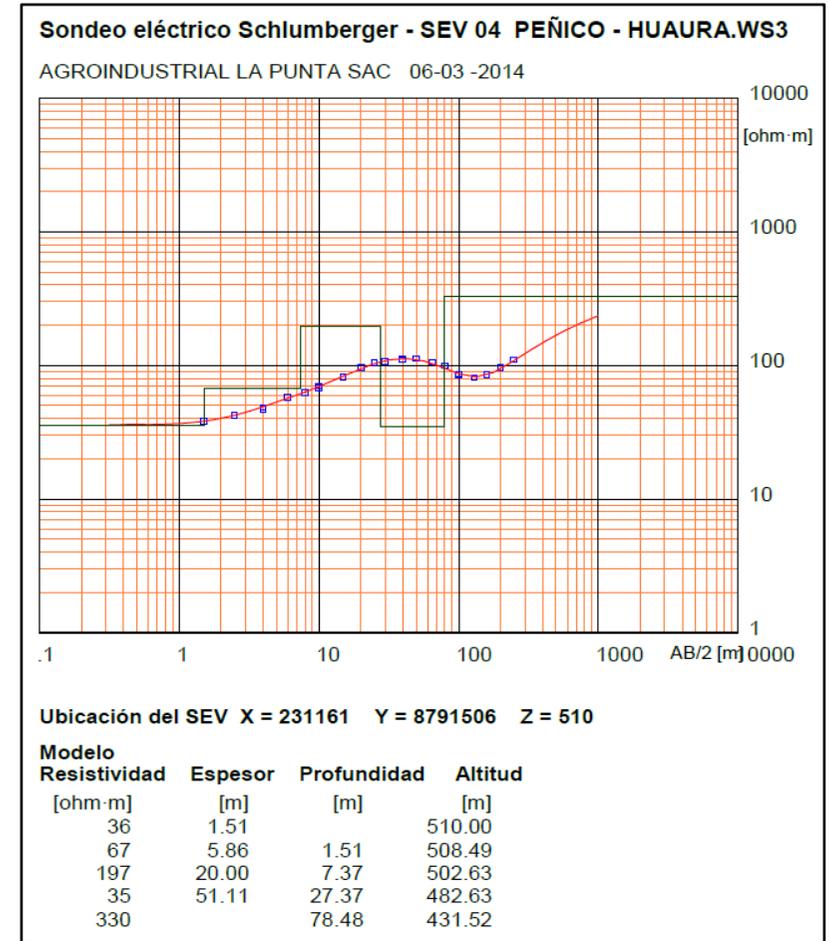
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.7: Sondaje Eléctrico SEV - 03



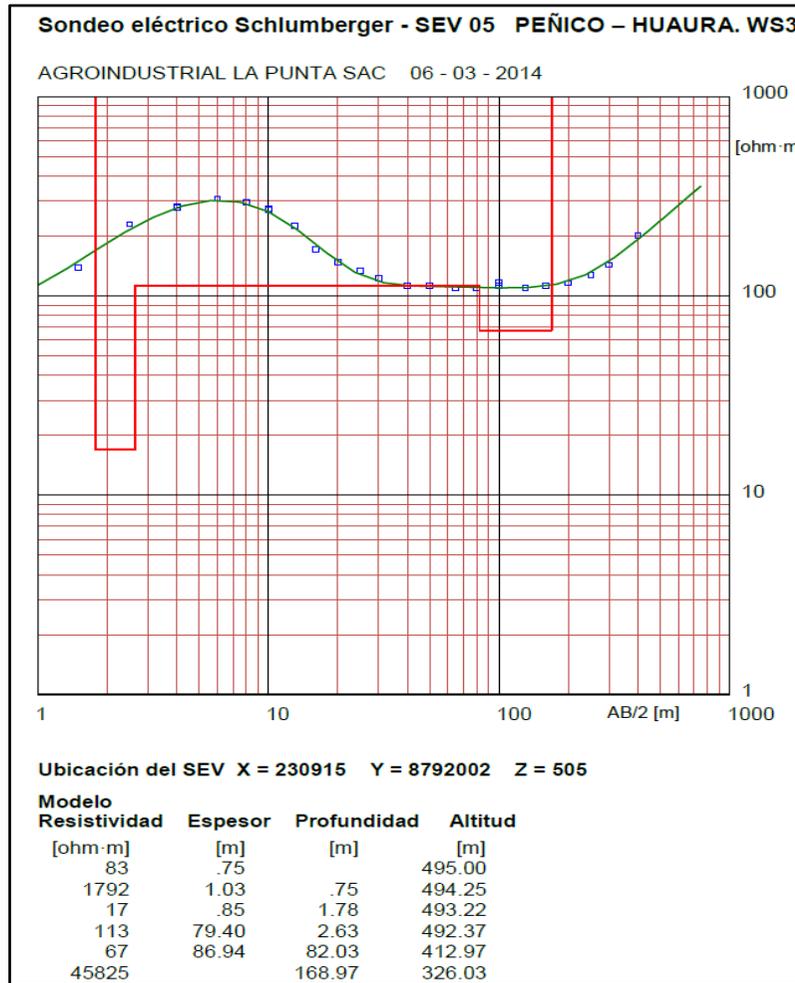
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.6: Sondaje Eléctrico SEV - 04



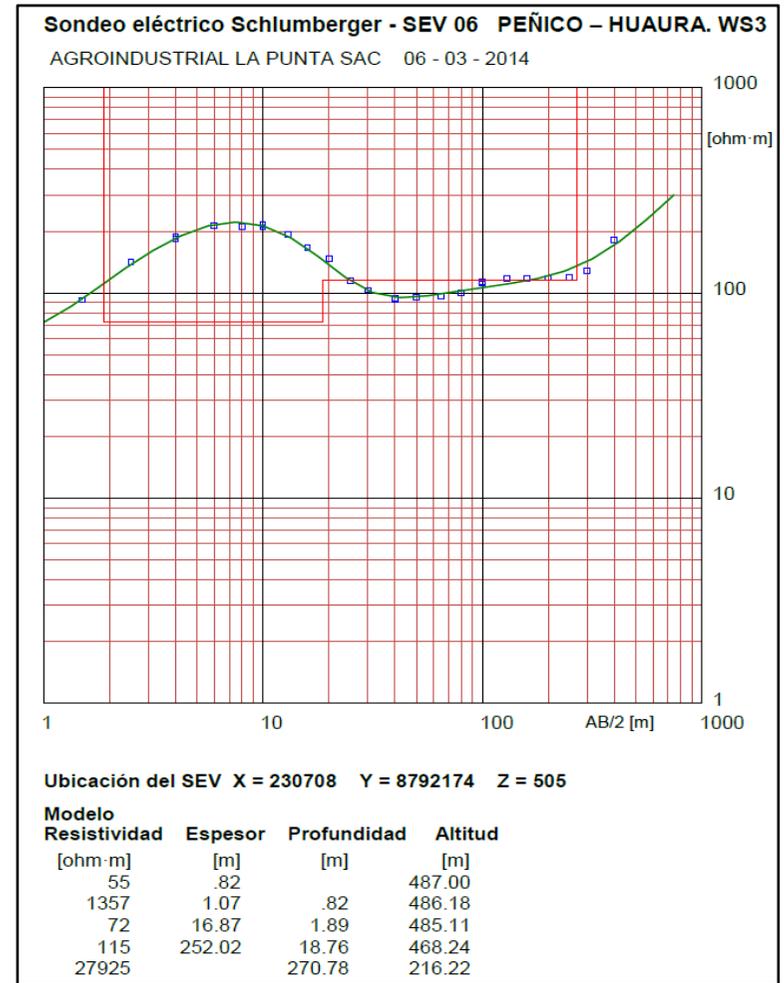
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.9: Sondaje Eléctrico SEV - 05



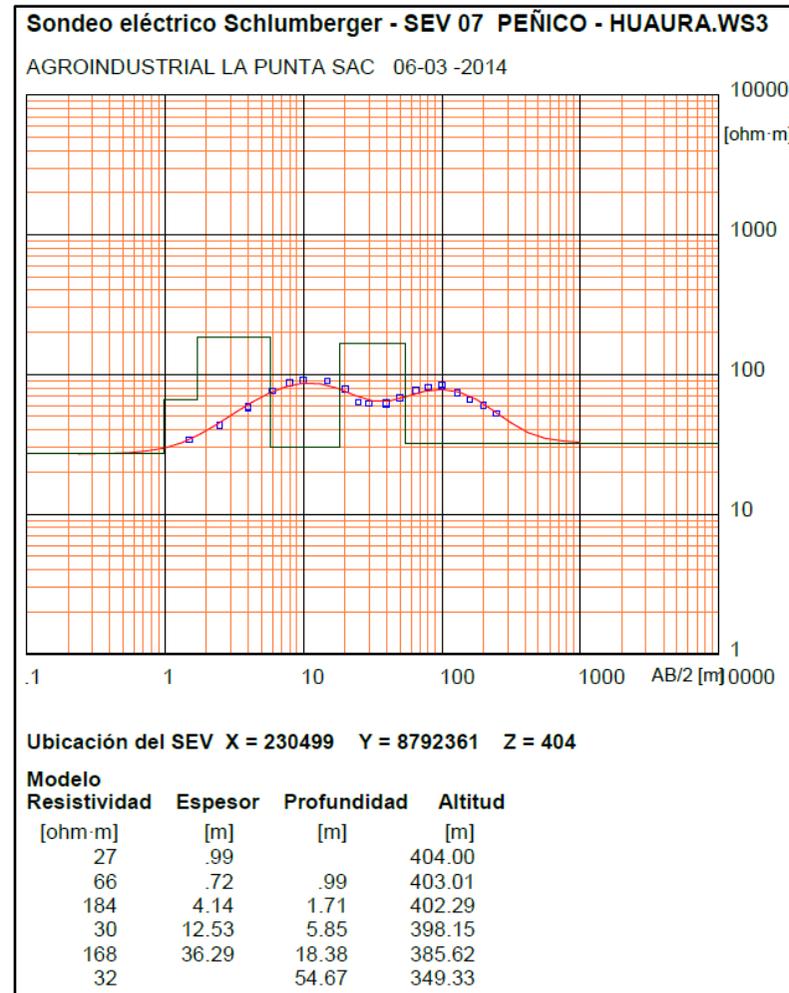
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.8: Sondaje Eléctrico SEV - 06



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.10: Sondaje Eléctrico SEV - 07



Fuente: Elaboración propia

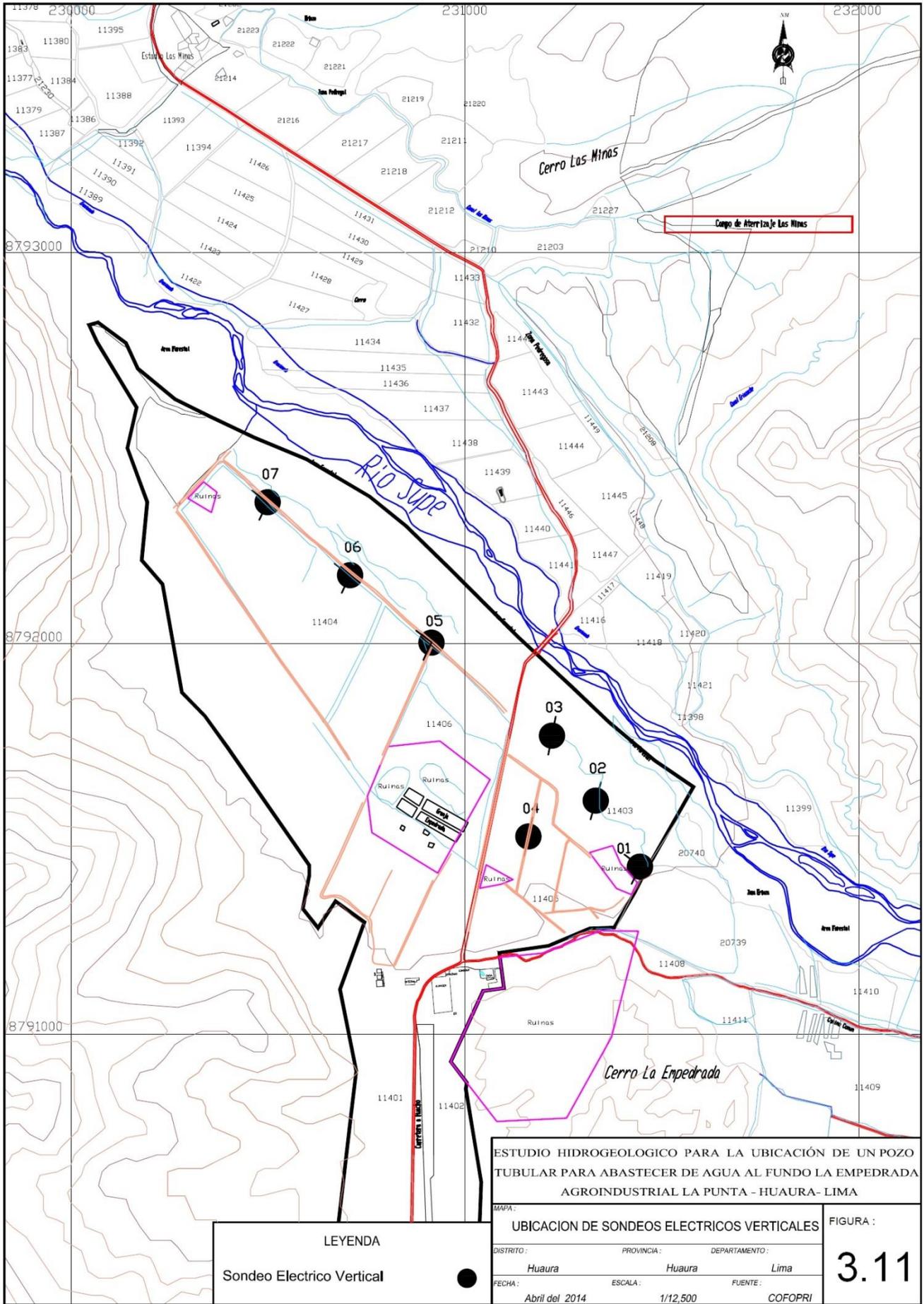


Figura 3.11: Mapa de ubicación de sondes eléctricos verticales

a. Análisis de Resultados

La información se ha procesado haciendo la interpretación cuantitativa de cada uno de los horizontes que están contenidos en las inflexiones de las curvas de campo, valores que se han reajustado a través Software informático especializado con el apoyo de la computadora; los resultados se presenta en el cuadro respectivo:

Cuadro 3.1: Resultados de la interpretación cuantitativa de los Sondeos Eléctricos Verticales

SEV	f_1 h_1	f_2 h_2	f_3 h_3	f_4 h_4	f_5 h_5	f_6 h_6	f_7 h_7	H
1	125.0 1.64	894.0 1.77	22.00 4.47	126.0 133.0	33.00 ----			140.88
02	28.00 0.81	926.0 1.13	107.0 6.44	74.00 80.71	68665 ----			89.09
03	46.00 0.82	1231 1.42	62.00 15.20	117.0 69.75	316.0 ----			87.19
04	36.00 1.51	67.00 5.86	197.0 20.00	35.00 51.11	330.0 ----			78.48
05	83.00 0.75	1792 1.03	17.0 0.85	113.0 79.40	67.00 86.94	45825 -----		168.97
06	55.00 0.82	1357.0 1.07	72.00 16.87	115.0 252.02	27926 ----			270.78
07	27.00 0.99	66.00 0.72	184.0 4.14	30.00 12.53	168.0 36.29	32.00 ----		54.67

H=Profundidad hasta base de la capa (m.) f =Resistividad en Ohm-m h =Espesor de la capa (m.)

- **Resistividades Eléctricas del Horizonte Saturado H2**

En el Figura 3.12, se presenta la carta de resistividad verdadera del horizonte saturado H2, en donde se aprecia la variación que van de 67.00 a 197 Ohm-m. Los valores de resistividad verdadera, indican que se trata de sedimentos con agua de baja mineralización.

- **Espesor del Horizonte Permeable Productor H2**

En el Figura 3.13, se presenta los espesores del horizonte saturado H2 considerado como acuífero productor, los espesores varía entre 20 y 252 m., presentando el mayor espesor en las inmediaciones del SEV 06, que llega a los 252.0 m.

- **Techo del Basamento Rocoso Impermeable**

El basamento se ha identificado se encuentra a profundidades que varían entre los 89.00 m. en el SEV 2 y al promediar los 270.0 m. en la zona donde se ubicó el SEV. 06.

b. Secciones Geoeléctricas

Para que las curvas de resistividad aparente obtenidas sean interpretables, el subsuelo debe estar formado por capas horizontales y homogéneas. En muchos casos las condiciones geológicas reales se ajustan a esta descripción teórica.

Un corte geoeléctrico está conformado por “*n*” capas, las cuales están conformadas por *n* valores de resistividad y *n-1* espesores, y del cual el espesor de la última capa no se conoce.

Cuadro 3.2: Tipos de rocas según los valores de resistividad

Material	Resistividad (ohm.m)	Conductividad (Siemens/m)
Rocas Ígneas y Metamórficas		
Granito	5000 - 5000000	10^{-6} - 2×10^{-4}
Basalto	1000 - 1000000	10^{-6} - 10^{-3}
Pizarra	6000 - 4000000	2×10^{-8} - 1.7×10^{-3}
Mármol	100 - 2.5×10^8	4×10^{-9} - 10^{-2}
Cuarcita	100 - 2×10^8	5×10^{-9} - 10^{-2}
Rocas Sedimentarias		
Arenisca	8 - 4×10^3	2.5×10^{-4} - 0.125
Esquisto	20 - 2×10^3	5×10^{-4} - 0.05
Limolita	50 - 4×10^2	2.5×10^{-3} - 0.02
Suelos y Agua		
Arcilla	1 - 100	0.01 - 1
Aluvión	10 - 800	1.25×10^{-3} - 0.1
Agua Fresca	10 - 100	0.01 - 0.1
Agua de Mar	0.2	5

Fuente: Resistividades y Conductividades de Algunas Rocas. Gasulla, 1999.

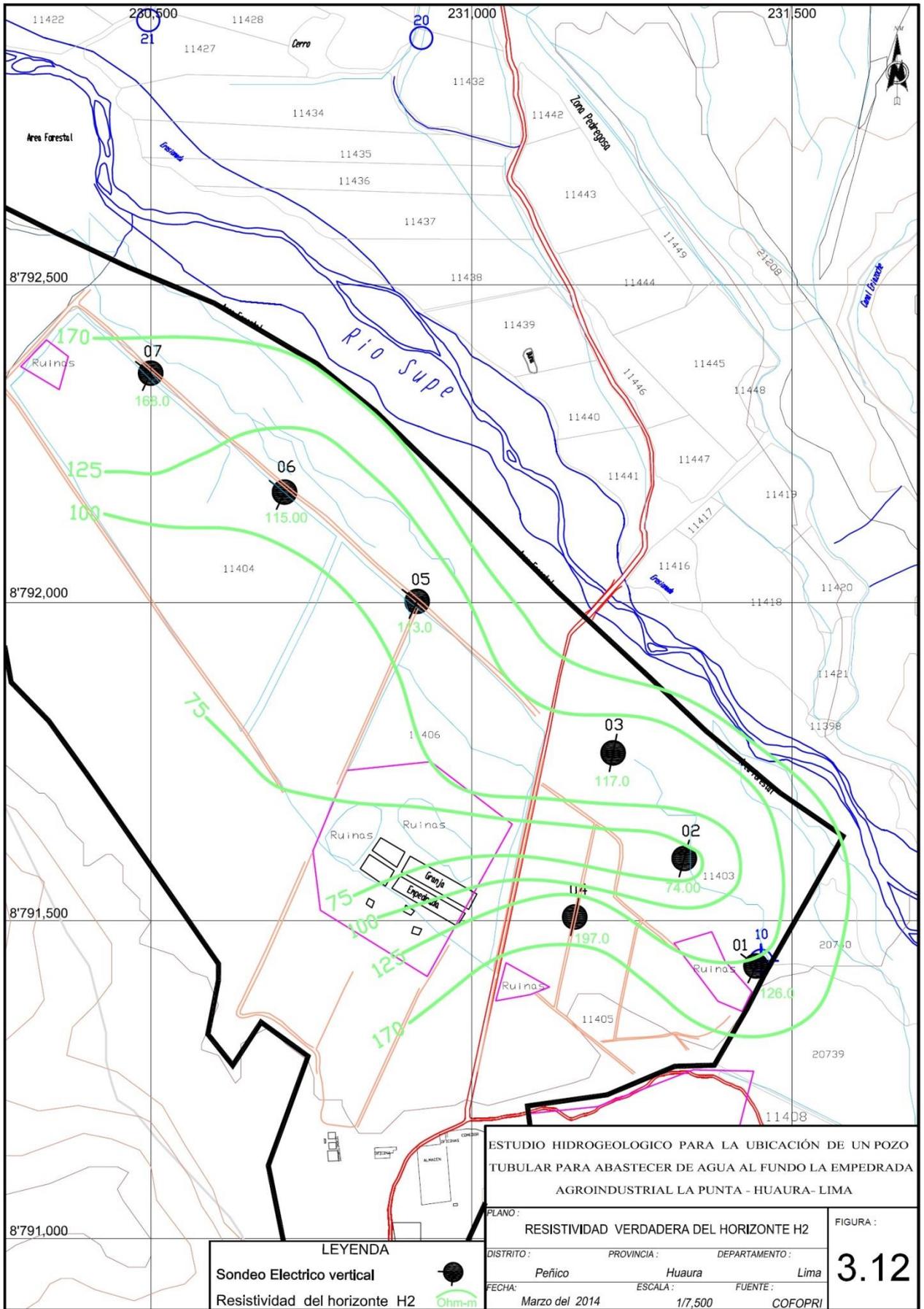


Figura 3.12: Mapa de resistividad verdadera del horizonte H2

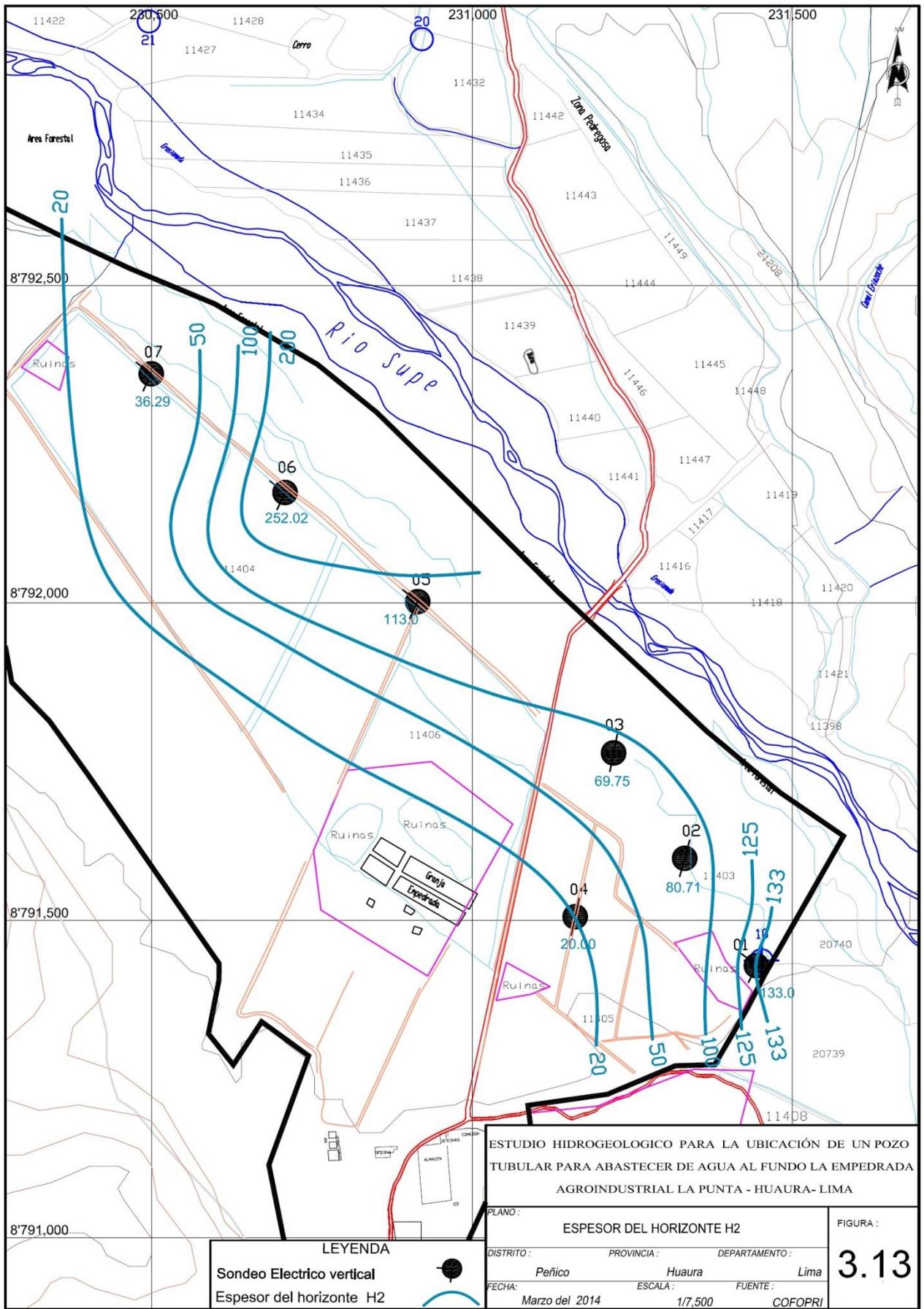


Figura 3.13: Mapa de espesor del horizonte H2

3.3.4. INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA

En la zona evaluada, se han inventariado ocho pozos, de los cuales dos son tubulares y seis son a tajo abierto.

Los pozos tienen profundidades que varían entre 5.70 en el pozo IRHS 7 Marcelino Tsukihahi Huaura y 57.00 m. en el pozo IRHS 10 Agroindustrial La Punta Huaura, de ellos dos están equipados utilizados (uno para uso doméstico, uno para uso agrícola), y cinco son utilizables y dos no utilizables.

Para su representación se ha utilizado la simbología normada por la Ex Intendencia de Recursos Hídricos del INRENA (Ex Dirección General de Aguas del Ministerio de Agricultura), que se presenta en la Figura 3.14.

El resumen de las principales características así como el resultado de las medidas efectuadas en los pozos se dan en el Cuadro 3.3.

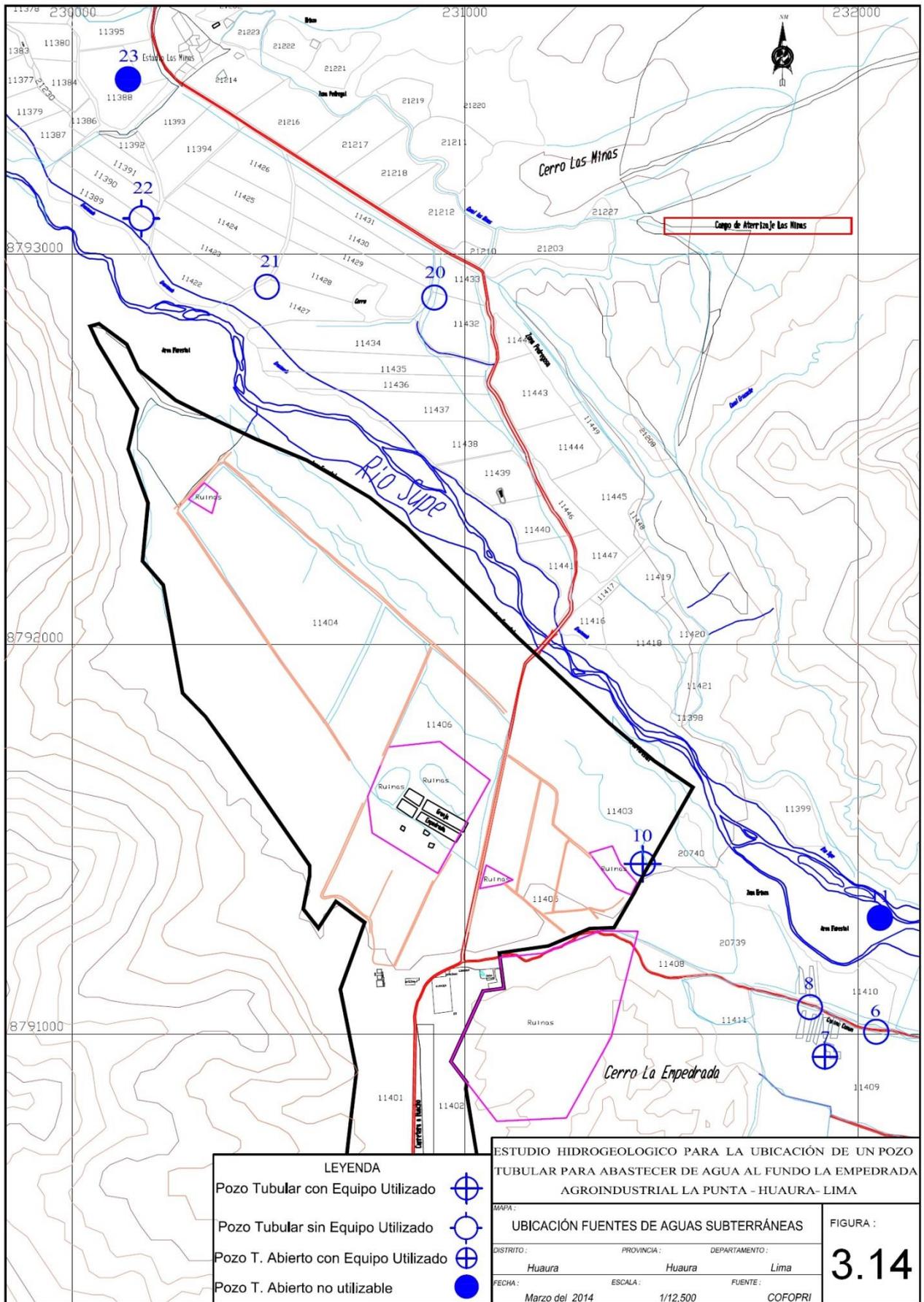


Figura 3. 14: Mapa de ubicación de fuentes de aguas subterráneas

Cuadro 3.3: Características técnicas, medidas realizadas y explotación de los pozos en el área de estudio

IRHS	PROPIETARIO	COTA		PERFORACIÓN			EQUIPO DE BOMBEO					FECHA	NIVELES DE AGUA Y CAUDAL				C.E.	EXPLOTACIÓN										
		Terreno m.s.n.m.	Año 19..	Tipo	Prof. Inic. (m)	Prof. Act. (m)	DIÁMETRO (m)	MOTOR			BOMBA		P.R. SUELO (m)	N. ESTÁTICO		CAUDAL (l/s)		CORDENADAS		m.m.h.a.s. cm+ 25 °C	ESTADO DEL POZO	USO	RÉGIMEN			VOLUMEN (m ³ /año)		
								MARCA	TIPO	HP	MARCA			TIPO	Febrero			PROF (m)	m.s.n.m.				ESTE (X)	NORTE (Y)	h/d		d/m	m/a
HUAURA																												
6	Enrique Cueva (La Empedrada)	523.00		T.A			1.70					2014	0.00	3.66	519.34		232066	8791028	0.380	UTILIZABLE								
7	Marcelino Tsukihashi (La Empedrada)	525.00	1950	T.A	10.00	5.70	1.20	HIDROSTAL	E	0.5	HIDROSTAL	S/C	2014	0.00	3.00	522.00	2	231933	8790957		UTILIZADO	D	1	8	12	691.200		
8	Marcelino Tsukihashi (La Empedrada)	521.00	1968	T.A	6.00	4.92	1.80					2014	0.30	3.02	517.98		231899	8791086	0.490	UTILIZABLE								
10	Agroindustrial La Punta	506.00	1962	T	22.00	57.00	0.38	JHON DEERE	D	220	AMARILLO	TV	2014	0.20	3.13	502.87	95	231452	8791437	0.426	UTILIZADO	A	10	30	10	1,026,000		
11	Ex Hacienda Las Minas	520.00	1958	T.A	20.00							2014					232077	8791315		NO UTILIZABLE								
SUPE PUEBLO																												
20	Ex Hacienda Las Minas (Serafin)	495.00		T.A	30.00	10.14	2.00					2014	0.00	6.00	489.00		231163	8793284	0.300	UTILIZABLE								
21	Victor Sanchez Obregon	466.00	2011	T.A		5.25	1.20					2014	0.00	3.70	462.30		230501	8792942	0.295	UTILIZABLE								
22	Ex Hacienda Las Minas (Vegetano)	459.00	2009	T	72.00		0.38				US MOTOR	TV	2014	0.00	2.90	456.10		230194	8793125	0.385	UTILIZABLE							
23	Ex Casa Hacienda Las Minas	464.00		T.A	20.00	7.50	2.40					2014	0.65				230153	8793482		NO UTILIZABLE								
T = Tubular		M = Mixto		TA = Tajo Abierto		SU = Sumergible		E = Eléctrico		TV: Turbina Vertical		A = Agrícola		D = Doméstico												1,026,691		

Fuente: Elaboración propia

3.3.5. EL ACUIFERO

Dentro del área evaluada, se ha teniendo en consideración el resultado del sondeo eléctrico vertical del SEV. 01 que se encuentra en las inmediaciones del pozo IRHS 10, que se muestran en la Figura 3.15, se identifica una litología estratificada con sedimentos de un acuífero libre, que se conoce hasta el nivel de los 80.00 m., en el sector lateral Sur, Oeste y Este se identifican los afloramientos de las rocas volcánicas sedimentarias y las inmediaciones del fundo se identifican los sedimentos aluviales.

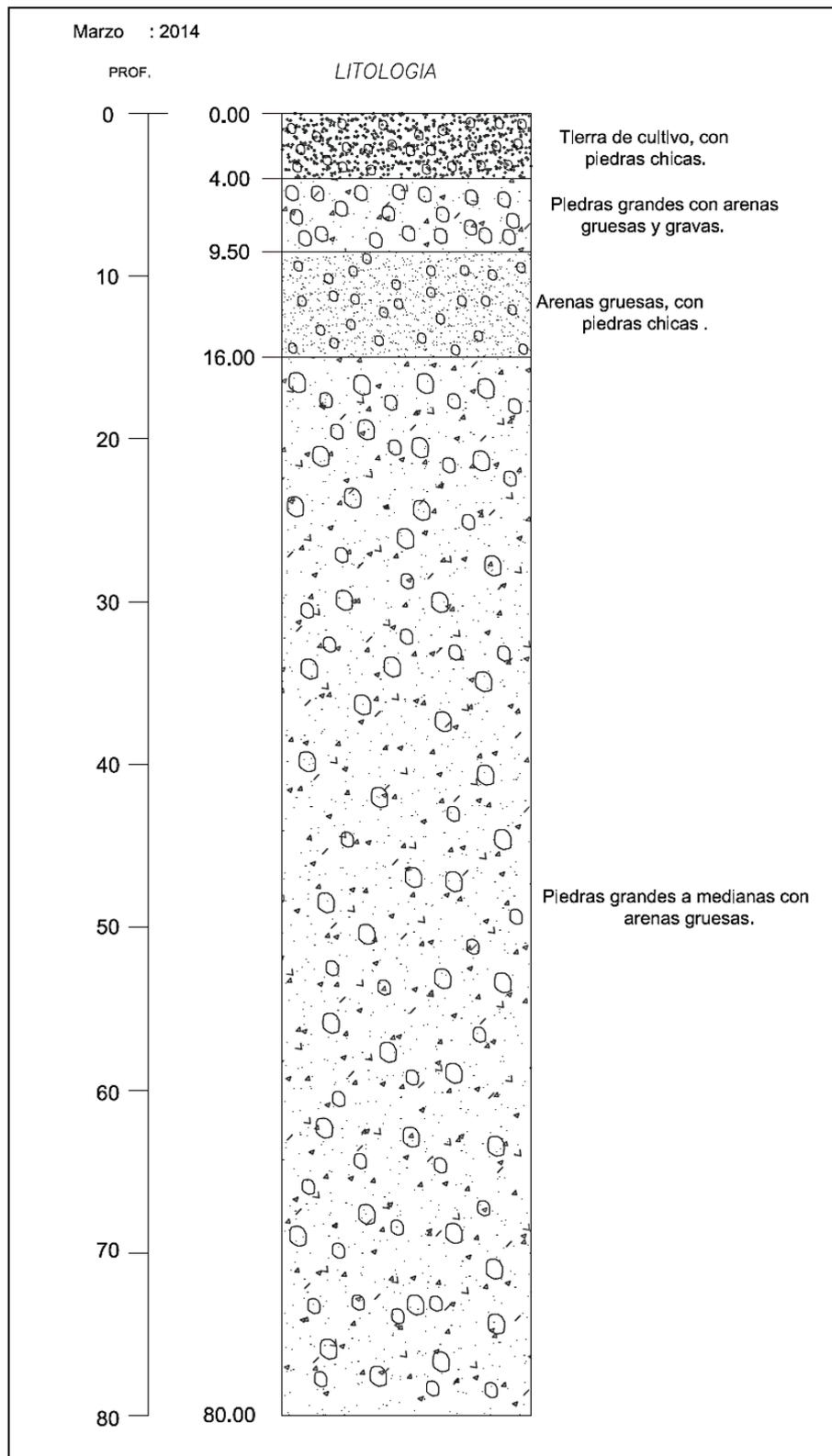
3.3.6. LA NAPA

El agua subterránea forma parte del acuífero del valle Supe, el que se origina como sub corriente que viene aguas arriba en el sector montañoso y por infiltraciones llega a la zona evaluada como una extensión lateral.

La profundidad del nivel del agua subterránea con respecto a la superficie del suelo se encuentra a 2.90 m. en el pozo IRHS 22 Ex Hacienda Las Minas (Vegetano), ubicado al Nor- oeste de la zona de estudio y se hace más profunda hacia el Nor-este, que llega a los 6.00 m. en el pozo IRHS 20 (Ex Hacienda Las Minas Serafín), la variación de los niveles de agua subterránea se puede visualizar en la Figura 3.16, en donde se ha trazado curvas de isoprofundidad, que genéricamente varían entre 3 y 6 m.

Las mediciones del nivel del agua del inventario referidas a la cota del nivel del suelo, ha permitido confeccionar las Curvas de Hidroisohipsas graficadas en el Figura 3.17, en donde se visualiza que el nivel del agua subterránea genéricamente se encuentra entre cotas de 455 a 520 msnm, y que por la distribución de sus curvas, se puede definir que se trata de un acuífero, con pendiente variable, que escurre en sentido a Suroeste a Noroeste con un gradiente hidráulico que entra con 2.8 por ciento y sale con 4.6 por ciento pasando por el área del proyecto con 0.8 por ciento.

Figura 3.15: Perfil Litológico del SEV-01 – Fundo La Empedrada



Fuente: Información Fundo La Empedrada

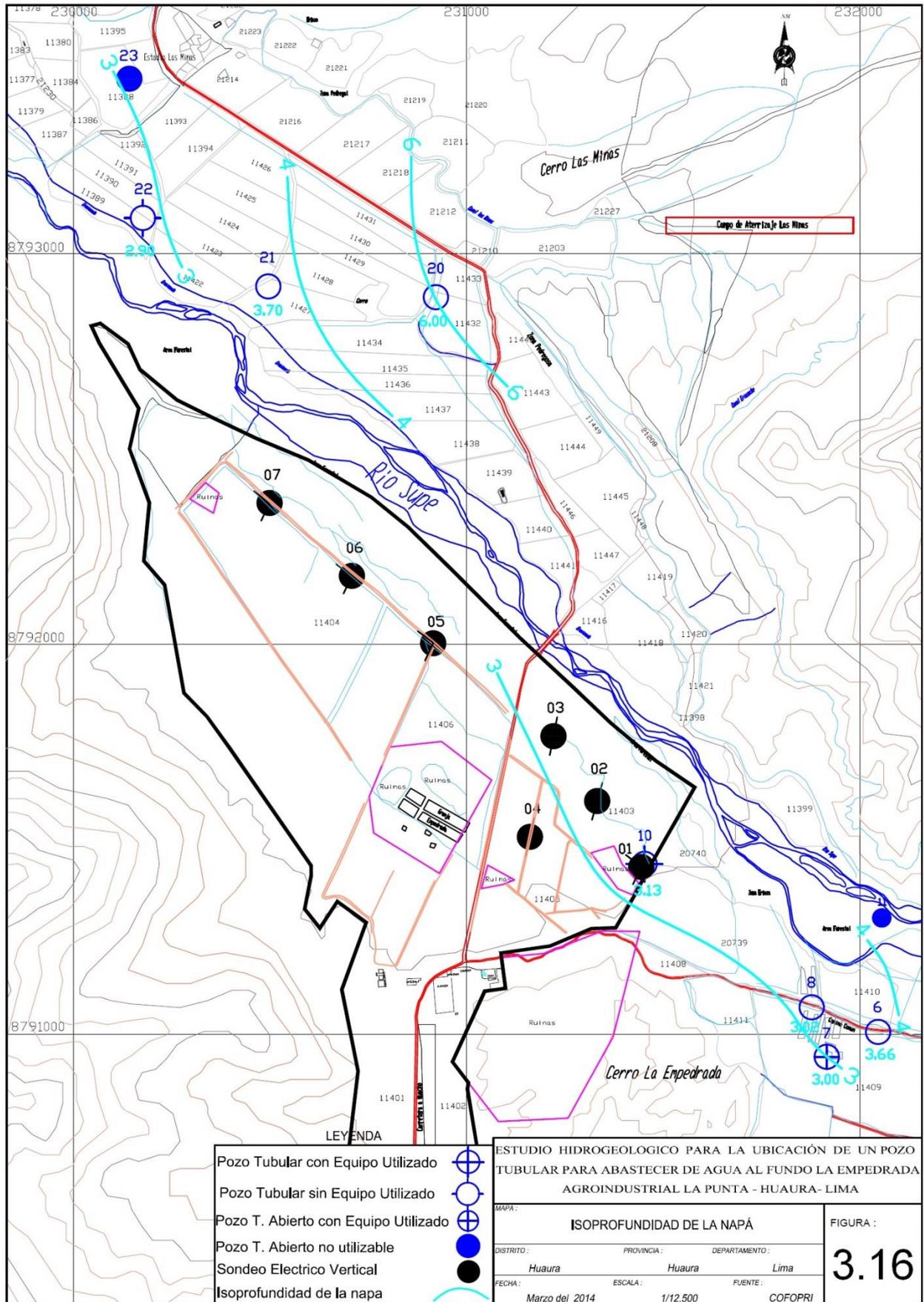


Figura 3.16: Mapa de Isopropfundidad de la napa

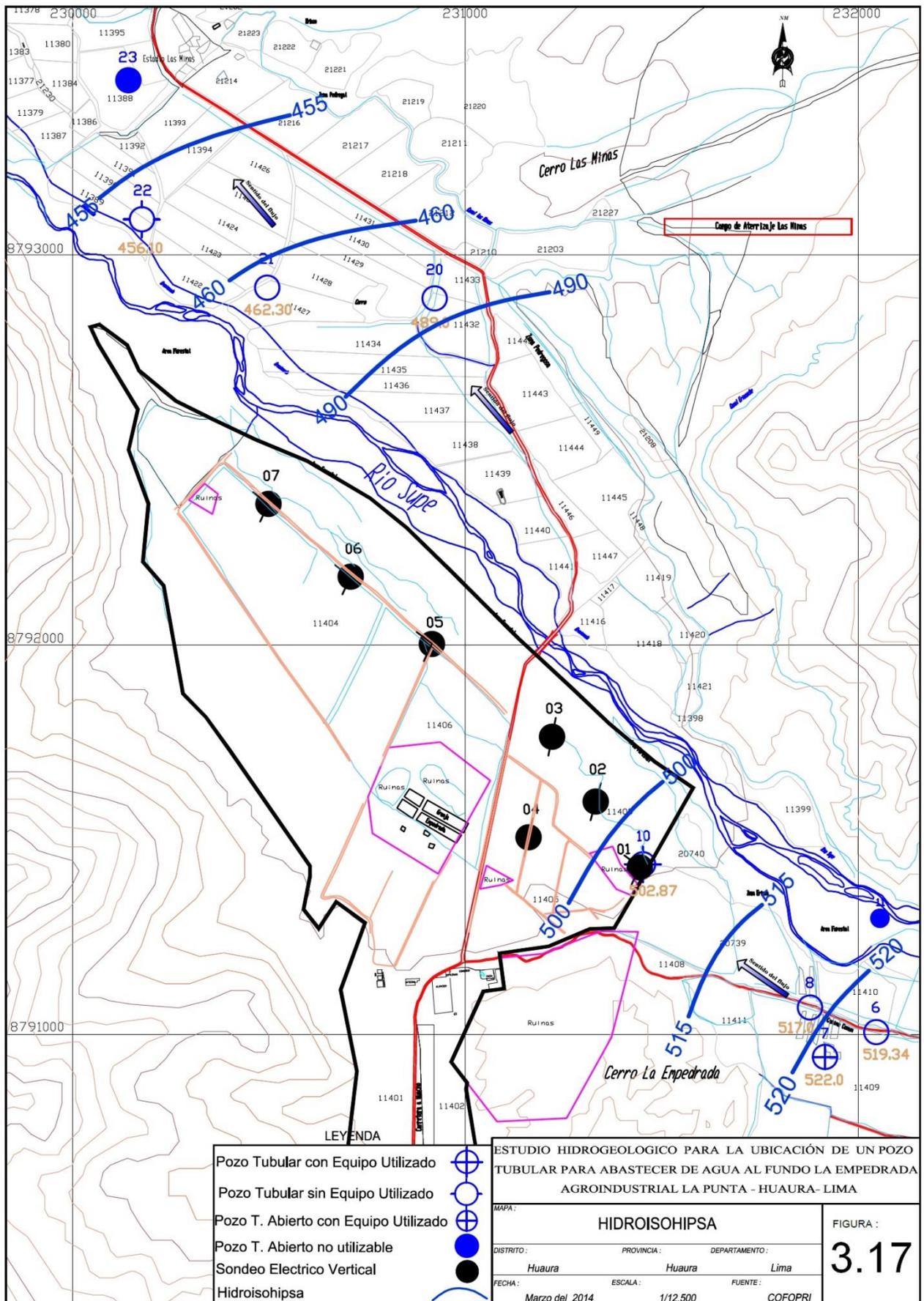


Figura 3.17: Mapa de Hidroisohipsas

3.3.7. PARAMETROS HIDROGEOLOGICO DEL ACUIFERO

Para conocer las características hidráulicas del acuífero, se ha analizado la prueba de acuífero realizadas a caudal constante en el pozo IRHS 10 Agroindustrial La Punta S.A.C, información que se ha interpretado siguiendo el método de aproximación logarítmica de Theis modificada por Jacob tal como se aprecia en la Figura 3.18 y Figura 3.19 en donde se ha obtenido los siguientes resultados:

Transmisividad:

$$T_d = 0.0115 \text{ m}^2/\text{s}. (993.6 \text{ m}^2/\text{día})$$

$$T_r = 0.0115 \text{ m}^2/\text{s}. (993.6 \text{ m}^2/\text{día})$$

$$T_p = 0.0115 \text{ m}^2/\text{s}. (993.6 \text{ m}^2/\text{día})$$

Permeabilidad:

$$K_d = 0.00025 \text{ m/s}. (21.6 \text{ m/día})$$

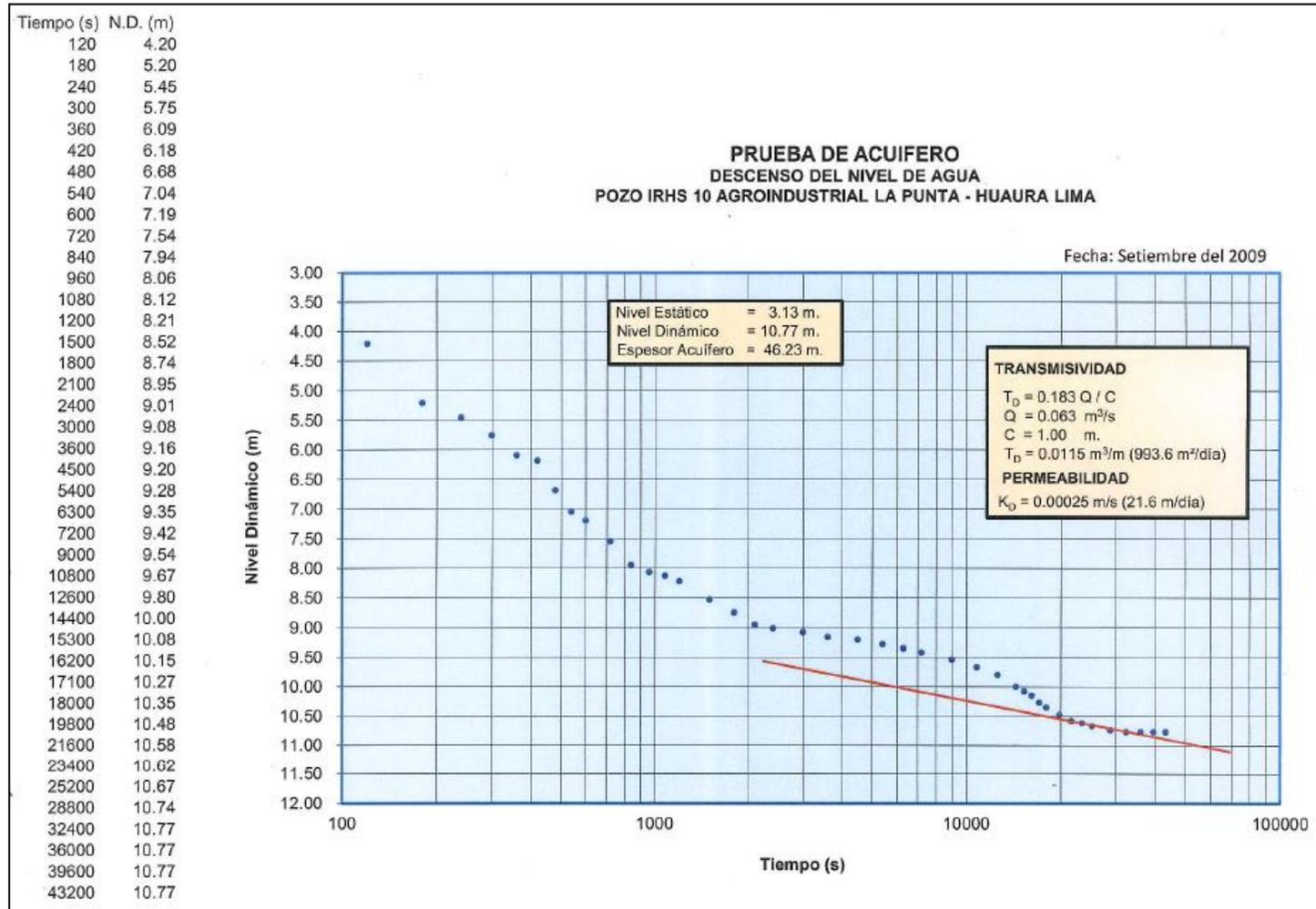
$$K_r = 0.00025 \text{ m/s}. (21.6 \text{ m/día})$$

$$K_p = 0.00025 \text{ m/s}. (21.6 \text{ m/día})$$

El valor calculado en la prueba realizada, se pueden considerar como representativo de acuíferos de mediocres características hidrogeológicas.

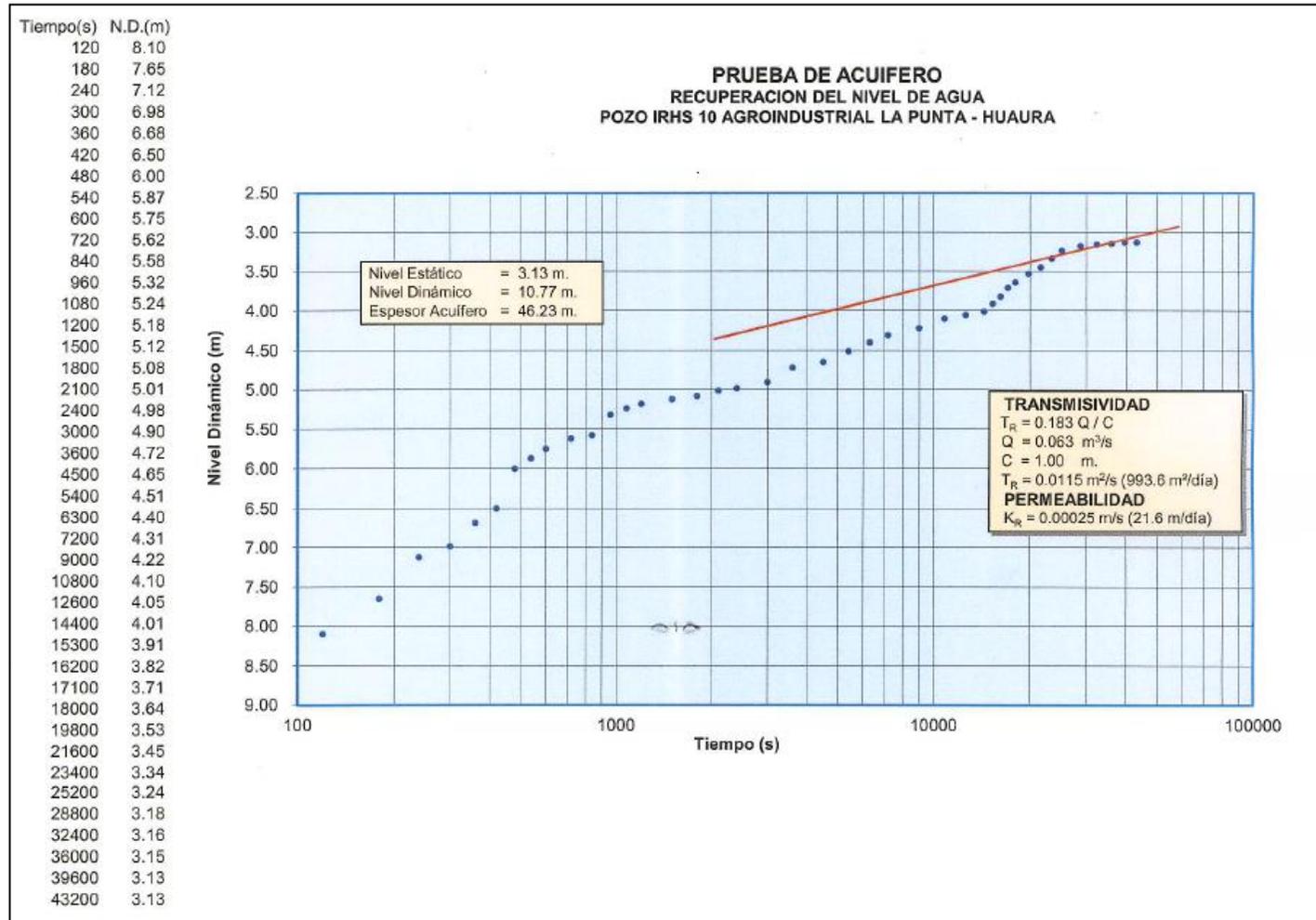
El coeficiente de Almacenamiento "S" se ha estimado en 10 % tomando como base la naturaleza y características de la litología encontrada en el acuífero de la zona, ya que este coeficiente no se ha podido calcular por no haber tenido un pozo de observación durante la prueba de acuífero.

Figura 3.18: Prueba de Acuífero Pozo IRHS 10 (Descenso)



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.19: Prueba de acuífero Pozo IRHS 10 (Recuperación)



Fuente: Elaboración Propia

3.4. HIDROGEOQUIMICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

Para tener una visión de la calidad del agua subterránea, se recolectó una muestra de agua del pozo existente dentro del Fundo La Empedrada Pozo IRHS 10, la que fue analizada en Laboratorio acreditado *Envirolab* Perú., cuyos resultados están en el Cuadro 3.4. El resultado del análisis se encuentra en el Anexo 1.

Cuadro 3.4: Resultados de Análisis de Agua Pozo IRHS 10

Análisis	Método de referencia	Límite de Cuantificación	Resultado	Unidad
pH	EPA 150.1	R 6.8
Conductividad	EPA 120.1	426.0	uS/cm
Bicarbonatos	SM 4500 CO2-D	0.1	98.5	mg/L
Cloruros	EPA 325.3	0.25	9.22	mg/L
N-Nitrato	EPA 352.1	0.05	2.66	mg/L
Sulfatos	EPA 375.4	0.5	53.0	mg/L
Boro Total	EPA 200.7	0.008	0.045	mg/L
Calcio Total	EPA 200.7	0.005	30.840	mg/L
Potasio Total	EPA 200.7	0.02	0.90	mg/L
Magnesio Total	EPA 200.7	0.002	7.155	mg/L
Sodio Total	EPA 200.7	0.02	15.36	mg/L

Fuente: Informe de Ensayo N° 1403182 Laboratorio Envirolab Perú S.A.C

a. Conductividad Eléctrica del Agua Subterránea

La conductividad eléctrica del agua es función de su temperatura, del tipo de iones presentes y de su concentración. En virtud de que la conductividad se suele expresar a la temperatura *standard* de 25 °C., sus variaciones se deberán únicamente al tipo y concentración de sus constituyentes disueltos.

La información de la conductividad eléctrica de los pozos aledaños, se resume en el Cuadro 3.5:

Cuadro 3.5: Conductividad Eléctrica

Pozos	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Pozo IRHS 6 Enrique Cuevas (La Empedrada)	380 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Pozo IRHS 8 Macelino Tsukihashi	490 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Pozo IRHS 10 Agroindustrial La Punta	426 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Pozo IRHS 20 Ex Hacienda Las Minas (Serafín)	300 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Pozo IRHS 21 Víctor Sánchez Obregón	295 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Pozo IRHS 22 Ex Casa Hacienda (Vegetano)	385 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Fuente: Elaboración propia

Esta información ha servido para trazar las curvas de isoconductividad eléctrica que se a graficado en el Figura 3.20, en donde se aprecia la variación de la conductividad eléctrica en la zona evaluada, en donde se aprecia que estas varían entre 300 y 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo clasificadas como de baja mineralización.

b. Características Físico – Químicas

Las características físico químicas del resultado de laboratorio de la muestra del pozo IRHS 10 Agroindustrial La Punta Fundo La Empedrada el agua que se encuentra en un rango neutro con un pH de 6.80 y una dureza total de 106.50 ppm.

Los resultados de los componentes físico químico se han graficado en el diagrama de Stiff de la Figura 3.21 en donde se determina que, por la incidencia de sus componentes, el agua es Bicarbonatada Sulfatada Cálctica.

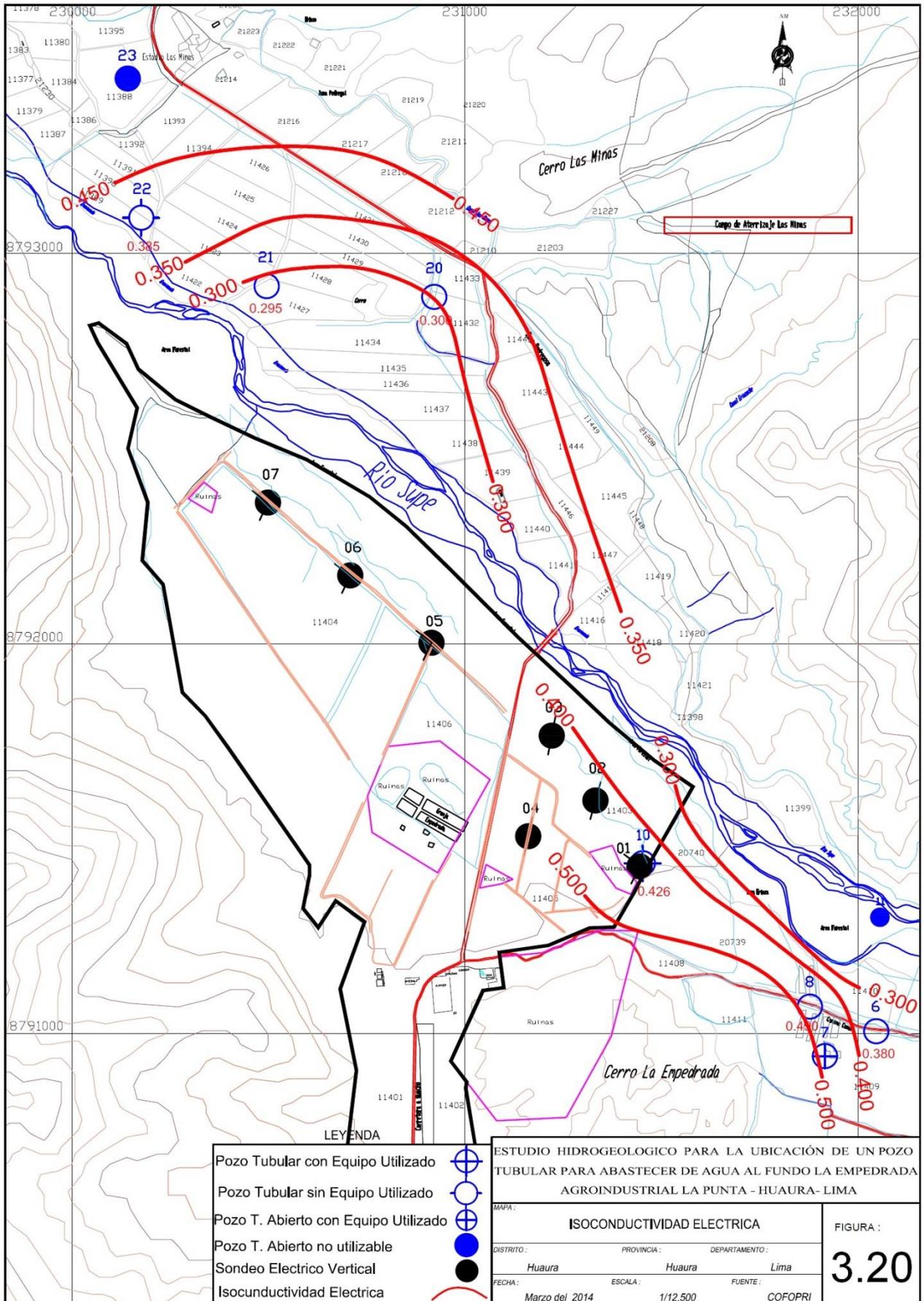
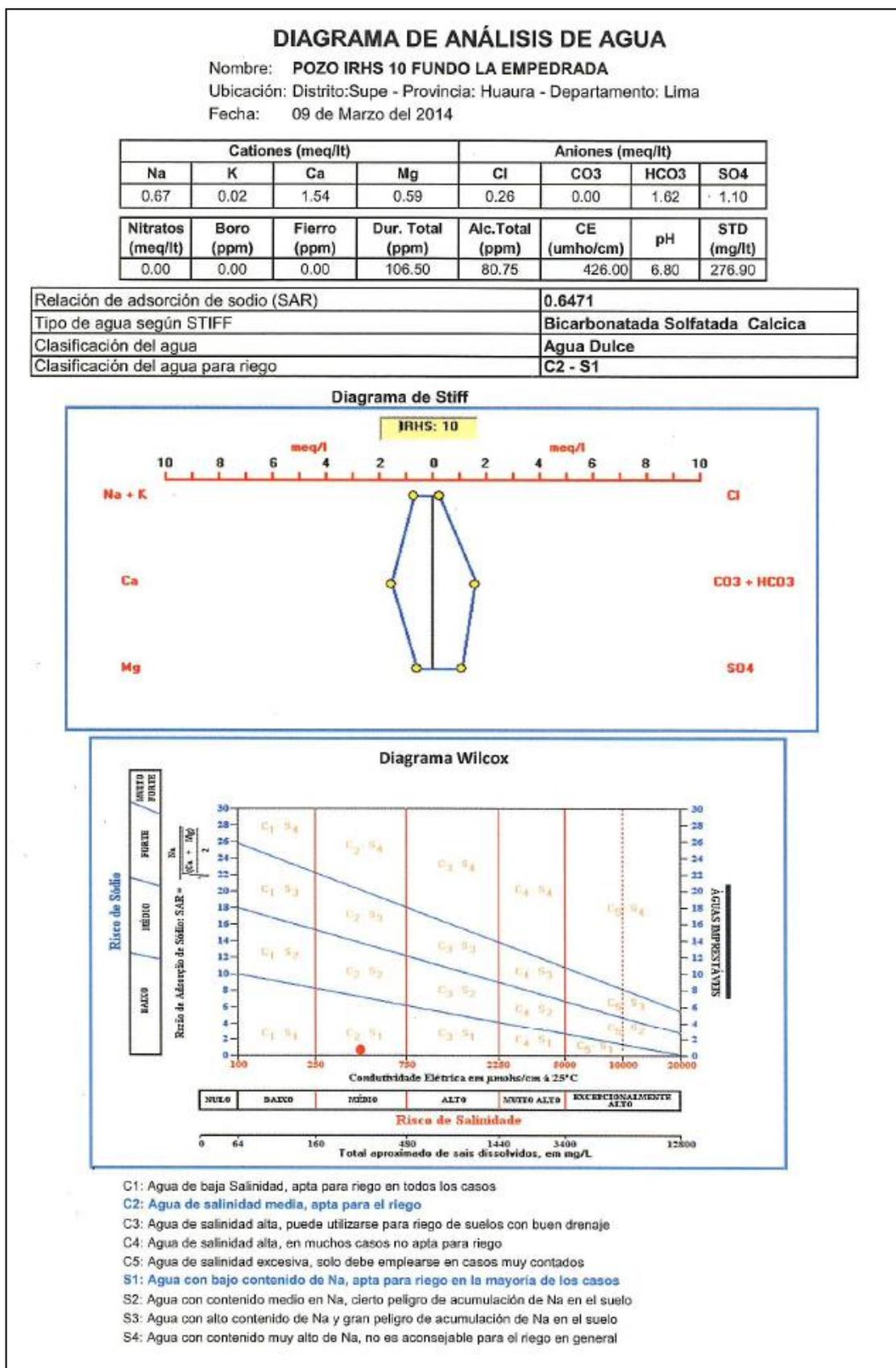


Figura 3.20: Mapa de Isoconductividad eléctrica

Figura 3.21: Diagrama de Análisis de Agua Pozo IRHS 10



Fuente: Elaboración propia

c. Clasificación del Agua para el riego

Para obtener la clasificación del agua para ser usado en riego, se han analizado los resultados del diagrama de Wilcox graficado en la Figura 3.21, en donde se aprecia que las aguas son de clase C2S1.

Las aguas C2 son de salinidad media que puede usarse para lavados moderados para plantas moderadamente tolerables a las sales, en la mayoría de los casos no necesitan de prácticas especiales para el control de la salinidad.

Las aguas S1 son de contenido bajo de adsorción de sodio, utilizable en suelos que contengan una buena capacidad de intercambio de cationes, pudiendo utilizarse yeso agrícola si se quiere mejorar el suelo muy rápido, esta agua puede utilizarse también en suelos orgánicos o de textura media con buena permeabilidad.

3.5. DEMANDA DE AGUA

Agroindustrial la Punta S.A.C, en su Fundo La Empedrada, se encuentra desarrollando el cultivo de paltas en sus terrenos de 156 Has, y la vez se encuentra ampliando su frontera agrícola, para no tener riesgo su inversión planteando la perforación de un (01) pozo tubular para cubrir la demanda de agua de 60 Has. De cultivo de palta fuerte, en especial en la época de estiaje.

En el Cuadro 3.6 se presenta el cálculo de la demanda de agua para el cultivo de palta Fuerte a nivel mensual anual.

Dentro del Predio Fundo La Empedrada, se ha determinado un área de riego de 60.0 Has. Para el cultivo de palta fuerte cuyo cálculo de demanda es de 28,569 m³/Ha., lo que determina una demanda de 1'428,434 m³ anuales, de los cuales 929,480.01 m³ se requieren en época de estiaje y 498,953.99 m³ se requieren en época de avenida.

Cuadro 3.6: Demanda de Agua para el Cultivo de Palta Fuerte – Fundo La Empedrada

MESES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
ETP (mm/mes)	137.08	116.14	108.57	98.13	113.74	106.36	113.36	122.76	126.52	147.19	152.71	138.24
Kc Ponderado	1.00	0.90	0.80	0.70	0.30	0.45	0.50	0.50	0.70	0.80	0.90	1.15
ETA (mm/mes)	137.08	104.53	86.86	68.69	34.12	47.86	56.68	61.38	88.56	117.75	137.44	158.98
Pp (mm/mes)	92.20	110.40	93.30	7.00	1.60	0.90	0.80	2.40	4.60	6.10	6.90	23.80
Dn (mm/mes)	44.88	-5.87	-6.44	61.69	32.52	46.96	55.88	58.98	83.96	111.65	130.54	135.18
Db (mm/mes)	170.97	-22.38	-24.55	235.01	123.89	178.90	212.88	224.69	319.86	425.34	497.29	514.96
Du (m ³ /ha/mes)	1,709.71	-223.77	-245.49	2,350.13	1,238.93	1,789.03	2,128.76	2,246.86	3,198.63	4,253.41	4,972.91	5,149.56
MR (l/s/ha)	0.64	-0.09	-0.09	0.91	0.46	0.69	0.79	0.84	1.23	1.59	1.92	1.92
Areas (ha)	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
VR (m ³ /mes)	85,485.71	-11,188.57	-12,274.29	117,506.67	61,946.67	89,451.43	106,438.10	112,342.86	159,931.43	212,670.48	248,645.71	257,478.10
Qdem. (l/s)	31.92	-4.62	-4.58	45.33	23.13	34.51	39.74	41.94	61.7	79.4	95.93	96.13

Fuente: Agroindustrial La Punta S.A.C.

3.6. PERFORACION DEL POZO TUBULAR

3.6.1. PERFORACIÓN

El método utilizado para la construcción de la obra de captación subterránea, fue por el método de percusión con cable, utilizando entubaciones provisionales o también llamado *casing* de diámetros 24 y 21 pulgadas, para el adomado de las paredes que se mostraron inestables durante la exploración.

La perforación del pozo se realizó utilizando entubado provisional de 24 pulgadas hasta los -20.00 m. de profundidad, continuando con tubería herramienta de 21 pulgadas hasta la profundidad de -54.60 m. y a pared desnuda en el mismo diámetro hasta la profundidad final de -80.00 m.

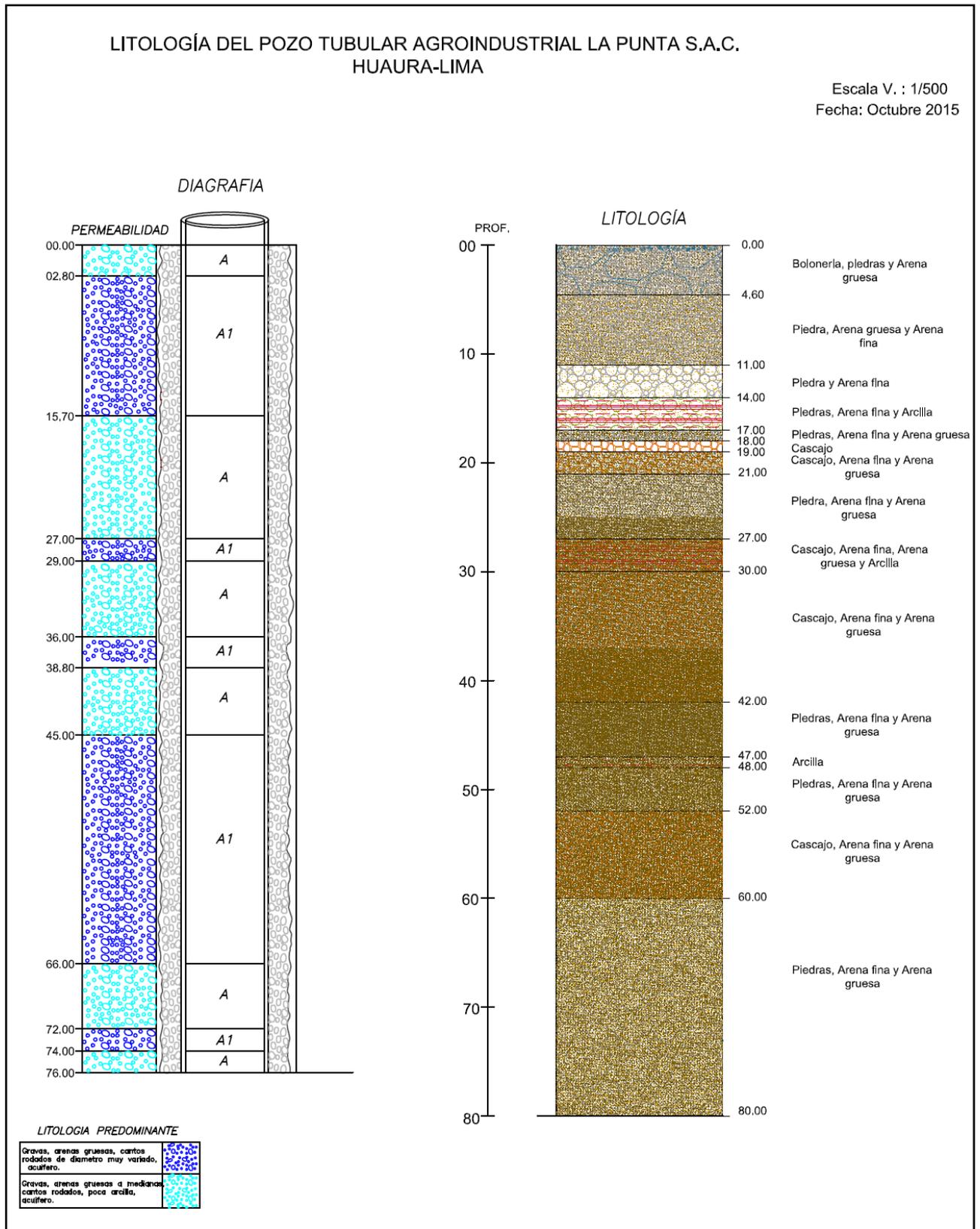
Durante los trabajos de perforación se extrajeron muestras de perforación de los materiales atravesados para determinar el perfil estratigráfico del pozo. Se tomó una muestra por cada dos metros de perforación.

3.6.2. LITOLOGIA DEL POZO PERFORADO

La litología encontrada es una mezcla de horizontes de diferentes permeabilidades cuyos resultados se muestran en Cuadro 3.7 y el perfil litológico del pozo ha sido graficado en la Figura 3.22.

Los materiales atravesados durante los trabajos de perforación del pozo, corresponden a sedimentos aluvionales de un típico acuífero libre.

Figura 3.22: Litología del Pozo Tubular Perforado



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.7: Litología del Pozo Perforado

Profundidad	Descripción del Material
00.00 - 04.60 m.	Bolonería, piedras y Arena gruesa
04.60 - 11.00 m.	Piedra, Arena gruesa y Arena fina
11.00 - 14.00 m.	Piedras y Arena fina
14.00 - 17.00 m.	Piedra, Arena fina y Arcilla
17.00 - 18.00 m.	Piedra, Arena fina y Arena gruesa
18.00 - 19.00 m.	Cascajo
19.00 - 21.00 m.	Cascajo, Arena gruesa y Arena fina
21.00 - 27.00 m.	Piedra, Arena fina y Arena gruesa
27.00 - 47.00 m.	Cascajo, Arena fina y Arena gruesa
47.00 - 48.00 m.	Arcilla
48.00 - 80.00 m.	Cascajo, Piedra, Arena fina y Arena gruesa.

Fuente: Elaboración propia

3.6.3. PERFILAJE ELECTRICO DIAGRAFÍA

La diagrafía se realizó a la culminación de los trabajos de perforación, se registraron los parámetros Rayos gamma, Potencial espontáneo y Resistividad aparente; la diagrafía tuvo como objetivo:

- Precisar los límites de las diferentes capas del subsuelo atravesadas en la perforación, caracterizando cada una de ellas en lo referente a su litología o composición granulométrica.
- Evaluar la permeabilidad de las capas, según su granulometría. Así poder definir los tramos de la columna filtrante.
- Evaluar la calidad del agua, en lo que respecta al contenido salino o de mineralización en primera aproximación.

La prueba fue realizada con un intervalo de investigación de 55,00 a 76,00 de profundidad para la sonda de resistividad aparente y de 00,00 a 76,00 m. para la sonda de gamma natural.

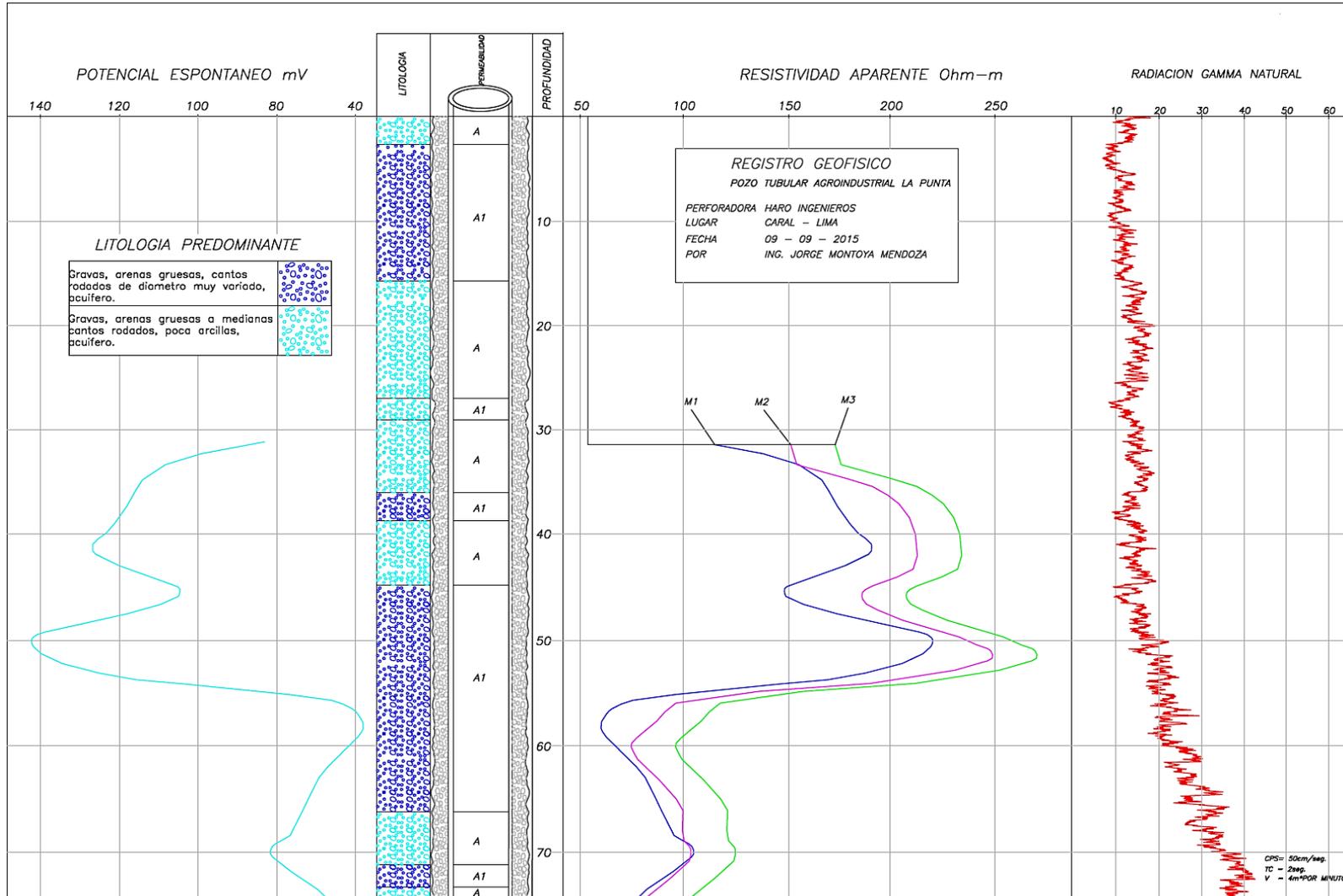
Los valores de dicho registro fueron graficados en función a la profundidad del pozo, obteniéndose como resultado tres curvas de Resistividad Aparente, una curva de Potencial Espontaneo y una curva de radiación de gamma natural, tal como se aprecia en la Figura 3.23, en este se muestra la litología predominante elaborada sólo en base de los resultados geofísicos obtenidos del pozo, en el Cuadro 3.8 se presenta los intervalos de los horizontes que pueden ser utilizados conformados por sedimentos gruesos y medianos con pocos finos según los registros donde los valores de la resistividad aparente tendrían de alta a muy alta permeabilidad como acuífero para la parte saturada (Valores de color Azul).

Se tiene La permeabilidad tipo A 1 muy alta, conformada por materiales de grano grueso casi limpios, acuífero determinado solo en cinco niveles de profundidad, uno casi superficial (2,80 a 15,70 m.) y otros más profundos saturados de (27,00 a 28,00; 36,00 a 38,80; 45,00 a 66,00 y de 73,00 a 74.00 m.). La permeabilidad tipo A alta corresponde a clastos como arenas gruesas a mediana con cantos rodados con poca presencia de finos acuífero. Recomendándose colocar la columna filtrante en las zonas de permeabilidad tipo A1 y A.

Cuadro 3.8: Resultado de diagrafía eléctrica

PERMEABILIDAD	TIPO DE PERMEABILIDAD OHMIOS-METRO	INTERVALOS DE PROFUNDIDAD (m)
MUY ALTA ACUIFERO	08,00 a 14,00 CPS	02,80 a 15,70
	09,00 a 13,00 CPS	27,00 a 29,00
	10,00 a 15,00 CPS	36,00 a 38,80
	107,0 a 248,0	45,00 a 66,00
	94,40 a 105,0	72,00 a 74,00
ALTA ACUIFERO	10,00 a 14,10 CPS	00,00 a 02,80
	12,70 a 18,00 CPS	15,70 a 27,00
	13,00 a 18,10 CPS	29,00 a 36,00
	11,70 a 17,00 CPS	38,80 a 45,00
	58,80 a 98,10	66,00 a 72,00
	77,40 a 93,00	74,00 a 76,00
INICIO DE LECTURAS	De 00,00 a 76,00 m,	NIVEL ESTATICO 3,00 m

Figura 3.23: Diagrafía



Fuente: Elaboración propia

3.6.4. DISTRIBUCIÓN DE LA COLUMNA DE PRODUCCIÓN

Con el perfil litológico obtenido a partir de las muestras de perforación y el registro de Diagrafía realizada en el pozo perforado, se ha diseñado la columna de producción del pozo, ubicando los módulos de filtros y tubos ciegos aprovechando las zonas de mayor permeabilidad. La distribución se puede observar en el Cuadro 3.9 y el diseño ha sido graficado en la Figura 3.24.

Cuadro 3.9: Distribución de la columna de producción

Profundidad	Descripción
+0.30 - 33.84 m.	Tubería Ciega
33.84 - 46.04 m.	Filtro
46.04 - 48.44 m.	Tubería Ciega
48.44 - 60.64 m.	Filtro
60.64 - 65.44 m.	Tubería Ciega
65.44 - 75.20 m.	Filtro
75.20 - 80.00 m.	Tubería Ciega

Fuente: Elaboración propia

Las dimensiones totales de tubería ciega y filtros:

- Tubería ciega : 46.14 m.
- Filtros : 34.16 m.

Los tubos y filtros instalados tienen las siguientes características:

- **Tubería Ciega:** Tuberías de DN 15'', elaboradas con planchas de acero negro (LAC) ASTM A-36 de 6 mm. de espesor y 2.40 m. de longitud con anillos de empalme.
- **Filtros:** Filtros de DN 15'', elaboradas con planchas de acero inoxidable clase AISI 304 de 4.00 mm de espesor, abertura de 1.5 mm. y 2.44 m. de longitud con anillos de empalme.

3.6.5. FILTRO DE GRAVA

El filtro de grava está constituido por partículas limpias, firmes, durables y bien redondeadas, con tamaño de grano y granulación de Ø ¼ a ½ pulgadas. El espesor del filtro de grava es de tres pulgadas.

El filtro de grava se introdujo al pozo a través de un tubo trompa colocado dentro del anillo circular del agujero y el entubamiento, en el fondo del intervalo a ser llenado. El tubo trompa se fue subiendo a medida que se colocaba la grava.

3.6.6. DESARROLLO DEL POZO

El método utilizado para el desarrollo del pozo fue por pistonéo-sondeo con adición de polifosfatos. Este método consistió en la agitación mecánica mediante el uso de un pistón de diámetro justado al diámetro interior de la tubería o tramo filtrante en desarrollo.

El pozo fue desarrollado por 72 horas hasta obtener un arenamiento mínimo de 20 centímetros por cada (1/2) hora de desarrollo del pozo.

3.6.7. PRUEBAS HIDRAULICAS

Con las pruebas realizadas se determinó el rendimiento óptimo y seguro de explotación del pozo y las características hidráulicas del acuífero. Para lo cual se midieron los descensos del nivel del agua en función del tiempo de bombeo para diferentes caudales.

a. Bombeo de Limpieza

Este bombeo fue realizado con la finalidad de completar el desarrollo del pozo, tuvo una duración de 24 horas, tiempo durante el cual el pozo fue sometido a una explotación de 20 l/s a 60 l/s.

b. Prueba de Rendimiento

La prueba de rendimiento fue realizada con la finalidad de determinar la

capacidad productora del pozo, esta prueba fue realizada a la culminación del bombeo de limpieza y después de un periodo de recuperación del acuífero.

Esta prueba escalonada a caudales variables se realizó estableciendo un mínimo de cuatro regímenes diferentes de bombeo.

c. Prueba de Acuífero

Con los resultados de la prueba escalonada o de rendimiento se seleccionó el caudal explotable, donde se realizaron mediciones del nivel dinámico en descenso y en recuperación durante 24 horas de prueba a caudal constante.

Con los datos de niveles obtenidos, la información fue interpretada siguiendo el método de aproximación logarítmica de Theis modificado por Jacob, para obtener los parámetros hidráulicos del acuífero como transmisividad y permeabilidad.

d. Radio de influencia

La distancia que existe entre el centro del pozo y el lugar donde la depresión de la napa es nula ($h=0$ m.), por efecto del bombeo, constituye el radio de influencia del pozo denominado radio de influencia absoluto (R_a); en la práctica se puede considerar una pequeña tolerancia de depresión ($h=0.10$ m.), que no incida significativamente en la producción de pozos vecinos, denominándose a este fenómeno como radio de influencia relativo o tolerable (R_r) y está expresado a partir de la fórmula genérica por:

$$H = \frac{0.183Q}{T} \times \log \frac{2.25Tt}{r^2 S}$$

Dónde:

r = Radio de influencia del pozo (m)

T = Coeficiente de Transmisividad (0.00447 m²/s)

t = Tiempo de bombeo (variables)

S = Coeficiente de almacenamiento (0.08)

Q = Caudal de bombeo (0.050 m³/s)

H = Abatimiento (0.00/0.10 m)

Radio Absoluto (R_a):

$$H=0.00 \text{ m.} \quad R_a = 1.5 \left(\frac{Tt}{S} \right)^{0.5}$$

Radio de Influencia Relativo (R_r):

$$H=0.10 \text{ m.} \quad R_r = \left(\frac{2.25Tt}{S \times 10^a} \right)^{0.5} \quad a = \frac{hT}{0.183Q}$$

Para diferentes tiempos de bombeo se ha calculado los siguientes radios de influencia, que se muestran en el Cuadro 3.10 y Cuadro 3.11.

Cuadro 3.10: Radio de Influencia Absoluto (R_a)

Radio de Influencia Absoluto (R_a)							
Tiempo de Bombeo (Hrs)	4	8	12	16	18	20	24
Radio de Influencia (m)	43	60	74	85	90	95	104

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.11: Radio de Influencia Relativo (R_r)

Radio de Influencia Relativo (R_r)							
Tiempo de Bombeo (Hrs)	4	8	12	16	18	20	24
Radio de Influencia (m)	40	57	70	80	85	90	99

Fuente: Elaboración propia

Es decir que la separación entre dos pozos que trabajen simultáneamente y exploten 50.00 l/s cada uno durante 18 horas continuadas será de 170 m. Aproximadamente; valor que puede ser considerado dentro de los márgenes de seguridad para la normal operación de los pozos vecinos.

3.6.8. DESINFECCIÓN DEL POZO

Para la desinfección del pozo se utilizó como agente desinfectante Hipoclorito de Calcio al 70 por ciento, se utilizó cantidad suficiente de cloro para producir un mínimo de 100 mg/l de cloro disponible en solución una vez mezclado con el volumen de agua en el pozo.

El agente desinfectante se aplicó uniformemente en toda la columna de agua del pozo, vertiendo en el pozo un volumen de agua igual al volumen de la sección enrejada del pozo después que se ha reemplazado el desinfectante, este proceso hace que el desinfectante fluya fuera del pozo penetrando en el área adyacente a la rejilla.

3.6.9. SELLO SANITARIO

El sello sanitario es realizado para impedir que materias extrañas o contaminantes puedan introducirse dentro del pozo. Este sello se realizó entre el espacio anular del antepozo y la tubería de la columna de producción del pozo.

El sello sanitario fue de concreto y tuvo una profundidad total de tres metros, se utilizó cemento Portland de fraguado rápido, usándose un 3 por ciento en peso de bentonita. La resistencia del concreto utilizado fue de 140 kg/cm².

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. UBICACIÓN DE LA OBRA DE CAPTACIÓN SUBTERRÁNEA

4.1.1. SECCIONES GEOELÉCTRICAS

Con los valores de resistividad obtenidos de los sondajes eléctricos verticales realizados, se han realizado secciones geoelectricas para poder visualizar los horizontes detectados en el área evaluada.

a. Sección Geoelectrica SEV. 03 – 02 - 01

En la sección graficada en la Figura 4.1, se ha identificado cuatro horizontes geoelectricos, con diferentes características y potencias, donde:

- **Primer Horizonte H1**

Presenta valores de resistividad verdadera entre, 22.00 a 1231 ohm-m y corresponde a la capa superficial parcialmente saturado, cuyos espesores varían de 0.814 a 15.20 m. que corresponde a sedimentos de mediana a muy alta permeabilidad.

- **Segundo Horizonte H2**

Presenta valores de resistividad verdadera entre 74.00 a 316 ohm-m., con espesores de 69.75 a 133.00 m., indicando presencia de sedimentos de alta permeabilidad acuífero aprovechable.

- **Tercer Horizonte H3**

Presenta valores de resistividad verdadera solo en el SEV. 01 de 33.00 ohm-m., no presenta espesor por ser la última capa de este SEV. Indicativo de presencia de sedimentos de baja permeabilidad.

- **Cuarto Horizonte H4**

Presenta resistividad verdadera entre solo en el SEV. 02, de 68665 ohm-m, se presenta como el substrato rocoso; su espesor no se ha determinado por tratarse de la última capa de estudio.

- b. **Sección Geoeléctrica SEV. 07 - 06 - 05**

En la sección graficada en la Figura 4.2, se ha identificado cuatro horizontes geoeléctricos, con diferentes características y potencias, donde:

- **Primer Horizonte H1**

Presenta valores de resistividad verdadera entre 27.00 a 1792 ohm-m y corresponde a la capa superficial parcialmente saturado, cuyos espesores varían de 0.85 a 12.53 m. que corresponde a sedimentos de mediana a muy alta permeabilidad.

- **Segundo Horizonte H2**

Presenta valores de resistividad verdadera entre 67.00 a 168 ohm-m., con espesores de 36.29 a 115.0 m., indicando presencia de sedimentos de mediana a alta permeabilidad acuífero a partir del nivel freático.

- **Tercer Horizonte H3**

Presenta solo en el SEV. 07 valor de resistividad verdadera de 32.00 ohm-m., indicativo de presencia de sedimentos de baja permeabilidad no presenta espesor por ser la última capa de este SEV. Indicativo de presencia de sedimentos de baja permeabilidad.

- **Segundo Horizonte H4**

Presenta resistividad verdadera entre solo en el SEV. 05, de 45825 ohm-m, se presenta como el substrato rocoso; su espesor no se ha determinado por tratarse de la última capa de estudio.

c. Sección Geoeléctrica SEV. 04 - 03

En la sección graficada en la Figura 4.3, se ha identificado tres horizontes geoeléctricos, con diferentes características y potencias, donde:

- **Primer Horizonte H1**

Presenta valores de resistividad verdadera entre 46.00 a 1231 ohm-m y corresponde a la capa superficial parcialmente saturado, cuyos espesores varían de 0.82 a 15.20 m. que corresponde a sedimentos de mediana a muy alta permeabilidad.

- **Segundo Horizonte H2**

Presenta valores de resistividad verdadera entre 117.00 a 330.00 ohm-m., con espesores de 20.00 a 69.75 m., indicando presencia de sedimentos de alta permeabilidad acuífero aprovechable.

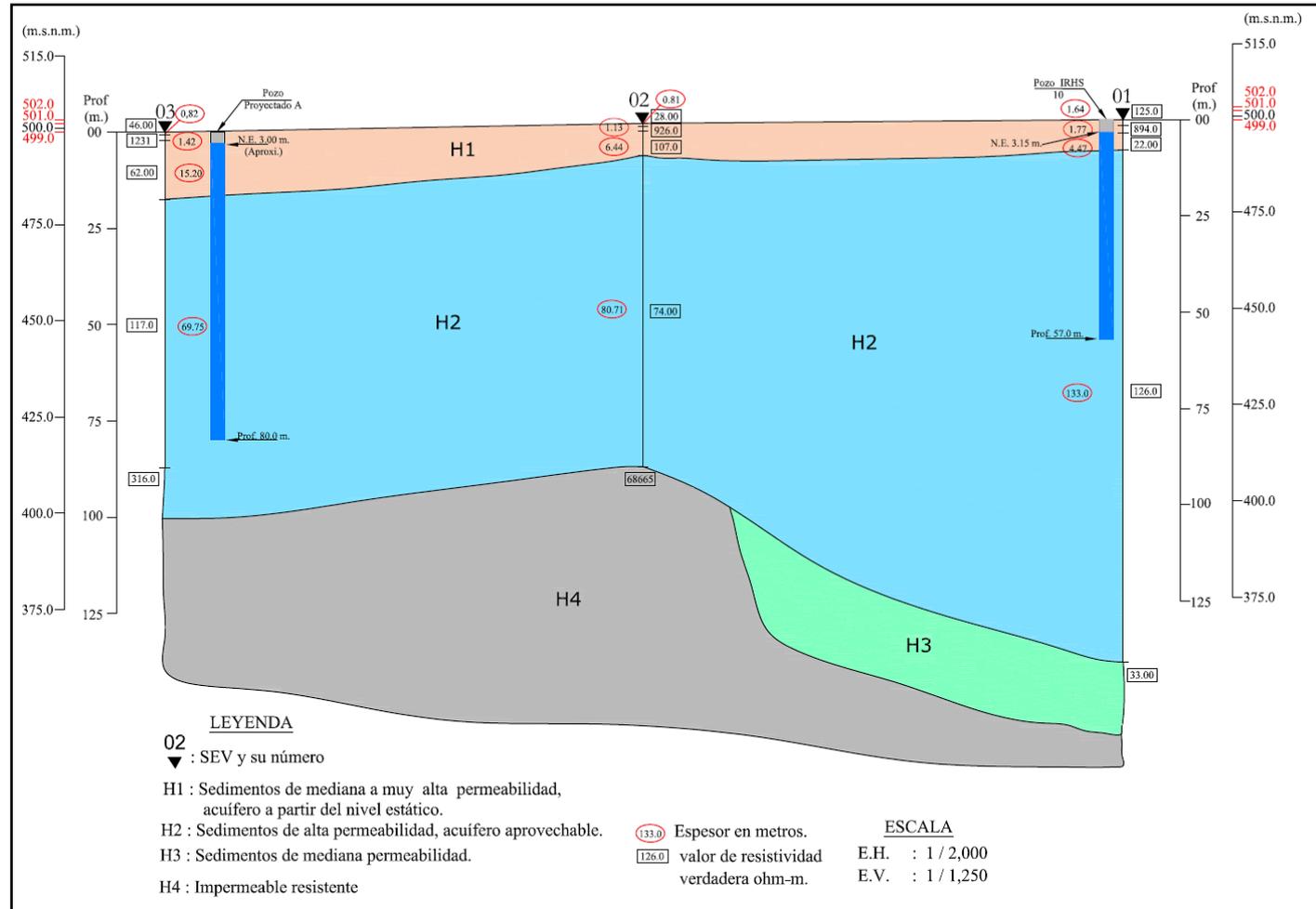
- **Tercer Horizonte H3**

Presenta solo en el SEV. 04 valor de resistividad verdadera de 35.00 ohm-m., con un espesor de 51,55 m., indicativo de presencia de sedimentos de baja permeabilidad indicativo de presencia de sedimentos de baja permeabilidad.

- **Segundo Horizonte Profundo H2**

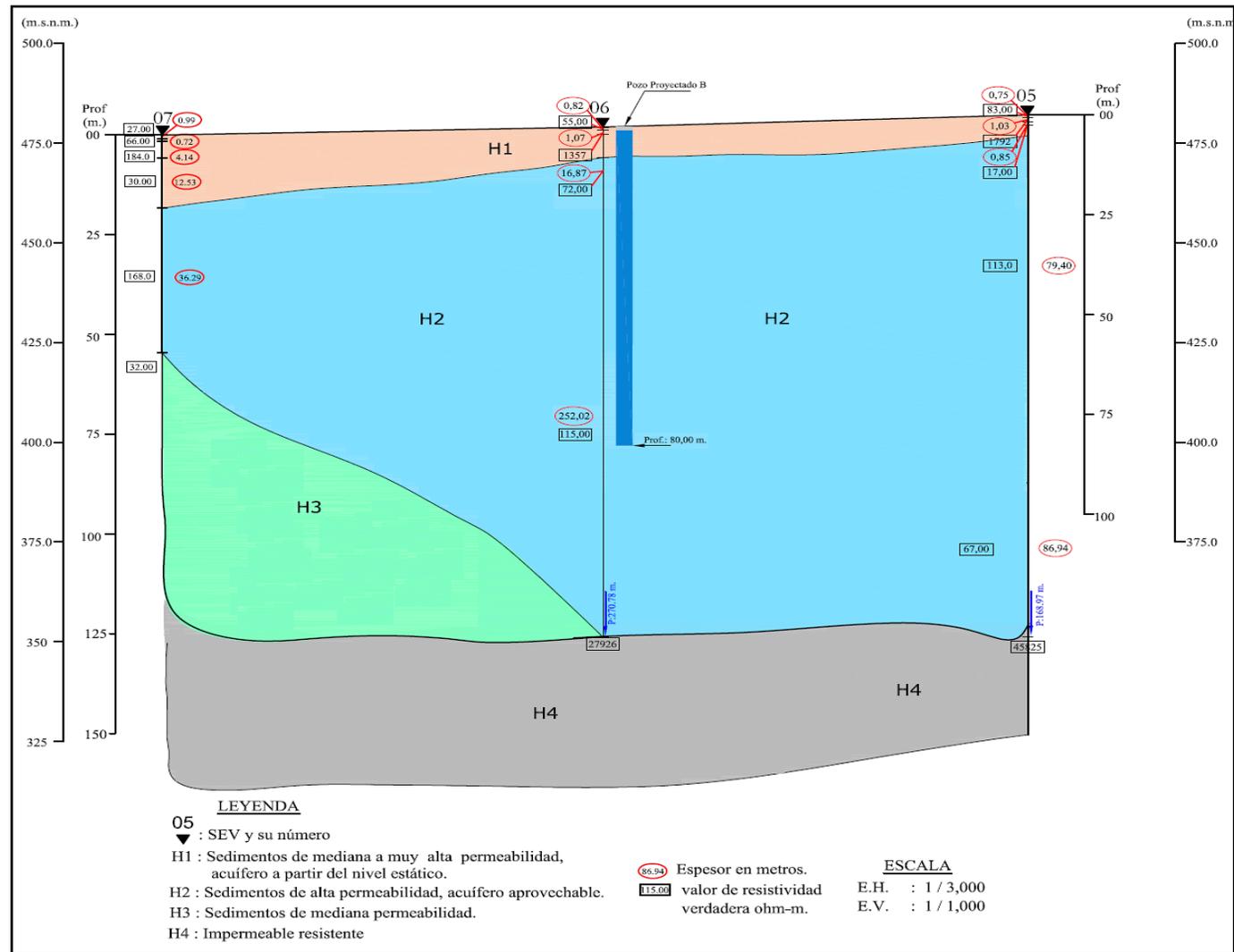
Presenta valores de resistividad verdadera entre 316.00 a 330 ohm-m., su espesor no se ha determinado por tratarse de la última capa de estudio, indicando presencia del acuífero profundo.

Figura 4.1: Sección Geoeléctrica SEV. 03 – 02 – 01



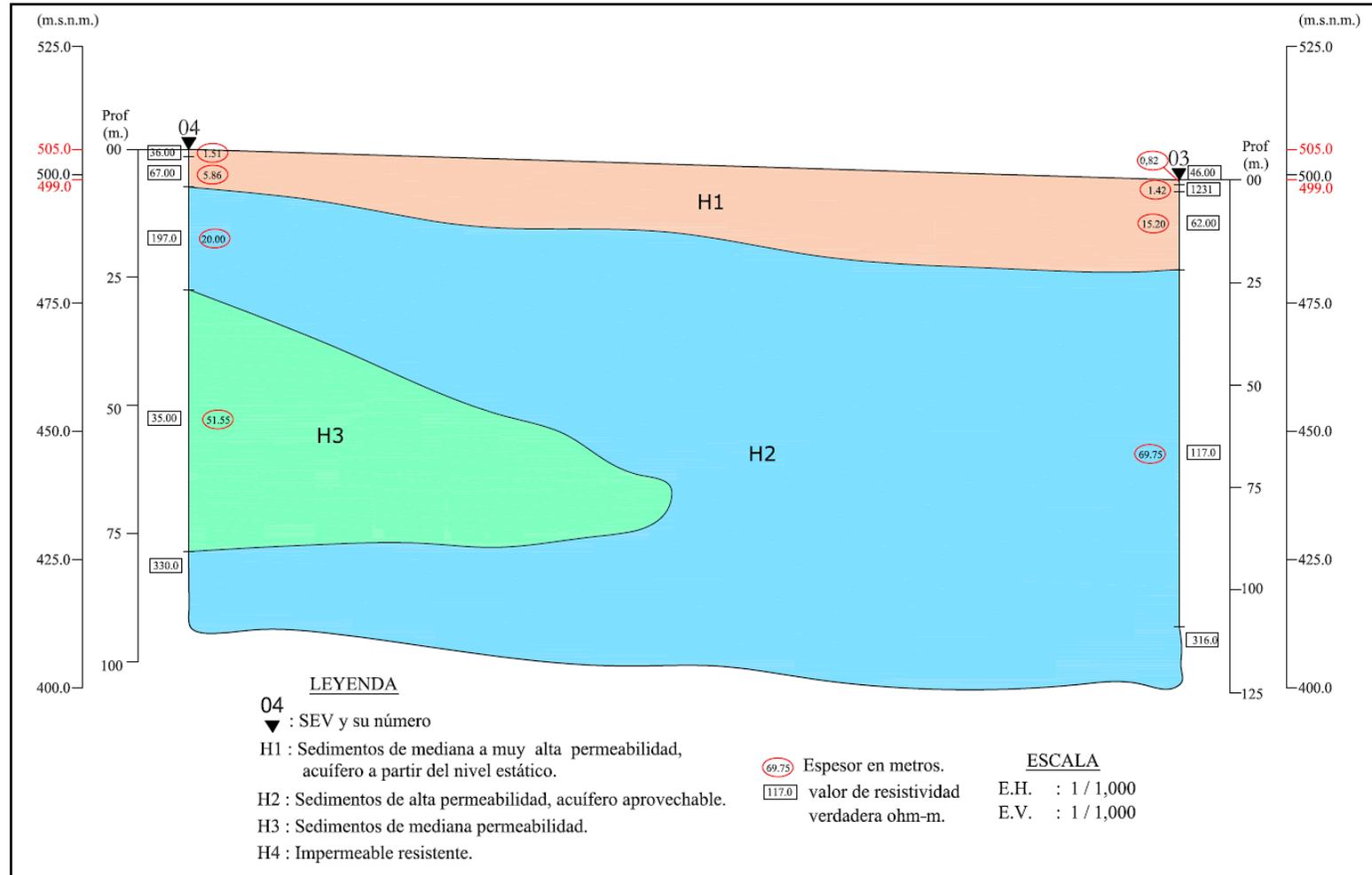
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2: Sección Geoelectrica SEV. 07 – 06 – 05



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3: Sección Geoeléctrica SEV. 04 – 03



Fuente: Elaboración propia

4.1.2. UBICACIÓN DEL POZO TUBULAR

En la sección graficada en la Figura 4.4 se ha realizado un corte entre los sondeos SEV.07-06-05-03-02-01 con la finalidad de ver los puntos recomendados en función del límite de cada parcela que se encuentran dentro del área de estudio.

Los sondajes realizados han permitido conocer los horizontes existentes en el área de estudio, y así poder seleccionar los puntos que reúnen las condiciones más óptimas para la ubicación del pozo proyectado. Se ha realizado una clasificación tomando en cuenta la ubicación de los sondajes (Parcela A y Parcela B), en el Cuadro 4.1 se puede observar un comparativo entre los sondajes realizados en función de sus resultados.

Cuadro 4.1: Clasificación de Sondajes

Parcela	SEV	f (Ohm-m)	H (m)	Ubicación Pozo Proyectado	Criterio de Selección
A	01	126.0	140.88	-	No, interferencia con IRHS 10
	02	74.00	89.09	-	No, $< f$ por lo tanto mayor mineralización del agua
	03	117.0	87.19	Pozo Proyectado A	Si, tiene $> f$, menor mineralización
	04	35.00	78.48	-	No, profundidad del basamento menor a 80 m.
B	05	113.0	168.97	-	No, tiene menor profundidad aprovechable
	06	115.0	270.78	Pozo Proyectado B	Si, $> f$ agua con menor mineralización, además tiene mayor profundidad aprovechable del acuífero.
	07	168.0	54.67	-	No, Poca profundidad aprovechable

Fuente: Elaboración propia ; f =Resistividad en Ohm-m

Considerando los resultados del estudio, las condiciones hidrogeológicas en la zona evaluada son favorables para obtener agua para el tipo de uso que se proyectada, se seleccionaron dos (02) Sondeos como puntos favorables para la ubicación del pozo proyectado, siendo estos los SEV 06 y SEV 03, ya que dentro del área de estudio se cuenta con dos (02) parcelas identificadas, por tal motivo este criterio fue incluido para definir la ubicación de la obra de captación. Se ha seleccionado la ubicación que además de reunir

las mejores características hidrogeológicas, tiene menor interferencia con el desarrollo de la actividad agrícola.

Por lo expuesto se decide realizar la perforación e implementación del pozo tubular en las inmediaciones del SEV. 03 ubicado geográficamente en la intersección de las Coordenadas UTM versión WGS 84, tal como se muestra en el Cuadro 4.2 y se puede ver en la Figura 4.5:

Cuadro 4.2: Ubicación del Pozo Tubular

SEV.	Resistividad Ohm-m	Profundidad m.	Coordenadas (WGS 84)	
			Este m.	Norte m.
03	117.0	80.00	231,205.00	8,791,746.00

Fuente: Elaboración propia

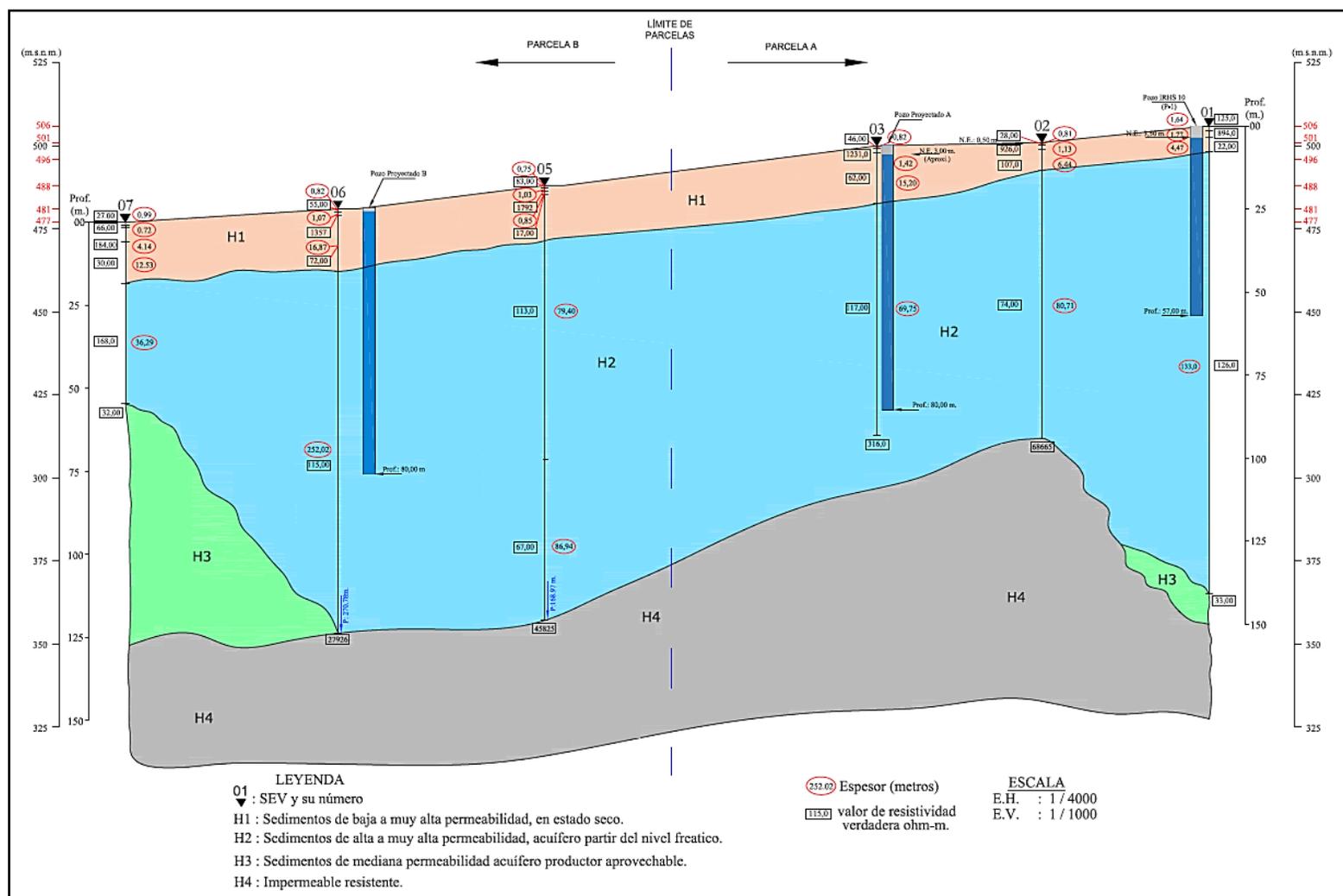
4.2. PERFORACIÓN DEL POZO TUBULAR

4.2.1. CARACTERÍSTICAS FINALES DEL POZO

El pozo tubular terminado ha quedado con las siguientes características:

- Longitud de perforación : 80.00 m.
- Diámetro de perforación : 24" y 21"
- Nivel Estático : 6.50 m.
- Longitud de la columna de producción : 80.00 m.
- Diámetro de la columna de producción : 15"
- Longitud total del entubado ciego : 46.14 m.
- Longitud total del Filtro de Acero Inoxidable : 34.16 m.
- Graduación de grava utilizada : de ¼" a ½"
- Caudal explotable : 50.00 l/s.
- Nivel Dinámico : 41.16 m.

Figura 4.4: Sección Geoeléctrica SEV. SEV.07-06-05-03-02-01



Fuente: Elaboración propia

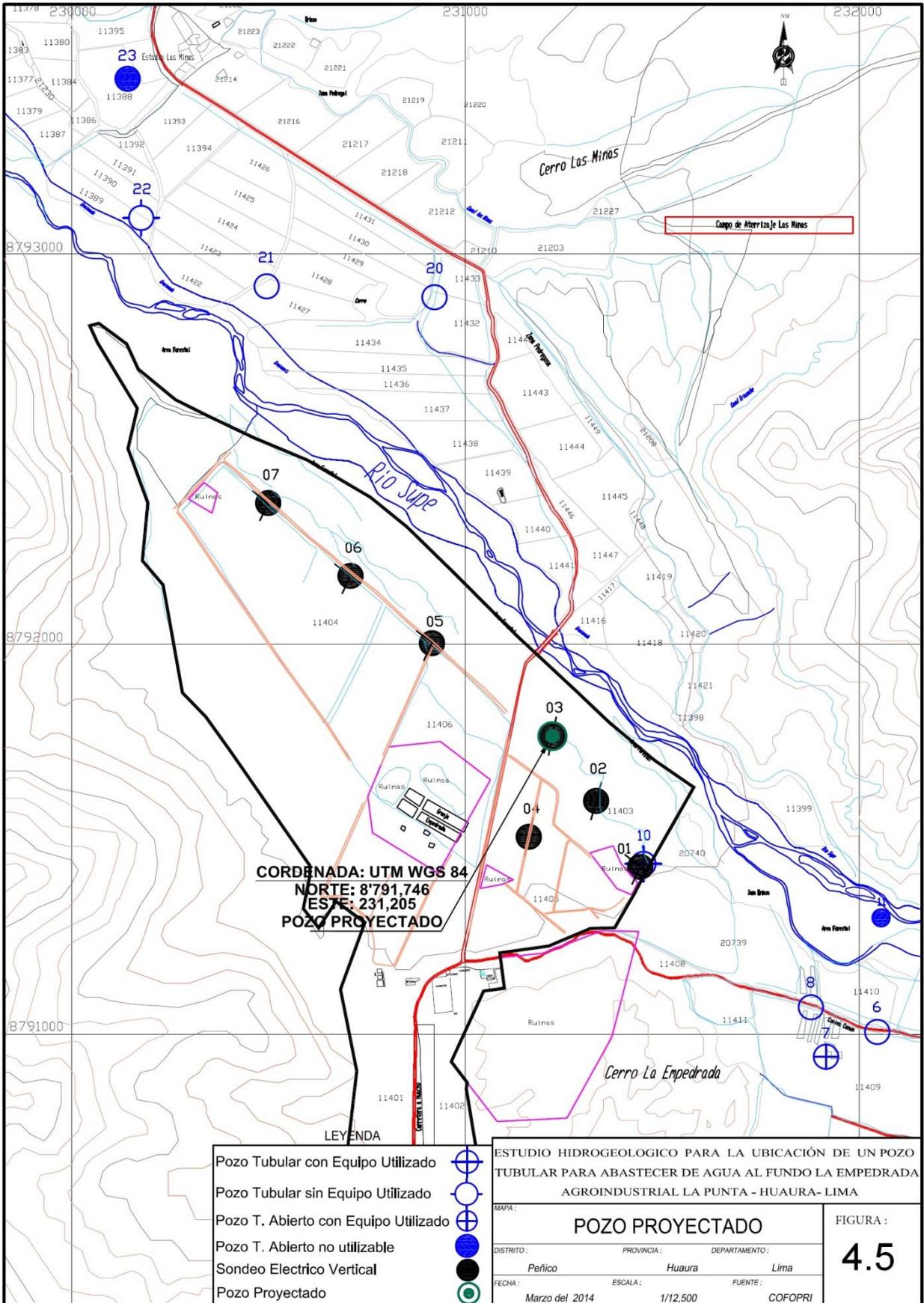


Figura 4.5: Mapa de ubicación de pozo tubular

4.2.2. PRUEBAS HIDRAULICAS

a. Prueba de Rendimiento

Con la finalidad de determinar la capacidad productora del pozo terminado y tener el conocimiento para seleccionar el equipo de bombeo definitivo, se realizó la prueba de rendimiento, en donde se ha podido establecer cuatro (04) regímenes diferentes de bombeo, graficados en la Figura 4.6 y en el Cuadro 4.3 se detalla los regímenes ensayados y los niveles obtenidos:

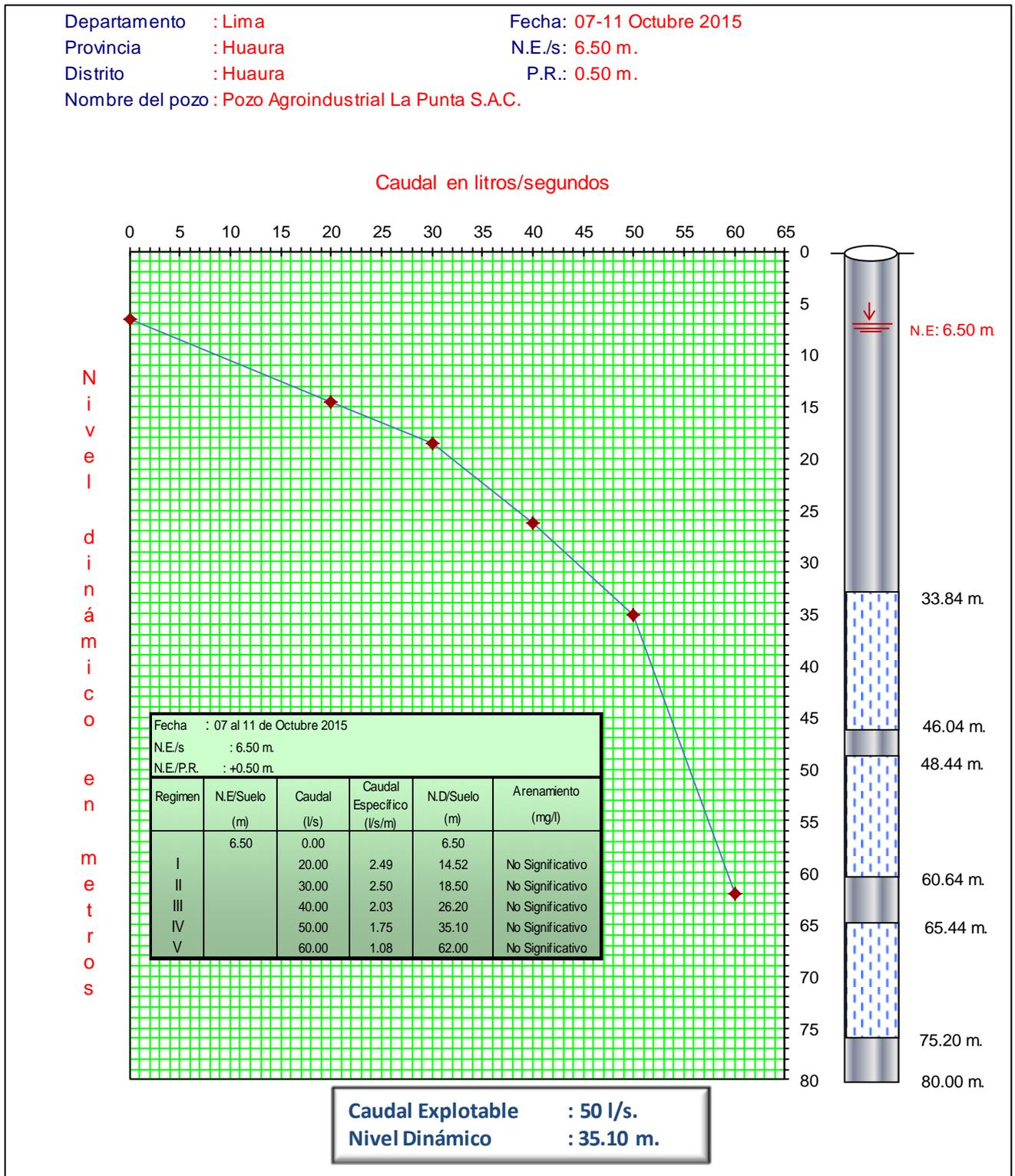
Cuadro 4.3: Resultados Prueba de Rendimiento

Fecha	: 10 Octubre 2015				
N.E./s	: 6.50 m.				
N.E./P.R.	: +0.50 m.				
Régimen	N.E./Suelo (m)	Caudal (l/s)	Caudal Especifico (l/s/m)	N.D./Suelo (m.)	Arenamiento (mg/l)
	6.50	0		6.50	
I		20.00	2.49	14.52	No Significativo
II		30.00	2.50	18.50	No Significativo
III		40.00	2.03	26.20	No Significativo
IV		50.00	1.75	35.10	No Significativo
V		60.00	1.08	62.00	No Significativo

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en consideración estos resultados, se ha seleccionado que el caudal explotable puede ser de 50.00 l/s. para un nivel dinámico de 35.10 m. aproximadamente, referido al nivel del suelo.

Figura 4.6: Prueba de Rendimiento – Caudal Escalonada



Fuente: Elaboración propia

b. Prueba de Acuífero

A partir de la información obtenida de la prueba a caudal constante de 50 l/s, se procedió a la interpretación y obtención de los parámetros hidráulicos del acuífero en la zona en evaluación como la transmisividad y la permeabilidad. Los datos obtenidos han sido graficados e interpretados siguiendo el método de aproximación logarítmica de Theis modificado por Jacob tal como se aprecia en la Figura 4.7 y Figura 4.8.

- Fase Descenso

$$\text{Transmisividad } T_D = 0.00458 \text{ m}^2/\text{s}. (395.28 \text{ m}^3/\text{día/m})$$

$$\text{Permeabilidad } K_D = 0.0000622 \text{ m/s}. (5.38 \text{ m/día})$$

- Fase Recuperación

$$\text{Transmisividad } T_R = 0.00436 \text{ m}^2/\text{s}. (376.457 \text{ m}^3/\text{día/m})$$

$$\text{Permeabilidad } K_R = 0.0000593 \text{ m/s}. (5.12 \text{ m/día})$$

- Parámetros hidráulicos obtenidos:

Transmisividad

$$T_{\text{Prom}} = 0.00447 \text{ m}^2/\text{s}. (385.87 \text{ m}^3/\text{día/m})$$

Permeabilidad

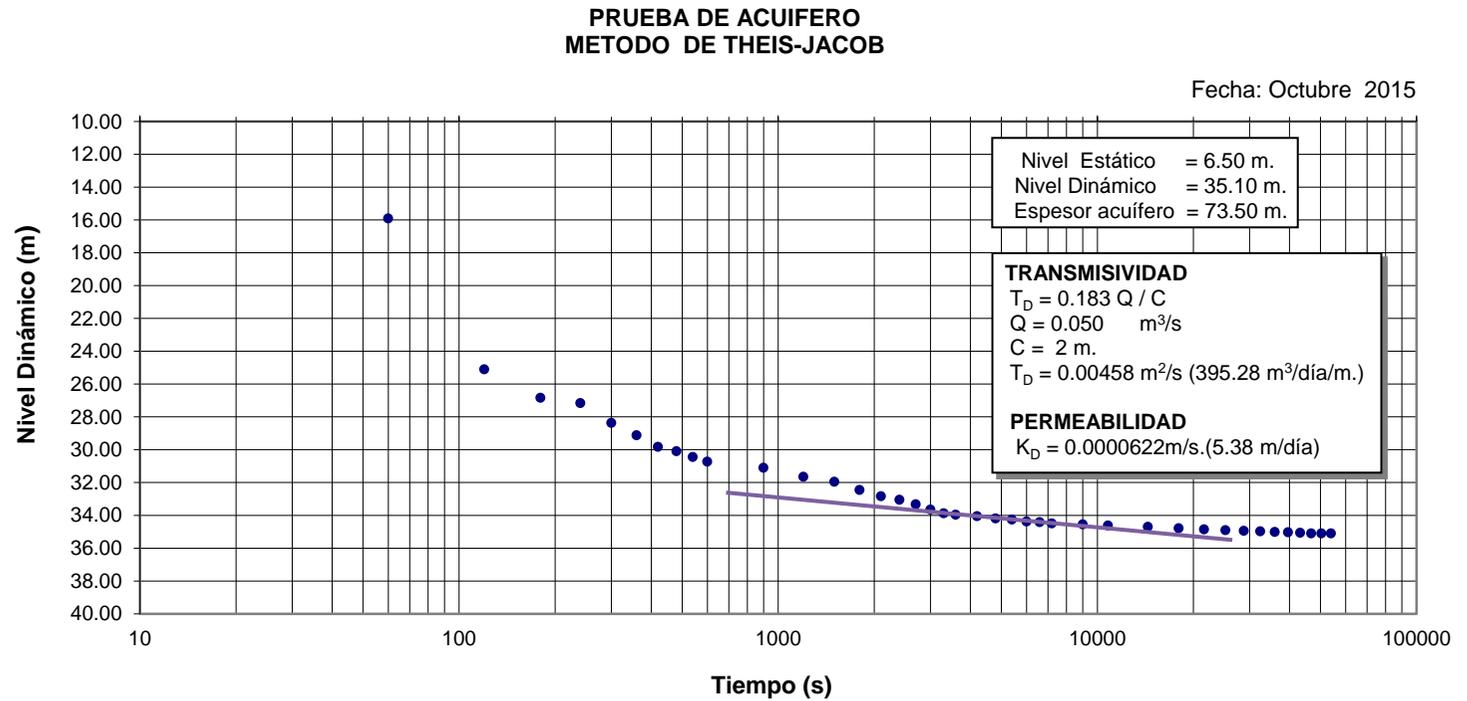
$$K_{\text{Prom}} = 0.0000608 \text{ m/s}. (5.25 \text{ m/día})$$

Estos valores pueden considerarse como representativos de acuíferos de buenas características hidrogeológicas, son acuíferos conformados principalmente por Arena limpia; mezcla de grava y arena.

Teniendo en consideración la naturaleza y características litológicas que presenta el acuífero en la zona, se vislumbra un valor de porosidad eficaz que puede llegar a tener un coeficiente de almacenamiento “S” de 8 por ciento.

Figura 4.7: Prueba de Acuífero - Fase de Descenso

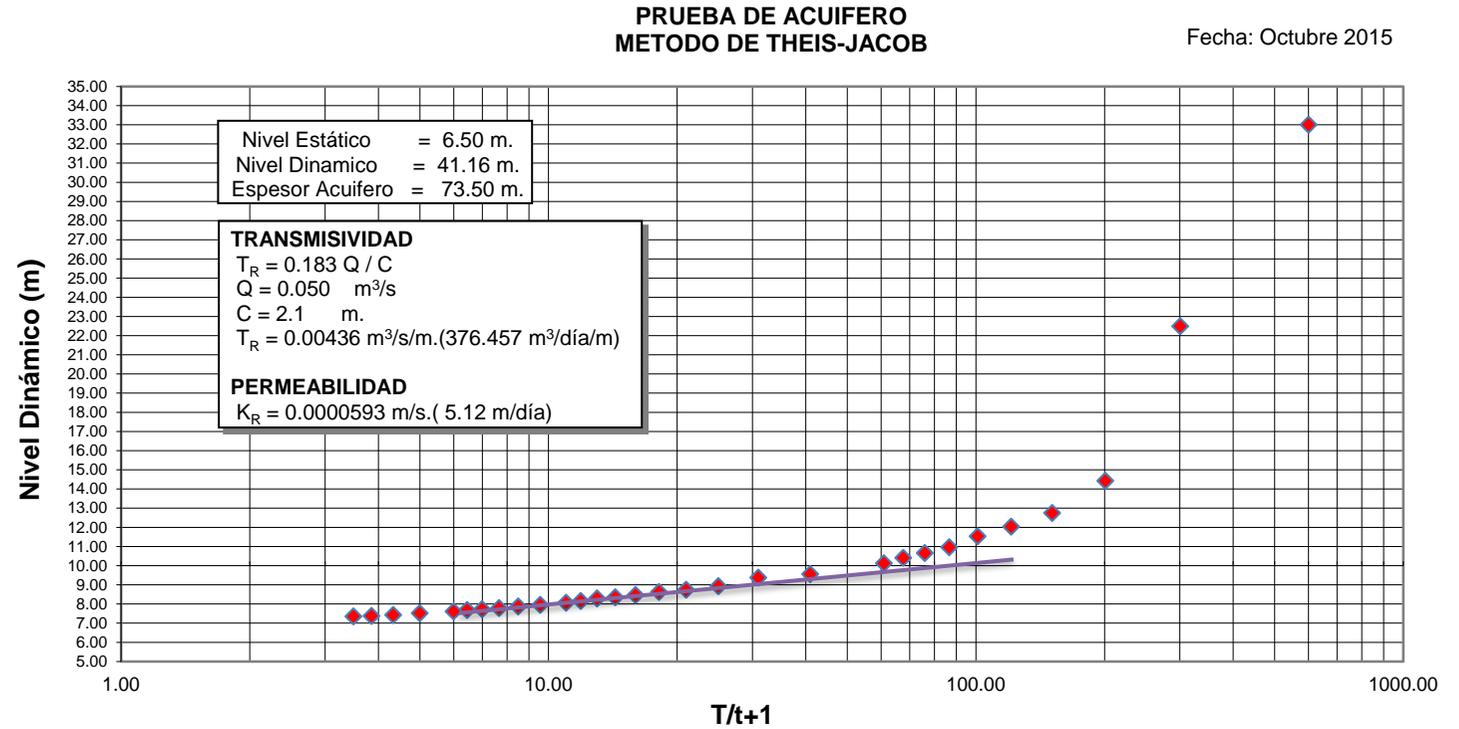
Tiempo(s)	N.D.(m)
60	15.90
120	25.10
180	26.83
240	27.16
300	28.36
360	29.12
420	29.82
480	30.09
540	30.44
600	30.73
900	31.10
1200	31.65
1500	31.95
1800	32.45
2100	32.83
2400	33.05
2700	33.32
3000	33.65
3300	33.87
3600	33.96
4200	34.05
4800	34.19
5400	34.25
6000	34.37
6600	34.41
7200	34.49
9000	34.55
10800	34.62
14400	34.70
18000	34.78
21600	34.85
25200	34.90
28800	34.94
32400	34.97
36000	35.01
39600	35.03
43200	35.06
46800	35.10
50400	35.10
54000	35.10



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.8: Prueba de Acuífero – Fase de Recuperación

T/to+1	Tiempo (s)	N.D. (m)
601.00	60	33.00
301.00	120	22.48
201.00	180	14.42
151.00	240	12.74
121.00	300	12.03
101.00	360	11.52
86.71	420	10.95
76.00	480	10.65
67.67	540	10.40
61.00	600	10.11
41.00	900	9.55
31.00	1200	9.37
25.00	1500	8.92
21.00	1800	8.74
18.14	2100	8.62
16.00	2400	8.46
14.33	2700	8.34
13.00	3000	8.28
11.91	3300	8.15
11.00	3600	8.06
9.57	4200	7.95
8.50	4800	7.86
7.67	5400	7.78
7.00	6000	7.72
6.45	6600	7.68
6.00	7200	7.6
5.00	9000	7.51
4.33	10800	7.42
3.86	12600	7.37
3.50	14400	7.34



Fuente: Elaboración propia

4.2.3. HIDROGEOQUIMICA

Para conocer la calidad del agua subterránea, durante la prueba de bombeo se recolectaron muestras de agua para realizar análisis físico químico y Microbiológico, el cual fue analizado en Laboratorio *NSF ENVIROLAB S.A.C*, laboratorio acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INDECOPI-SNA con Registro N° LE-011. Los resultados del análisis físico químico realizados en el laboratorio se encuentran en el Anexo 2. Con el fin de evaluar su aptitud para el uso agrícola, se ha utilizado como referencia la normativa nacional vigente, que son los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, establecidos bajo Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

a. Parámetros Físicoquímicos

Los iones de la muestra analizada han sido ploteados en la Figura 4.9: Diagrama de Piper, con la finalidad de clasificar y determinar el tipo de agua, de cuya interpretación se ha establecido que el tipo de agua extraída del pozo perforado es Bicarbonatada Cálctica. En el Cuadro 4.4, se pueden observar los valores ingresados para poder realizar la clasificación utilizando el Diagrama propuesto por Piper. En el Cuadro 4.5 se ha hecho la clasificación de los iones y se ha ploteado en la Figura 4.10 Diagrama de Stiff, que es un diagrama poligonal muy utilizado para la clasificación del agua.

Cuadro 4.4: Clasificación del Agua

Nombre de la Muestra	Na+k (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Cl (mg/L)	CO3+HCO3 (mg/L)	SO4 (mg/L)	Clasificación del Agua
Pozo Perforado	34.84	28.49	6.672	16.09	109.8	49.6	Bicarbonatada Cálctica

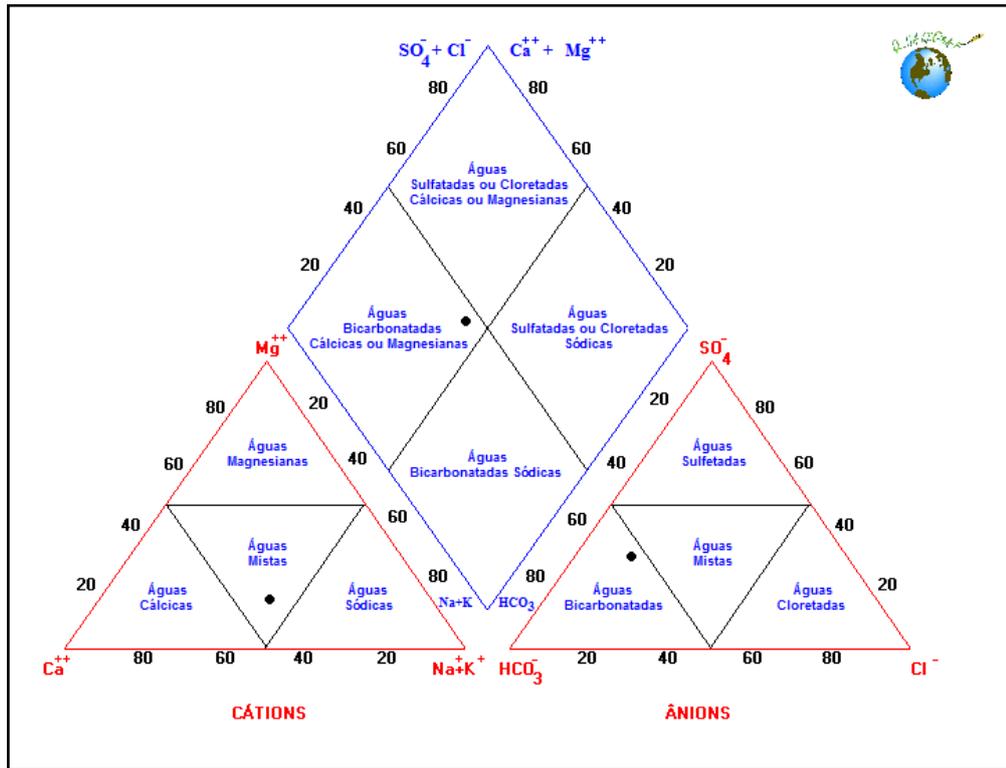
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.5: Clasificación de Iones

Cationes (meq/lt)				Aniones (meq/lt)			
Na	K	Ca	Mg	Cl	CO3	HCO3	SO4
1.46	0.03	1.42	0.55	0.45	0.01	1.79	1.03

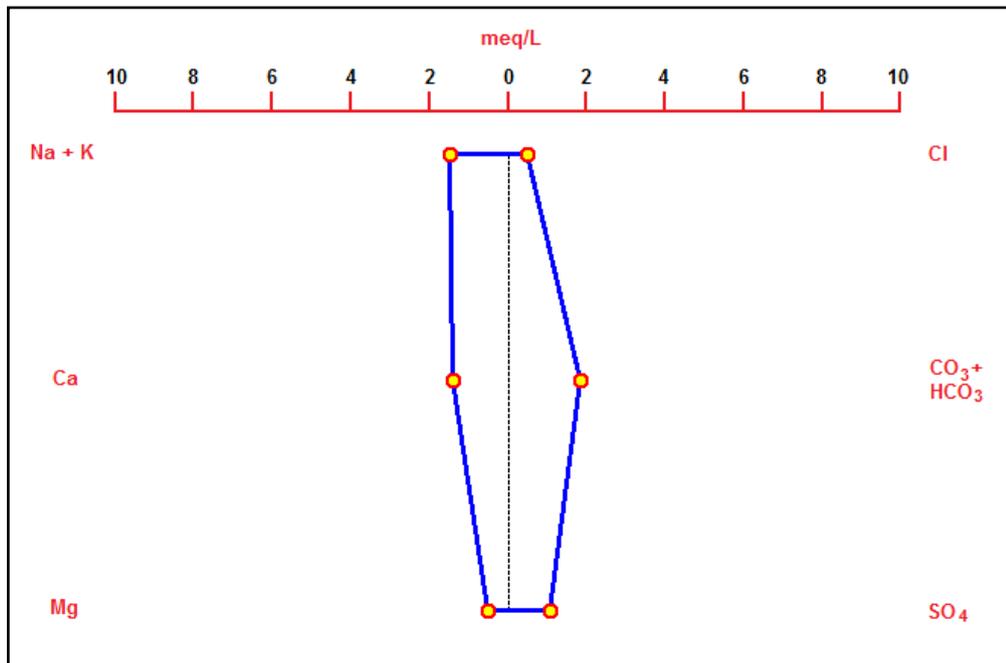
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.9: Diagrama de Piper



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.10: Diagrama de Stiff



Fuente: Elaboración propia

- **pH**

El valor de pH es de 7.4, considerándose casi neutro, se encuentra dentro del rango de 6.5 - 8.5 que establecen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 004-2017- MINAM, en la Categoría tres y Subcategoría D1, donde se establecen los límites para el agua a ser usada para el riego de vegetales.

- **Conductividad Eléctrica del Agua Subterránea**

La conductividad eléctrica del agua es función de su temperatura, del tipo de iones presentes y de su concentración. En virtud que la conductividad se suele expresar a la temperatura *standard* de 25°C, sus variaciones se deberán únicamente al tipo y concentración de sus constituyentes disueltos.

El resultado del análisis físico químico, da un valor de Conductividad Eléctrica de 378,0 $\mu\text{S/cm}$, siendo un agua de baja mineralización. Valor que se encuentra dentro de los LMP que establece la norma de 2500 $\mu\text{S/cm}$ para el riego de vegetales.

- **Sólidos Totales Disueltos**

La concentración total de minerales disueltos en el agua es un índice general de la adaptabilidad del agua para diversos usos. En el caso de la muestra de agua analizada, se ha obtenido un nivel de Sólidos Totales Disueltos de 284 mg/L.

El tipo de agua basándonos en la concentración del total de sólidos disueltos es Agua dulce, el criterio de clasificación empleado es el propuesto por (Davis y De Wiest, 2009).

- **Dureza Total**

La dureza total indica el contenido del ion $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$, las aguas duras son incrustantes, tienden a producir un gran consumo de jabón y dificultan la cocción de los alimentos. En caso que las aguas sean muy blandas, estas tienen a ser muy agresivas y tienen a ser no adecuadas para ser bebida.

Las aguas pueden ser clasificadas en función de su dureza, en este caso hemos utilizado la clasificación propuesta por (E. Custodio y M. R. Llamas, 2001), el resultado del análisis de laboratorio realizado se determinó un nivel de Dureza Total de 149,4 mg/L, clasificándose como aguas moderadamente duras.

Es importante resaltar que la clasificación de la dureza puede variar con las localidades de acuerdo con las aguas disponibles.

- **Alcalinidad**

La alcalinidad de las aguas subterránea es atribuida casi exclusivamente a la presencia de iones carbonato (CO_3^{2-}) y bicarbonato (HCO_3^-), la mayoría de estos iones presentes en las aguas subterráneas existen gracias al dióxido de carbono procedente de la atmósfera, del suelo y a la disolución de las rocas carbonatadas.

De la muestra de agua analizada se ha obtenido un valor de alcalinidad de 109.8 mg/L. En la normatividad vigente para consumo humano no establecen un límite máximo permisible para este parámetro, pero en su uso para riego un nivel elevado de alcalinidad puede causar la elevación excesiva del pH del suelo o del medio, pudiendo afectar la absorción de nutrientes a nivel radicular.

Los valores de alcalinidad para el agua de riego tampoco han sido fijados, ya que la alcalinidad presenta un problema que depende de la situación y del medio en que se quiera aplicar, haciendo complejo el establecer un límite máximo. Sin embargo según referencia de autores se puede decir que un buen margen de alcalinidad del agua de riego está entre 60 y 150 mg/L de alcalinidad; niveles superiores requieren agregar fertilizantes ácidos para manejar la situación. En el caso específico de la muestra de agua subterránea analizada proveniente del pozo perforado, se puede concluir que es de buena aptitud para su uso en riego.

- **Boro**

El boro es un elemento de relevante importancia para el crecimiento de las plantas, pero en grandes cantidades puede ser nocivo. Del análisis realizado el agua proveniente del pozo perforado presenta un valor de 0,050 mg/L considerándose una

concentración normal en las aguas subterráneas, no mostrándose nociva para su uso. El resultado obtenido se encuentra dentro de los LMP establecidos por la norma de 1 mg/L.

b. Clasificación del agua para uso agrícola

La adaptabilidad del agua para fines de riego, depende tanto de los sólidos totales disueltos y de contenido de sodio en relación a las cantidades de calcio y magnesio.

Con los resultados de laboratorio, se calculó la relación de adsorción de sodio o SAR, obteniéndose un valor de $SAR=1.471$, siendo la clasificación del agua según su aptitud para riego C2-S1, característico de agua de salinidad media, agua con bajo contenido de Sodio, apta para riego en la mayoría de casos.

En la Figura 4.11, Diagrama de análisis de agua para uso agrícola, se ha graficado el Diagrama de Wilcox, para poder obtener su clasificación.

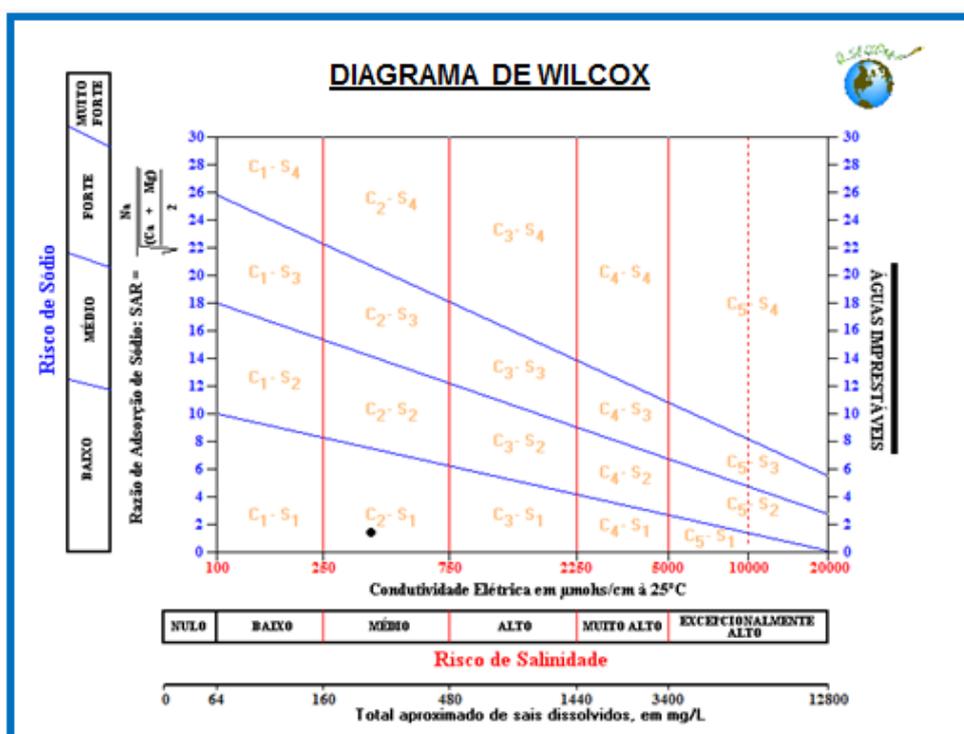
Figura 4.11: Diagrama de Análisis de Agua para Uso Agrícola

Nombre: POZO TUBULAR AGROINDUSTRIAL LA PUNTA S.A.C.
 Propietario: AGROINDUSTRIAL LA PUNTA S.A.C.
 Ubicación: Distrito: Huaura - Provincia: Huaura - Departamento: Lima
 Fecha: Octubre 2015

Cationes (meq/lt)				Aniones (meq/lt)			
Na	K	Ca	Mg	Cl	CO3	HCO3	SO4
1.46	0.03	1.42	0.55	0.45	0.01	1.79	1.03

Nitratos (meq/lt)	Boro (ppm)	Fierro (ppm)	Dur. Total (ppm)	Alc.Total (ppm)	CE (umho/cm)	pH	STD (mg/lt)
0.05	0.050	0.644	149.40	109.80	378.00	7.40	284.00

Relación de adsorción de sodio (SAR)	1.4707
Tipo de agua según STIFF	Bicarbonatada Calcica
Clasificación del agua	Agua Blanda
Clasificación del agua para riego	C2 - S1



- C1: Agua de baja Salinidad, apta para riego en todos los casos
- C2: Agua de salinidad media, apta para el riego
- C3: Agua de salinidad alta, puede utilizarse para riego de suelos con buen drenaje
- C4: Agua de salinidad alta, en muchos casos no apta para riego
- C5: Agua de salinidad excesiva, solo debe emplearse en casos muy contados
- S1: Agua con bajo contenido de Na, apta para riego en la mayoría de los casos
- S2: Agua con contenido medio en Na, cierto peligro de acumulación de Na en el suelo
- S3: Agua con alto contenido de Na y gran peligro de acumulación de Na en el suelo
- S4: Agua con contenido muy alto de Na, no es aconsejable para el riego en general

Fuente: Elaboración propia

c. Microbiología

En cuanto a la evaluación microbiológica se identifica que el agua extraída del pozo tubular perforado cumple los Límites máximos permisibles (LMP) establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 004-2017- MINAM, en la Categoría tres y Subcategoría D1. No mostrando detección para Coliformes y *Escherichia coli*, resultados que pueden apreciarse en el Cuadro 4.6, los resultados del análisis microbiológico realizado en laboratorio se encuentran en el Anexo 3.

Cuadro 4.6: Resultados análisis microbiológico

Análisis	Método de referencia	Resultado	Unidad	LMP D.S. N°004-2017-MINAM
Coliformes Termotolerantes	(N) - SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 22nd Ed.	ND(<1,8)	NMP/100 mL	1000
Coliformes Totales	(N) - SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 22nd Ed.	ND(<1,8)	NMP/100 mL	-
Escherichia coli	(N) - SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 G-2, 22nd Ed.	ND(<1,8)	NMP/100 mL	1000

N.D.: Significa No Detectable al nivel de cuantificación indicado en el paréntesis ().

Fuente: Informe de Ensayo N° J-00187960 Laboratorio NSF Envirolab

CAPITULO IV: CONCLUSIONES

- El área reúne condiciones favorables, para obtener agua subterránea de calidad con aptitud para uso agrícola y en un volumen que satisface las demandas del caudal para cubrir las necesidades de riego en el fundo, en especial en época de estiaje.
- La perforación e implementación de la obra de captación subterránea deben ubicarse en el SEV 03 ubicado geográficamente en la intersección de las Coordenadas UTM (versión WGS 84) Este: 231,205.00 m., Norte: 8'791,746.00 m. con una profundidad total de 80.00 m.
- De la prueba de rendimiento realizada al pozo perforado, se obtiene un caudal recomendable de 50.00 l/s. para un nivel dinámico de 35.10 m.
- Los parámetros hidráulicos del acuífero, obtenidos son Transmisividad de $T=0.00447$ m²/s. (385.87 m²/día) y Permeabilidad $K=0.0000608$ m/s. (5.25 m/día); representativo de acuíferos de buenas características hidrogeológicas, conformado principalmente por mezcla de grava y arenas.
- Según la caracterización hidrogeoquímica realizada del agua, se determina que es un agua de baja mineralización, en su clasifica como C2-S1 siendo un agua apta para riego en la mayoría de sus casos; pertenece a la familia hidrogeoquímica de las Bicarbonatadas cálcicas; el agua obtenida de la fuente subterránea cumple con la Normativa actual vigente, encontrándose por debajo de los LMP de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, establecido según Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

CAPITULO V: RECOMENDACIONES

- Se recomienda equipar el pozo con una electrobomba sumergible que explote un caudal de 50 l/s; así mismo se recomienda que la succión de la bomba se ubique entre los 60.00 - 65.00 m. de profundidad, aprovechando el tramo de tubería ciega que tiene el pozo a dicha profundidad.
- Se recomienda realizar al pozo un mantenimiento preventivo cada 04 o 05 años para poder preservar sus características hidráulicas y prolongar su periodo de vida útil. Y a su vez aprovechar se realice una evaluación y/o mantenimiento de la columna de succión y la bomba sumergible.
- Se recomienda hacer un monitoreo mensual de los niveles dinámicos del pozo durante su operación, con el fin de poder identificar posibles descensos de los niveles del acuífero en explotación.
- Se recomienda hacer un monitoreo bianual de la calidad del agua, que incluya la evaluación de parámetros físico químicos y microbiológicos.
- Se recomienda contemplar la ubicación de un pozo futuro en el SEV 06 que se ubica en la Parcela B, en caso se proyecte a futuro una ampliación del horizonte agrícola en el fundo.

CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA

- CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. R. Hidrología Subterránea. 2nd ed. Barcelona: Omega, 2001. t. 1-2.
- CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. R. Hidrología Subterránea. 2nd ed. Barcelona: Omega, 2001. t. 2-2.
- GARCIA, M.; FERNÁNDEZ A. Hidrogeología básica. Las aguas subterráneas y su flujo. 3ra ed. Fiec, 2009.
- VÉLEZ, MARIA V. Hidráulica de aguas subterráneas. 2nd ed. Facultad de Minas Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, 1999.
- BRAJA M. Principios de ingeniería de cimentaciones. California State University, Sacramento. 5ta ed., 2006.
- DAVIS, S. N.; DE WIEST, R. Hidrogeología. España: Ariel, 2009.
- CASTANY G. Prospección y explotación de las aguas subterráneas. Barcelona: Omega.
- GASULLA FORNER, M, Obtención de Imágenes de la Distribución de Impedancia Eléctrica del subsuelo. Aplicación a la detección de objetos locales. Barcelona, 1999.
- Carta catastral Distrito de Huaura. Escala 1: 10.000. Proyecto especial de titulación de tierras PETT – COFOPRI.
- Mapa Geológico del cuadrante Ambar. Escala 1: 100.000. Ministerio de Energía y Minas, Dirección general de Minería, Servicio de geología y minería, 1997.
- Perú. D.S. N°004-2017-MINAM.: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. Diario Oficial El Peruano. Lima, Perú, 7 de Junio de 2017.

ANEXOS

**ANEXO 1: INFORME ENSAYO N° 1403181
POZO IRHS -10**



ENVIROLAB PERU S.A.C.

Environmental Laboratories Perú S.A.C.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
SERVICIO NACIONAL DE ACREDITACIÓN
CON REGISTRO N° LE-011

INFORME DE ENSAYO N° 1403182



Registro N° LE-011

Solicitante: AGROINDUSTRIAS LA PUNTA
Domicilio Legal: Juan Aldebarán N° 220
Santiago de Surco
Tipo de Muestra: Agua Subterránea
Plan de Muestreo: Muestra proporcionada por el Cliente
Solicitud de Análisis: MAR-182
Procedencia de la Muestra: Valle Río Supe
Fecha de Ingreso: 2014-03-10
Código ENVIROLAB PERU: 1403182
Referencia: Cotización N° 19916

Código de Lab.:	1403182-01	Fecha de Muestreo:	2014-03-09	Descripción: Pozo IRHS-10 Fundo La Empedrada		
Análisis	Método de Referencia	Límite de Cuantificación	Resultado	Unidad	Fecha de Análisis	
•pH	EPA 150.1	...	R 6.8	...	2014-03-10	
•Conductividad	EPA 120.1	...	426.0	uS/cm	2014-03-10	
Bicarbonatos	SM 4500 CO ₂ -D	0.1	98.5	mg/L	2014-03-13	
•Cloruros	EPA 325.3	0.25	9.22	mg/L	2014-03-12	
N - Nitrato	EPA 352.1	0.05	2.66	mg/L	2014-03-11	
Sulfatos	EPA 375.4	0.5	53.0	mg/L	2014-03-11	
Boro Total	EPA 200.7	0.008	0.045	mg/L	2014-03-11	
Calcio Total	EPA 200.7	0.005	30.840	mg/L	2014-03-11	
Potasio Total	EPA 200.7	0.02	0.90	mg/L	2014-03-11	
Magnesio Total	EPA 200.7	0.002	7.155	mg/L	2014-03-11	
Sodio Total	EPA 200.7	0.02	15.36	mg/L	2014-03-11	

"N.D." Significa No Detectable al nivel de cuantificación indicado.

Condición y Estado de la Muestra Ensayada:

La muestra llegó a temperatura ambiente al Laboratorio.

Nota: La fecha de muestreo es dato proporcionado por el Cliente.

pH "R" Resultado referencial. "El ensayo queda fuera del alcance de acreditación debido a: Tiempo de vida vencido"

Observaciones: -Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

• Los métodos en la matriz indicada no han sido acreditados por el SNA.

-Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.

-Dependiendo del parámetro a ser analizado las muestras tendrán un tiempo de custodia máximo de 7 días calendario después de entregado el Informe de Ensayo.



ENVIROLAB PERU S.A.C.

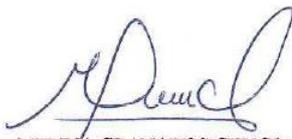
Environmental Laboratories Perú S.A.C.

INFORME DE ENSAYO

N° 1403182

METODOS DE ENSAYO

Bicarbonato	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 CO ₂ , 22nd Ed. 2012. Carbon Dioxide, Carbon Dioxide and Forms of Alkalinity by Calculation
Cloruros	EPA METHOD 325.3 600/4-79-020 Revised March 1983 Chloride (Titrimetric, Mercuric Nitrate)
Conductancia	EPA METHOD 120.1 600/4-79-020, Revised March 1983 Conductance (Specific Conductance, UMHOS At 25°C)
Metales	EPA 200.7 Revisión 4.4, May1994 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
N-Nitrato	EPA METHOD 352.1 600/4-79-020 REVISED MARCH 1983 NITROGEN, NITRATE (COLORIMETRIC BRUCINE)
pH	EPA METHOD 150.1 600/4-79-020 Revised March 1983 pH (Electrometric)
Sulfatos	EPA METHOD 375.4 00/4-79-020. Revised March 1983 Sulfate (Turbidimetric)


MELINA GRANADOS CHUCO
C.I.P. N° 101700




ENRIQUE QUEVEDO BACIGALUPO
Jefe de Laboratorio

Lima, Perú,

2014-03-19

**ANEXO 2: INFORME ENSAYO N° J-00187961
POZO AGROINDUSTRIAL LA PUNTA**

INFORME FINAL

Dirección de Entrega:

Fernando Chávez
Haro Ingenieros E.I.R.L.
Cal. Los Seibos Nro. Mz-I Int. LT38
Urb. La Capullana - Santiago de Surco
Lima, Lima
Peru

Solicitante: C0207294

Haro Ingenieros E.I.R.L.
Cal. Los Seibos N° Mz-I Int. LT38
Urb. La Capullana
Santiago de Surco
Lima, Lima
Peru

Resultado **Completo**

Fecha de Informe 2015-10-26

Procedencia Fundo La Empedrada (Huaura - Huaura - Lima)

Producto Agua

Tipo de Servicio Análisis

Informe de Ensayo N° J-00187961

Coordinador de Proyecto Natalie Riofrio Perez

Gracias por utilizar los servicios de NSF Envirolab. Por favor, póngase en contacto con el Coordinador de Proyecto, si desea información adicional o cualquier aclaración que pertenecen a este informe.

Informe Autorizado por



Enrique Quevedo Bacigalupo
Jefe de Laboratorio



Ing. Melina Granados Chuco
Asistente de Jefatura de Laboratorio

Fecha de Emisión 2015-10-26

Información General

Matriz: Agua
 Solicitud de Análisis: Cotización N° 27311 (Oct-331)
 Muestreado por: Cliente
 Procedencia: Fundo La Empedrada (Huaura - Huaura - Lima)

Identificación de Laboratorio: S-0001199946
 Tipo de Muestra: Agua Subterránea
 Identificación de Muestra: Pozo Agroindustrial La Punta SAC
 Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2015-10-12
 Fecha y hora de Muestreo: 2015-10-11 17:00

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
Química			
* pH. EPA Method 150.1 Revised March 1983	2015-10-12		
pH		7,4	
Alcalinidad Total en Agua. SMEWW Part 2320 B, 22nd Ed 2012	2015-10-17		
Alcalinidad Total		109,8	mg/L
Bicarbonatos en Agua. SMEWW Part 4500 CO2 - D	2015-10-17		
Bicarbonatos		109,5	mg/L
Boro Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2015-10-21		
Boro Total		0,050	mg/L
Calcio Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2015-10-21		
Calcio Total		28,49	mg/L
Carbonatos en Agua. SMEWW Part 4500 CO2 - D	2015-10-17		
Carbonatos		0,3	mg/L
Cloruros en Agua. EPA Method 325.3, Revised March 1983	2015-10-14		
Cloruros		16,09	mg/L
Conductividad en Agua. EPA Method 120.1 Revised March 1983	2015-10-12		
Conductividad		378,0	uS/cm
Dureza Total en Agua. EPA Method 130.2, Revised March 1983	2015-10-20		
Dureza Total		149,4	mg/L
Hierro Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2015-10-21		
Hierro Total		0,644	mg/L
Magnesio Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2015-10-21		
Magnesio Total		6,672	mg/L
Manganeso Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2015-10-21		
Manganeso Total		0,028	mg/L
N-Nitrato en Agua. EPA Method 352.1, Revised March 1983	2015-10-14		
N - Nitrato		3,03	mg/L
Potasio Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2015-10-21		
Potasio Total		1,27	mg/L
Sodio Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2015-10-21		
Sodio Total		33,57	mg/L
Sulfatos en Agua. EPA Method 375.4 Revised March 1983	2015-10-16		
Sulfatos (Turbidimetrico)		49,6	mg/L
Sólidos Totales Disueltos en Agua. EPA 160.1 March 1983	2015-10-15		
Sólidos Totales Disueltos		284	mg/L
Turbidez en Agua. EPA Method 180.1, Revised 2.0 August 1993	2015-10-12		
Turbiedad		2,0	N.T.U

Nota(s) del Informe Final:

Nota(s) del Informe Final:

pH: Resultado referencial la medición no fue realizada en el muestreo.



Ensayos realizados por:

	<u>Id</u>	<u>Dirección</u>
Ensayos realizados por: →	NSF_LIMA_E	NSF Envirolab, Lima, Peru Avenida La Marina 3059 San Miguel Lima, Perú

Referencias a los Procedimientos de Ensayo:

Referencia Técnica

IQ0266	Alcalinidad Total en Agua. SMEWW Part 2320 B, 22nd Ed 2012
IQ0267	Bicarbonatos en Agua. SMEWW Part 4500 CO2 - D
IQ0269	Carbonatos en Agua. SMEWW Part 4500 CO2 - D
IQ0280	Cloruros en Agua. EPA Method 325.3, Revised March 1983
IQ0293	Dureza Total en Agua. EPA Method 130.2, Revised March 1983
IQ0305	N-Nitrato en Agua. EPA Method 352.1, Revised March 1983
IQ0317	Sólidos Totales Disueltos en Agua. EPA 160.1 March 1983
IQ0323	Sulfatos en Agua. EPA Method 375.4 Revised March 1983
IQ0328	Turbidez en Agua. EPA Method 180.1, Revised 2.0 August 1993
IQ0765	Boro Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994
IQ0767	Calcio Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994
IQ0773	Hierro Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994
IQ0776	Magnesio Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994
IQ0777	Manganeso Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994
IQ0780	Potasio Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994
IQ0784	Sodio Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994
IQ0971	Conductividad en Agua. EPA Method 120.1 Revised March 1983
IQ1006	* pH. EPA Method 150.1 Revised March 1983

Descripciones de ensayos precedidos por un "*" indican que los métodos no han sido acreditados por el INACAL-DA y la prueba se ha realizado según los requisitos de NSF. De no contar con el "*" indica los parámetros asociados a esta(s) muestra(s) se encuentran dentro del alcance de la acreditación.

**ANEXO 3: INFORME ENSAYO N° J-00187960
POZO AGROINDUSTRIAL LA PUNTA**

INFORME FINAL

Dirección de Entrega:

Fernando Chávez
Haro Ingenieros E.I.R.L.
Cal. Los Seibos Nro. Mz-I Int. LT38
Urb. La Capullana - Santiago de Surco
Lima, Lima
Peru

Solicitante: C0207294

Haro Ingenieros E.I.R.L.
Cal. Los Seibos N° Mz-I Int. LT38
Urb. La Capullana
Santiago de Surco
Lima, Lima
Peru

Resultado **Completo**

Fecha de Informe 2015-10-26

Procedencia Fundo La Empedrada (Huaura - Lima)

Producto Agua

Tipo de Servicio Análisis

Informe de Ensayo N° J-00187960

Coordinador de Proyecto Natalie Riofrio Perez

Gracias por utilizar los servicios de NSF Envirolab. Por favor, póngase en contacto con el Coordinador de Proyecto, si desea información adicional o cualquier aclaración que pertenecen a este informe.

Informe Autorizado por



Enrique Quevedo Bacigalupo
Jefe de Laboratorio



Ing. Melina Granados Chuco
Asistente de Jefatura de Laboratorio

Fecha de Emisión 2015-10-26

Información General

Matriz: Agua
Solicitud de Análisis: Cotización N° 27311 N° (Oct-332)
Muestreado por: Cliente
Procedencia: Fundo La Empedrada (Huaura - Lima)

Identificación de Laboratorio: S-0001199944
Tipo de Muestra: Agua Subterránea
Identificación de Muestra: Pozo Agroindustrial La Punta SAC
Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2015-10-12
Fecha y hora de Muestreo: 2015-10-11 17:00

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
N.D.: Significa No Detectable al nivel de cuantificación indicado en el paréntesis ().			
Microbiología			
# Coliformes Termotolerantes (N)- SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 22nd Ed.	2015-10-14		
Num. Coliformes Termotolerantes		ND(<1,8)	NMP/100 mL
# Coliformes Totales (N)- Aguas - SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 22nd Ed. 2	2015-10-14		
Num. Coliformes Totales		ND(<1,8)	NMP/100 mL
# Escherichia coli (N)- Aguas - SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 G-2, 22nd Ed.	2015-10-14		
Num. Escherichia Coli		ND(<1,8)	NMP/100 mL

Ensayos realizados por:

Ensayos realizados por:  Id Dirección
Laboratorio Subcontratado

Referencias a los Procedimientos de Ensayo:

Referencia Técnica

IM0134	#Coliformes Totales (N)- Aguas - SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 22nd Ed. 2012
IM0135	#Coliformes Termotolerantes (N)- SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 22nd Ed. 2012
IM0136	#Escherichia coli (N)- Aguas - SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 G-2, 22nd Ed. 2012

Descripciones de ensayos precedidos por un "*" indican que los métodos no han sido acreditados por el INACAL-DA y la prueba se ha realizado según los requisitos de NSF. De no contar con el "*" indica los parámetros asociados a esta(s) muestra(s) se encuentran dentro del alcance de la acreditación.

Descripciones de ensayos precedidos por un "#" indican que los métodos han sido subcontratados.