



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA DE DISEÑO DE POZO TUBULAR APLICANDO LA
TÉCNICA DE TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA REALIZANDO
SONDEO ELÉCTRICO PARA INCREMENTAR LA
DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN EL SECTOR DE OTOPONGO –
BARRANCA – LIMA - PERÚ**

PRESENTADA POR

JAIRO KEVIN LANDEO PANDURO

TARIK ALDAIR LIMACO BEDEZU

ASESOR

JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARIA

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2019



CC BY-NC-SA

Reconocimiento – No comercial – Compartir igual

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTIN DE PORRES

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA DE DISEÑO DE POZO TUBULAR APLICANDO
LA TÉCNICA DE TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA REALIZANDO
SONDEO ELÉCTRICO PARA INCREMENTAR LA
DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN EL SECTOR DE OTOPONGO –
BARRANCA – LIMA – PERÚ**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

LANDEO PANDURO, JAIRO KEVIN

LIMACO BENDEZU, TARIK ALDAIR

LIMA, PERÚ

2019

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE	ii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	xi
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Objetivos de la investigación	3
1.4 Justificación e importancia	3
1.5 Alcances y limitaciones	4
1.6 Viabilidad	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes de la investigación	6
2.2 Bases teóricas	12
2.2 Términos básicos	32
2.3 Formulación de hipótesis	37
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	38
3.1 Tipología	38
3.2 Población y muestra	39
3.3 Variables	40
3.4 Técnicas de estudio	41
3.5 Instrumentos de recolección de datos	41
CAPÍTULO IV. DESARROLLO Y RESULTADOS	42
4.1 Estudio hidrogeológico	43

4.2	Perforación de pozo SEV-22	53
4.3	Cálculo de población y caudal de diseño	74
4.4	Diseño definitivo de pozo tubular	87
CAPÍTULO V. PRESENTACIÓN DE PROPUESTA DE DISEÑO		113
5.1	Propuesta técnica definitiva	113
5.2	Propuesta económica definitiva	119
CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN Y APLICACIONES		120
6.1	Discusión	120
6.2	Aplicaciones	121
CONCLUSIONES		123
RECOMENDACIONES		125
FUENTES DE INFORMACIÓN		126

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Procedimiento para selección de método de perforación	14
Tabla 2. Diámetro de pozos recomendados	16
Tabla 3. Tamaño de mallas usadas para análisis granulométrico	17
Tabla 4. Criterios para la selección de diámetro mínimo del prefiltro	19
Tabla 5. Velocidades Óptimas De Paso De Agua Por La Rejilla	20
Tabla 6. Área de infiltración según diámetro de tubería	22
Tabla 7. Ubicación del filtro en distintos tipos de acuíferos	23
Tabla 8. Material de filtros índices de costos y usos	24
Tabla 9. Resistividad por naturaleza del terreno	27
Tabla 10. Valores de permeabilidad	35
Tabla 11. Valores de transmisividad	36
Tabla 12. Operacionalización de las variables	41
Tabla 13. Resultados de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)	45
Tabla 14. Coordenadas de pozos proyectados	46
Tabla 15. Dimensiones recomendadas para pozos exploratorios	51
Tabla 16. Perfil estratigráfico del pozo SEV - 22	55
Tabla 17. Resultados de la prueba de bombeo	70
Tabla 18. Coeficientes hidráulicos de la prueba de bombeo	70
Tabla 19. Datos poblacionales	74
Tabla 20. Cálculo de tasa de crecimiento aritmético	76
Tabla 21. Tasa de crecimiento aritmético	76
Tabla 22. Cálculo de la tasa de crecimiento geométrico	78
Tabla 23. Cálculo de constante K del método exponencial	79
Tabla 24. Resultados de los cálculos poblacionales	80

Tabla 25. Dotación por hospedaje	81
Tabla 26. Dotación por comedor	81
Tabla 27. Dotación por institución primaria	82
Tabla 28. Dotación por parroquia local	82
Tabla 29. Dotación por posta medica	83
Tabla 30. Dotación por área de parque	83
Tabla 31. Cuadro de resumen por tipo de establecimiento	84
Tabla 32. Calculo de dotación total	86
Tabla 33. Ubicación de los posibles lugares para perforación	87
Tabla 34. Horizontes y resistividades	91
Tabla 35. Resultados de prueba granulométrica arena fina	94
Tabla 36. Resultados de prueba granulométrica arena media	95
Tabla 37. Porcentaje de pasantes con abertura de tamices	96
Tabla 38. Cuadro para diámetro nominal	105
Tabla 39. Cálculo de perdida de carga por conducción	107
Tabla 40. Cálculo de perdida de carga por impulsión	107
Tabla 41. Cálculo de perdida de carga por accesorios	108
Tabla 42. Ficha técnica de bomba sumergible	110
Tabla 43. Ficha técnica del pozo proyectado	115
Tabla 44. Modelo de electrobomba	116
Tabla 45. Tipo de tubería de succión	116
Tabla 46. Tipo de tubería de impulsión	116
Tabla 47. Accesorios en el árbol de descarga	117

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Sistema de perforación con roto percusión	15
Figura 2. Ejemplo de filtro de gravas	18
Figura 3. Tipos de perforación o ranurados de la tubería	20
Figura 4. Esquema potencial espontáneo	26
Figura 5. Resistividad de un cubo	27
Figura 6. Tipos de acuífero	34
Figura 7. Ubicación del área de estudio	43
Figura 8. Mapa de ubicación de SEVs y secciones Geoeléctricas	44
Figura 9. Perfil Litológico del Sondeo Eléctrico Vertical (SEV)	47
Figura 10. Ubicación de áreas para pozos exploratorios	48
Figura 11. Corte de perfil SEV - 22	49
Figura 12. Diseño preliminar del pozo propuesto por el estudio	52
Figura 13. Perforación de antepozo	54
Figura 14. Perforación de pozo SEV - 22	55
Figura 15. Perfil litológico pozo SEV - 22	56
Figura 16. Diseño definitivo de pozo tubular de 78.00 mts	57
Figura 17. Realización del entubado del pozo	58
Figura 18. Colocación de pre filtro	59
Figura 19. Realización de diagrafia	60
Figura 20. Registro geofísico, Diagrafia SEV - 22	63
Figura 21. Prueba de bombeo a caudal constante	65
Figura 22. Prueba de recuperación	67
Figura 23. Curva de recuperación	68
Figura 24. Prueba de bombeo a caudal constante	69
Figura 25. Resultados de análisis de agua	72

Figura 26. Diagrama logarítmico de potabilidad	73
Figura 27. Dotación para zona rural	80
Figura 28. Dotación por establecimiento tipo hospedaje	81
Figura 29. Dotación por establecimiento tipo restaurante	81
Figura 30. Dotación por establecimiento tipo educacional	82
Figura 31. Dotación por establecimiento tipo lugar de reunión	82
Figura 32. Dotación por establecimiento tipo centro de salud	83
Figura 33. Dotación por área verde	83
Figura 34. Área agrícola del C. P. San Miguel de Otopongo	85
Figura 35. Mapa georreferenciado de los SEV'S	89
Figura 36. Curva de resistividades vs profundidad	90
Figura 37. Sección Geofísica corte 1A – 2A - SEV22	91
Figura 38. Sección Geofísica corte 1A – 3A	92
Figura 39. Curva granulométrica arena fina	95
Figura 40. Curva granulométrica arena media	96
Figura 41. Grafico de uso óptimo de bomba	110
Figura 42. Dimensiones de tipos de bombas	111
Figura 43. Ubicación de la bomba en el pozo	112
Figura 44. Ubicación del pozo proyectado	114
Figura 45. Diseño técnico definitivo del pozo proyectado	118
Figura 46. Proceso propuesto para el correcto diseño de un pozo tubular	122

El presente trabajo se lo dedicamos en primer lugar, a Dios, por darnos fuerza e inspirarnos para cumplir con nuestros objetivos profesionales; a nuestros padres, por su sacrificio, entrega y amor en estos años de formación. Gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí, es un orgullo y privilegio ser sus hijos.

Agradecemos a la Universidad de San Martín de Porres por darnos la oportunidad de formar parte de ella e inculcarnos la ética y valores necesarios para nuestra vida profesional; y a la empresa que nos brindó asesoramiento y toda la información necesaria para la realización de este trabajo de investigación.

RESUMEN

La presente investigación surge como respuesta ante el grave problema del desabastecimiento de agua en el centro poblado de San Miguel de Otopongo, donde a través de la recolección de datos de un estudio hidrogeológico, realizado en la zona y trabajos de perforación de un pozo tubular exploratorio, se logró reunir información de litológica y de la capacidad de explotación del acuífero en dicha zona. Mediante el uso de tablas y software especializados para el uso de testificación geofísica, se logró identificar posibles zonas para la perforación de un nuevo pozo tubular con las dimensiones propias para el requerimiento de la zona. Como parte del procedimiento de cálculo y diseño se logró esquematizar una secuencia para el correcto diseño de pozos tubulares, de la misma manera se pudo proyectar con éxito un pozo tubular de 70 metros de profundidad, con un diámetro de perforación de 18 pulgadas y equipándolo mediante una bomba sumergible con una potencia de 10 HP, logrando un caudal de 600 lt/s con el cual se garantizó el cumplimiento de su exigencia poblacional y agrícola, cumpliendo, de esta manera, el objetivo planteado al iniciar la investigación.

Palabras clave: Diseño de pozo, resistividad, dotación, acuífero

ABSTRACT

This present investigation surges as an answer to the serious problem of water shortage in the populated center of San Miguel de Otopongo, where through the recollection of dates from a hydrogeological study, made on the zone and borehole works from an exploratory bore well, it was achieved to gather lithological information and of the aquifer exploitation capacity in that zone. Through the use of boards and specialized software for the use of geophysics testification, it was achieved to identify possible zones for the borehole of a new bore well with the own dimensions for the need of the zone. As part of the calculation and design procedure, it was achieved to trace out a sequence for the correct design of bore wells, in the same way, it was achieved to develop with success a bore well of 70 meters deep with an 18 inch of drilling diameter and being equipped through a submersible pump with a 10HP of power, achieving a 600 lt/s flow in which, it was guaranteed the fulfillment of requirement of population and agricultural, fulfilling, the objective fulfilled at the beginning of this investigation.

Key words: Bore well design, resistivity, endowment, aquifer.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, las ciudades ubicadas en la costa peruana tienen graves problemas de desabastecimientos de agua potable, a esto se le suma la poca presencia de fuentes de captación de aguas superficiales debido al bajo porcentaje de lluvias en esta zona del país.

El centro poblado San Miguel de Otopongo se ubica en distrito de Paramonga provincia de Barranca perteneciente al departamento de Lima, debido a esto y a su lejanía de una ciudad, esta población presenta un gran problema por la falta del recurso hídrico, esta falta hace de agua en la población hace que se incremente los índices de pobreza debido a que la principal actividad económica en este lugar es la agricultura, es en tal sentido que surge la necesidad de la realización del presente trabajo de investigación.

La tesis se estructura en cinco capítulos. En el primero, se realiza la descripción de la actual problemática de la población, también se presentan los objetivos, justificación e importancia, alcances que tiene la investigación y limitaciones.

En el capítulo II, se definió cada uno de los términos de referencia y bases teóricas a utilizarse, en el presente estudio, además, se presentan antecedentes de investigación de similares características a la nuestra con el objetivo de contrastar resultados. En el tercero, se conceptualiza la metodología que se utilizó en el estudio.

En el cuarto, se expone el diseño de pozo tubular, para esto se utilizaron tablas y valores anteriormente descritos en las bases teóricas, también utilizaremos los datos recogidos durante la perforación de pozo SEV

-22 y se utilizó el método de testificación geofísica para la validación de los resultados y elección de lugares para la perforación.

En el quinto, se presenta la propuesta final con ayuda de los datos y valores obtenidos en el anterior capítulo. En el sexto, se discutieron los resultados obtenidos de los antecedentes de investigaciones pasadas.

Finalmente, se logró presentar la propuesta de diseño de pozo tubular acorde con los parámetros mínimos de diseño, estos a su vez, obtenidos al realizar con éxito la testificación geofísica de la zona, asegurando en todo momento mejorar la disponibilidad hídrica a través de la correcta captación de agua y consecuente con las necesidades de la población.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

En la actualidad, la demanda de agua potable se viene incrementando debido al crecimiento de la población. A esto se le suma que del total de agua en el mundo solo el 2% es apta para el consumo humano, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), “a nivel mundial, el Perú ocupa el 8vo puesto en el ranking de países con mayor cantidad de agua”.

En el Perú, existen áreas geográficas claramente identificadas la costa, la sierra y la selva, entre ellas se ubica la cordillera de Los Andes, una formación geológica que dificulta atravesar las zonas anteriormente mencionadas, la mayor cantidad de agua que se encuentra en el Perú. Se ubica en la selva y la mayor población se encuentra en la costa, debido a esto, durante años las principales obras de hidráulica tienen por objetivo llevar el excedente de agua de la sierra y selva hacia la costa.

Como todo fenómeno natural, las lluvias no son homogéneas, para ello, se utilizan registros históricos con los que se pueden establecer ciertos criterios que permiten determinar épocas de inundaciones o estiaje. Durante las épocas de inundaciones, la mayor cantidad de agua va directamente al océano y otro gran porcentaje queda almacenado en acuíferos al interior de las capas del subsuelo.

Los pozos tubulares son estructuras hidráulicas que permiten la captación de agua subterránea, en la costa, en la época de sequía se afecta gravemente la calidad de vida de los pobladores, que tienen como principal

fuentes de sustento económico, la ganadería, la agricultura y la pesca. Muchas de las empresas privadas que se ubican en la costa y se dedican a estas actividades, cuentan con pozos tubulares de grandes dimensiones, lo que les permite mantener sus actividades normales durante las épocas de inundaciones o sequía.

El centro poblado de San Miguel de Otopongo, se ubica en el distrito de Paramonga dentro de la provincia de Barranca. En tal sentido, durante la época de sequía su población se ve fuertemente afectada por la escasez de agua. Esta población cuenta con un pozo artesanal que tiene una antigüedad superior a los 20 años, cerca de esta población se ubican plantaciones de caña de azúcar propias de la empresa Agro Industrial Paramonga S.A.A. Esta empresa tiene gran interés en la zona debido a que se encuentra dentro del cauce del río Pativilca.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema principal

¿De qué manera la propuesta de diseño de pozo tubular influye en la disponibilidad hídrica ante el desabastecimiento de agua en el sector Otopongo - Barranca?

1.2.2 Problemas secundarios

a) ¿De qué manera el cálculo de dotación influye en la propuesta de diseño del pozo para incrementar la disponibilidad hídrica?

b) ¿De qué manera los datos obtenidos durante la perforación del pozo SEV – 22, influyen en la realización de la propuesta de diseño para el centro poblado San Miguel de Otopongo?

c) ¿De qué manera la identificación de lugares para perforación mediante el sondeo eléctrico influye en la propuesta de diseño del pozo para incrementar la disponibilidad hídrica?

d) ¿Cómo el dimensionamiento y equipamiento del pozo influye en la propuesta de incremento de disponibilidad hídrica en el diseño del pozo tubular?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general:

Presentar la propuesta del diseño de un pozo tubular mediante la realización de la testificación geofísica para identificar zonas de perforación para incrementar la disponibilidad hídrica en el sector de Otopongo – Barranca.

1.3.2 Objetivos específicos:

a) Determinar la dotación de agua requerida para la demanda poblacional con una proyección a 20 años para la propuesta de diseño de pozo tubular.

b) Procesar e interpretar los datos obtenidos durante la perforación del pozo SEV – 22, para utilizarlo en la propuesta de diseño.

c) Identificar lugares para perforación mediante la realización del sondaje eléctrico para determinar el perfil litológico en el área de perforación de pozo.

d) Calcular las dimensiones y equipamiento del pozo para una correcta captación de agua en la propuesta de diseño del pozo tubular.

1.4 Justificación e importancia

1.4.1 Justificación

Es importante resaltar que la construcción de pozos tubulares en la costa del Perú, es un método muy importante para la captación de agua subterránea, beneficiando de esta manera a poblaciones que no cuentan con fuentes hidrológicas cercanas. Por esta razón, el tener una propuesta de mejora de abastecimiento de agua mediante el diseño de un pozo tubular ayudaría a estimar costos de construcción, equipamiento y mantenimiento de un sistema de agua potable.

En tal sentido, el presente trabajo de investigación se justifica por el desabastecimiento de agua potable en el centro poblado San Miguel de Otopongo.

1.4.2 Importancia

La importancia de nuestra investigación está basada en presentar una propuesta de diseño de pozo tubular, donde se conozcan cada uno de los parámetros necesarios para la realización de este proyecto teniendo así una alternativa equilibrada para la mejora de la disponibilidad hídrica en el centro poblado San Miguel de Otopongo.

1.5 Alcances y limitaciones

1.5.1 Alcances

El presente trabajo de investigación tiene por alcance toda el área de Otopongo dentro del valle de Pativilca, debido a que el estudio hidrogeológico utilizado como base para esta tesis está centrada en el cauce del río Pativilca.

Cabe resaltar la importancia que tiene la realización de un diseño de pozo tubular para el uso poblacional y/o agrícola en la zona, ya mencionada, debido a la gran presencia de pequeños poblados y empresas agrícolas que podrían utilizar este diseño sin problema alguno.

1.5.2 Limitaciones

El área de estudio conocido como San Miguel de Otopongo, se encuentra alejado de la ciudad de Lima e incluso de la ciudad de Barranca, en tal sentido, una de las principales limitaciones que se tuvo para la presente investigación fue la lejanía de este lugar para la realización de los ensayos y pruebas de control realizados in situ.

Otra de las limitaciones que se tiene es la falta de información respecto a la dotación o consumo de agua por hectárea de sembrío de caña de azúcar.

1.6 Viabilidad

1.6.1 Viabilidad económica

El presente proyecto de investigación será viable económicamente, ya que todos los estudios y recolección de datos, requieren de poca inversión, esto debido a que se utilizó tablas y encuestas de elaboración de los autores.

Los datos obtenidos y el proceso de diseño de la propuesta fueron realizados íntegramente en gabinete.

1.6.2 Viabilidad técnica

La investigación es viable técnicamente porque se dispone de la información necesaria para la realización del diseño de un pozo tubular, actualmente se cuenta con un estudio hidrogeológico en la zona y también se realizaron pruebas de sondaje eléctrico en la zona.

De la misma manera, se cuenta con el apoyo de profesionales especialistas por parte de la empresa Constructores y Perforadores Contratistas S.A.C., que brindaron el asesoramiento necesario para la realización del diseño de pozo tubular y su respectivo presupuesto para la ejecución de la obra.

1.6.3 Viabilidad social

La investigación es viable socialmente por la alta necesidad de agua que existe en la zona. Actualmente, el centro poblado de San Miguel de Otopongo se viene abasteciendo de otras comunidades, lo que les ha causado malestar y déficit en la disponibilidad hídrica.

Los pobladores y sobre todo la junta directiva de la zona vienen colaborando con datos demográficos y datos de las obras realizadas en la zona (Tanque de almacenamiento, líneas de impulsión, pozo artesanal).

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Colon, K. & Mata, M. (2016). Propuesta para mejorar el abastecimiento de agua potable, en el sector los guayabitos del municipio Naguanagua mediante la incorporación de un pozo profundo (Tesis de pregrado). Universidad de Carabobo, Bárbula, Venezuela.

En Venezuela, la cantidad de recursos hídricos son abundantes, pero la falta de estructuras de almacenamiento de agua hace que durante las épocas de sequía muchas de las poblaciones se vean afectadas por la falta de este líquido elemento. La presente investigación se realizó en la zona de Carabobo, donde los autores realizaron censos poblacionales y confirmaron la necesidad, de que exista estructura de captación y almacenamiento de agua potable.

El objetivo principal de esta tesis es elaborar una propuesta para mejorar el abastecimiento de agua potable en el Sector de Los Guayabitos del Municipio Naguanagua mediante la incorporación de un pozo profundo.

Finalmente, se logró presentar una propuesta técnicamente factible de un pozo de 130 metros de profundidad con un diámetro de 10 plg., implementada con una tubería de impulsión de 4 plg. y equipada con una bomba sumergible de 20HP.

Concha, J. & Guillén, J. (2014). Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable (Caso: urbanización Valle Esmeralda, distrito Pueblo Nuevo, provincia y departamento de Ica) (Tesis de pregrado). Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú.

Debido a que Ica es una región altamente fértil de la costa, pero a la vez tiene mucha carencia de agua en su superficie, tiene un gran potencial de agua subterránea que puede ser extraída para diferentes fines.

En el proyecto, se define el punto de extracción de agua de la napa freática, pero exclusivamente con pozos tubulares para abastecer la demanda actual y futura de la población determinada de Valle Esmeralda.

La problemática principal es el desabastecimiento de agua en la población, debido a la sobreexplotación del agua en la zona y al crecimiento poblacional, ya que tenemos un sistema de agua muy antiguo y la demanda ha sobrepasado el caudal proporcionado.

Se utiliza el criterio de alta demanda – bajo costo en la construcción del sistema para obtener el agua potable. Para ello se utiliza un estudio de la zona con un pozo existente y se analiza el equipamiento, a la vez, de la construcción y mantenimiento para determinar su costo, duración y procedimiento, de esta manera se obtiene el agua subterránea mediante un pozo tubular para el consumo humano en la población.

Los estudios que se realizan son in situ, estos determinan si el pozo existente es apto para ser utilizado nuevamente y así acortar los costos de construcción, de esta manera, se garantiza un uso constante en un periodo de 15 años en funcionamiento constante.

El objetivo general de la tesis es encontrar un sistema de abastecimiento de agua para satisfacer la demanda actual y futura de la población.

Espinoza, D. (2008). Proyecto dotación de agua de pozo para consumo aplicado a la comunidad Manuel Caniulaf en el sector de Moltrohue

comuna de Nueva Imperial Novena Región (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

La investigación de la presente tesis se ubica en las zonas rurales de Chile, que debido a su situación socioeconómica y ubicación son los más afectados en épocas de sequía, por la falta de agua para realizar sus actividades. Los autores de la tesis también se enfocan en la dificultad que tienen los pobladores de estas zonas para conseguir agua apta para el consumo humano, lo que los lleva a consumir agua en estado natural viéndose afectados con problemas all sistema digestivo.

La lejanía de estas poblaciones también dificulta la realización de proyectos de agua potable en la zona.

El principal objetivo que se plantean los investigadores es diseñar un pozo para el abastecimiento de agua potable para la familia Huenuman de la comunidad Manuel Caniulaf en el sector de Moltrolhue, en el cual se propone el uso de la tecnológica alternativa de construcción de pozos profundos manualmente, con la finalidad de mejorar la calidad de vida, social y económicamente.

Al finalizar el trabajo de investigación, se logró proponer y diseñar un sistema de captación de agua subterránea acorde con las necesidades de la población, proponiendo para esto la perforación de un pozo tubular por el método de percusión. Además, se logró diseñar el trazo inicial para las tuberías de la red de agua potable.

Ibañez, J. & Sandoval, C. (2015). Diseño de sistemas de pozos para la captación de agua subterránea: caso de estudio La Mojana. (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.

Los autores de este trabajo explican que los principales problemas de falta de agua potable en la zona de Mojana, son la contaminación de este recurso por trabajos de explotación minera, además, del inapropiado manejo de las cuencas y finalmente, la problemática radica en la falta de un sistema apropiado de distribución de agua potable.

La región de La Mojana según estudio hidrológicos realizados por los autores, es una zona con abundante presencia de acuíferos subterráneos, es donde surge la necesidad de la captación del agua subterránea por medio de un sistema de pozos.

El objetivo principal del presente trabajo es realizar el diseño del sistema de pozos para la captación de agua subterránea en la zona de La Mojana.

Para concluir los autores presentaron el diseño preliminar de un pozo tubular, teniendo en cuenta la topografía y estudios hidrogeológicos realizados en la zona.

Jiménez, J. (2017). Abastecimiento de agua subterránea con fines de uso agrícola para el fundo la empedrada agroindustrial la punta S.A.C. – Huaura – Lima (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

El objetivo central del trabajo de investigación es de proponer las condiciones para el abastecimiento de agua que tiene como fin proveer de este recurso hídrico hacia la zona agrícola en el valle de Supe, en el sector de La Empedrada en Huaura, Lima. El abastecimiento de agua se logra mediante el uso de aguas subterráneas desde un acuífero de la zona mencionada.

El proceso consistió en realizar un estudio hidrogeológico en la zona para determinar la ubicación del pozo que se va a perforar y así garantizar el gran nivel del acuífero para la explotación del agua subterránea. Finalizada la ubicación óptima, se procedió a perforar el pozo para que durante esta etapa se evalúen los ensayos de rendimiento del pozo con prueba de bombeo y el análisis hidrogeoquímico del agua para fines de agricultura.

Estudiando todo esos datos se determinó que el área tiene condiciones favorables para la extracción del agua subterránea, y la información que se consiguió es que el pozo debe tener 80 metros de profundidad y una explotación de agua óptima de 50 l/s al conseguirse un abatimiento de 35.10 m. Después se procede a calcular la transmisividad y permeabilidad del pozo

para así concluir que es un buen punto de perforación para la captación de agua.

Además de esto, se determinó que el agua es potable según su análisis fisicoquímico.

López, C. (2012). Diseño de nuevo pozo y sistema de impulsión para el abastecimiento de agua potable al centro poblado La Muralla. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

La investigación detalla el diseño de un pozo para la impulsión de agua subterránea hacia un tanque elevado y así abastecer de agua potable a la población. La investigación requiere de un estudio de agua al valle de Huaura realizado en el año de 2005 que ayude a verificar las napas freáticas en la zona para que no haya incongruencias en el diseño presentado.

La justificación principal sería el problema de abastecimiento de agua potable en la zona, ya que no todos cuentan con un sistema de agua potable que satisface la demanda poblacional.

Se hace también un estudio de demanda de agua con la población, siendo este el principal motivo para diseñar el sistema con un tiempo de 20 años a futuro, ya que él se hace un índice de crecimiento poblacional.

Cabe mencionar que el objetivo principal del proyecto es la creación de un nuevo pozo y sistema de impulsión de agua potable para satisfacer la demanda poblacional a 20 años, el sistema tiene que ser de constante abastecimiento y calidad de agua, una línea de impulsión económica y de bajo costo de mantenimiento. Con ello se garantiza el propósito de la investigación y se aporta un sistema integral y mejorado de abastecimiento de agua potable a la zona del estudio.

Morales, J. & Nuñez, H. (2018). Estudio Hidrogeológico para la elección de los métodos constructivos en pozos de agua sector Manzuelo – Paramonga –Lima. (Tesis de pregrado). Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú.

El proyecto presentado surge de la necesidad de abastecer con agua potable el sector de Manzueto en Paramonga para las diferentes familias ubicadas en la zona las que tienen áreas de trabajo en la agricultura diariamente.

Sabemos que en la zona no existen muchos lugares con agua superficial, entonces se crea la opción de aguas subterráneas mediante pozos, para ello la investigación presentada nos ayuda a conocer el método constructivo adecuado a la zona para reducir contratiempos, procesos y costos mediante perforación.

Para saber todo acerca de la construcción de los pozos, se tienen que hacer estudios relacionados con el agua subterránea, por ende se requiere un estudio hidrogeológico para tomar esos indicadores y así desarrollar un proceso adecuado de construcción.

Con un estudio hidrogeológico se puede determinar la profundidad del nivel freático, pero esto no es suficiente. Por la misma razón, el mismo estudio también puede indicar que tipo de suelos tenemos y determinar el proceso constructivo adecuado para el pozo.

El objetivo central de la investigación es realizar un estudio hidrogeológico para saber la incidencia que tiene esta en la elección del método constructivo y así obtener una relación entre el método con los resultados del estudio.

La justificación del proyecto se crea de la necesidad de ayudar a futuras construcciones, en el Perú, en la elección del método constructivo de los pozos para la extracción de agua subterránea.

Solis, R. (2014). “Aprovechamiento de las fuentes de agua subterránea en la zona norte del cantón Balzar Guayas – Ecuador.” (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

El cantón Balzar se encuentra geográficamente ubicada en las riberas del río Daule, río que de acuerdo a estudios de análisis ambiental tiene cierto grado de contaminación. A esto se suma la falta de un apropiado sistema de

distribución de agua potable en la población. La principal actividad económica de los pobladores de la zona se enfoca en la agricultura y ganadería, actividades que se ven afectadas en la época de verano. Si bien es cierto, la población se encuentra ubicada próximo al río Daule, pero la gran parte de los terrenos y zonas de sembrío de los pobladores se encuentran alejados para realizar un correcto riego.

Al no disponer de una cantidad de agua apropiada en la época de verano, los agricultores de la zona cuentan únicamente con las lluvias de la época de invierno, pero a esto se le suma la falta de estructuras de captación de agua superficiales las cuales llegan a los ríos, sin tener un manejo apropiado de estos.

La presencia de lluvias en la zona y la cercanía a la cuenca del río Daule, hace factible la realización de una estructura de captación de agua subterránea, es entonces que el principal objetivo que se plantean los autores es: Estudiar la cantidad y calidad del agua subterránea en la zona norte del cantón Balzar de la provincia del Guayas, para establecer con prioridad, su potencial de riego y consumo humano, a fin de producir cosechas todo el año, incrementar áreas de cultivo y mejorar la calidad de vida de los moradores.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Diseño físico de pozos (Pozo tubular)

Aguilar (1996) indica que “El diseño de los pozos tubulares o tajo abierto están sustentadas en el conocimiento de las características hidrodinámicas del acuífero sobre el cual se construirá un pozo que permita prever de agua en términos económicamente rentables”, asimismo Aguilar (1996) menciona que “la decisión de perforar un pozo estará sujeto a los resultados obtenido en el estudio hidrogeológico, prueba de pozo, análisis de las características del material encontrado durante la perforación, análisis de la calidad de agua y finalmente el caudal máximo permisible a explotarse mediante el pozo sin que altere la condiciones medioambientales del acuífero y de su entorno.” (p.1)

Crear un pozo tubular surge de la necesidad de recurso hídrico la cual conlleva a buscar en el subsuelo al no encontrarla a nivel superficial, el punto más importante del diseño es ver la cantidad de agua que se busca extraer, es decir, el caudal que debemos de prever para una población determinada.

Para ello se deben de seguir algunos criterios a la hora de diseñar un pozo para explotar el recurso hídrico subterráneo, según la Comisión Nacional de Riego del Ministerio de Agricultura de Chile (2000) “nos consigna que se deben perseguir los siguientes objetivos:

- El mayor caudal con un mínimo abatimiento, en concordancia con las características del acuífero.
- El agua extraída debe carecer de partículas sólidas en suspensión o arenas
- La mayor vida útil para el pozo
- Costo de construcción y operación económicamente factible” (pag. 11)

Antes de definir los pasos del correcto diseño de un pozo, se necesitan definir los métodos de perforación de acuerdo con el tipo de litología que se presenta en el subsuelo. Cada método es referido a la facilidad con la que pueden extraer los materiales. Se tiene que elegir el tipo de perforación después del reconocimiento del terreno y el nivel del agua, la cual se puede hacer dentro del estudio hidrogeológico o en la diagrafía en un pozo cercano.

- a. Perforación a percusión:** Es un sistema de contrapeso por medio de una máquina de perforación con un cable de acero que soporta la carga, requiere de movimientos ascendentes y descendentes para que la pesada herramienta puesta en el extremo del cable perfora por golpe el suelo.
- b. Perforación a rotación:** Este utiliza una herramienta de rotación al final de la tubería o elemento pesado, también usa el mismo sistema de maquinaria que el de percusión, este tiene una cañería que extraer el material a medida que va perforando.

Según la escuela de organización industrial, en master de ingeniería y gestión del agua (2015) presenta un cuadro donde resume la selección del tipo de perforación que se debe de utilizar según la clase de litología que se tiene como material predominante:

Tabla 1. Procedimiento para selección de método de perforación

RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DEL MÉTODO DE PERFORACIÓN PARA CAPTACIONES HIDROGEOLÓGICAS				
DUREZA	EJEMPLO DE LITOLOGÍA	DIÁMETRO	CAPTACIÓN SUPERFICIAL (<100m)	CAPTACIÓN PROFUNDA
MUY DURA Resistencia a compresión >2.000 Kp/cm ²	Pizarras Cuarzitas Granitos Basaltos	Grande	X	X
		Pequeño (<300 mm)	RotoperCUSión con circulación directa	X
DURA Resistencia a compresión entre 800-2.000 Kp/cm ²	Calizas duras Areniscas duras	Grande	RotoperCUSión con circulación directa (¿inversa?)	RotoperCUSión con circulación inversa
		Pequeño (<300 mm)	RotoperCUSión con circulación directa	RotoperCUSión con circulación directa (¿inversa?)
MEDIA Resistencia a compresión entre 200-800 Kp/cm ²	Calizas Areniscas	Grande	RotoperCUSión con circulación directa (¿inversa?) ¿Rotación a circulación inversa?	RotoperCUSión con circulación Inversa ¿Rotación a circulación inversa?
		Pequeño (<300 mm)	RotoperCUSión con circulación directa ¿Rotación a circulación inversa?	RotoperCUSión con circulación directa (¿inversa?) ¿Rotación a circulación inversa?
BLANDA Resistencia a compresión < 200 Kp/cm ²	Arenas Limos Margas Arcillas	Grande	Pozos abierto Percusión Rotación a circulación inversa	Percusión Rotación a circulación inversa
		Pequeño (<300 mm)	Rotación a circulación inversa	Rotación a circulación inversa

Fuente: Escuela de organización industrial, en master de ingeniería y gestión del agua (2015)

Para un correcto diseño físico de un pozo tubular, según Aguilar (1996) “se tienen los siguientes factores:

1. Profundidad y diámetro del pozo
2. Longitud de entubación ciega
3. Necesidad o no de prefiltro (grava) y características
4. Diseño de rejilla o tubería filtro” (pag. 1)

1. Profundidad y diámetro del pozo

Según la Comisión Nacional de Riego del Ministerio de Agricultura de Chile (2000), menciona que es posible determinarlo a base de pozos cercanos a la zona ya que existen similitudes de acuíferos que determinan la cantidad de agua explotada o base de un estudio hidrogeológico. También se puede fijar la profundidad en base al espesor del acuífero, se recomienda siempre perforar hasta el piso del acuífero cuando es libre y si es confinado, atravesar todo el acuífero, pero existen excepciones cuando el acuífero es demasiado extenso, se perfora lo necesario.

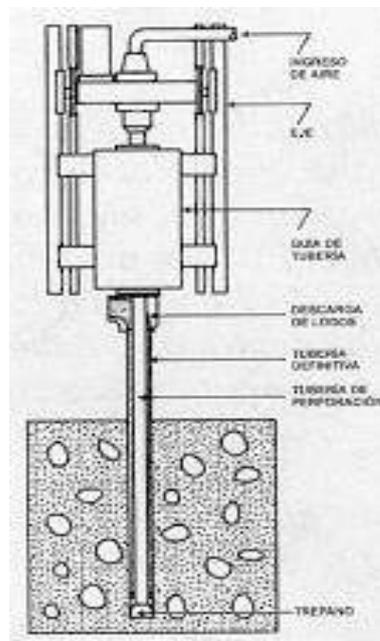


Figura 1. Sistema de perforación con roto percusión

Fuente Comisión Nacional de Riego del Ministerio de Agricultura de Chile (2000)

En cuanto al diámetro, en el libro de Aguilar (1996) se menciona acerca de la **tabla 2** donde relaciona el rendimiento del pozo con el diámetro de la bomba sumergible y el diámetro nominal que debe tener un pozo.

Tabla 2. Diámetro de pozos recomendados

Rendimiento del pozo Previsto (l/s)	Diámetro Nominal de la bomba (")	Diámetro óptimo de la entubación (")	Diámetro mínimo de la entubación (")
Menos de 6	4	6 DI	5 DI
5 a 11	5	8 DI	6 DI
10 a 25	6	10 DI	8 DI
22 a 41	8	12 DI	10 DI
40 a 57	10	14 DI	12 DI
53 a 82	12	16 DI	14 DE
75 a 114	14	20 DI	16 DE
100 a 190	16	24 DI	20 DE

DI = Diámetro Interno; DE = Diámetro Externo

Fuente: E.E. Johnson (1966)

Tenemos que saber que el diámetro del pozo puede variar de acuerdo con el método de perforación y respecto al tipo de tubería filtro se necesite en el transcurso de diseñar el modelo de abertura de rejilla.

Longitud de la entubación ciega

La longitud de la tubería ciega, según la Comisión Nacional de Riego del Ministerio de Agricultura de Chile (2000) debe de tener como criterio el tipo de suelo y su empuje en el tramo, también la presión hidrostática del acuífero. Si en caso cumplan con los requerimientos estructural e hidráulico, se debe de ingresar la tubería ciega dependiendo el nivel de tubería filtro que se utilizara en todo el pozo, estas deben quedar alineadas y verticales.

Cabe mencionar que las tuberías ingresadas se deben ajustar a las normas ASTM-53, ASTM-120 y API en caso de ser de acero. También deben de llegar hasta el nivel de abatimiento del pozo ya que desde ahí se ingresa la tubería filtro.

Necesidad o no de prefiltro (grava) y características

La grava se ingresa entre la tubería ciega y la pared desnuda del pozo para retener todos los materiales finos en lo que se pueda, esto es esencial ya que no queremos que ingrese en la máquina de bombeo sumergido y así se pueda tener una vida útil mayor.

Aguilar (1996) menciona los criterios de diseño del prefiltro y si es necesario o no en ciertos casos de acuerdo con el coeficiente de uniformidad

de la granulometría que se hace del subsuelo (Figura), y solo se recomienda su uso en los siguientes casos:

- a) Tamaño de grano uniforme y acuífero de arenas finas
- b) Formaciones muy estratificadas con capas alternadas
- c) Acuíferos de aguas muy incrustantes

Tabla 3. Tamaño de mallas usadas para análisis granulométrico

Malla Número	Abertura	
	mm	Pulgadas
4	4.76	0.187
6	3.36	0.132
10	2.00	0.079
14	1.41	0.056
20	0.84	0.033
25	0.71	0.028
30	0.59	0.023
40	0.42	0.017
60	0.25	0.010
100	0.149	0.006
200	0.074	0.003

Fuente: Aguilar (1996)

El coeficiente de uniformidad (C_u) se determina dividiendo el diámetro de abertura cuando el material pasante es el 60% (D_{60}) entre el diámetro de abertura cuando el material pasante es el 10% (D_{10}) y se representa en la siguiente ecuación:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Solamente se considera que existe necesidad de prefiltro o no cuando:

- ✓ Los materiales tienen $Cu < 3$ y $D_{10} \leq 0.25$ mm.
- ✓ $D_{10} \leq 2.5$ y $Cu \leq 2.5$, no hay necesidad de prefiltro si:
 - $D_{10} < 2.5$ y $Cu \leq 5$,
 - $D_{10} \geq 2.5$ y $Cu > 2.5$

Por eso se llega a la conclusión de que se necesita un análisis granulométrico de las capas litológicas en la zona, las cuales ayudan a tener un tipo de suelo más incidente a la hora de diseñar el prefiltro.

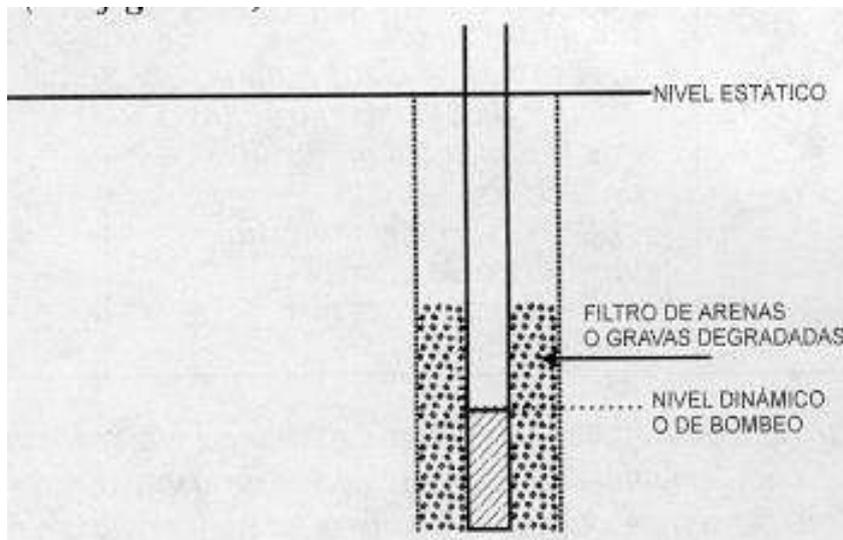


Figura 2. Ejemplo de filtro de gravas

Fuente: Comisión Nacional de Riego del Ministerio de Agricultura de Chile (2000).

Una vez obtenido el coeficiente de uniformidad, se procede a determinar el diámetro de la grava junto al tamaño ranurado de la rejilla de tubería filtro que después se verá:

Tabla 4. Criterios para la selección de diámetro mínimo del prefiltro

Coefficiente de uniformidad CU	Criterios de selección para el Filtro de grava	Tamaño ranurado de la rejilla
< 2.5	<p>a) CU entre 1 y 2.5 con un 50% del tamaño no mayor que 6 veces el 50% del tamaño del material de la formación acuífera.</p> <p>b) Si (a) no estuviera disponible, CU entre 2.5 y 5 con un 50% del tamaño no mayor que 9 veces el 50% del tamaño del material de la formación acuífera.</p>	≤ 10% del tamaño de grano acumulado del filtro de gravas
2.5 – 5	<p>a) CU entre 1 y 2.5 con un 50% del tamaño no mayor que 9 veces el 50% del tamaño del material de la formación.</p> <p>b) Si (a) no estuviera disponible, CU entre 2.5 y 5 con un 50% del tamaño no mayor que 12 veces el 50% del tamaño del material de la formación acuífera.</p>	≤10% del tamaño de grano acumulado del filtro de gravas
> 5	<p>a) Del análisis granulométrico, el 30% de tamaño de grano acumulado multiplicarlo por 6 y 9 localizando los dos puntos en el gráfico sobre una línea horizontal.</p> <p>b) A través de estos puntos dibujar dos líneas paralelas que representen materiales de $CU \leq 2.5$</p> <p>c) Seleccionar el material para filtro de gravas que se encuentra entre ambas líneas</p>	≤10% del tamaño de grano acumulado del filtro de gravas

Fuente Comisión Nacional de Riego del Ministerio de Agricultura de Chile (2000)

En cuanto al espesor del prefiltro, la misma comisión determina que se deben tomar espesores entre 3” y 8”, pero recomienda el de 3” debido a que esta evita punteos en el momento de la colocación.

Según el ingeniero mexicano Vicente Vargas (1976) citado por Oscar Reckmann en “Pozos Profundos” (2000, p. 31) sugiere respecto al diámetro de la abertura del prefiltro lo siguiente: “cualquier clase de materiales, por finos que sean, se pueden controlar con un filtro constituido por grava graduada, con partículas limitadas entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro”. Por ello solo es necesario escoger entre esos dos diámetros comerciales para garantizar el no ingreso de materiales finos al sector de la bomba sumergible.

2. Diseño de rejilla o tubería filtro

Se menciona en la Comisión Nacional de Riego del Ministerio de Agricultura de Chile (2000) que las aberturas de la tubería ranurada van de acuerdo con la velocidad de infiltración (Tabla 5) que tiene el acuífero a la hora de volver a llenar el pozo. Por ello para un caudal de bombeo que se tiene se debe de obtener un área abierta de toda la rejilla (figura 3), la cual rige para todo el tramo necesario de filtro que se necesita, entonces a mayor sea la abertura de rejilla es mayor la infiltración de agua al pozo.

Tabla 5. Velocidades Óptimas De Paso De Agua Por La Rejilla

K, m/día	Velocidad de entrada, cm/s
< 20	1,0
20	1,5
40	2,0
80	3,0
120	4,0
160	4,5
200	5,0
240	5,5
> 240	6,0

Fuente: Aguilar (1996)

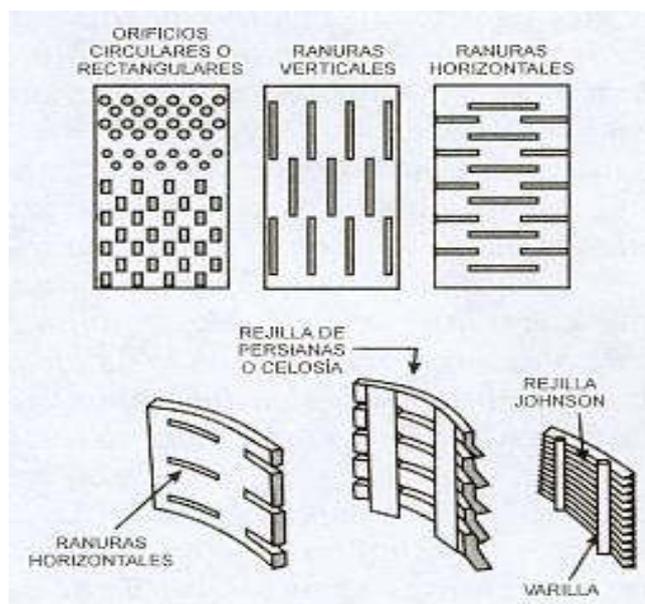


Figura 3. Tipos de perforación o ranurados de la tubería

Fuente: Comisión Nacional de Riego del Ministerio de Agricultura de Chile (2000)

Después de tener el caudal y la velocidad, se determina el área de abertura que debe tener la rejilla para poder ingresar dicho caudal y su ecuación es:

$$Q = A * V$$

Donde:

Q (m³/s) = Caudal.

V (m/s) = Velocidad de infiltración o entrada.

A (m²) = Área de infiltración o ingreso

Después de obtener el área de infiltración en el pozo, se procede a determinar el área de infiltración mínima total por metro lineal en la tubería (f), esto va de acuerdo a la profundidad del acuífero hasta donde llega el abatimiento del pozo, usando la siguiente ecuación:

$$f = \frac{A}{H} \dots\dots\dots \text{Ec. de área de infiltración}$$

Donde:

f (m²/ml) = Área de infiltración por metro lineal

A (m²) = Área de infiltración o ingreso

H (ml) = Altura de acuífero

Esta información se debe contrarrestar con el diseño de rejillas en el mercado actual, como lo es en este caso ELEMSA, la empresa que se encargó de determinar el tipo de abertura con el diámetro de tubería filtro la cual se muestra en la figura:

Tabla 6. Área de infiltración según diámetro de tubería

AREA DE INFILTRACION EN CM2 /M.L					
CANASTILLA VERTICAL					
DIAMETRO Y ESPESOR (pulg)	PESO POR METRO L.	No. Ran.	ABERTURA DE LA RANURA		
			1mm.	2mm.	3mm.
8 5/8 x 3/16	25.2 Kg	608	316	608	985
1/4	34.3 Kg.	608	316	608	985
10 3/4 x 3/16	31.9 Kg.	752	391	752	1218
1/4	42.6 Kg.	752	391	752	1218
12 3/4 x 1/4	50.7 Kg.	912	474	912	1477
5/16	61.7 Kg.	912	474	912	1477
14 x 1/4	55.7 Kg.	992	515	992	1607
5/16	69.8 Kg.	992	515	992	1607
16 x 1/4	64.3 Kg.	1104	574	1104	1768
5/16	80.9 Kg.	1104	574	1104	1768
18 x 1/4	72.3 Kg.	1280	665	1280	2073
5/16	91.5 Kg.	1280	665	1280	2073
20 x 1/4	80.6 Kg.	1424	740	1424	2305
5/16	101.9 Kg.	1424	740	1424	2305
22 x 1/4	68.1 Kg.	1584	823	1584	2566
5/16	110.8 Kg.	1584	823	1584	2566
24 x 1/4	95.5 Kg.	1728	898	1728	2799
5/16	120.9 Kg.	1728	898	1728	2799

Fuente : ELEMESA

Elaboración : Los autores

Finalmente debe cumplir con la siguiente condición, que el área de abertura por metro lineal hallado desde el cuadro de ELEMESA debe de ser mayor o igual al área de abertura mínima total determinado con la formula (f). Siendo este el punto máximo de criterio de aberturas, también se debe de cumplir lo mismo en el caso del diámetro de la tubería.

Una vez obtenidos todos los datos, se procede a determinar la longitud total de la tubería filtro con la siguiente ecuación:

$$L = \frac{Q}{A_0 V_p}$$

Donde:

Q = caudal en m³/s

V_p = velocidad óptima de entrada m/s

A_o = área abierta en m²/m de longitud de rejilla

Se debe contrarrestar con el cuadro que muestra Aguilar (1996) en su tabla para el correcto diseño de longitud de tubería filtro desde la siguiente tabla:

Tabla 7. Ubicación del filtro en distintos tipos de acuíferos

TIPOS DE ACUIFEROS	PORCENTAJE DE FILTRO DEL ESPESOR DEL	UBICACIÓN DEL FILTRO EN EL ACUIFERO	DISTRIBUCION DEL FILTRO EN LA COLUMNA
No confinado o libre, homogéneo	33%	Tercio inferior del acuífero	Un solo tramo, aberturas uniformes
No confinado o libre, no homogéneo	33 - 50 %	Sector inferior del estrato más permeable	Un solo tramo. Distintas aberturas según granulometría de los estratos
Confinado artesiano, homogéneo	50 - 80 % menor porcentaje en espesores de 4 a 8 m; mayor porcentaje en espesores mayores de 20 m.	Centro del acuífero	Columna continua en el centro del acuífero
Confinado artesiano, no homogéneo		Centro del estrato más permeable	Columna discontinua en todo el espesor del acuífero
			Continuo o discontinuo; idem acuífero homogéneo
			Distintas aberturas según granulometría del acuífero

Fuente : Aguilar (1996)

Elaboración : Los autores

A la vez, se considera el tipo del material de la tubería filtro de acuerdo con las necesidades de la población o requerimientos de la zona con la siguiente tabla:

Tabla 8. Material de filtros índices de costos y usos

Metal o aleación	Composición	Índice de Costo	Recomendación de uso según composición y empleo del agua
Acero	99.3/99.7 % Fe; 0.08/0.15 C; 0.20/0.50 Mn (Galvanizado)	100	Para aguas que no son corrosivas ni incrustantes
Hierro "ARMCO"	99.8 % Fe (doblemente galvanizado)	120	Para aguas relativamente neutras. Se usa para irrigación
Laton Cobreado Silícico	83 % Cu 15 % Zi 1 % SiO ₂	180	Para aguas de alta dureza, alto contenido en cloruro de sodio y hierro. Resistente al tratamiento con ácido. Empleado en pozos municipales e industriales
Acero Inoxidable	74 % acero 18 % Cr 8 % Ni	200	Para aguas con sulfuro de hidrógeno, oxígeno disuelto, dióxido de carbono o bacterias ferruginosas. Para pozos municipales e industriales
"Everdur" Johnson	96 % Cu 3 % SiO ₂ 1 % Mn	200	Para agua con dureza total muy alta y mucho cloruro de sodio (sin O ₂), mucho Fe. Resistente al tratamiento con ácido. Para pozos municipales e industriales
Super Niquel	70 % Cu 30 % Ni	240	Agua con mucho cloruro de sodio. No se usa en pozos para agua potable.
Monel	70 % Cu 30 % Ni	300	Agua salada; gran cantidad de cloruro de sodio con oxígeno disuelto. No se usa en pozos para agua potable.

Fuente: Aguilar (1996)

2.2.2 Testificación geofísica en sondeos

La testificación geofísica son estudios que se realizan en relación con la hidrogeología en tal sentido Morales & Nuñez (2018) mencionan que "Para la ubicación y posterior explotación de acuífero subterráneo, el sondaje eléctrico forma parte importante de la testificación geofísica y tiene por finalidad detectar y localizar cuerpos y estructuras geológicas basándose en su contraste resistivo". (p.14)

Cruz (1997) citado por López, D. (2013, p.19) manifiesta que "En el pasado, con anterioridad a la invención de los registros geofísicos de pozos, prácticamente la única manera de las propiedades fundamentales de las rocas, era mediante la inspección y análisis directo de las rocas cortadas por las barrenas y pruebas de formación". (p.19)

En la actualidad, los ensayos para determinar las propiedades físicas de los materiales que componen los diferentes tipos de estratos en un

terreno natural, han pasado a realizarse íntegramente a través de la interpretación de los registros geofísicos.

Según López, D. (2013), menciona que “la testificación geofísica se puede agrupar en los siguientes tipos:

- Eléctricas: Miden el potencial espontáneo, la resistividad de la formación, la resistividad del fluido de perforación y la temperatura.
- Radiactivas: Miden los de rayos gamma, de neutrones y de densidad.” (p.21)

2.2.1.1 Potencial espontáneo

El potencial espontáneo es parte de la testificación geofísica de la clase eléctrica, según López (2013), “Es un registro que mide los potenciales eléctricos, debidos a causas naturales, de los materiales atravesados. Se basa en la diferencia de potencial existente entre un electrodo móvil que se va desplazando por el interior del pozo o sondeo y un electrodo fijo que permanece en la superficie (electrodo de tierra)”. (p.20)

También de la misma manera, López (2013) indica que “el los principales usos que se le puede dar al potencial espontáneo son:

- Detectar capas permeables (solo una indicación cualitativa).
- Determinar R_w , resistividad del agua de formación,
- Obtener una indicación de volumen de arcilla en una zona.
- Indicar el ambiente de deposición” (p.20)

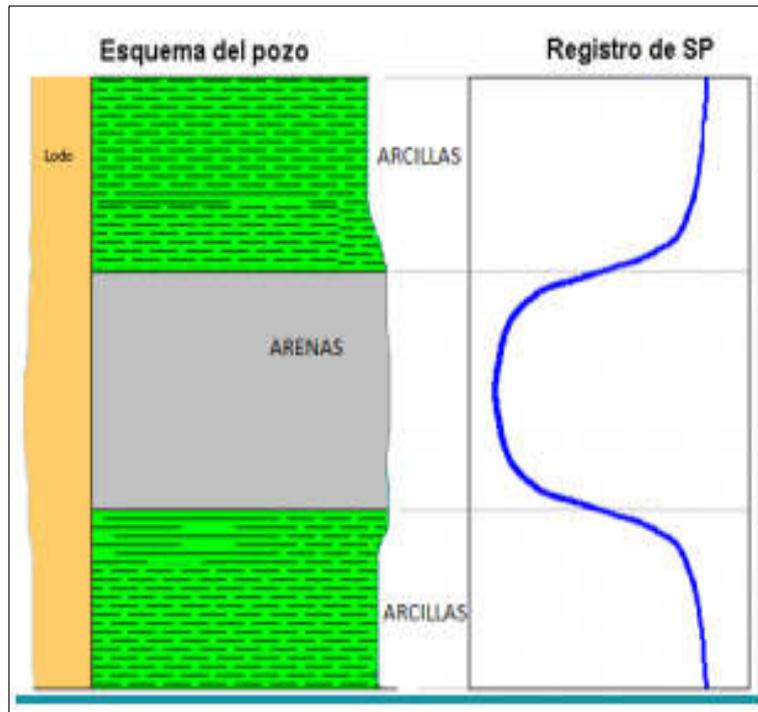


Figura 4. Esquema potencial espontáneo

Fuente: Ficha técnica QL40-ELOG/IP,

2.2.1.2 Resistividad de formación

Según López (2013), “La resistividad de una formación m , es la resistencia en ohmios de un cubo de un metro de lado cuando la corriente fluye entre caras opuestas del mismo”. (p.21).

Esta propiedad del suelo depende de muchas variables que en conjunto componen el total de la masa. Estas propiedades son:

- Tipo y nivel de porosidad
- Condición de la naturaleza del Terreno
- Resistividad del fluido en el interior de las cavidades

Es debido a esta cantidad de variable que López (2013), indica que la resistividad en una formación “Es una propiedad anisótropa debido a que las rocas presentan planos de estratificación y otras discontinuidades que crean direcciones preferenciales en la circulación de los fluidos y en el paso de la corriente”. (p.21).

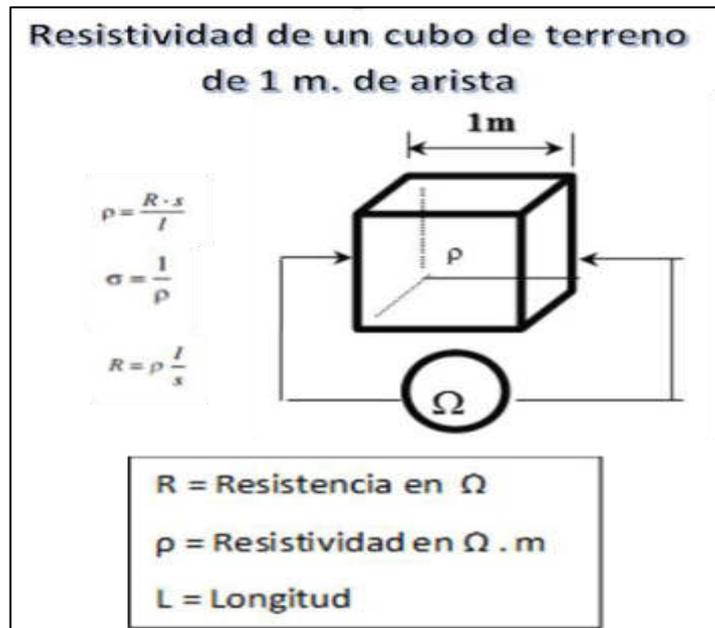


Figura 5. Resistividad de un cubo

Fuente: OSINERMIG

En consecuencia, López (2013) define que “a mayor porosidad total, y por tanto, mayor contenido en agua, menor resistividad. El aumento de salinidad del agua de formación también disminuye la resistividad”. (p.21).

Tabla 9. Resistividad por naturaleza del terreno

NATURALEZA DEL TERRENO	RESISTIVIDAD $\Omega - m$
Terrenos pantanosos	De algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silicea	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800

Fuente: J.L Astier (1975).

2.2.1.3 Resistividad del fluido

Cruz (1997) citado por López, D. (2013, p.22) menciona que la resistividad del fluido es esencial si el objetivo es determinar el contenido de sales presentes de manera disuelta, de la misma manera también es muy importante las condiciones en las que se desarrolla esta medición, ya que un nivel inusual de precipitaciones en la zona podría alterar los resultados.

En tal sentido, López (2013) indica que “Si las circunstancias en las que se efectúa la medida son adecuadas, se podrá conocer la calidad del agua de los acuíferos atravesados por el sondeo en un momento dado, así como su evolución en el tiempo”. (p.22).

También es importante saber que este tipo de resistividad trabaja en conjunto con otros registros lo que permite detectar áreas con presencia de acuíferos.

- ***Interpretación cuantitativa de los perfiles de resistividad***

González (2012) indica que “Los registros de resistividad permiten determinar el factor de formación, F, que se define como la relación que existe entre la resistividad de una roca y el fluido que alberga en sus poros”. (p. 23).

$$F = \frac{R_o}{R_w} = \frac{R_{xo}}{R_{mf}}$$

Donde:

R_o: Es la resistividad de una formación limpia (aquella que no contiene arcilla en una cantidad apreciable).

R_w: Resistividad de la solución con la cual está saturada la formación. F: constante de proporcionalidad.

F: constante de proporcionalidad.

Se indica que, cuando el contenido de agua en la muestra se igual al 100%, los valores en la formación R_t será igual a R_o de la resistividad en la formación.

2.2.1.4 Registros rayos gamma

Gonzales (2012) citado por López, D. (2013, p.23) indica que registro de rayos gamma es una medición de la radiactividad natural de las formaciones, siempre y cuando en este lugar no existen isótopos de la familia del Uranio, la radiación gamma se basa principalmente al isótopo radiactivo del Potasio que es el Potasio 40. Este componente se concentra en mayor cantidad en las arcillas por lo que las formaciones con alto contenido en estos elementos serán las que den valores más altos de radiactividad natural.

Sin embargo, una arena puede dar un pico alto de radiación gamma si contiene feldespatos potásicos, micas, glauconita o minerales del Uranio.

De acuerdo con esto el objetivo principal de la realización de sondeo por rayos gamma es la cuantificación de la información de las diferentes capas de los subsuelos, esto a su vez permite desarrollar planos y cortes estratigráficos, desde un punto de vista cuantitativo, donde se puede lograr determinar el porcentaje de arcilla en cada punto.

2.2.3 Crecimiento poblacional

El crecimiento poblacional comprende la variación cuantitativa de un determinado grupo de individuos de una población en un determinado espacio de tiempo, en tal sentido Torres (2011) indica que “El crecimiento poblacional sigue cierto patrón preestablecido, a raíz de una tasa de crecimiento observado”. (p.144)

De la misma manera, se indica que una población puede crecer, mantenerse constante o disminuir, dependiendo de diferentes factores presentes en su entorno, tales como alimentación, educación, actividades socioeconómicas, etc.

Los cálculos más utilizados en la demografía según Torres (2011) son “los que parten de tres modelos matemáticos básicos los cuales son:

- Aritmético
- Geométrico
- Exponencial” (p.144)

2.2.3.1 Método aritmético

También conocido como crecimiento lineal, es un modelo matemático de crecimiento simple, es decir se asume que la población estudiada crece una cantidad en cada unidad de tiempo, de acuerdo a Torres (2011) “esta modelo solo es aconsejable en periodos cortos de tiempo”. (p.147).

Por otra parte, Ríos (2013) indica que “Desde el punto de vista analítico implica incrementos absolutos constantes lo que demográficamente no se cumple ya que por lo general las poblaciones no aumentan numéricamente sus efectivos en la misma magnitud a lo largo del tiempo”. (p.2). El modelo matemático que expresa este método es la siguiente ecuación.

$$Pd = Pa + r.t$$

Donde: Pd = Población de diseño (hab.)
Pa = Población actual (hab.)
r = Tasa de crecimiento (hab./año)
t = Período de diseño (años)

También la tasa de crecimiento será igual a:

$$r = \frac{P^{t+n} - P^t}{a(P^t)}$$

P^{t+n} Población al momento actual.

P^t Población al momento inicial o población base o población inicial.

a La amplitud o distancia en tiempo entre las dos poblaciones de referencia.

2.2.3.2 Método geométrico

Generalmente, conocido como el método de interés compuesto según Torres (2011) “La tasa de crecimiento utilizada en este método se mantiene constante por unidad de tiempo y no el monto (cantidad) por unidad de tiempo, por lo tanto, se puede usar para períodos largos”. (p.149).

De la misma manera, Ríos (2013) indica que “A medida que el periodo de tiempo utilizado en este modelo sea menor, la curva que resulte será muy similar a la curva del método aritmético, mientras que si el espacio de tiempo es mayor el porcentaje de crecimiento será mayor”. (p.3). Como se observa en la siguiente ecuación.

$$Pd = Pa(1+r)^t$$

Donde: Pd = Población de diseño (hab.)
Pa = Población actual (hab.)
r = Tasa de crecimiento anual
t = Período de diseño (años)

La tasa de crecimiento para este método será igual a:

$$r = \left(\frac{P^{t+n}}{P^t} \right)^{1/a} - 1$$

P^{t+n} Población al momento actual.

P^t Población al momento inicial o población base o población inicial.

a La amplitud o distancia en tiempo entre las dos poblaciones de referencia.

2.2.3.3 Método exponencial

De acuerdo con Torres (2011) “El modelo exponencial supone que el crecimiento de la población estudiada se produce en forma continua y no cada unidad de tiempo, como en el método geométrico”. (p.152). Sin embargo, estos dos modelos matemáticos tienden a arrojar similares

resultados en tal sentido es importante saber que según Rios (2013) “El método exponencial no se recomienda para periodos tiempo cortos, debido a que los resultados se aproximarían al método geométrico”. (p.3).

La fórmula matemática que se utiliza para este método es la siguiente:

$$Pd = Pa.e^{k.t}$$

Pd = Población de diseño (hab.)
 Pa = Población actual (hab.)
 k = Constante
 t = Período de diseño (años)

El método experimental contempla el uso de la constante K, la cual será igual a:

$$k = \frac{\ln P^{t+n} - \ln P^t}{a}$$

k : Constante
 P^{t+n} : Población presente
 P^t : Población base o población inicial
 a : amplitud o distancia entre dos poblaciones de referencia

2.2 Términos básicos

2.3.1 Altura dinámica total

Cuantifica cada uno de los accesorios y geometría que tendrá que superar el líquido, mientras sea impulsado mediante un sistema de bombeo, teóricamente este valor viene expresado de la ecuación de Bernoulli.

$$H_{dt} = H_e + H_f + H_c$$

H_e : Altura estática

H_f : Pérdida de carga

H_c : Energía cinética

Se conoce como altura estática a diferencia de cotas entre los puntos de captación y altura máxima de bombeo.

La pérdida de carga contemplada en la fórmula, se refiere a cada uno de los accesorios y longitud de tubería presente en la instalación del equipo de bombeo y línea de conducción; en este caso, se utiliza la fórmula de Hazen Williams que se muestra para pérdidas de carga por tubería de conducción:

$$h = 10.674 \times \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} \times D^{4.781}} \times L$$

Q : Caudal (m³/seg)

C : Coeficiente de Hazen Williams

D : Diámetro interno

L : Longitud equivalente de tubería

La energía cinética está en función de la velocidad que el agua circula.

$$H_c = \frac{V^2}{2g}$$

V : Velocidad de flujo (m/seg)

g : Aceleración de la gravedad (m/seg²)

2.3.1 Área de infiltración de tubería filtro

Es el área por el cual, el agua subterránea propia del acuífero ingresa al interior del pozo, esta área está en función de la cantidad y tipo de aberturas que el tipo de tubería a utilizar tenga por metro lineal. Como valor predeterminado se tiene el catálogo de la empresa ELEMSA, empresa especializada en la fabricación de tuberías filtro para pozos tubulares.

2.3.2 Acuíferos

Se denomina acuífero a un almacén de tipo geológico, los suelos en este caso, se encuentran completamente saturados o con altos porcentajes de saturación.

De existir material de tipo impermeable entre el acuífero y la superficie de terreno natural, se denomina acuífero confinado, artesiano o brotante, y generalmente la presión, en este punto es mayor al atmosférico.

Otro tipo de acuífero será el denominado acuífero libre o freático, será igual a un volumen de agua bajo una capa de material filtrante o de tipo permeable.

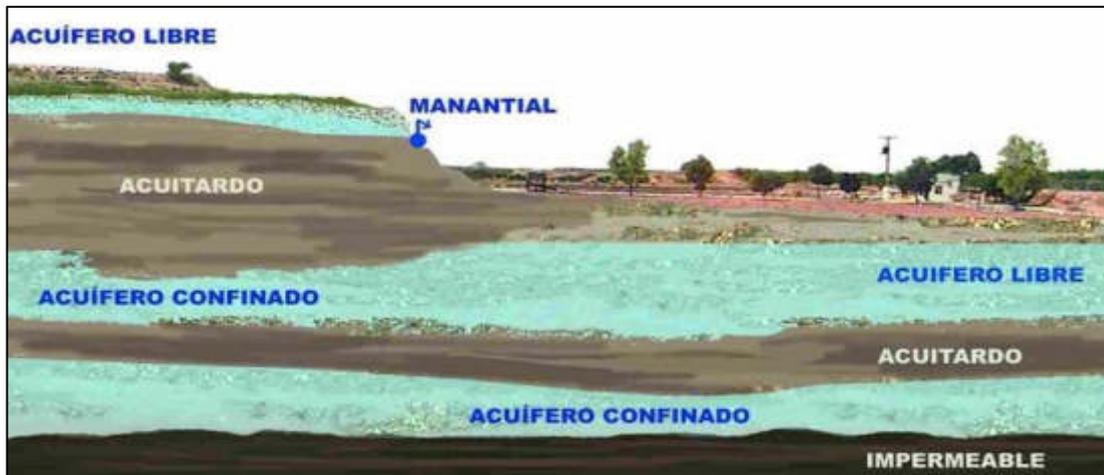


Figura 6. Tipos de acuífero

Fuente: GEOLOGIA (2012).

2.3.3 Estratigrafía

Corresponde al gráfico cualitativo que indica las diferentes profundidades y tipo de materiales que se encuentran a medida que se profundizan los trabajos de perforación.

2.3.4 Permeabilidad

También conocida como conductividad hidráulica (K), se denomina conductividad a la propiedad hidráulica que cuantifica el volumen de agua que circula a través de una sección de suelo también unitario, está medido en unidades de longitud por unidad de tiempo.

$$K = \frac{T}{b}$$

T: Transmisividad
b: Espesor de acuífero

Tabla 10. Valores de permeabilidad

Grado de permeabilidad	Conductividad hidráulica (cm/s)
Elevada	Superior a 10^{-1}
Media	10^{-1} a 10^{-3}
Baja	10^{-3} a 10^{-5}
Muy baja	10^{-5} a 10^{-7}
Prácticamente impermeable	Menor a 10^{-3}

Fuente: Whitlow (1994).

2.3.5 Espesor del acuífero

Es igual a la diferencia de niveles entre el fondo de perforación o nivel impermeable y el nivel estático esto para el caso de acuíferos no confinados, por otra parte los acuíferos confinados serán medidos entre los estratos impermeables que los encierran.

2.3.6 Transmisividad

Se reconoce como Transmisividad al caudal que atraviesa por una sección de área unitaria, las dimensiones en este caso son longitud²/ tiempo.

$$T = \frac{0.183 \times Q}{\Delta d}$$

Q: Caudal de bombeo
 Δd : Pendiente de curva

Tabla 11. Valores de transmisividad

T (m ² /día)	Calificación estimativa	Posibilidades del acuífero
T<10	Muy baja	Pozos de menos de 1 l/s con 10 m de depresión teórica.
10<T<100	Baja	Pozo entre 1 y 10 l/s con 10 m de depresión teórica.
100<T<500	Media a alta	Pozo entre 10 y 50 l/s con 10 m de depresión teórica.
500<T<1000	Alta	Pozo entre 50 y 100 l/s con 10 m de depresión teórica.
T>1000	Muy alta	Pozos superiores a 100 l/s con 10 m de depresión teórica.

Fuente: Villanueva, M & Iglesias, A (1984).

2.3.7 Pozo u obra de captación

Cualquier obra, sistema, proceso, artefacto o combinación, construidos por el hombre con el fin principal o incidental de extraer agua subterránea.

2.3.8 Pozo tubular

Pozo de diámetro reducido, perforado con un equipo especializado.

2.3 Formulación de hipótesis

2.4.1 Hipótesis general:

El diseño del pozo tubular mediante la realización del sondeo eléctrico vertical contribuye en la propuesta de mejora de la disponibilidad del recurso hídrico en el sector de Otopongo

2.4.2 Hipótesis específicas:

a) El cálculo de dotación contribuye en la propuesta de mejora del abastecimiento de agua potable mediante el diseño de un pozo tubular.

b) Los datos obtenidos durante la perforación del SEV – 22, influyen en la realización de la propuesta de diseño para el centro poblado San Miguel de Otopongo.

c) La ubicación de posibles lugares para la perforación mediante la realización del sondaje eléctrico vertical contribuye en la propuesta de mejora del abastecimiento de agua potable mediante el diseño de un pozo tubular.

d) El cálculo dimensional y del equipo necesario para el pozo contribuye en la propuesta de mejora del abastecimiento de agua potable mediante el diseño de un pozo tubular

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Tipología

3.1.1 Tipo de investigación

- **La orientación de la investigación es aplicada** porque se buscó determinar los parámetros más óptimos teniendo como base estudios hidrogeológicos de la zona para el correcto diseño de un pozo tubular y de esta manera presentar una propuesta de mejora de la disponibilidad hídrica del centro poblado San Miguel de Otopongo.
- **Enfoque cuantitativo** para la presente investigación se utilizó secuencias de diseño, partiendo desde la obtención de datos e índices poblacionales de la zona, la misma manera se realizó pruebas in situ para determinar la litología de la zona y calidad de los acuíferos subterráneos.
- **La investigación es de tipo prolectiva** la base de datos utilizada en la presente investigación, han sido recolectadas durante la realización de la misma. Todos los valores utilizados fueron obtenidos por los investigadores mediante trabajo de campo y gabinete.

- Tipo descriptivo la investigación se centró en demostrar que mediante el diseño de un pozo tubular, se proponga la mejora del sistema de abastecimiento de agua potable.

3.1.2 Nivel de investigación

- Descriptiva mediante la presente investigación se buscó describir las características actuales de la zona de estudio y mediante cálculos y el uso de tablas referenciales se buscó proponer un diseño de pozo tubular para la zona de San Miguel de Otopongo.

3.1.3 Diseño de la investigación

- **Observacional** se determinó la relación que existe entre el diseño de un pozo tubular y su influencia en la propuesta de mejora del sistema de abastecimiento de agua potable.
- **Transversal** los ensayos y estudios realizados en la zona, recopilan información en un solo instante, ya que al ser formaciones naturales estas se mantendrá inalterables hasta que algún fenómeno natural afecte el área.
- **Prospectivo** las mediciones realizadas en el proceso son administradas por los propios investigadores, manteniendo el control de la investigación.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población:

La presente investigación toma como población al sector Otopongo, perteneciente al distrito de Paramonga, ya que los estudios serán realizados dentro de esta zona, de la misma manera, los pobladores serán los principales beneficiarios del proyecto.

3.2.2 Muestra:

La población de San Miguel de Otopongo fue nuestro principal objeto de estudio, en tal sentido las pruebas se realizarán dentro de los límites de esta población.

3.3 Variables

3.3.1 Variable independiente

Nuestra variable independiente es **Propuesta de diseño de pozo tubular**, ya que este diseño se presenta para cubrir las necesidades actuales de la población además de cumplir con los requerimientos propios de la litología de la zona buscando, de esta manera, mejorar la disponibilidad hídrica en la zona.

3.3.2 Variable dependiente

Nuestra variable dependiente es **incrementar la disponibilidad hídrica**, ya que está directamente relacionada con el diseño del pozo tubular, además es necesario conocer la calidad y caudal de explotación del agua.

3.3.3 Operacionalización de las variables

Tabla 12. Operacionalización de las variables

VARIABLES	INDICADORES	INDICES	INSTRUMENTO	ITEM
VARIABLE INDEPENDIENTE Propuesta de diseño de pozo tubular	CÁLCULO DE DOTACIÓN	Cálculo poblacional	Tablas	1-3
		Cálculo de dotacion poblacional		
		Cálculo de dottacion agricola		
	CONSTRUCCIÓN DE POZO SEV - 22, INTERPRETACIÓN DE DATOS	Prueba de bombeo	Gráficos	4-6
		Diagrafía del pozo	Gráficos	
		Análisis Físicoquímico del agua	Tablas	
	SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL	Resistividad eléctrica	Software	7-9
		Ubicación de posibles puntos de perforación	Software	
		Perfil litológico	Gráficos	
	DISEÑO DEFINITIVO Y EQUIPAMIENTO	Dimensionamiento	Tablas	10-14
Diámetro y profundidad				
prefiltro y filtro				
Bomba de agua				
Línea de impulsión y cisterna				
VARIABLE DEPENDIENTE Incrementar la disponibilidad Hídrica	CAUDAL	Caudal de bombeo	Tablas	15
	RENDIMIENTO	Caudal en tiempo de bombeo	Gráficos	16
	CALIDAD	Potabilidad del agua	Gráficos	17

Elaboración: Los autores

3.4 Técnicas de estudio

La técnica de estudio que se utilizó, en la presente investigación fue el diseño de pozo tubular mediante la **testificación geofísica en sondeos**, para lo cual se realizaron tres pruebas de sondaje eléctrico en la zona con el objetivo de determinar correctamente el perfil litológico de la zona y poder proponer posibles lugares de perforación.

3.5 Instrumentos de recolección de datos

Se utilizaron instrumentos cuantitativos, para las pruebas de testificación geofísica se utilizó equipos de sondeo gama, que nos permitió calcular la resistividad de las paredes litológicas de la zona. También se utilizaron tablas estadísticas para determinar el índice de crecimiento poblacional, se tomó muestras de agua y suelo in situ, esto con el objetivo de cuantificar la calidad de estos.

CAPÍTULO IV DESARROLLO Y RESULTADOS

En el presente capítulo, se presentan cada uno de los procedimientos y cálculos necesarios para poder realizar una propuesta de pozo definitivo, que cumpla con las características y requerimientos de la zona. En primer lugar, se analizó y recolectó toda la información necesaria de un estudio hidrogeológico realizado en la zona, lo que nos ayudó a entender el diseño preliminar de pozo exploratorio que se plantea para la zona. De la misma manera, también se realizó la toma de muestras y análisis de resultados del proceso de perforación de un pozo próximo al área de estudio, con el objetivo de presentar el diseño de pozo tubular propio del centro poblado San Miguel de Otopongo se tomó valores de la demografía de la población y estimó una población futura.

La propuesta de pozo tubular contempla los cálculos necesarios para estimar, los posibles lugares de perforación con ayuda de pruebas de resistividad se determinó el lugar más adecuado para este fin, finalmente el diseño de pozo definitivo fue la propuesta final ante la problemática planteada anteriormente, ya que esta se basa en estratos que tiene el suelo con la técnica de testificación geofísica que se realizó en campo, a la vez se toma en cuenta la demanda hídrica de la población en la zona realizando una proyección a 20 años. Debemos complementar el diseño con otros procesos las cuales ayudaron a obtener los índices o datos que se necesitan para dimensionar el pozo tubular, diseñar el prefiltro y filtro, incluyendo el equipamiento.

4.1 Estudio hidrogeológico

El objetivo del estudio fue realizar un análisis geofísico de investigación de aguas subterráneas en el sector de Huaito, Otopongo y Upacá, definiendo la estructura del subsuelo, calidad de los materiales, profundidad del basamento rocoso y detectar la presencia de agua subterránea.

De la misma manera, el estudio hidrogeológico busca definir una zona propicia para la perforación de los pozos exploratorios.

4.1.1 Ubicación y extensión del área de estudio

El área de estudio se ubica en la margen derecha del río Pativilca. Políticamente el sector de estudio se ubica en el distrito de Pativilca, provincia de Barranca, departamento de Lima. Geográficamente, se ubica en las siguientes coordenadas UTM (Datum WGS 84).

Este: 205,837 m, 213,147 m y 200,414 m

Norte: 8'825,343 m, 8'820,331 m y 8'817,384 m

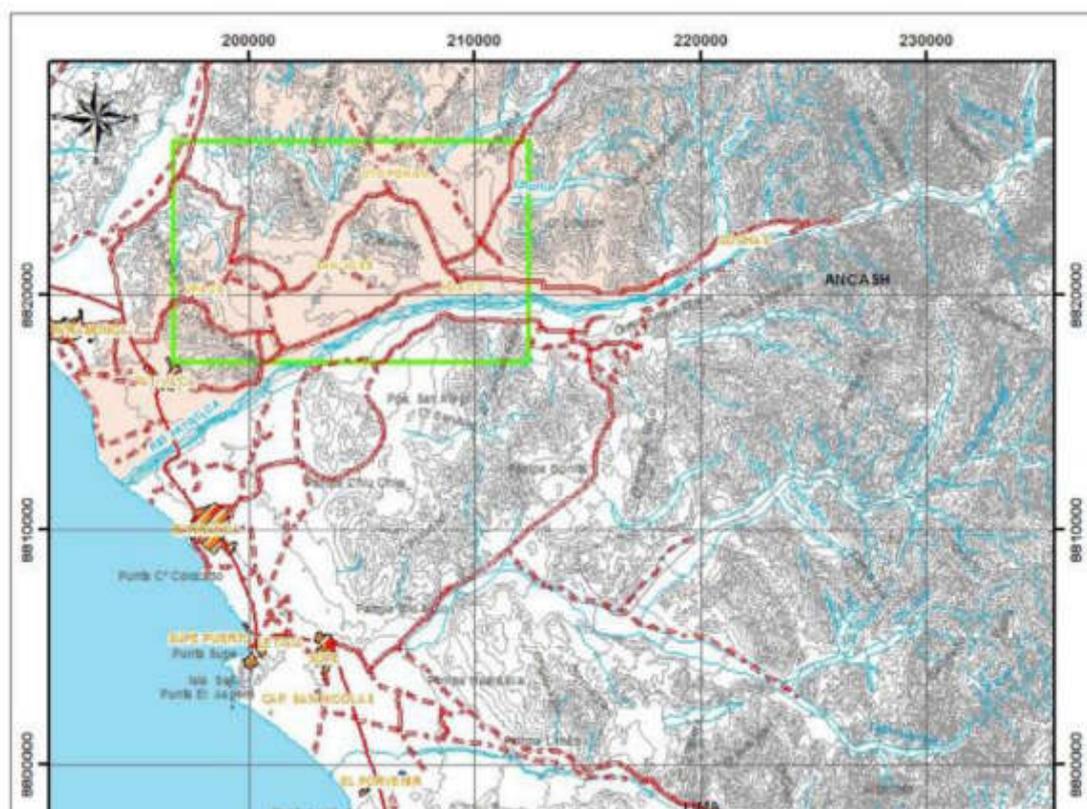


Figura 7. Ubicación del área de estudio

Fuente: Estudio Hidrogeológico Valle de Pativilca

4.1.2 Secciones geoelectricas

El estudio hidrogeológico, tal como se indica en las líneas superiores, se encuentra ubicado en el valle de Pativilca, por este motivo se dividió en 4 secciones geoelectricas, el presente trabajo de investigación toma como población al centro poblado San Miguel de Otopongo, perteneciente de acuerdo al estudio hidrogeológico a la zona denominada Otopongo.

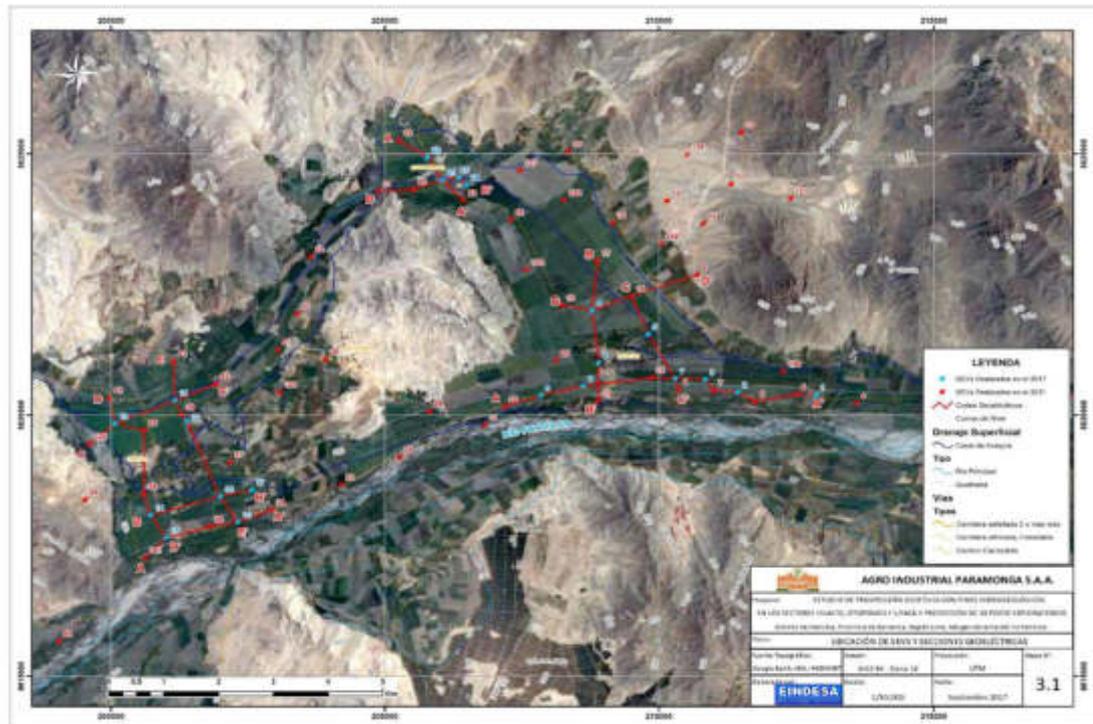


Figura 8. Mapa de ubicación de SEVs y secciones Geoelectricas

Fuente: Estudio Hidrogeológico Valle de Pativilca

4.1.3 Resultados

Los gráficos utilizados en el análisis se han obtenido de cada Sondaje Eléctrico Vertical del estudio. Además se muestran los resultados numéricos en la **tabla 13**.

Tabla 13. Resultados de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)

Nº	Sondajes Eléctricos Verticales	HORIZONTES O CAPAS					Espesor Total (m)	Coordenadas UTM WGS -84 Zona 18L-Sur	
		R1 (Ohm-m)	R2 (Ohm-m)	R3 (Ohm-m)	R4 (Ohm-m)	R5 (Ohm-m)		m-Este	m-Norte
		H1 (m)	H2 (m)	H3 (m)	H4 (m)	H5 (m)			
1	SEV-1	27.46	968	698.8	74.58	60.02	101.101	212873	8820386
		3.061	26.25	26.93	44.86				
2	SEV-2	37.2	1000	718	91.8	46.4	96.31	211447	8820435
		3.71	27.1	17.7	47.8				
3	SEV-3	54.26	3488	221.7	49.75	81.21	111.656	210851	8820675
		4.975	7.491	15.86	83.33				
4	SEV-4	195	116	31.8	9.8	11	114.4	208788	8821997
		21.5	11.1	14.4	67.4				
5	SEV-5	52.7	126.2	77.53	63.1	129	115.657	209805	8821545
		7.807	22.54	26.23	59.08				
6	SEV-6	55.05	229	38.66	17.3	29.94	117.204	208906	8820996
		3.914	21.33	48.5	43.46				
7	SEV-7	48.4	979	270	132	202	95.75	210304	8820693
		5.05	25.2	30.3	35.2				
8	SEV-8	70.3	1510	464	88.2	68.5	106.94	208630	8820555
		6.74	11.1	24.4	64.7				
9	SEV-9	17.6	1073	588	106	30.7	94.28	207855	8820379
		2.18	16.5	18	57.6				
10	SEV-10	89.44	2881	788.8	381.8	32.29	94.574	202328	8817946
		8.167	2.707	15.69	68.01				
11	SEV-11	20.9	88.1	18	98.7	449	95.02	201173	8820282
		7.28	7.94	15.8	64				
12	SEV-12	60.6	212	39.5	52.9	557	94.98	201385	8819894
		4.9	4.48	18.6	67				
13	SEV-13	69.3	53.4	11.3	315	608	115.62	200079	8819836
		8.52	19.1	58.2	29.8				
14	SEV-14	92.7	510	32.6	5.68	107	116.52	200728	8818083
		5.23	5.99	41.7	63.6				
15	SEV-15	33.5	1172	408	10.1	326	95.92	201019	8817651
		4.26	5.33	8.23	78.1				
16	SEV-16	76.2	1898	26.3	3.85	174	91.34	201998	8818434
		3.89	5.15	13.3	69				
17	SEV-17	112	1463	194	16.3	114	111.53	202574	8818563
		4.93	5.5	46.7	54.4				
18	SEV-21	83	919	18.9	500	628	91.97	206058	8824496
		5.21	4.06	17.7	65				
19	SEV-22	97.4	991	40.4	90.7	489	97.4	205776	8824929
		1.67	7.73	10.3	77.7				
20	SEV-23	377	13.7	187	498	860	94.3	206351	8824544
		13.2	11.6	12.4	57.1				
21	SEV-24	232	914	67.2	250	829	112.71	206491	8824410
		8.61	5.1	47.7	51.3				

Fuente: Estudio Hidrogeológico Valle de Pativilca

Zona de Otopongo

Está compuesta por los SEV-21, y SEV-22 del estudio actual y por los SEV-19 y SEV-23 del estudio anterior. Presenta una orientación de Noroeste – Sureste con las coordenadas en la **tabla 14**.

Tabla 14. Coordenadas de pozos proyectados

Nº	Sondajes Eléctricos Verticales	Coordenadas UTM WGS -84 Zona 18L-Sur	
		m-Este	m-Norte
1	SEV-21	206058	8824496
2	SEV-22	205776	8824929

Fuente: Estudio Hidrogeológico Valle de Pativilca

De los datos obtenidos en el estudio hidrogeológico en la zona de Otopongo, lugar donde se ubica la presente investigación, se pudo establecer 5 horizontes claramente diferenciados

Horizonte H1:

Presenta valores de resistividad eléctrica entre 83 a 424 ohm-m y espesores entre 0.76 a 5.21 metros, que corresponden a las capas superficiales húmedas con riego por inundación.

Horizonte H2:

Con resistividades entre 539 a 991 ohm-m con espesores de entre 4.1 a 23.2 metros que correspondería a los depósitos compactos y secos probablemente de diámetros regulares como boloneras, gravas y arenas, limos arcillas en poca proporción.

Horizonte H3:

Con resistividades entre 18.9 a 86.9 ohm-m con espesores de entre 70.36 a 94.6 metros, donde el material predominante probablemente sea de menores diámetros no consolidados, bien graduados como cantos rodados, gravas y arenas y arcillas en menor proporción, ya con presencia de agua con un mejor potencial de aprovechamiento del acuífero.

Horizonte H4:

Con valores de resistividades de 249 a 635 ohm-m. Ver (Figura 9).

Horizonte H5:

Con valores de resistividades de 223 a 10730 ohm-m.

De esta información, se puede afirmar que la profundidad aproximada para la obtención de agua subterránea es a partir de los 39.50 m. de profundidad, encontrándonos dentro del horizonte H4 donde el material predominante de acuerdo con la resistividad obtenida será canto rodado de menores dimensiones, arenas y arcillas en menor proporción.

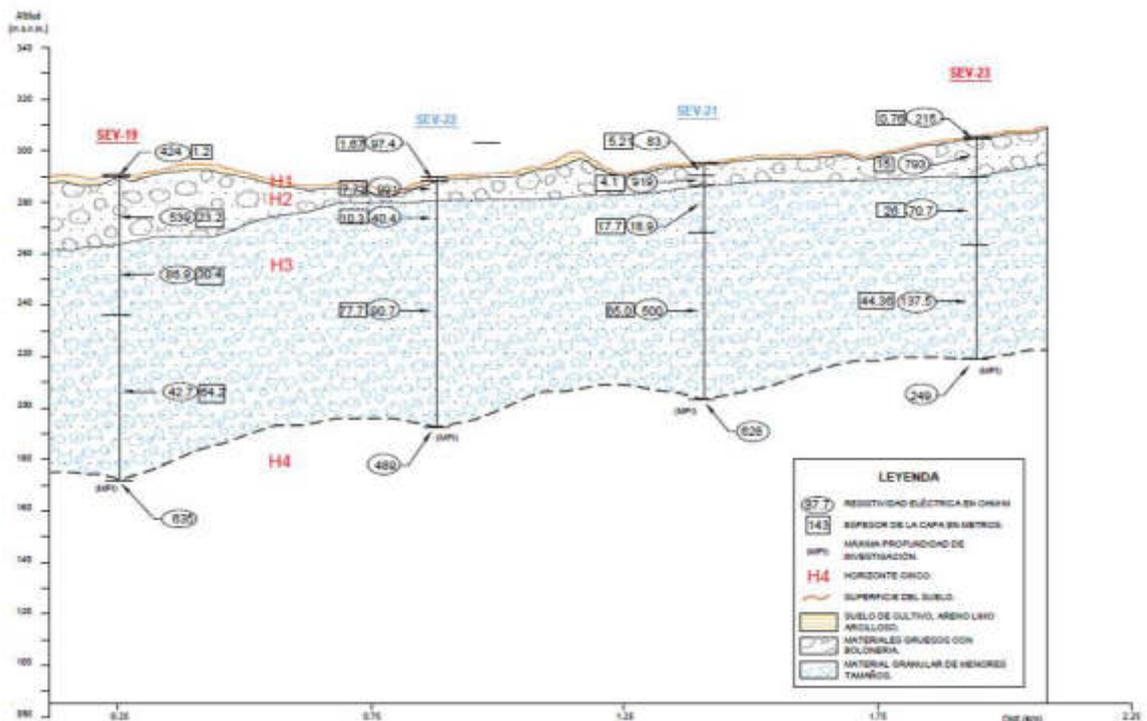


Figura 9. Perfil Litológico del Sondeo Eléctrico Vertical (SEV)

Fuente: Estudio Hidrogeológico Valle de Pativilca

De la imagen, los SEV–19 y SEV–23 de color rojo forman parte de un estudio hidrogeológico realizado en el 2011, forman parte de la base de datos de la empresa Agro Industrial Paramonga S.A.A., los SEV – 21 y SEV – 22 de color azul son los sondajes realizados como parte del estudio hidrogeológico, en los primeros metros (8.60 m.) se observa la presencia de suelo de cultivo, arenoso, de este punto en adelante se encontró material grueso

con bolonería (5.10 m.) finalmente se puede observar la gran presencia material granular de menores tamaños (51.30 m.) también se identifica una clara homogeneidad en la profundidad de los estratos, alcanzando un valor máximo aproximado de 112.70 m.

Finalmente, al concluir el estudio hidrogeológico se determinaran las zonas más favorables para la ubicación y explotación de pozos tubulares, a continuación se presente el mapa de zona.

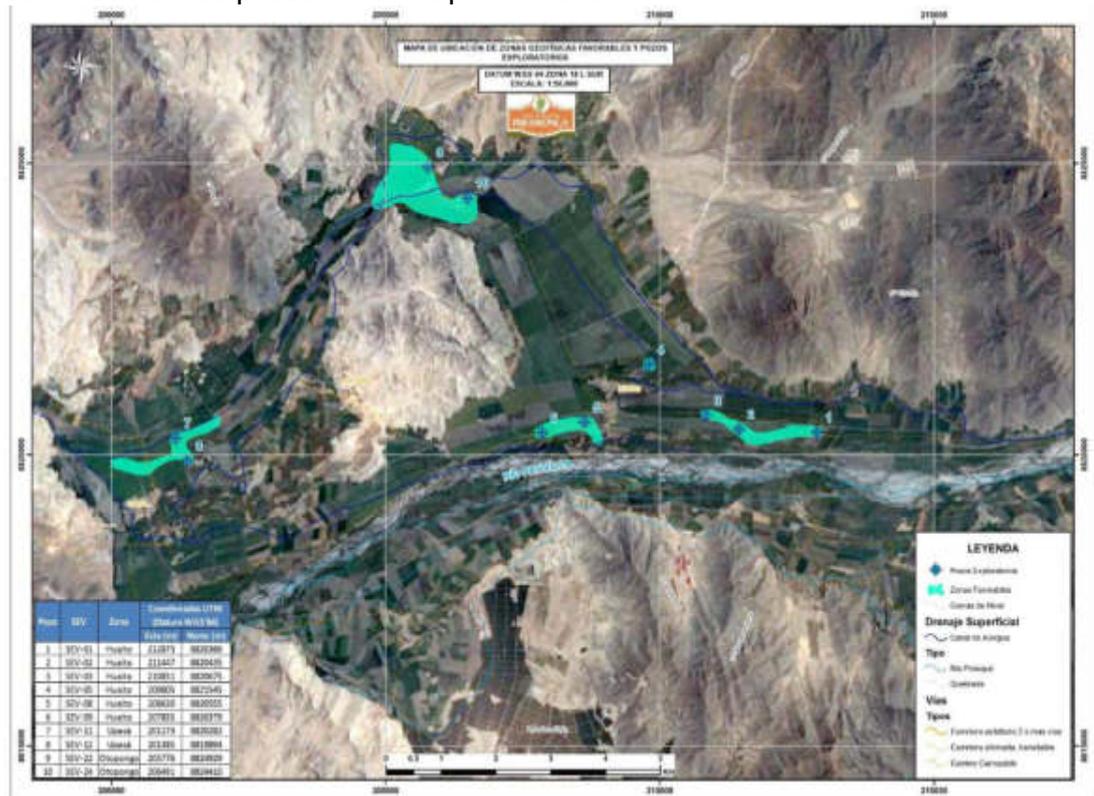


Figura 10. Ubicación de áreas para pozos exploratorios

Fuente: Estudio Hidrogeológico Valle de Pativilca

4.1.4 Diseño preliminar de pozo exploratorio

Una vez terminado el análisis del estudio hidrogeológico, se debe diseñar una propuesta de pozo exploratorio que normalmente es un proyecto tentativo de acuerdo a los niveles de capas y a que profundidad se encuentra el nivel de agua subterránea desde la superficie.

Se llama preliminar ya que las capas litológicas (Horizontes) obtenidas con el estudio hidrogeológico no son exactamente como está en campo, es decir, que tiene un porcentaje de error mínimo porque este no se

hace ingresando a las capas subterráneas, si no generando cargas eléctricas a la tierra según la resistividad.

Los datos generados por el estudio hidrogeológico ayudan a determinar el nivel de agua estático, la profundidad que debería tener aproximadamente, para encontrar un nivel de agua óptima, y por sobre todo esto, la ubicación exacta para realizar el pozo de acuerdo al tipo de suelo que se presenta. También de acuerdo a las capas de litología encontradas según el estudio, se determina el método de perforación adecuado para que el proceso de construcción no tenga contratiempos.

Para determinar el nivel de agua subterránea según el estudio hidrogeológico obtenido, se indica primero el lugar del pozo, ya que anteriormente se mostró un mapa de ubicación óptimo de pozos exploratorios, el estudio recomienda tomar el SEV 22 porque se encuentra en un lugar con un acuífero extenso para una óptima explotación de agua

En la siguiente imagen, se ve el SEV 22 y su respectivo corte realizado en el estudio hidrogeológico, además de sus niveles de resistividad tanto como sus espesores en cada horizonte.

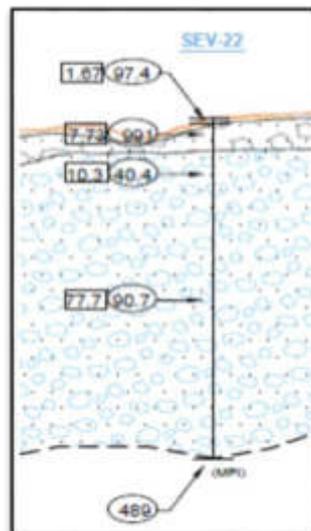


Figura 11. Corte de perfil SEV - 22

Fuente: Estudio Hidrogeológico Valle de Pativilca

Como se explica en el subcapítulo del estudio hidrogeológico, el Horizonte 3 (H3) consiste en un lente de entre 70.36 a 94.6 metros de conglomerados con resistividades entre 18.9 a 86.9 ohm-m, probablemente con presencia de arcillas saturadas. Este dato determina a qué profundidad vamos a encontrar el agua del acuífero ya que el material se encuentra posiblemente saturada.

Por lo tanto, la profundidad donde se encuentra el agua va a ser la suma de las dos alturas de los Horizontes 1 y 2:

$$\text{Nivel estático estimado} = H1 + H2 = 1.67 + 7.73 = \mathbf{9.40 \text{ m}}$$

Es a partir de ese punto donde es muy probable que se encuentre el nivel de agua del acuífero en el SEV 22. Cabe mencionar que mientras a menor profundidad se encuentre el nivel estático, mayor va a ser la cantidad de agua que se pueda extraer, pues después de este punto depende al tipo de suelo que se encuentre a la máxima profundidad del pozo la cual nos permita mayor profundidad de exploración.

En tanto no se necesite una mayor fuerza para la perforación, siempre se trabaja con el método de perforación más utilizado en cualquier situación, que es el método a percusión, también es el menos costoso.

Para el diámetro de perforación, por sugerencia de la empresa que realiza el pozo exploratorio, es de 21 pulgadas ya que es el diámetro más común cuando se realiza la perforación a percusión, ya que te da opciones cuando en el proceso el pozo te obliga a reducir el diámetro a mayor profundidad debido a la dureza del terreno. El método constructivo necesita de una broca de una tonelada de peso para poder ser ingresado en el pozo a medida que va avanzando y extrayendo el material del fondo.

El diámetro de tubo necesario para que el pozo no colapse es recomendado utilizar el de 15 pulgadas de diámetro, ya que es económica y nos dará suficiente espacio para poder ingresar el empaque de grava que tiene un espesor de 3 pulgadas en el exterior al tubo.

En conclusión, el estudio hidrogeológico toma estos criterios para la realización de la siguiente tabla, donde se menciona y recomienda las dimensiones más óptimas para pozos exploratorios en la zona.

Tabla 15. Dimensiones recomendadas para pozos exploratorios

Nº Pozo	SEV	Zona	Profundidad		Diámetro de Perforación	Diámetro de entubado	Empaque de grava	Longitud filtros	Nivel estático estimado
			Inicial	Final					
			mt.	mt.	pulg.	pulg.	pulg.	mt.	mt.
1	SEV-01	Huaito	96	100	21	15	3	35	29.5
2	SEV-02	Huaito	98	100	21	15	3	35	31
3	SEV-03	Huaito	98	100	21	15	3	35	31.1
4	SEV-05	Huaito	100	100	21	15	3	35	33.1
5	SEV-08	Huaito	90	90	21	15	3	35	23
6	SEV-09	Huaito	89	90	21	15	3	35	22
7	SEV-22	Otopongo	79	80	21	15	3	35	12.3
8	SEV-24	Otopongo	62	62	21	15	3	24	13.5
9	SEV-11	Upacá	74	80	21	15	3	35	7.3
10	SEV-12	Upacá	76	80	21	15	3	35	9

Fuente: Estudio Hidrogeológico Valle de Pativilca

Con estos datos se puede determinar el diseño de pozo definitivo además de su equipamiento adecuado según la demanda de agua existente que se determina con la prueba de bombeo que se hace.

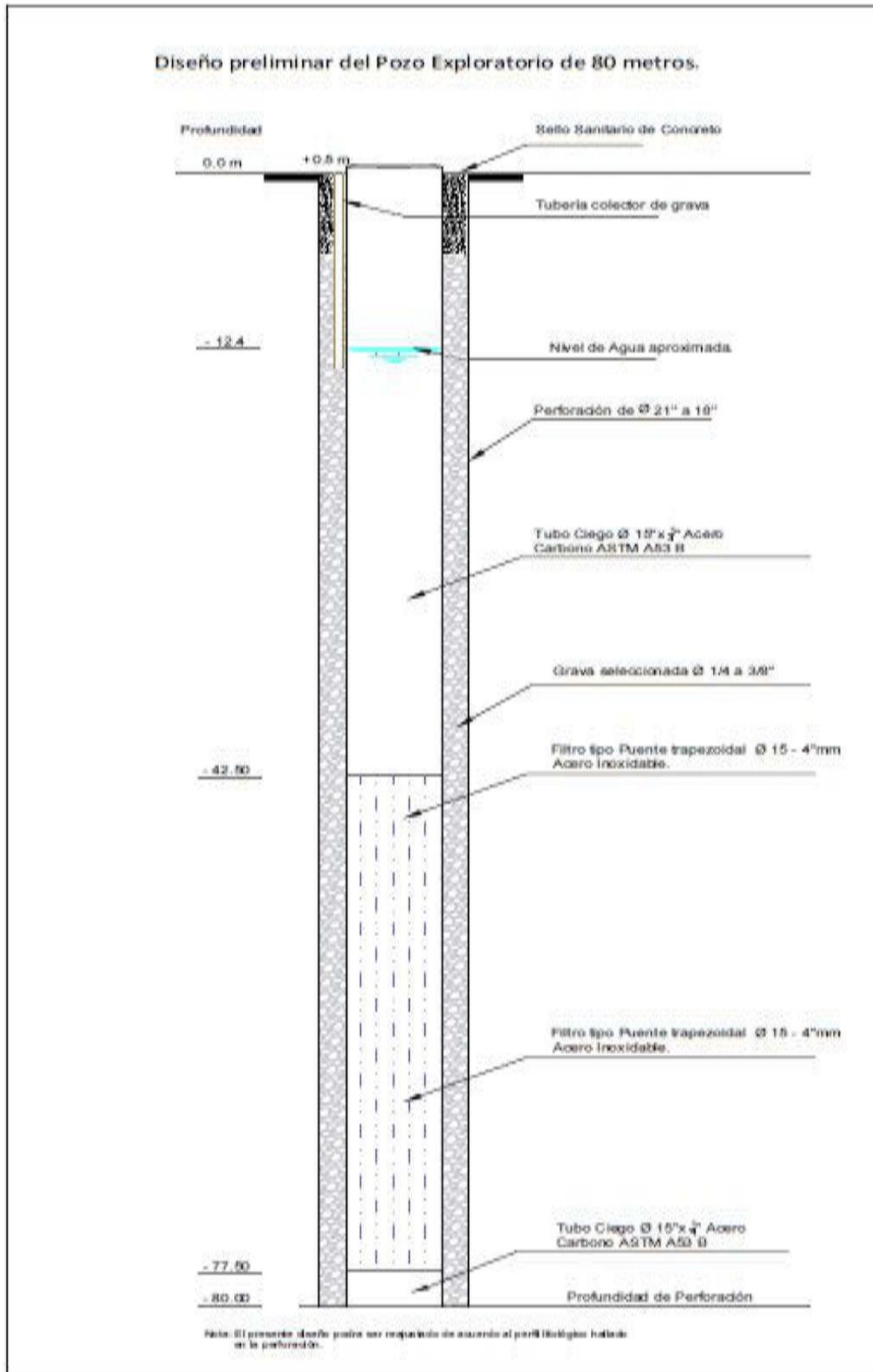


Figura 12. Diseño preliminar de pozo propuesto por el estudio

Fuente: Estudio Hidrogeológico Valle de Pativilca

4.2 Perforación de pozo SEV-22

La perforación del pozo tubular se realizó mediante el Método Percusión con las dimensiones propuestas en el estudio hidrogeológico. El fluido de perforación fue un lodo bentónico controlado que sirvió para la evacuación de los cortes de perforación y la estabilización de las paredes del pozo perforado. A continuación se describe las diferentes maquinarias y equipos empleados en toda la etapa constructiva del pozo tubular.

- **Máquina perforadora y accesorios**

- Procedencia : Usa (Americana)
- Modelo : BUCYRUS W- 20
- Tipo – Método : Percusión
- Accionado : Motor diésel DEUTZ
- Potencia : 60 HP

- **Equipo y herramientas**

- Brocas de perforación: 21” Ø
- Tubería de herramienta de perforación 21” de diámetro
- Broca tipo california: 21”
- Barillón 5 mts de largo por 6” de diámetro
- Sonda cuchara
- Extractor de tubería
- Martillo de golpe
- Pistón con anillo de goma o caucho
- Equipo de soldadura autógena, compuesta por gasómetro y balones de oxígeno
- Herramientas (Tecles, estrobos, llaves stilson, llaves cadenas, etc)
- Máquina de soldar:
 - Marca : MILLER
 - Potencia : 260 Amp.
 - Rango de soldadura : 115 - 260 Amp.

4.2.1 Procedimiento constructivo

Para iniciar la perforación, se realizó la construcción de la estructura denominada antepozo mediante equipos de perforación manual, esta estructura tiene una profundidad de 15.00 m. y reforzada con anillos de concreto con un diámetro interior de 1.20 m., el material producto de esta perforación fue extraído mediante un winche de arrastre y acopiado para su posterior eliminación.



Figura 13. Perforación de antepozo
Elaboración: Los autores

El nivel estático se encontró a los 15.00 m. de profundidad, una vez alcanzada esta profundidad se realizó la instalación de la máquina perforadora anteriormente descrita.

La perforación del pozo se realizó con el método de percusión hasta la profundidad de 78.00 m. La perforación se llevó a cabo con tubería de 21" hasta 43.20 m. de profundidad, la que permitió establecer claramente los cortes estratigráficos ya que estas muestras se fueron recogiendo durante la etapa de perforación, pudiendo identificar los materiales que se muestran

en diseño técnico definitivo y así poder establecer la colocación de la columna de tubería definitiva.



Figura 14. Perforación de pozo SEV - 22
Elaboración: Los autores

a. Perfil litológico

Durante los trabajos de perforación se recolectaron muestras de cada nivel del subsuelo, que fueron clasificados por su tipo y nivel de donde se obtuvieron, el detalle de esta clasificación se muestra en la **Tabla 16.**

Tabla 16. Perfil estratigráfico del pozo SEV - 22

PROFUNDIDAD (metros)	ESPESOR (metros)	DESCRIPCION
0.00 - 15.00	15.00	Arena gruesa con presencia de canto rodado \varnothing menor a 10
15.00 - 55.00	40.00	Presencia de hormigón y arena gruesa
55.00 - 57.00	2.00	Presencia de bolonería de gran tamaño
57.00 - 60.00	3.00	Presencia de canto rodado mediano
60.00 - 70.00	10.00	Presencia de conglomerado
70.00 - 78.00	8.00	Presencia de material rocoso de gran tamaño

Elaboración: Los autores

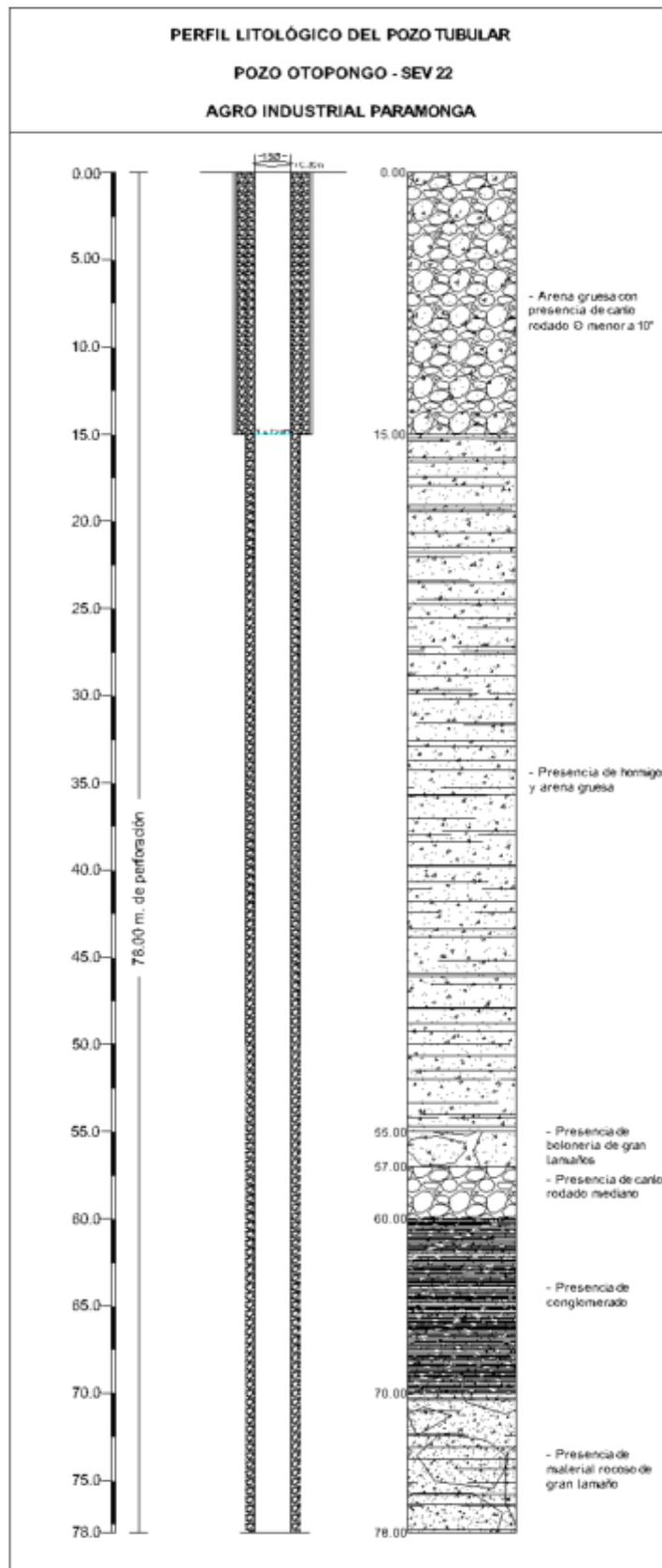


Figura 15. Perfil litológico pozo SEV - 22
Elaboración: Los autores

b. Entubado definitivo

A base de los datos obtenidos de las muestras extraídas durante la perforación del pozo y la prueba de diagráfía se preparó el siguiente diseño definitivo.

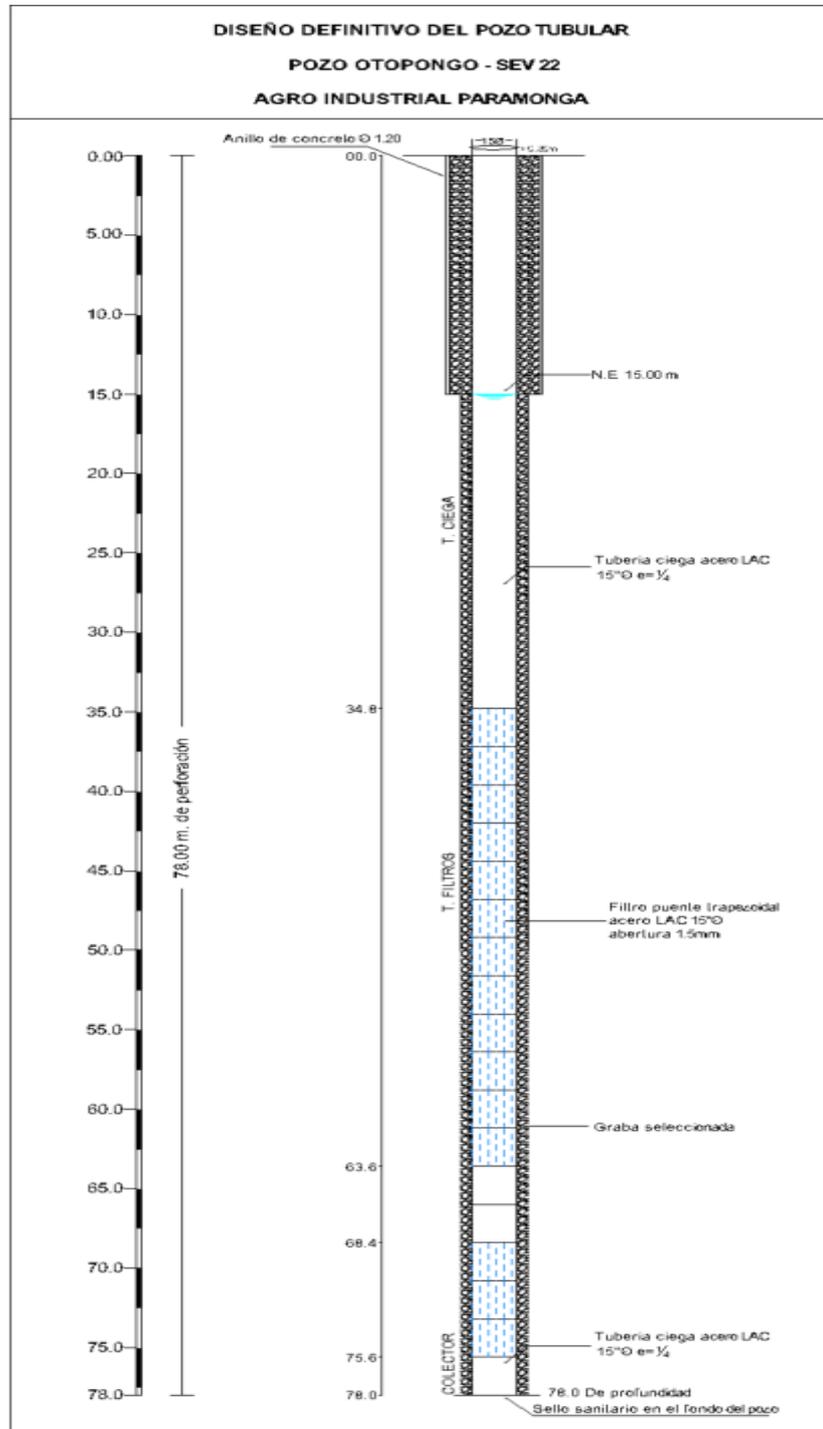


Figura 16. Diseño definitivo de pozo tubular de 78.00 mts
Elaboración: Los autores

Diseño técnico

El pozo tubular tiene las siguientes características:

- Profundidad de perforación : 78.00 m.
- Diámetro de Perforación : 21" Ø
- Funda Ciega del pozo : Acero negro ASTM- A36
- Espesor de pared de funda ciega : 1/4".
- Diámetro de la Funda Ciega : 15.00" Ø
- Longitud de la Funda Ciega : 42.00 m.
- Funda Filtro del Pozo : Acero negro ASTM- A36
- Espesor de Funda Filtro : 1/4".
- Diámetro de la Funda Filtro : 15.00" Ø
- Longitud de Funda Filtro : 36.00 m.
- Tipo de Filtro : Puente trapezoidal



Figura 17. Realización del entubado del pozo

Elaboración: Los autores

c. Colocación del pre filtro

El espacio anular entre el hoyo perforada de 21.00" Ø Y la columna de producción de 15.00" Ø fue relleno con grava seleccionada, desde el fondo hasta 3.00 m. por encima del fondo del antepozo, con el objeto de retener el arenamiento además de estabilizar el pozo perforado, las gravas son redondeadas con un diámetro de 1/4"Ø a 3/8"Ø, instalándose 15 m³ de grava.



Figura 18. Colocación de pre filtro
Elaboración: Los autores

4.2.2 Pruebas y análisis de control

Con el objetivo de determinar los parámetros hidráulicos del acuífero perforado se realizó la prueba de bombeo, para conocer exactamente cada una de las características físicas de los estratos que conforman las paredes internas del pozo también se realizó la prueba de diagrafía y finalmente también se realizó la prueba físico química de la calidad del agua, todos los datos que se obtuvieron de cada una de estas pruebas fueron recopiladas y almacenadas para ser usadas al momento del diseño de pozo propuesto

a. Prueba de diagrafía

El día 15 de enero del 2019, se realizó la prueba de diagrafía con el objetivo de:

- 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.

Las mediciones se hicieron en forma puntual metro a metro a lo largo del pozo a partir del nivel del agua de perforación a pared desnuda, para la sonda de resistividad aparente.



Figura 19. Realización de diagrafía

Elaboración: Los autores

Los valores de la sonda de Potencial Espontáneo fueron tomados directamente entre el electrodo N ubicado en superficie puesta en la poza de lodo y el electrodo M1 ubicado en la sonda dentro del pozo. Los valores de Intensidad de corriente I y diferencia de potencial V utilizados en el cálculo de la resistividad (Ra ohmios metro) fueron tomados en forma simultánea en un resistivímetro y voltímetro digital ambos de fabricación americana.

La sonda de radiación Gamma Natural (GR en API) mide la cantidad de radiación gamma natural que ocurre naturalmente dentro de las formaciones atravesadas por la perforación. Los rayos gamma son producidos principalmente por isotopos de potasio, torio y uranio.

Resultados:

Se han efectuado dos registros geofísicos, uno de Resistividad Aparente y otro de Gamma Natural, en el Pozo tubular Otopongo SEV 22 Pativilca en perforación.

Para el caso de resistividad aparente, se realizó las medidas a partir de los 36 m. esto debido a que por procedimientos de seguridad la tubería herramienta no fue retirada en su totalidad, manteniendo esta tubería desde los 0.00 hasta los 36.00 m. cabe mencionar que este tipo de sondaje solo se realiza a pared desnuda.

Para el caso de la sonda de tipo gamma natural no se tuvo inconvenientes, ni problemas por la presencia de la tubería herramienta, realizando las mediciones desde los 0.00 hasta los 77.00, cabe mencionar que este tipo de sonda puede realizar lecturas en pozos entubados y sin entubar.

- De 00.0 m a 16,50 m. Capa con una radiación natural de 42,0 a 70,0 API. Estaría conformada por materiales conformados por arenas gruesas a finas, gravillas, rodados de diámetro mediano con presencia de limos en estado seco, *presenta condiciones favorables*.
- De 16,50 m a 24,0 m. Capa con una radiación natural de 8,0 a 30,0 API. Estaría conformada por materiales predominantemente como rodados de gran tamaño, gravas, arenas gruesas a medianas con poca

matriz limosa, en estado saturado *presenta condiciones muy favorables*.

- De 24,00 m a 57,0 m. Capa con una radiación natural de 20,00 a 36,0 API. Y con una capa con una resistividad de 41,80 a 47,50 Ohms-m. Estaría conformada por materiales como arenas gruesas a finas, gravillas, rodados de diámetro mediano con presencia de limos totalmente saturado *presenta condiciones favorables. Acuífero*.
- De 57,0 m a 67,0 m. Capa con una resistividad de 44,80 a 60,50 Ohms-m. Estaría conformada por materiales conformados por rodados de gran tamaño, gravas, arenas gruesas a medianas con poca matriz limosa en estado saturado, *presenta condiciones muy favorable acuífero*.
- De 67,0 m a 69,0 m. Capa con una resistividad de 47,30 a 49,40 Ohms-m. Estaría compuesto por materiales como arenas gruesas a finas, gravillas, rodados de diámetro mediano con presencia de limos, en estado saturado *presenta condiciones favorables acuífero*.
- De 69,0 m a 77,0 m. Capa con una resistividad de 48,30 a 60,20 Ohms-m. Estaría compuesto por materiales como rodados de gran tamaño, gravas, arenas gruesas a medianas con poca matriz limosa, en estado saturado *presenta condiciones muy favorables acuífero*.

Con estos valores se puede identificar y definir dos tipos de condiciones presentes en la litología del pozo tubular, estos son:

- La condición A1, tiene características muy favorable para la explotación del acuífero, debido a que está se encuentra con presencia de materiales como arenas gruesas a finas, gravillas, rodados de diámetro mediano con presencia de limos estaría conformando el acuífero aprovechable
- La condición A está conformada por materiales como arenas gruesas a finas, gravillas, rodados de diámetro mediano con presencia de limos, se le puede ubicar en tres niveles de profundidad dos saturados y otro seco en superficie.

b. Prueba de bombeo

Una vez concluido con el proceso de entubado se realizó la colocación de una electrobomba sumergible equipada con tuberías de impulsión de 6" y un tablero con variador de velocidad.

La prueba de bombeo o caudal constante tuvo como finalidad determinar los parámetros hidrogeológicos del acuífero (test de acuífero) y la prueba a caudal variable tuvo como finalidad evaluar las características del pozo para determinar el caudal óptimo de explotación (test de producción).

Equipo utilizado:

- Electrobomba sumergible de 3 etapas de alto caudal, marca PLEUGER de 60 HP, diámetro de salida de 5" de procedencia alemana
- Tuberías de impulsión 6" Ø.
- Sonda eléctrica para medición de nivel de agua, de procedencia americana
- Tablero de control eléctrico con variador de frecuencia (variador de velocidad)
- Caudalímetro, 8" Ø
- Cronometro
- Recipiente volumétrico
- Herramientas (llaves cadenas, llaves stilson, elevadores y otros).

Método de ensayo de Bombeo

- ***Bombeo a caudal variable***

Se establecieron 4 fases de bombeo con los siguientes caudales: 35.00 l/s, 45.00 l/s, 55 l/s y 65 l/s

En cada fase se tomaba las lecturas del nivel dinámico de acuerdo con la cartilla del test de producción.

- **Bombeo a caudal constante**

Luego de haberse bombeado el pozo hasta un caudal determinado se procedió a estabilizar el acuífero. Obtenido el caudal de bombeo óptimo, se prosiguió con el bombeo hasta completar las 72 horas continuas.

Al finalizar la prueba de bombeo, se procedió a desmontar el equipo de bombeo y se bajó dentro del pozo “la cuchara” para recuperar el fondo del pozo ante la posibilidad de la presencia de sedimentos o arenas.

Prueba de bombeo a caudal constante

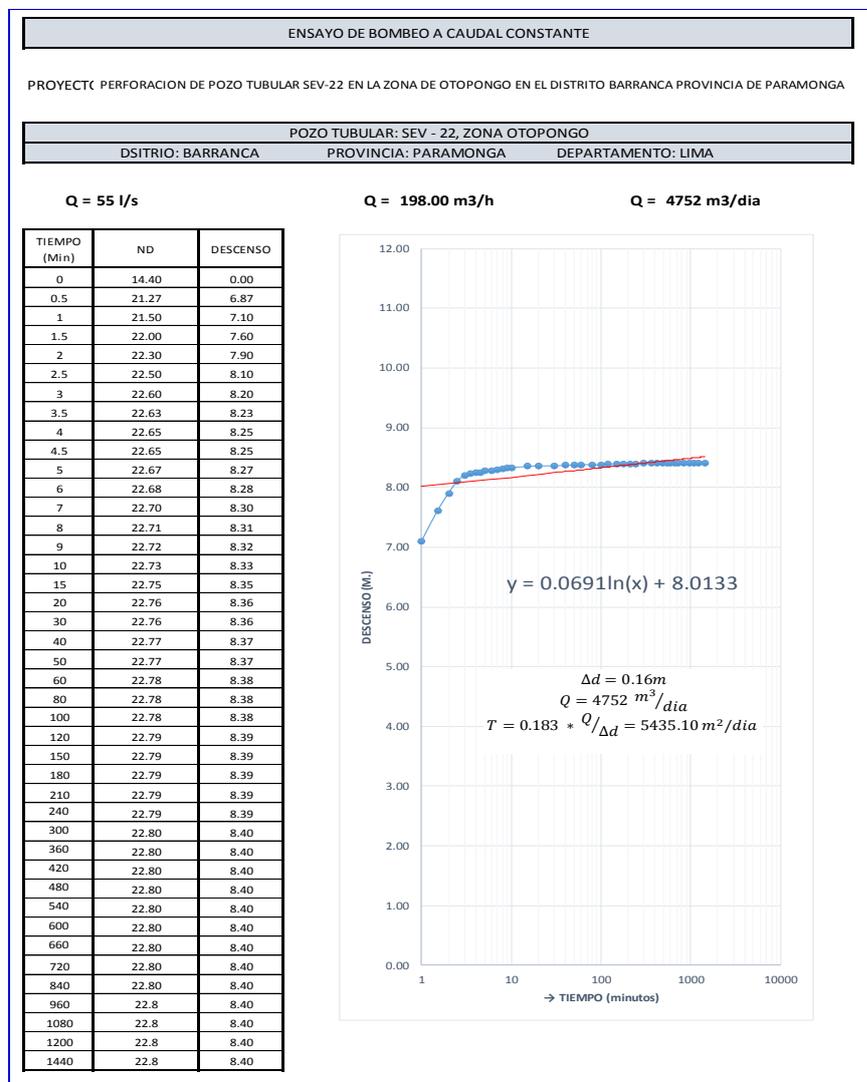


Figura 21. Prueba de bombeo a caudal constante
 Elaboración: Los autores

Transmisividad hidráulica

$$T = \frac{0.183 \times Q}{\Delta d}$$

$$T = \frac{0.183 \times 4752}{0.16}$$

$$T = 5435.10 \text{ m}^2/\text{dia}$$

Conductividad hidráulica

$$K = \frac{T}{b}$$

$$K = \frac{5435.10 \text{ m}^2/\text{dia}}{63 \text{ m}}$$

$$K = 86.27 \text{ m}/\text{dia}$$

$$K = 99.54 \times 10^{-3} \text{ cm}/\text{seg}$$

Prueba de recuperación

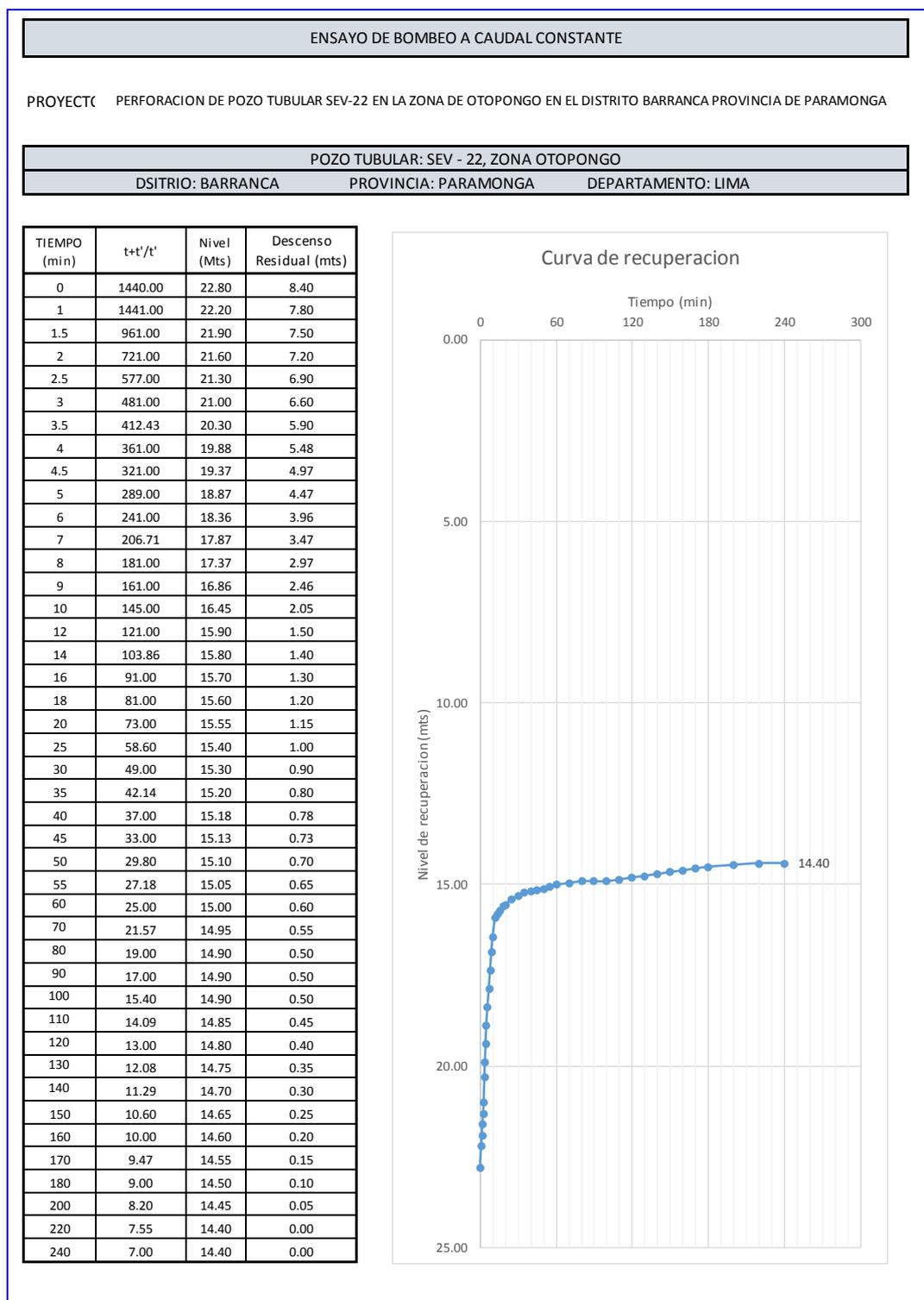


Figura 22. Prueba de recuperación
Elaboración: Los autores

ENSAYO DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE

PROYECTO: PERFORACION DE POZO TUBULAR SEV-22 EN LA ZONA DE OTOPONGO EN EL DISTRITO BARRANCA PROVINCIA DE PARAMONGA

POZO TUBULAR: SEV - 22, ZONA OTOPONGO

DISTRITO: BARRANCA

PROVINCIA: PARAMONGA

DEPARTAMENTO: LIMA

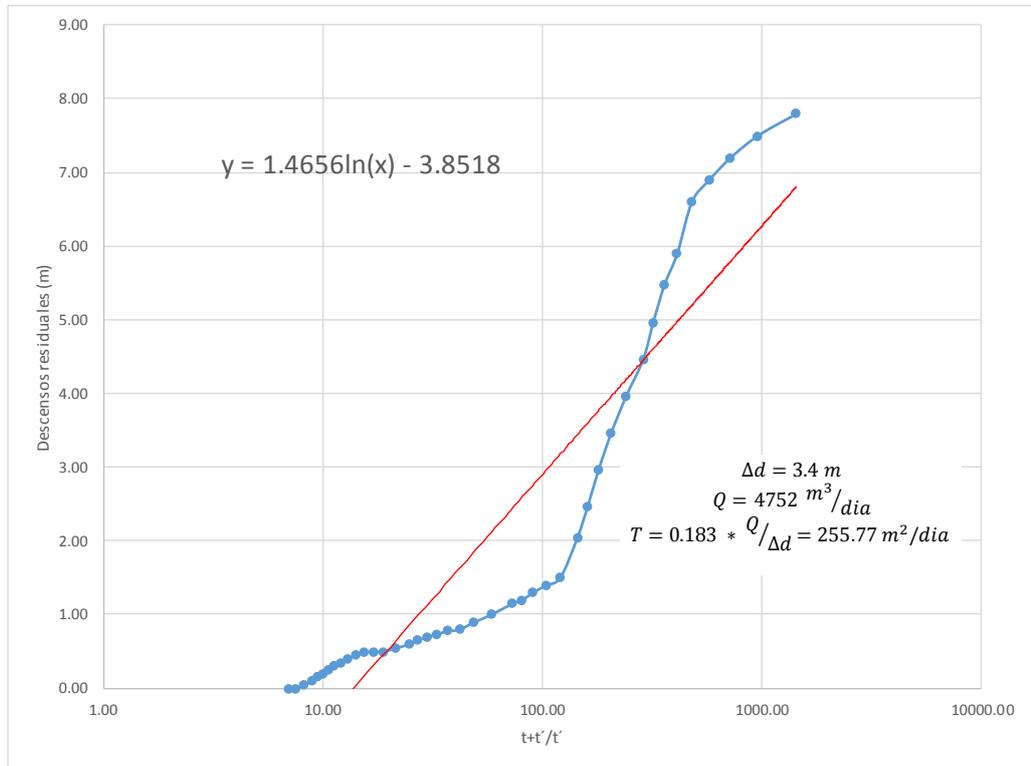


Figura 23. Curva de recuperación
Elaboración: Los autores

Transmisividad hidráulica

$$T = \frac{0.183 \times Q}{\Delta d}$$

$$T = \frac{0.183 \times 4752}{3.4}$$

$$T = 255.77 \text{ m}^2/\text{día}$$

Conductividad hidráulica

$$K = \frac{T}{b}$$

$$K = \frac{255.77 \text{ m}^2/\text{día}}{63 \text{ m}}$$

$$K = 4.06 \text{ m/día}$$

$$K = 4.699 \times 10^{-3} \text{ cm/seg}$$

Prueba de bombeo a caudal variable

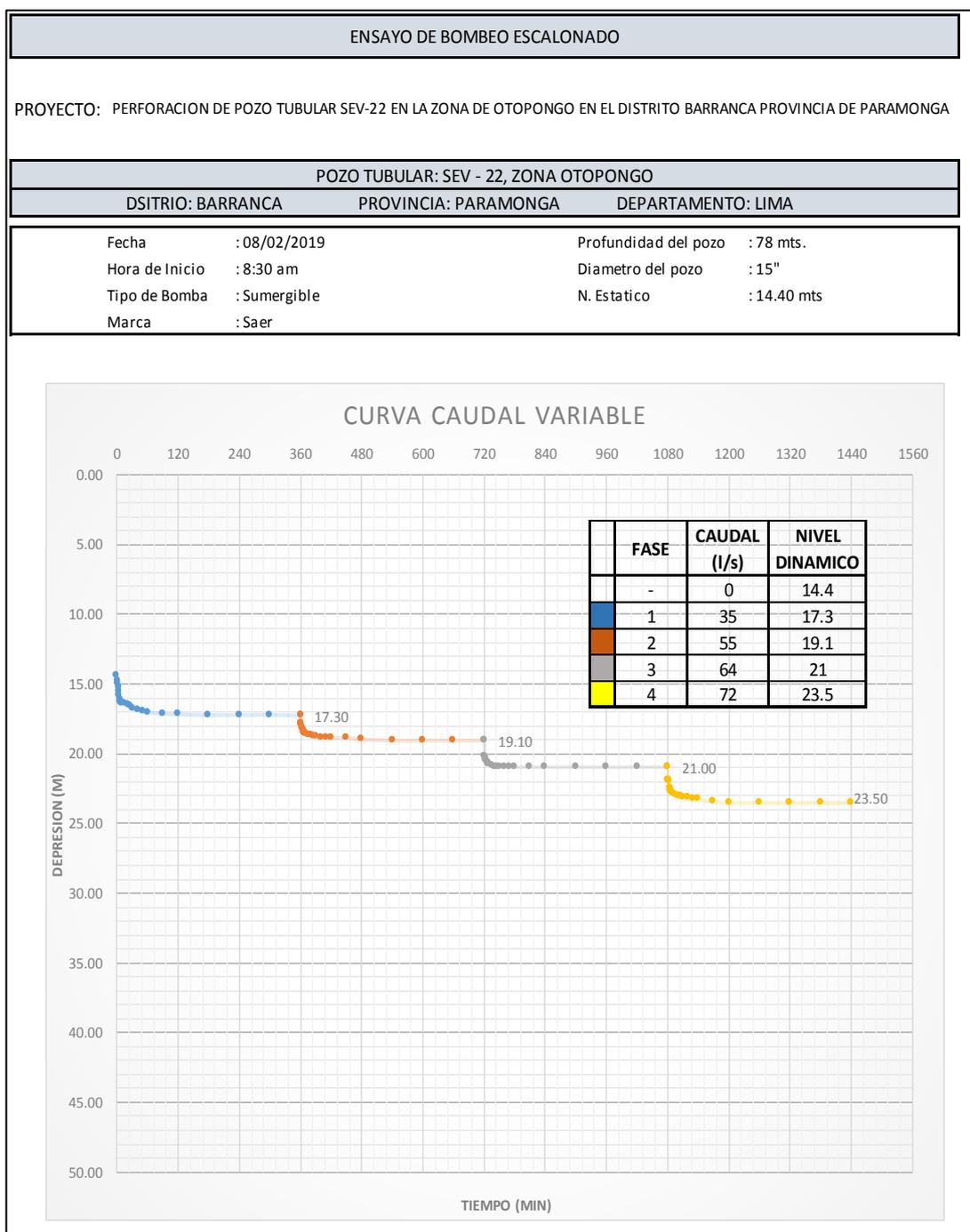


Figura 24. Prueba de bombeo a caudal constante
Fuente Propia

Interpretación de resultados

1. La prueba de bombeo a caudal variable en el pozo SEV - 22, se inició el día miércoles 8 de mayo a las 2:00 p.m., encontrando el nivel estático a los 14.40 m. la prueba tuvo una duración de 24 horas, los caudales utilizados para esta prueba fueron 35.00 lt/seg, 45 lt/seg, 55 lt/seg y 65 lt/seg.

Tabla 17. Resultados de la prueba de bombeo

Pruebas	Q (L/S)	Q (M3/H)	N.D. (m)	Abatimiento (m)	Q esp (M3/H-M)
0	0.00	0	14.40	0.00	0.00
1	35.00	126.00	17.30	2.90	43.45
2	45.00	162.00	19.10	4.70	34.47
3	55.00	198.00	21.00	6.60	30.00
4	65.00	234.00	23.50	9.10	25.71

Elaboración: Los autores

2. La prueba de caudal constante se realizó durante 24 horas, con un caudal de 55.00 lt/seg. para poder obtener los valores de Transmisividad (T) y Conductividad hidráulica (K).
3. La prueba de recuperación se tomaron datos durante 4 horas, periodo en la cual el pozo logro recuperar su nivel estático. De la misma manera también se determinó los valores de Transmisividad (T) y Conductividad hidráulica (K).

Tabla 18. Coeficientes hidráulicos de la prueba de bombeo

Parámetro	Und.	Fase descenso	Fase recuperación	Calificación estimada
<i>Transmisividad</i>	m2/día	5435.10	255.77	Media alta
	m2/seg	62.91×10^{-3}	2.96×10^{-3}	
<i>Conductividad hidráulica</i>	m/día	86.27	4.06	Media
	cm/seg	99.54×10^{-3}	4.69×10^{-3}	

Elaboración: Los autores

4. El valor de coeficiente de almacenamiento está en función al radio de influencia, este valor depende del abatimiento medido en el pozo satélite

o pozo de observación en este caso se tomó como referencia el pozo al interior del C.P San Miguel de Otopongo, no se registró descenso alguno en dicho pozo.

c. Análisis fisicoquímico del agua

Se realiza un análisis fisicoquímico para determinar si el agua es potable o presenta niveles de salinidad altos. Estos datos son muy importante a la hora de equipar el pozo, puesto que no se podrá equipar si es que tiene altos niveles de salinidad, ya que estos dañan los equipos rápidamente.

A continuación se, como se observa en la Figura 25. ,se presenta los resultados del análisis físico químico del agua realizado el mismo día de cuando se hizo la prueba de bombeo.



LABORATORIOS "LASA" INGENIEROS

ANALISIS DE AGUAS
PROCEDENTE DE : AGROINDUSTRIAL PARAMONGA S.A.A.
POZO OTOPONGO – SEV-22
DEPARTAMENTO LIMA.
INFORMADO A : CONSTRUCTORES Y PERFORADORES
CONTRATISTAS S.A.C..
FECHA : LIMA, 07 DE FEBRERO DE 2019

N° DE CAMPO				
C.E. x 10 ⁶ a 25° C		1,000.00		
PH		7.20		
Calcio	m.e/l	3.38	ppm	67.74
Magnesio	m.e/l	1.42	ppm	17.27
Sodio	m.e/l	5.00	ppm	115.00
Potasio	m.e/l	0.32	ppm	12.51
Cloruros	m.e/l	1.60	ppm	56.74
Sulfatos	m.e/l	4.00	ppm	192.12
Carbonatos	m.e/l	0.00	ppm	0.00
Bicarbonatos	m.e/l	4.60	ppm	280.69
Nitratos	m.e/l	Trazas	ppm	Trazas
Boro	ppm	0.00		
Fe	ppm	0.00		
Dureza de calcio	ppm	169.14		
Dureza de Magnesio	ppm	71.07		
Dureza Total	ppm	240.21		
Alcalinidad Total	ppm	230.00		

La Muestra fue tomada por el interesado

INFORMADO POR:

L. A. S. A. Ingenieros
Laboratorio de Analisis de Suelos y Aguas

ING. MIGUEL PASACHE ANGULO
GERENTE GENERAL

ANALISIS DE SUELOS Y AGUAS: Asesoría - Consulta - Supervisión

Calle Cataveri N° 510 - Urb. La Florida - Rimac - Lima
Teléfax 481-3311 - Celular 99992-1506 - E: lasaingenieros@hotmail.com

Figura 25. Resultados de análisis de agua
Fuente COPECSAC

Después se crea un diagrama logarítmico de potabilidad del agua para determinar si las cantidades de sustancias están dentro de los parámetros permitidos para considerarse agua potable.

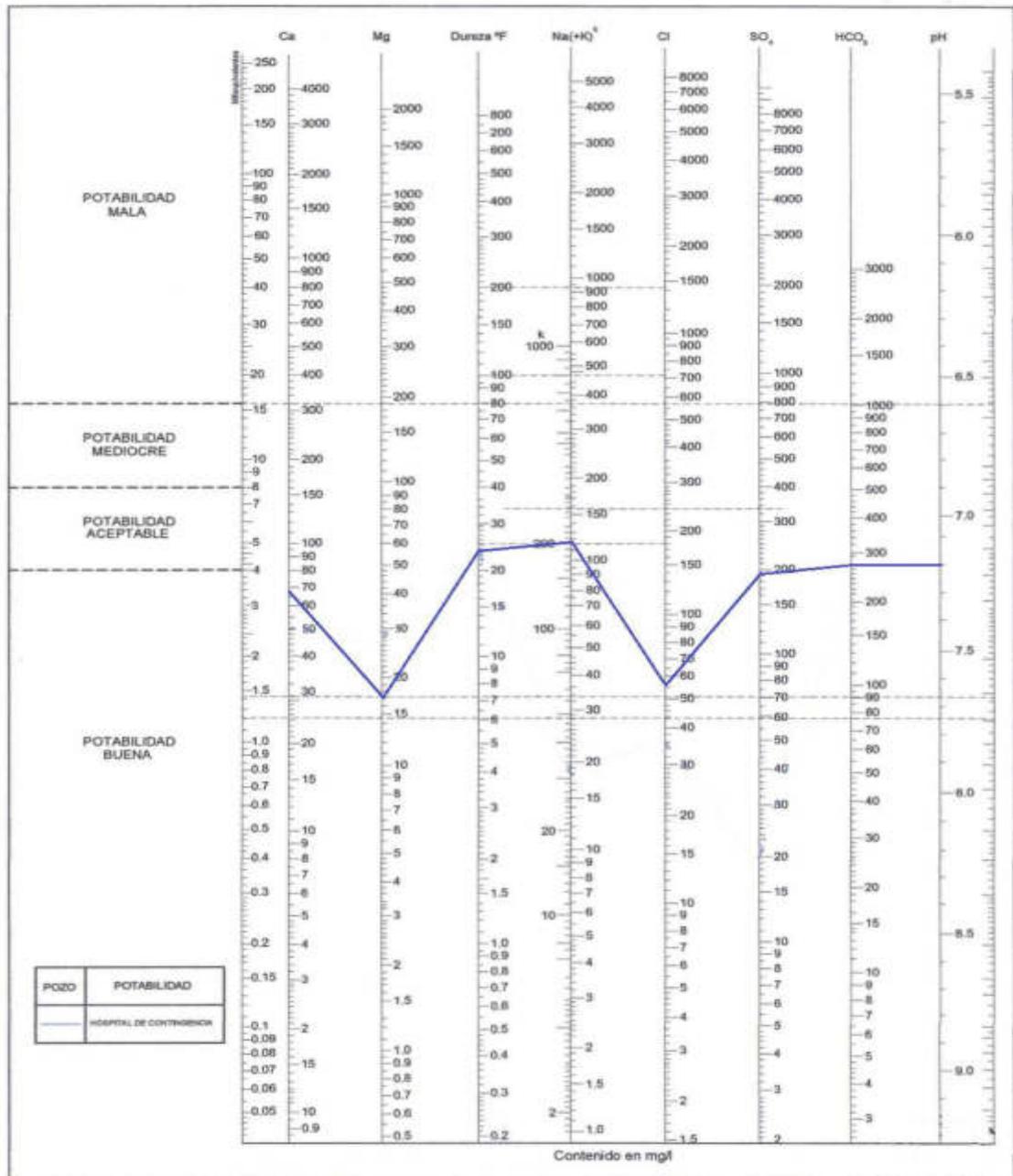


Figura 26. Diagrama logarítmico de potabilidad

Fuente COPECSAC

Como se puede observar la línea está dentro del límite de agua potable según el diagrama y con ello se deduce que el acuífero no presenta sustancias que causen daños en la salud de la población.

4.3 Cálculo de población y caudal de diseño

La población que se usa para el cálculo de caudal de demanda, es el centro poblado de San Miguel de Otopongo, la cual tiene una población en constante crecimiento debido a las diferentes instituciones que se van instalando.

El área es netamente agrícola, existen caseríos que soportan a la economía de la población. Se tomaron censos anteriores como muestra de su crecimiento y estas sirven para hallar la población futura a la cual se proyecta.

Se determinó la cantidad de población de acuerdo a un índice de crecimiento hallado por formulas indicadas. El caudal va a depender de la población a futuro, y de la interpretación de la norma de instalaciones sanitarias para calcular la dotación restante.

4.3.1 Cálculo de población

Como base de datos inicial se tomara en cuenta los 3 últimos censos realizados por el Instituto Nacional de Estadística, en adelante INEI, e información brindada por el presidente de la comunidad estos datos son los siguientes.

Tabla 19. Datos poblacionales

Fecha	Descripción	Habitantes
Julio -2005	X Censo de Población y V de Vivienda	120
Octubre - 2007	XI Censo de Población y VI de Vivienda	142
Octubre - 2017	XII Censo de Población y VII de Vivienda	199
Abril - 2019	Información brindada por Presidente de la comunidad	290

Elaboración: Los autores

Fuente INEI

Según la Autoridad Nacional del Agua, en adelante ANA, manifiesta que toda obra de infraestructura hidráulica deberá de tener una vida útil de 20 años, en tal sentido la población que se estima para la presente investigación será proyectada a 20 años.

Los métodos estadísticos a utilizar para el cálculo de población a futuro fueron descritas en como parte del marco teórico, se utilizara los siguientes métodos:

- **Método aritmético**

La población proyectada por este método es enteramente teórica y pocas veces la estimación de la tasa de crecimiento es correcto, tal como se explica en el marco teoría solo se necesita de dos poblaciones en dos etapas de tiempo distintos.

La estimación de la población futura se dará mediante la siguiente fórmula:

$$Pd = Pa + r.t$$

Donde: Pd = Población de diseño (hab.)
Pa = Población actual (hab.)
r = Tasa de crecimiento (hab./año)
t = Período de diseño (años)

➤ **Población actual**

Del trabajo de campo realizado y entrevista con el presidente de la asociación de pobladores del Centro Poblado San Miguel de Otopongo se obtuvo la siguiente información:

Total de habitantes	:	290 personas
Total de Mujeres	:	187 personas
Total de Varones	:	103 personas
Total de Viviendas	:	129 viviendas

➤ **Tasa de crecimiento**

Para determinar la tasa de crecimiento, el método aritmético propone tres (03) diferentes formas, detalladas como parte del marco teórico, para la presente investigación utilizaremos la siguiente formula:

$$r = \frac{P^{t+n} - P^t}{a(P^t)}$$

- r : Tasa de crecimiento anual
 P^{t+n} : Población presente
 P^t : Población base o población inicial
a : amplitud o distancia entre dos poblaciones de referencia

Tabla 20. Cálculo de tasa de crecimiento aritmético

Año	P^{t+n}	Año	P^t	$P^{t+n} - P^t$	a	$a(P^t)$	r
2007	142	2005	120	22	2	240	9.17
2017	199	2005	120	79	12	1440	5.49
2019	290	2005	120	170	14	1680	10.12
2017	199	2007	142	57	10	1420	4.01
2019	290	2007	142	148	12	1704	8.69
2019	290	2017	199	91	2	398	22.86

Elaboración: Los autores

Fuente INEI

Entonces para el presente estudio el valor de la tasa de crecimiento a utilizar será:

Tabla 21. Tasa de crecimiento aritmético

Item	r (%)	Año	Poblacion	r (hab/año)
r1	9.17%	2005	120	11.00
r2	5.49%	2005	120	6.59
r3	10.12%	2005	120	12.14
r4	4.01%	2007	142	5.69
r5	8.69%	2007	142	12.34
r6	22.86%	2017	199	45.49
			\bar{r}	15.54

Elaboración: Los autores

Fuente INEI

➤ **Periodo de diseño**

Como periodo de diseño se usara el tiempo de 20 años, es decir se realizara los cálculos para una población proyectada para el año 2039, en adelante el valor del periodo de diseño será igual a:

t = 20 años

➤ **Población de diseño**

Una vez definidas las variables a utilizarse estas serán reemplazadas en la siguiente fórmula:

$$Pd = 290 \text{ hab} + 15.54 \text{ hab/año} \times 20 \text{ años}$$

$$Pd = 600.80 \text{ hab} \cong 601 \text{ hab.}$$

• **Método geométrico**

El método geométrico toma como razón de crecimiento una tasa constante y proporcional al tamaño de esta, este método estará definido por la siguiente formula:

$$Pd = Pa(1 + r)^t$$

Donde: Pd = Población de diseño (hab.)
Pa = Población actual (hab.)
r = Tasa de crecimiento anual
t = Período de diseño (años)

➤ **Población actual**

La población base a utilizar, fue de acuerdo a la información brindada por el presidente de la asociación, entonces la población actual en adelante será igual a:

$$P.a. = 290 \text{ habitantes}$$

➤ **Tasa de crecimiento anual**

La tasa de crecimiento esta expresada en porcentaje y definida por la siguiente fórmula.

$$r = \left(\frac{P^{t+n}}{P^t} \right)^{1/a} - 1$$

r	:	Tasa de crecimiento anual
P^{t+n}	:	Población presente
P^t	:	Población base o población inicial
a	:	amplitud o distancia entre dos poblaciones de referencia

Tabla 22. Calculo de la tasa de crecimiento geométrico

Año	P^{t+n}	Año	P^t	P^{t+n} / P^t	a	1/a	r	
2007	142	2005	120	1.18	2	0.50	8.73%	
2017	199	2005	120	1.66	12	0.08	4.31%	
2019	290	2005	120	2.42	14	0.07	6.51%	
2017	199	2007	142	1.40	10	0.10	3.43%	
2019	290	2007	142	2.04	12	0.08	6.73%	
2019	290	2017	199	1.46	2	0.50	20.12%	
							\bar{r}	8.31%

Elaboración: Los autores

Fuente INEI

➤ **Periodo de diseño**

$$t = 20 \text{ años}$$

➤ **Población de diseño**

Una vez definidas las variables a utilizarse estas son reemplazadas en la siguiente fórmula:

$$Pd = 290 \text{ hab.} \times (1 + 8.31\%)^{20 \text{ años}}$$

$$Pd = 1431.43 \text{ hab} \cong 1432 \text{ hab.}$$

• **Método exponencial**

El método exponencial esta definido por la siguiente fórmula:

$$Pd = Pa.e^{k.t}$$

Pd = Población de diseño (hab.)

Pa = Población actual (hab.)

k = Constante

t = Período de diseño (años)

➤ **Población actual**

$$P.a. = 290 \text{ habitantes}$$

➤ **Constante**

El valor de la constante será definido por el promedio de los resultados obtenidos de la siguiente formula:

$$k = \frac{\ln P^{t+n} - \ln P^t}{a}$$

- k : Constante
 P^{t+n} : Población presente
 P^t : Población base o población inicial
 a : amplitud o distancia entre dos poblaciones de referencia

Tabla 23. Calculo de constante K del método exponencial

Año	P^{t+n}	Año	P^t	$\ln(P^{t+n})$ 1	$\ln(P^t)$ 2	(1)-(2)	a	k
2007	142	2005	120	4.96	4.79	0.17	2	0.0842
2017	199	2005	120	5.29	4.79	0.51	12	0.0422
2019	290	2005	120	5.67	4.79	0.88	14	0.0630
2017	199	2007	142	5.29	4.96	0.34	10	0.0337
2019	290	2007	142	5.67	4.96	0.71	12	0.0595
2019	290	2017	199	5.67	5.29	0.38	2	0.1883
K								0.0785

Elaboración: Los autores

➤ **Periodo de diseño**

$$t = 20 \text{ años}$$

➤ **Población de diseño**

Una vez definidas las variables a utilizar estas serán reemplazadas en la siguiente formula:

$$Pd = 290 \text{ hab.} \times e^{0.0785 \times 20 \text{ años}}$$

$$Pd = 1393.92 \text{ hab} \cong 1394 \text{ hab.}$$

Una vez hallado el valor de la población de diseño por estos tres diferentes métodos, se presentan los resultados en la siguiente tabla:

Tabla 24. Resultados de los cálculos poblacionales

N°	Método	Población
1	Aritmético	601 Hab.
2	Geométrico	1,432 Hab.
3	Exponencial	1,394 Hab.

Elaboración: Los autores

Para el caso de la presente investigación, el dato de población de diseño será igual al valor obtenido por el método geométrico.

$$Pa = 1432 \text{ hab.}$$

4.3.2 Demanda de agua poblacional

Una vez realizado el cálculo de la población a futuro, se utilizó el siguiente cuadro de valores referenciales de consumo para una población rural, de acuerdo a su ubicación geográfica.

DOTACIONES EN ZONAS RURALES (DIGESA)	
Sierra	50 lpd
Costa	60 lpd
Selva	70 lpd
Piletas	30 – 50 lpd

lpd = Litros por persona por día

Figura 27. Dotación para zona rural
Fuente DIGESA

$$\text{Dotacion total por habitante} = 1432 \text{ hab} \times 60 \text{ lpd}$$

$$\text{Dotacion total por habitante} = 85920 \text{ lt/dia}$$

De la misma manera, en el centro poblado San Miguel de Otopongo, se identificó la presencia de instituciones públicas, estas a su vez tienen un cálculo de dotación especial, la cual se encuentra dentro de la norma IS 010, a continuación se realizara los cálculos de dotación por el tipo de institución.

- **Establecimientos de hospedaje:** El centro poblado San Miguel de Otopongo cuenta con un albergue, utilizado por los trabajadores de la empresa AIPSAA, tiene un área aproximada de 120 m².

Tipo de establecimiento	Dotación diaria
Hotel, <u>apart-hoteles</u> y hostales	500 L por dormitorio
Albergue	25 L por m ² de área destinado a dormitorio

Figura 28. Dotación por establecimiento tipo hospedaje
Fuente Norma IS 010

Tabla 25. Dotación por hospedaje

Area (m ²)	Dotacion (Lt/dia/m ²)	Total (Lt/dia)
120	25	3000

Elaboración: Los autores

- **Establecimientos de restaurante y comedores:** El centro poblado San Miguel de Otopongo cuenta con un comedor popular, de 36 m². aproximadamente.

Área de los comedores en m ²	Dotación
Hasta 40	2000 L
41 a 100	50 L por m ²
más de 100	40 L por m ²

Figura 29. Dotación por establecimiento tipo restaurante
Fuente Norma IS 010

Tabla 26. Dotación por comedor

Cantidad	Dotacion (Lt/dia)	Total (Lt/dia)
1	2000	2000

Elaboración: Los autores

- **Locales educativos:** El centro poblado San Miguel de Otopongo cuenta con un institución educativa de nivel primario, con personal residente, actualmente cuenta con 76 alumnos.

Tipo de local educacional	Dotación diaria
Alumnado y personal no residente	50 L por persona
Alumnado y personal residente	200 L por persona

Figura 30. Dotación por establecimiento tipo educacional
Fuente Norma IS 010

Tabla 27. Dotación por institución primaria

Cantidad	Dotacion (Lt/dia)	Total (Lt/dia)
76	200	15200

Elaboración: Los autores

- **Locales de reunión:** El centro poblado San Miguel de Otopongo cuenta con una parroquia que es utilizada como local para las reuniones comunales. La parroquia cuenta con 60 asientos.

Tipo de establecimiento	Dotación diaria
Cines, teatros y auditorios	3 L por asiento
Discotecas, casinos y salas de baile y similares	30 L por m ² de área
Estadios velódromos, autódromos, plazas de toro y similares	1 L por espectador
Circo, hipódromos, parques de atracción y similares	1 L por espectador más la dotación requerida para el mantenimiento de los animales

Figura 31. Dotación por establecimiento tipo lugar de reunión
Fuente Norma IS 010

Tabla 28. Dotación por parroquia local

Cantidad	Dotacion (Lt/dia)	Total (Lt/dia)
60	3	180

Elaboración: Los autores

- **Centros de salud:** El centro poblado San Miguel de Otopongo cuenta con un centro de salud de nivel primario, actualmente cuenta con 2 consultorios.

Local de salud	Dotación
Hospitales y clínicas de hospitalización	600 L/d por cama
Consultorios médicos	500 L/d por consultorio
Clínicas dentales	1000 L/d por unidad dental

Figura 32. Dotación por establecimiento tipo centro de salud
Fuente Norma IS 010

Tabla 29. Dotación por posta medica

Cantidad	Dotacion (Lt/dia)	Total (Lt/dia)
2	500	1000

Elaboración: Los autores

- **Dotación para áreas verdes:** El centro poblado San Miguel de Otopongo cuenta con un parque, que tiene un área aproximada de 300 m².

u) **La dotación de agua para áreas verdes** será de 2 L/d por m². No se requerirá incluir áreas pavimentadas, enripiadas u otras no sembradas para los fines de esta dotación.

Figura 33. Dotación por área verde
Fuente Norma IS 010

Tabla 30. Dotación por área de parque

Cantidad	Dotacion (Lt/dia)	Total (Lt/dia)
300	2	600

Elaboración: Los autores

A continuación, se presenta un cuadro de resumen con cada uno de las dotaciones obtenidas y la dotación total por instituciones públicas.

Tabla 31. Cuadro de resumen por tipo de establecimiento

Nº	Descripción	Dotación
1	Albergue	3,000 Lt/día
2	Comedor	2,000 Lt/ día
3	Local institucional	15,200 Lt/ día
4	Parroquia	180 Lt/ día
5	Centro de salud	1,000 Lt/ día
6	Áreas verdes	600 Lt/ día
Dotación total por instituciones		21,980 Lt/día

Elaboración: Los autores

4.3.3 Cálculo de dotación agrícola

Existen muchas áreas de cultivo de caña de azúcar alrededor del centro poblado, pero estas siempre están en constante riego por medio de un canal de derivación exclusivamente para este fin. Pero el canal de agua superficial no siempre se abastece de agua en todo el año, existen temporadas de sequía en la cual no se cuenta con agua. Por esta razón es muy importante ver la manera que el agua extraída del acuífero también tenga suficiente capacidad para el riego de los sembríos.

Sabemos que la caña de azúcar es un cultivo que necesita grandes volúmenes de agua que rieguen de manera constante durante 18 meses aproximadamente hasta su maduración, el centro poblado cuenta con 9.41 hectáreas de sembrío de dicha planta en toda la zona.

El pozo proyectado tuvo como uno de sus objetivos abastecer de agua al sector agrícola de la población. La caña de azúcar es el principal ingreso económico del poblado como parte de las actividades diarias que se realizan.

En el estudio hidrogeológico, se realizó una recopilación de datos in situ que calculan la demanda de agua agrícola en el sector de acuerdo a situaciones climáticas en la zona. Este estudio se realizó en el sector El Manzueto con un área de 190 hectáreas, la cual se llegó a una demanda de **2'304,540.3 m³/año** para caña de azúcar.

Para nuestro sector de San Miguel de Otopongo contiene el mismo tipo de clima y está en el mismo valle, por lo tanto se debe de contar con la misma aproximación de demanda de agua para el mismo tipo de sembrío, pero en nuestro caso solo son 9.41 hectáreas de cultivo. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Demanda Unitaria} = \frac{2'304,540.3 \text{ m}^3/\text{año}}{190 \text{ Hectareas}} = 12,129.16 \text{ m}^3/\text{año}/\text{He}$$

$$\text{Demanda Requerida} = 12,129.16 \text{ m}^3/\text{año}/\text{He} * 3.14 \text{ Hectáreas}$$

$$\text{Demanda Requerida} = 38,085.56 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$\text{Demanda Requerida} = 38,085.56 \text{ m}^3/\text{año} * 1 \text{ año}/360 \text{ días}$$

$$\text{Demanda Requerida} = 105.79 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Demanda Requerida} = 105.79 \text{ m}^3/\text{día} * 1000 \text{ lt}/\text{m}^3$$

$$\text{Demanda Requerida} = 105,793.23 \text{ lt}/\text{día}$$



Figura 34. Área agrícola del C. P. San Miguel de Otopongo
Fuente Google earth

4.3.4 Cálculo de caudal de diseño

Una vez realizado todos los cálculos para estimar la demanda de agua diaria, se utilizó estos valores para realizar el diseño del caudal promedio.

Tabla 32. Calculo de dotación total

N°	Descripción	Dotación
1	Dotación poblacional	85,920 Lt/día
2	Dotación por instituciones	21,980 Lt/día
3	Dotación agrícola	105,793.23 Lt/día
Dotación total		213,693.23 Lt/día

Elaboración: Los autores

$$Q_p(Lt/seg) = \frac{\text{Dotacion diaria total}}{86400}$$

$$Q_p(Lt/seg) = \frac{213,693.23}{86400}$$

$$Q_p(Lt/seg) = 2.47$$

El valor de caudal promedio se utilizó para calcular el caudal máximo diario (Qmd) y caudal máximo horario (Qmh).

- Caudal máximo diario (Qmd):

$$Qmd = Qp \times K1$$

Qp : Caudal promedio

K1 : Coeficiente de variación 1.3

$$Qmd = 2.47 \times 1.3$$

$$Qmd = 3.22 \text{ lt/seg}$$

- Caudal máximo horario (Qmh):

$$Qmh = Qp \times K2$$

Qp : Caudal promedio
K2 : Coeficiente de variación 1.5

$$Qmh = 2.47 \times 1.5$$

$$Qmh = 3.71 \text{ lt/seg}$$

4.4 Diseño definitivo de pozo tubular

4.4.1 Propuesta de lugares para la perforación

La determinación de los posibles lugares de perforación se realizó mediante el uso del sondaje eléctrico vertical, para la presente investigación se tomó en consideración 3 posibles puntos, la ubicación de estos puntos fue mediante coordinación con el presidente del centro poblado San Miguel de Otopongo, en tal sentido los lugares a explorar son los siguientes:

Tabla 33. Ubicación de los posibles lugares para perforación

Descripción	UBICACIÓN 18L	
	Norte	Este
SEV – 1A	8824503.39	205959.99
SEV – 2A	8824544.39	205926.19
SEV – 3A	8824480.23	205866.94

Elaboración: Los autores

a. Metodología

El método utilizado fue el de Resistividades Eléctricas mediante Sondajes Eléctricos Verticales (SEV), que es la aplicación de dispositivos que permiten obtener información sobre la secuencia de horizontes geoelectricos existentes entre la superficie y una profundidad de investigación máxima determinada por la geometría de un sistema tetraelectrónico conectados al suelo. Como resultado se obtienen curvas o diagramas de cada SEV, cuya interpretación permite calcular la distribución vertical de las resistividades y los espesores reales de dichos horizontes o capas en el punto sondeado. Es a partir de esta información geoelectrica, que permite correlacionar con las características litológicas existentes y la presencia de afloramientos rocosos.

b. Equipos y accesorios

Equipo empleado

Para la ejecución de los trabajos se ha empleado un GEORESISTIVIMETRO GT-1010 con un alcance de profundidad de investigación máxima de 400 mts. y con voltaje de 12 a 1000 voltios.

Accesorios

- 2 Bobinas con cable mono – electrónico de cobre acerado de 500 mts. c/u.
- 2 Bobinas con cable mono – electrónico de cobre acerado de 200 mts c/u.
- 8 Electrodo de cobre y acero especial para la recepción de corriente eléctrica. (MN).
- 2 Electrodo de fierro para la inyección de corriente eléctrica. (AB.).
- 1 GPS GARMIN.
- 2 Combas de 16 Lbs.
- 1 Combas de 8 Lbs.
- 1 Winchas de 50 mts. 1 Laptop Toshiba modelo A135 – S4527 Satellite.
- 1 Software especializado.

c. Trabajo de campo

El trabajo de campo se realizó el día viernes 10 de mayo del 2019 habiéndose efectuado un total de tres sondajes eléctricos verticales.

Previamente al inicio de los trabajos, las estaciones de cada sondaje eléctrico fueron ubicadas en una foto mapa georreferenciado durante un reconocimiento de campo facilitando la ubicación de estas.

Es necesario indicar que los trabajos fueron ejecutados en los límites exteriores de las propiedades, a fin de extender con facilidad la extensión de los cables eléctricos y tomar la información con mayor precisión impidiendo cualquier obstáculo presente.



Figura 35. Mapa georreferenciado de los SEV'S

Fuente Google earth

d. Trabajo de gabinete

Existen varios métodos de interpretación de Sondajes Eléctricos Verticales (SEV). Sin embargo, para el presente estudio se utilizó un programa computarizado que permite verificar los datos de campo IPI2WIN de la Compañía GEOSCAN, los resultados se observan en el **ANEXO 10**.

Mediante esta técnica se ha podido calcular las diferentes capas presentes en el diagrama que representan la variación tanto litológica como del fluido existente. Las pequeñas diferencias halladas se encuentran dentro del rango error de la aplicación del método. Además dentro del proceso de interpretación de los datos de campo se hallaron algunos valores inconsistentes, los cuales se han omitido durante la fase de correlación de los SEVs.

Igualmente, se ha tomado en cuenta que ciertas anomalías presentadas en la interpretación de estos modelos de 5 y 6 capas, cuyas variables son: espesores y resistividades eléctricas han producido idénticas respuestas instrumentales

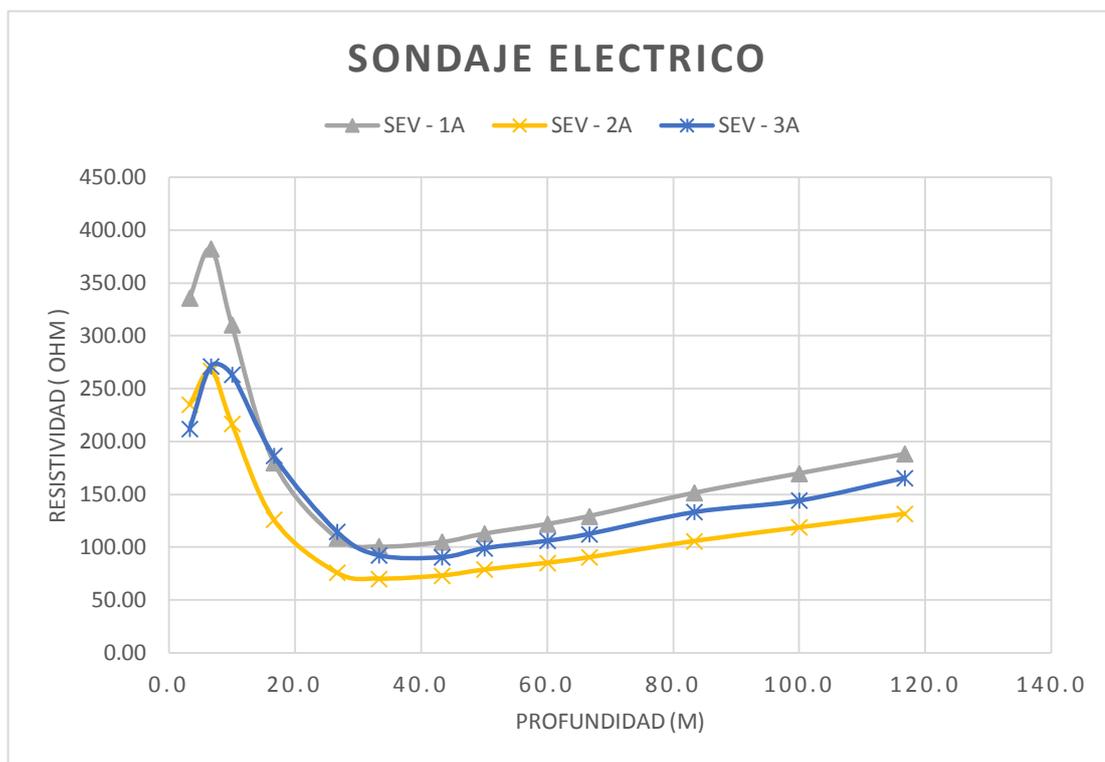


Figura 36. Curva de resistividades vs profundidad
Elaboración: Los autores

Tabla 34. Horizontes y resistividades

Sondajes Eléctricos	Horizontes o capas					Espesor total (m)	Ubicación 18L	
	R1 -E1	R2 -E2	R3 -E3	R4 -E4	R5 -E5		Norte	Este
SEV - 1A	254 - 5	900 - 6.71	64.7 - 30.8	101 - 86.7	548	129.21	8824480	205866.9
SEV - 2A	177 - 5	636 - 6.63	45.3 - 30.4	70.2 - 86.4	382	128.43	8824544	205926.2
SEV - 3A	146 - 5	939 - 6.4	49.4 - 38.2	103 - 86.3	613	135.9	8824503	205960

Elaboracion: Los autores

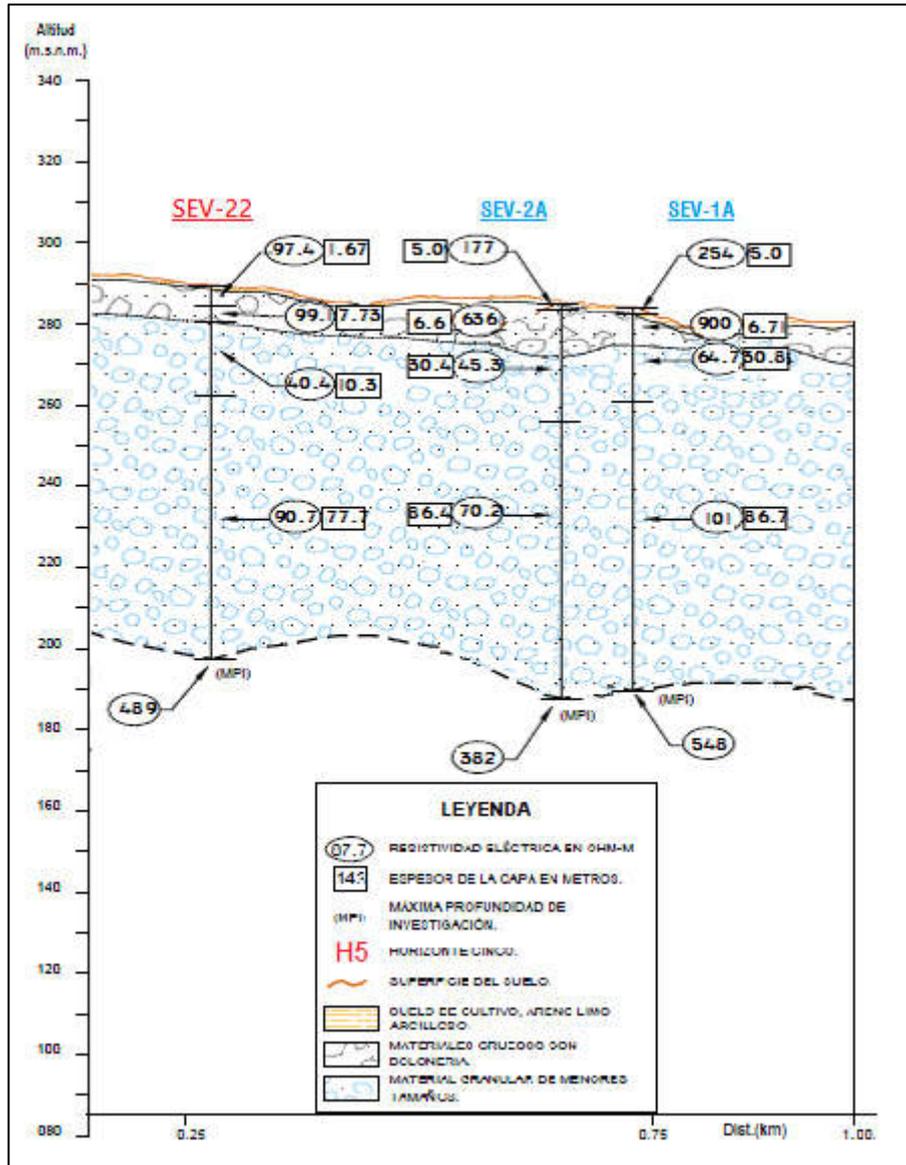


Figura 37. Sección Geofísica corte 1A – 2A - SEV22

Elaboración: Los autores

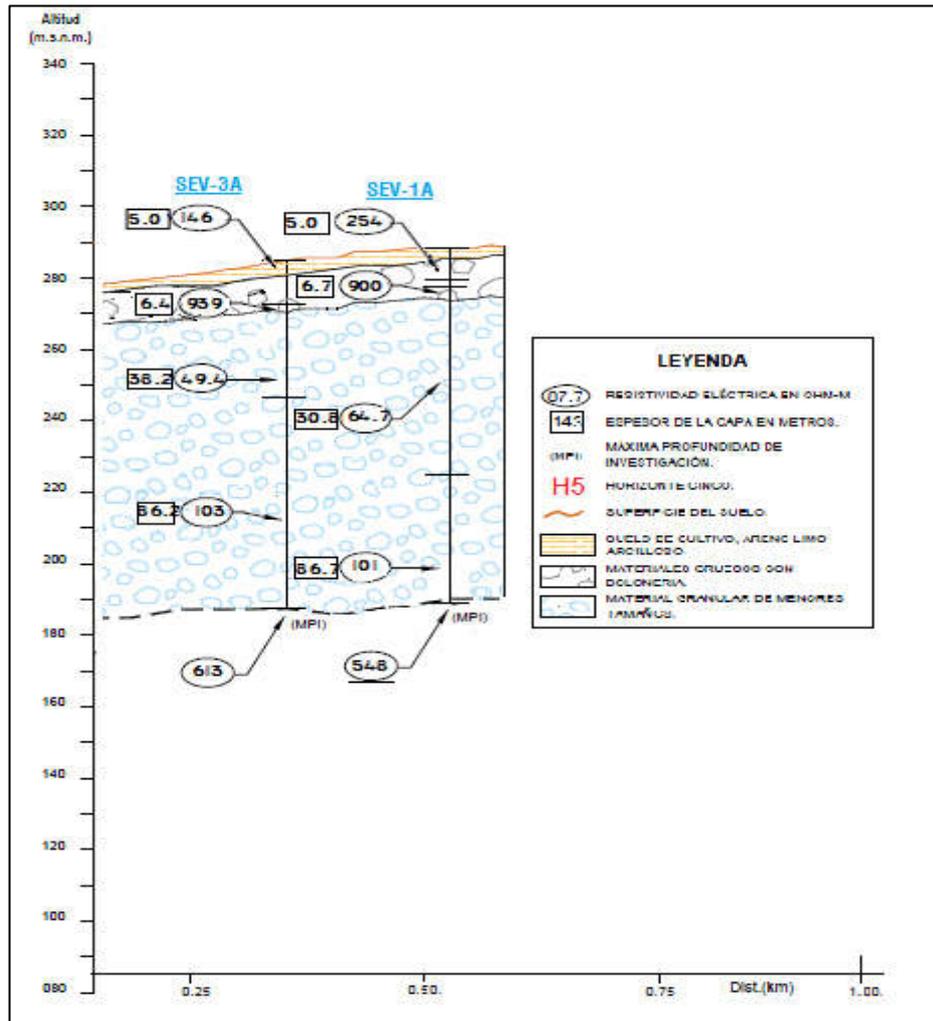


Figura 38. Sección Geofísica corte 1A – 3A

Elaboración: Los autores

e. Interpretación de resultados

1. Durante el proceso de interpretación se ha establecido la presencia de diferentes horizontes o capas que representan una secuencia litológica diferente, así como la calidad del fluido relacionado a la litología, de tal manera que tenemos:

- Horizonte H1:

Presenta valores de resistividad eléctrica entre 146 a 254 ohm-m y espesores entre 0.76 a 5.1 metros, que corresponden a las capas superficiales húmedas con riego por inundación.

- Horizonte H2:

Con resistividades entre 636 a 939 ohm-m con espesores de entre 6.40 a 6.71 metros que correspondería a los depósitos compactos y secos probablemente de diámetros regulares como boloneras, gravas y arenas, limos arcillas en poca proporción.

- Horizonte H3:

Con resistividades entre 45.3 a 64.7 ohm-m con espesores de entre 30.4 a 38.2 metros, donde el material predominante probablemente sea de menores diámetros no consolidados, bien graduados como cantos rodados, gravas y arenas y arcillas en menor proporción, ya con presencia de agua con un mejor potencial de aprovechamiento del acuífero.

- Horizonte H4:

Con valores de resistividades de 70.2 a 103.1 ohm-m. Con espesores entre 86.3 y 86.7 Con presencia de material predominante de menores diámetros no consolidados, bien graduados como cantos rodados, gravas y arenas y arcillas en menor proporción.

2. Los resultados obtenidos de la prospección geoelectrica nos indica que el sector estudiado presenta permeabilidades aceptables a buenas.

3. El lugar favorable para la perforación de pozos se halla en el radio de influencia de la estación del sondaje eléctrico SEV-3A y cuya coordenada UTM WGS-84 es:

SEV 3A N 8824480 E 205866.9 18L

4. Se observa presencia de material saturado entre los 10 a 20 m., confirmando el valor del nivel estático que se tenía del pozo SEV – 22.

5. Cada uno de los sondajes realizados, arrojaron resultados positivos indicando la presencia de agua dulce, además de observar la presencia de un área aprovechable para la perforación con profundidades superiores a los 80 metros.

4.4.2 Diseño físico de pozo

a. Prefiltro

Para hallar la necesidad de prefiltro o no, se tiene que tener en cuenta la curva granulométrica que se realiza al pozo del SEV-22, ya que esta tiene un tipo de suelo crítico similar a la zona donde se diseñará la captación de agua. Por ello se genera el grafico granulométrico, donde la prueba de ensayo se encuentra en los ANEXO 11 Y 12, y se determina los diámetros de abertura para nuestro coeficiente de uniformidad:

Tabla 35. Resultados de prueba granulométrica arena fina

MALLAS SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA			
	ABERTURA (mm)	PESO RET (gr)	RET (%)	PASA (%)
3"	76.2		-	100
2 1/2"	63.5	0	-	100
2"	50.8	0	-	100
1 1/2"	38.1	0	-	100
1"	25.4	0	-	100
3/4"	19.05	0	-	100
1/2"	12.7	12	-	100
3/8"	9.525	24	1	99
1/4"	6.35	24	2	97
N° 4	4.76	24	2	95
N° 6	3.36	24	2	93
N° 8	2.38	24	2	91
N° 10	2	96	2	89
N°16	1.19	72	8	81
N° 20	0.84	120	6	75
N° 30	0.59	72	10	65
N° 40	0.426	96	6	59
N° 50	0.297	216	8	51
N° 80	0.177	252	18	33
N° 100	0.149	108	21	12
N° 200	0.074	36	9	3
-200			3	-

Fuente: DELTALAB S.A.C.

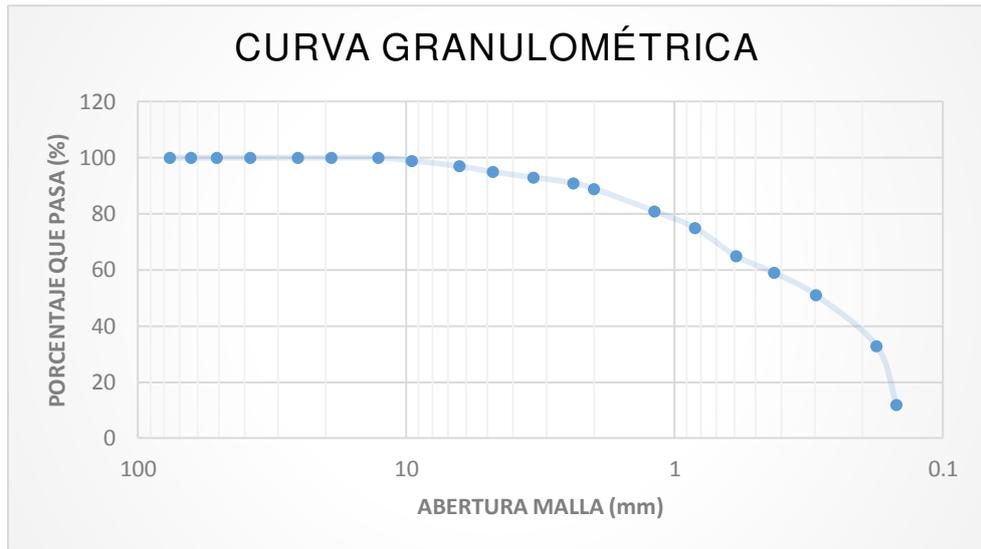


Figura 39. Curva granulométrica arena fina
Fuente: DELTALAB S.A.C.

Tabla 36. Resultados de prueba granulométrica arena media

MALLAS SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA			
	ABERTUR A (mm)	PESO RET (gr)	RET (%)	PASA (%)
3"	76.2		-	100
2 1/2"	63.5		-	100
2"	50.8	0	-	100
1 1/2"	38.1	0	-	100
1"	25.4	0	-	100
3/4"	19.05	0	-	100
1/2"	12.7	0	-	100
3/8"	9.525	12	1	99
1/4"	6.35	24	2	97
N° 4	4.76	24	2	95
N° 6	3.36	24	2	93
N° 8	2.38	24	2	91
N° 10	2	24	2	89
N°16	1.19	96	8	81
N° 20	0.84	72	6	75
N° 30	0.59	120	10	65
N° 40	0.426	156	13	52
N° 50	0.297	132	11	41
N° 80	0.177	384	32	9
N° 100	0.149	48	4	5
N° 200	0.074	36	3	2
-200		24	2	-

Fuente: DELTALAB S.A.C.

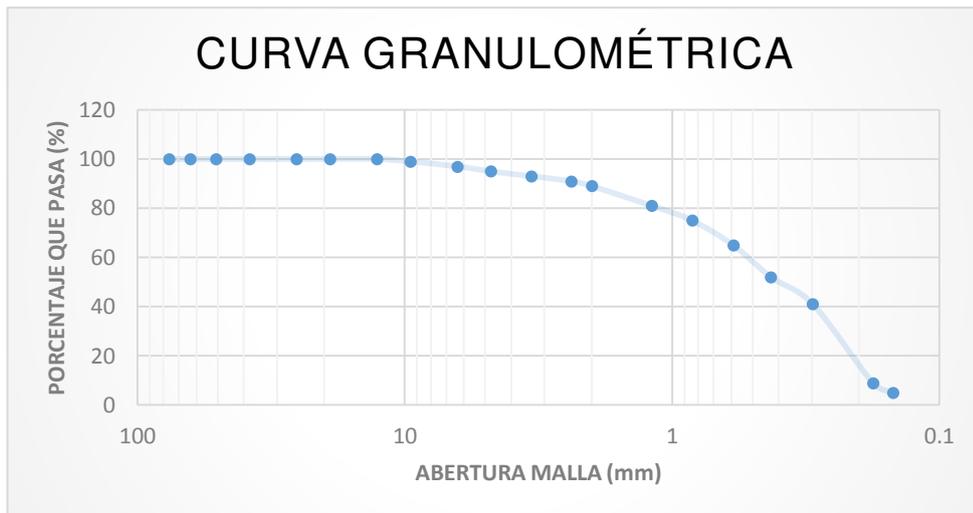


Figura 40. Curva granulométrica arena media
Fuente: DELTALAB S.A.C.

Por lo tanto, se generan diámetros de abertura para el coeficiente de uniformidad conformados por D10, D40, D50 y D60 las cuales son el porcentaje de materiales acumulados que pasan por los tamices determinados:

Tabla 37. Porcentaje de pasantes con abertura de tamices

Material	D ₁₀	D ₄₀	D ₅₀	D ₆₀	Cu
Arena Fina	0.10	0.21	0.25	0.29	2.90
Arena Media	0.19	0.26	0.42	0.50	2.78

Elaboración: Los autores

- Para arena fina tenemos: Cu = 2.90 y D₁₀ = 0.10 mm
- Para Arena Media tenemos: Cu = 2.78 y D₁₀ = 0.19 mm

Según Aguilar (1996), “Se considera que hay necesidad de prefiltro cuando: los materiales tienen Cu < 3 y D₁₀ > 0.25 mm” y debemos saber que según el tipo de materiales recolectados es un acuífero con arenas finas y tamaño de grano usualmente uniforme, lo que lleva a decidir el uso de prefiltro en el pozo.

Para saber el diámetro del pozo tenemos que referirnos respecto al coeficiente de uniformidad conformada por el material más fino. Se tendrá en cuenta la **tabla 4**:

Coefficiente de uniformidad CU	Criterios de selección para el Filtro de grava	Tamaño ranurado de la rejilla
< 2.5	<p>a) CU entre 1 y 2.5 con un 50% del tamaño no mayor que 6 veces el 50% del tamaño del material de la formación acuífera.</p> <p>b) Si (a) no estuviera disponible, CU entre 2.5 y 5 con un 50% del tamaño no mayor que 9 veces el 50% del tamaño del material de la formación acuífera.</p>	≤ 10% del tamaño de grano acumulado del filtro de gravas
2.5 – 5	<p>a) CU entre 1 y 2.5 con un 50% del tamaño no mayor que 9 veces el 50% del tamaño del material de la formación.</p> <p>b) Si (a) no estuviera disponible, CU entre 2.5 y 5 con un 50% del tamaño no mayor que 12 veces el 50% del tamaño del material de la formación acuífera.</p>	≤ 10% del tamaño de grano acumulado del filtro de gravas
> 5	<p>a) Del análisis granulométrico, el 30% de tamaño de grano acumulado multiplicarlo por 6 y 9 localizando los dos puntos en el gráfico sobre una línea horizontal.</p> <p>b) A través de estos puntos dibujar dos líneas paralelas que representen materiales de CU ≤ 2.5</p> <p>c) Seleccionar el material para filtro de gravas que se encuentra entre ambas líneas</p>	≤ 10% del tamaño de grano acumulado del filtro de gravas

Fuente: Comisión Nacional de Riego del Ministerio de Agricultura de Chile (2000)

Al tener un $Cu = 2.9$ en el material de acuífero, según la tabla calculamos:

$$D_{\text{prefiltro}} = 0.5 \cdot 12 \cdot 0.5 \cdot 0.10 = \mathbf{0.30 \text{ mm}}$$

$$D_{\text{abertura de filtro}} = 0.1 \cdot 0.30 = 0.03 \text{ mm}$$

Se usan espesores de grava entre 3" y 8", pero para evitar punteos del material durante su colocación se requiere solo el de 3". Según el ingeniero mexicano Vicente Vargas (1976) citado por Oscar Reckmann en "Pozos Profundos" (2000, p. 31) sugiere lo siguiente: "cualquier clase de materiales, por finos que sean, se pueden controlar con un filtro constituido por grava graduada, con partículas limitadas entre ¼ y ½ pulgada de diámetro".

Por lo tanto, se usa el más comercial que sería de ¼ de pulgada y las aberturas de filtro se mantendrán según cálculos respecto a la velocidad de agua que ingresa en el acuífero.

b. Diámetro de rejilla

Para ello tenemos que tener en cuenta la Transmisividad (T) determinada durante la prueba de bombeo, el cual es:

$$T = 255.77 \text{ m}^2/\text{día}$$

Con esto se determina el rango de caudal, según la **tabla 11**:

T (m ² /día)	Calificación estimativa	Posibilidades del acuífero
T<10	Muy baja	Pozos de menos de 1 l/s con 10 m de depresión teórica.
10<T<100	Baja	Pozo entre 1 y 10 l/s con 10 m de depresión teórica.
100<T<500	Media a alta	Pozo entre 10 y 50 l/s con 10 m de depresión teórica.
500<T<1000	Alta	Pozo entre 50 y 100 l/s con 10 m de depresión teórica.
T>1000	Muy alta	Pozos superiores a 100 l/s con 10 m de depresión teórica.

Fuente: Villanueva, M & Iglesias, A (1984).

El diseño del diámetro de la tubería Filtro se realizó a base del cuadro N° que tiene como fin relacionar el diámetro de la bomba sumergible con el diámetro de pozos como lo menciona en la **tabla 2**:

Rendimiento del pozo Previsto (l/s)	Diámetro Nominal de la bomba (")	Diámetro óptimo de la entubación (")	Diámetro mínimo de la entubación (")
Menos de 6	4	6 DI	5 DI
5 a 11	5	8 DI	6 DI
10 a 25	6	10 DI	8 DI
22 a 41	8	12 DI	10 DI
40 a 57	10	14 DI	12 DI
53 a 82	12	16 DI	14 DE
75 a 114	14	20 DI	16 DE
100 a 190	16	24 DI	20 DE

DI = Diámetro Interno; DE = Diámetro Externo

Fuente: E.E. Johnson (1966)

Entonces se determina un caudal promedio de prueba de bombeo de Q=30 l/s se recomienda un diámetro $\varnothing=12''$ según el cuadro con un diámetro mínimo de entubación.

c. Filtro y abertura de rejilla

Según el criterio anterior, la abertura mínima con la que se trabaja es el D_{10} y a la vez está según Walton es 5 veces la abertura del D_{10} de la arena fina. Para ello representamos anteriormente un cuadro multiplicándolo y creando aberturas para la grava o prefiltro. Por ello la abertura del filtro será:

$$D_{\text{prefiltro}} = 5 D_{10 \text{ arena}} = 0.5 \text{ mm} = \mathbf{0.020''}$$

También se puede buscar el tipo de filtro que va a ir según el cuadro presentado en el marco teórico que es la **tabla 8**:

Metal o aleación	Composición	Índice de Costo	Recomendación de uso según composición y empleo del agua
Acero	99.3/99.7 % Fe; 0.08/0.15 C; 0.20/0.50 Mn (Galvanizado)	100	Para aguas que no son corrosivas ni incrustantes
Hierro "ARMCO"	99.8 % Fe (doblemente galvanizado)	120	Para aguas relativamente neutras. Se usa para irrigación
Laton Cobreado Silicico	83 % Cu 15 % Zn 1 % SiO ₂	180	Para aguas de alta dureza, alto contenido en cloruro de sodio y hierro. Resistente al tratamiento con ácido. Empleado en pozos municipales e industriales
Acero Inoxidable	74 % acero 18 % Cr 8 % Ni	200	Para aguas con sulfuro de hidrógeno, oxígeno disuelto, dióxido de carbono o bacterias ferruginosas. Para pozos municipales e industriales
"Everdur" Johnson	96 % Cu 3 % SiO ₂ 1 % Mn	200	Para agua con dureza total muy alta y mucho cloruro de sodio (sin O ₂), mucho Fe. Resistente al tratamiento con ácido. Para pozos municipales e industriales
Super Niquel	70 % Cu 30 % Ni	240	Agua con mucho cloruro de sodio. No se usa en pozos para agua potable.
Monel	70 % Cu 30 % Ni	300	Agua salada; gran cantidad de cloruro de sodio con oxígeno disuelto. No se usa en pozos para agua potable.

Fuente: Aguilar (1996)

El filtro fue de **acero inoxidable** ya que el área de explotación de agua pertenece a un perímetro abierto y posiblemente con riesgo de contaminación por bacterias debido al sembrío de caña de azúcar.

Para la longitud del filtro, analizamos los factores que tiene la formula extraída del marco teórico:

$$L = \frac{Q}{A_o V_p}$$

Q = Caudal en m³/s

V_p = Velocidad optima de entrada m/s

A_o = Área abierta en m²/m de longitud de rejilla

Tenemos valores ya determinados como:

Q = 9.66 lt/seg = 0.00966 m³/seg

H (profundidad del acuífero) = 70 – 15 = 55 m

K (conductividad hidráulica) = 4.699x10⁻³ cm/seg = 4.06 m/día

Según la **tabla 5**, hallamos la velocidad:

K (m/día)	V (cm/s)
> 240	6.0
240	5.5
200	5.0
160	4.5
120	4.0
100	3.5
80	3.0
60	2.5
40	2.0
20	1.5
< 20	1.0

Entonces la velocidad está ubicada con un coeficiente menor que 20 m/día:

V = 1.0 cm/seg

Fuente: Aguilar (1996)

El único dato faltante en la fórmula de longitud del filtro es el área de abertura de las rejillas, entonces con estos datos seguimos con la fórmula del caudal para hallar el área abierta necesaria para que el agua fluya con esa velocidad determinada:

$$Q = V * A$$

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{0.00966 \text{ m}^3/\text{seg}}{0.01 \text{ m}/\text{seg}} = 0.966 \text{ m}^2$$

Al tener el área mínima total de todas las ranuras en el pozo, procedemos a hallar la misma área pero por cada metro lineal de acuerdo a la velocidad de infiltración:

$$f = \frac{A}{H}$$

$$f = \frac{0.966 \text{ m}^2}{55 \text{ m}} = 0.0176 \text{ m}^2/\text{ml}$$

$$f = 176.09 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Con este valor pasamos al Catálogo “ELEMESA” de tuberías ranuradas.

Si consideramos que una abertura de ranura = 1 mm, según los cálculos de abertura mínima en prefiltro tendremos un Área de Infiltración en la canastilla vertical según la **tabla 6**:

AREA DE INFILTRACION EN CM2 /M.L					
CANASTILLA VERTICAL					
DIAMETRO Y ESPESOR (pulg)	PESO POR METRO L.	No. Ran.	ABERTURA DE LA RANURA		
			1mm.	2mm.	3mm.
8 5/8 x 3/16	25.2 Kg.	608	316	608	985
1/4	34.3 Kg.	608	316	608	985
10 3/4 x 3/16	31.9 Kg.	752	391	752	1218
1/4	42.6 Kg.	752	391	752	1218
12 3/4 x 1/4	50.7 Kg.	912	474	912	1477
5/16	61.7 Kg.	912	474	912	1477
14 x 1/4	55.7 Kg.	992	515	992	1607
5/16	69.8 Kg.	992	515	992	1607
16 x 1/4	64.3 Kg.	1104	574	1104	1768
5/16	80.9 Kg.	1104	574	1104	1768
18 x 1/4	72.3 Kg.	1280	665	1280	2073
5/16	91.5 Kg.	1280	665	1280	2073
20 x 1/4	80.6 Kg.	1424	740	1424	2305
5/16	101.9 Kg.	1424	740	1424	2305
22 x 1/4	68.1 Kg.	1584	823	1584	2566
5/16	110.8 Kg.	1584	823	1584	2566
24 x 1/4	95.5 Kg.	1728	898	1728	2799
5/16	120.9 Kg.	1728	898	1728	2799

Fuente: ELEMESA

Sabemos que nuestra tubería de diseño principal es de 12", por lo tanto tenemos que buscar una tubería mayor o igual que el principal, y que el área de abertura sea mayor al calculado:

$$f = 474 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$474 \text{ cm}^2/\text{ml} > 176.09 \text{ cm}^2/\text{ml} \text{ ----- OK}$$

Se obtienen los siguientes resultados de la tubería y la abertura de esos filtros:

- Diámetro de filtro = 12"
- Espesor = ¼"
- Peso por metro lineal = 50.7 kg
- Numero de ranuras = 912
- Área de infiltración = 474 cm²/ml

El diámetro final del filtro resultó igual que el prediseño, por lo tanto:

$$\text{Ø filtro} \geq \text{Ø prediseño} \text{ ----- OK}$$

$$\text{Ø filtro} = 12"$$

Finalmente, al obtener todos los datos necesarios, hallamos la longitud total de la tubería filtro:

$$L = \frac{Q}{A_0 V_P}$$

$$L = \frac{0.00966 \text{ m}^3/\text{seg}}{0.0474 \text{ cm}^2/\text{ml} \cdot 0.01 \text{ m}/\text{seg}}$$

$$\mathbf{L = 20.40 \text{ ml}}$$

d. Dimensiones del diseño final

Una vez calculada cada parte del pozo tubular, se obtuvo los siguientes datos:

- Diámetro de tubería ciega = 12"
- Longitud de tubería ciega = 0.3 + 49.6 + 1 = 50.90 m
- Material de tubería ciega = Fierro negro
- Diámetro de tubería filtro = 12"
- Material de tubería filtro = Acero inoxidable
- Abertura de ranuras de tubería filtro = 474 cm²/ml
- Longitud de tubería filtro = 20.40 m
- Longitud de empaque de grava = Toda el espesor del acuífero = 55 m
- Diámetro de grava = 1/4 "
- Espesor de empaque de grava = 3"
- Diámetro total de la perforación = 12" + 3" + 3" = 18"
- Profundidad total de perforación = 70 m

4.4.3 Diseño del equipamiento para pozo tubular

Una vez determinado el lugar más apropiado para la construcción del pozo tubular, se realizara los cálculos necesarios para determinar el equipamiento requerido, para esto fue necesario calcular el caudal de bombeo.

$$Q_b = Q_{md} * \left(\frac{24}{N}\right)$$

Donde:

Q_b: Caudal de bombeo (Lt/seg)

Q_{md}: Caudal Máximo diario (Lt/seg)

N : Número de horas en uso

$$Q_b = 3.22 \frac{lt}{seg} \times \frac{24}{8}$$

$$Q_b = 9.66 \frac{lt}{seg}$$

a. Línea de impulsión

La selección del diámetro de la línea de impulsión se hará en base a las fórmulas de Bresse, descritas como parte del marco teórico.

○ **Diámetro teórico (Dmax):**

$$D_{max} = 1.3 * \left(\frac{N}{24} \right)^{1/4} * (\sqrt{Q_b})$$

N : 8 horas

Q_b : 9.63 lt/seg ≈ 0.00966 m³/seg

$$D_{max} = 1.3 \times \left(\frac{8}{24} \right)^{1/4} \times (\sqrt{0.00966})$$

$$D_{max} = 0.097 \text{ m.} \approx 96.70 \text{ mm.}$$

○ **Diámetro económico (Decon):**

$$D_{econ} = 0.96 * \left(\frac{N}{24} \right)^{1/4} * (Q_b)^{0.45}$$

$$D_{econ} = 0.96 \times \left(\frac{8}{24} \right)^{1/4} \times (0.00966)^{0.45}$$

$$D_{econ} = 0.090 \text{ m.} \approx 90 \text{ mm.}$$

Tabla 38. Cuadro para diámetro nominal

Diámetro Nominal (pulg.)	Diámetro Exterior		Diámetro Interior		Espesor de Pared		Peso Aprox. kg/m
	(pulg.) (O.D.)	(mm)	(pulg.) (I.D.)	(mm)	(pulg.) (T)	(mm)	
4"	4.215	107.1	3.975	101.0	0.120	3.0	1.64
6"	6.275	159.4	5.915	150.2	0.180	4.6	3.57
8"	8.400	213.4	7.920	201.2	0.240	6.1	6.25
10"	10.500	266.7	9.900	251.5	0.300	7.6	9.82
12"	12.500	317.5	11.780	299.2	0.360	9.1	14.13
15"	15.300	388.6	14.426	366.4	0.437	11.1	20.97
18"	18.701	475.0	17.629	447.8	0.536	13.6	31.83
21"	22.047	560.0	20.783	527.9	0.632	16.1	44.47
24"	24.803	630.0	23.381	593.9	0.711	18.1	58.00
27"	27.953	710.0	26.351	669.3	0.801	20.3	73.62

Elaboración: Los autores

- De acuerdo al cuadro anterior, se recomienda el uso de una tubería de 4".
- La longitud de tubería, de acuerdo al punto de perforación y ubicación del cisterna será 86.7 m.

b. Equipo de bombeo

Para el cálculo del diseño de equipo de bombeo, se requiere el valor del caudal de bombeo, calculado en líneas superiores.

$$Q_b = 9.66 \frac{lt}{seg}$$

Para utilizar este valor en las curvas de la ficha técnica propio de las electrobombas sumergibles, se tendrá que convertir a litros por minuto y en función de la máxima altura de bombeo, se determinara la potencia necesaria de la electrobomba.

$$Q_b = 9.66 \frac{lt}{seg} \times \frac{60 seg}{1 min}$$

$$Q_b = 579.6 \frac{lt}{min}$$

Por otra parte, un factor importante para determinar el tipo de bomba es necesario conocer la altura dinámica total (Hdt), expresada en la siguiente ecuación.

$$H_{dt} = H_e + H_f + H_c$$

H_e : Altura estática

H_f : Pérdida de carga

H_c : Energía cinética

○ **Altura estática H_e :**

La máxima altura de bombeo estará determinada por la cota de terreno natural menos la cota en donde se ubicara la bomba, esto será igual a:

Cota de punto de llegada	:	289.00 msnm
Cota de electrobomba	:	259.00 msnm

$$H_e = 289.00 - 259.00$$

$$H_e = 30.00 \text{ m}$$

○ **Pérdida de carga H_f :**

Dentro de los accesorios estarán definidos las tuberías y los accesorios utilizados hasta el punto de llegada.

Para este cálculo se utilizó la tabla de coeficiente de Hazen williams y la tabla de longitud equivalente por tipo de accesorios.

1. Pérdida de carga por tubería de conducción

$$h = 10.674 \times \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} \times D^{4.781}} \times L$$

Q : Caudal (m³/seg)
C : Coeficiente de Hazen Williams
D : Diámetro interno
L : Longitud equivalente de tubería

De acuerdo con los datos obtenidos, en el capítulo anterior, se tiene lo siguiente:

Tabla 39. Cálculo de pérdida de carga por conducción

Caudal de bombeo (Q)	Coeficiente de Hazen Williams (C)	Diámetro interno (D)	Longitud (L)	H (m)
0.00966 m ³ /seg	150	0.101 m.	86.7 m.	0.92

Elaboración: Los autores

2. Pérdida de carga por tubería de impulsión

Tabla 40. Cálculo de pérdida de carga por impulsión

Caudal de bombeo (Q)	Coeficiente de Hazen Williams (C)	Diámetro interno (D)	Longitud (L)	H (m)
0.00966 m ³ /seg	150	0.101 m.	30.0 m.	0.32 m

Elaboración: Los autores

3. Pérdida de carga por accesorios

Se utiliza la fórmula de pérdida de carga por longitud de tubería, utilizando la tabla de longitud equivalente por tipo de accesorio.

Tabla 41. Cálculo de pérdida de carga por accesorios

Caudal de bombeo (Q)	Coefficiente de Hazen Williams (C)	Diámetro interno (D)	Tipo de accesorio	Cant.	Longitud equivalente (L)	H (m)
0.00966 m ³ /seg	150	0.101	Curva 90°	4	2.14 m.	0.91
0.00966 m ³ /seg	150	0.101	Válvula de retención	2	13.12 m.	0.28
0.00966 m ³ /seg	150	0.101	Unión universal	2	0.70 m.	0.14
0.00966 m ³ /seg	150	0.101	Válvula compuerta	1	33.55 m.	0.35
0.00966 m ³ /seg	150	0.101	Curva 45°	2	1.52 m.	0.03
TOTAL						1.71

Elaboración: Los autores

Entonces la pérdida de carga total fue igual a:

$$H_f = 0.92 + 0.32 + 1.71$$

$$H_f = 2.95 \text{ m.}$$

○ **Energía cinética**

Se utiliza la siguiente fórmula, que está en función de la velocidad de flujo.

$$H_c = \frac{V^2}{2g}$$

V : Velocidad de flujo (m/seg)

g : Aceleración de la gravedad (m/seg²)

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Q : Caudal de bombeo (m³/seg)

D : Diámetro interno (m)

Entonces:

$$V = \frac{4 \times 0.00966 \text{ m}^3/\text{seg}}{\pi \times 0.101^2 \text{ m}^2}$$

$$V = \frac{4 \times 0.00966 \text{ m}^3/\text{seg}}{\pi \times 0.101^2 \text{ m}^2}$$

$$V = 1.21 \text{ m/seg}$$

$$H_c = \frac{1.21^2 \text{ m/seg}}{2 \times 9.81 \text{ m/seg}^2}$$

$$H_c = 0.075 \text{ m}$$

- Finalmente, la altura dinámica total fue igual a:

$$H_{dt} = H_e + H_f + H_c$$

$$H_{dt} = 30 + 2.95 + 0.075$$

$$H_{dt} = 33.025 \text{ m.}$$

Una vez ubicados el caudal de bombeo y la altura dinámica total, utilizaremos las tablas y curvas.

Tabla 42. Ficha técnica de bomba sumergible

MODELO	POTENCIA (P ₂)		Q	0	12	24	36	48	60	72
	kW	HP		0	200	400	600	800	1000	1200
6SR225G/75	5,5	7,5		33	31	29	26	23	18	10
6SR225G/100	7,5	10		50	47	43	39	34,5	27,5	15
6SR225G/150	11	15		84	79	72	65,5	57,5	46	25
6SR225G/200	15	20	H metros	117	110	101	91,5	80,5	64,5	35
6SR225G/250	18,5	25		151	142	130	118	104	83	46
6SR225G/300	22	30		167	157	144	131	115,5	92	51
6SR225G/400	30	40		235	220	202	183,5	161,5	129	71

Q = Caudal H = Altura manométrica total

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

Fuente: Pedrollo

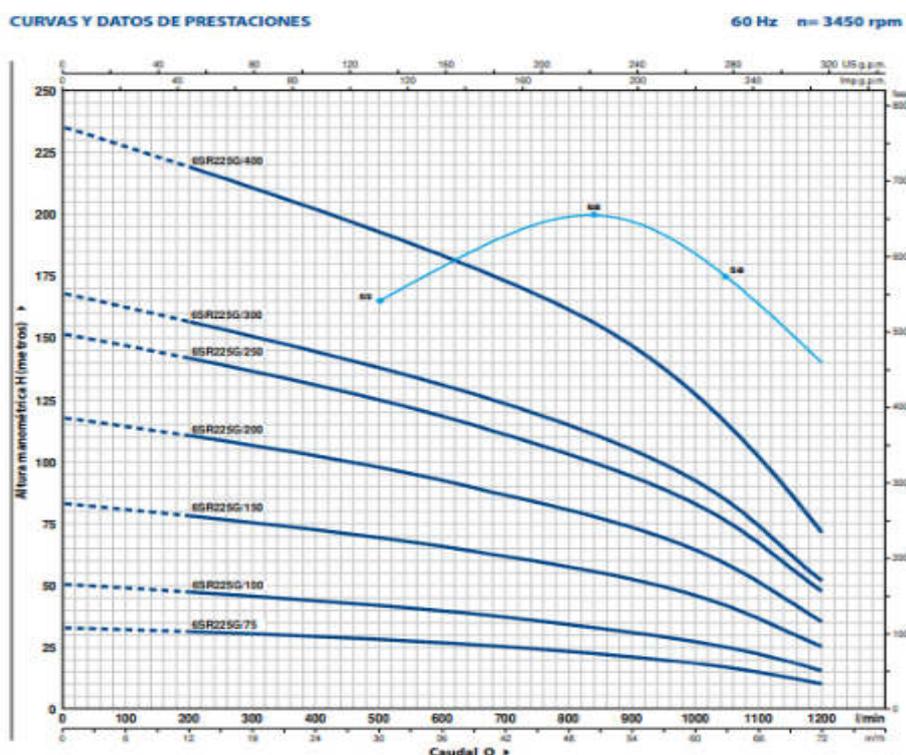


Figura 41. Grafico de uso óptimo de bomba

Fuente: Pedrollo

De acuerdo con estas curvas, se recomienda la utilización de una electrobomba modelo 6SR225G/100, que tiene una capacidad de bombeo de 600 Lt/min que es mayor al caudal requerido, además tiene la capacidad de bombeo a una altura de 39 m.

Una vez obtenido el modelo de la electrobomba a utilizar, se ubicó su ficha técnica para poder determinar sus características dimensionales, en esto se incluye el diámetro, longitud y peso.

En el siguiente cuadro se observa que la electrobomba sumergible 6SR225G/100, tiene un diámetro de salida de 3" y un diámetro exterior de 6", la cual es conveniente para el pozo exploratorio ya que este tiene un diámetro de 12" lo que le permitiría trabajar en óptimas condiciones evitando roce con la tubería interna del pozo.

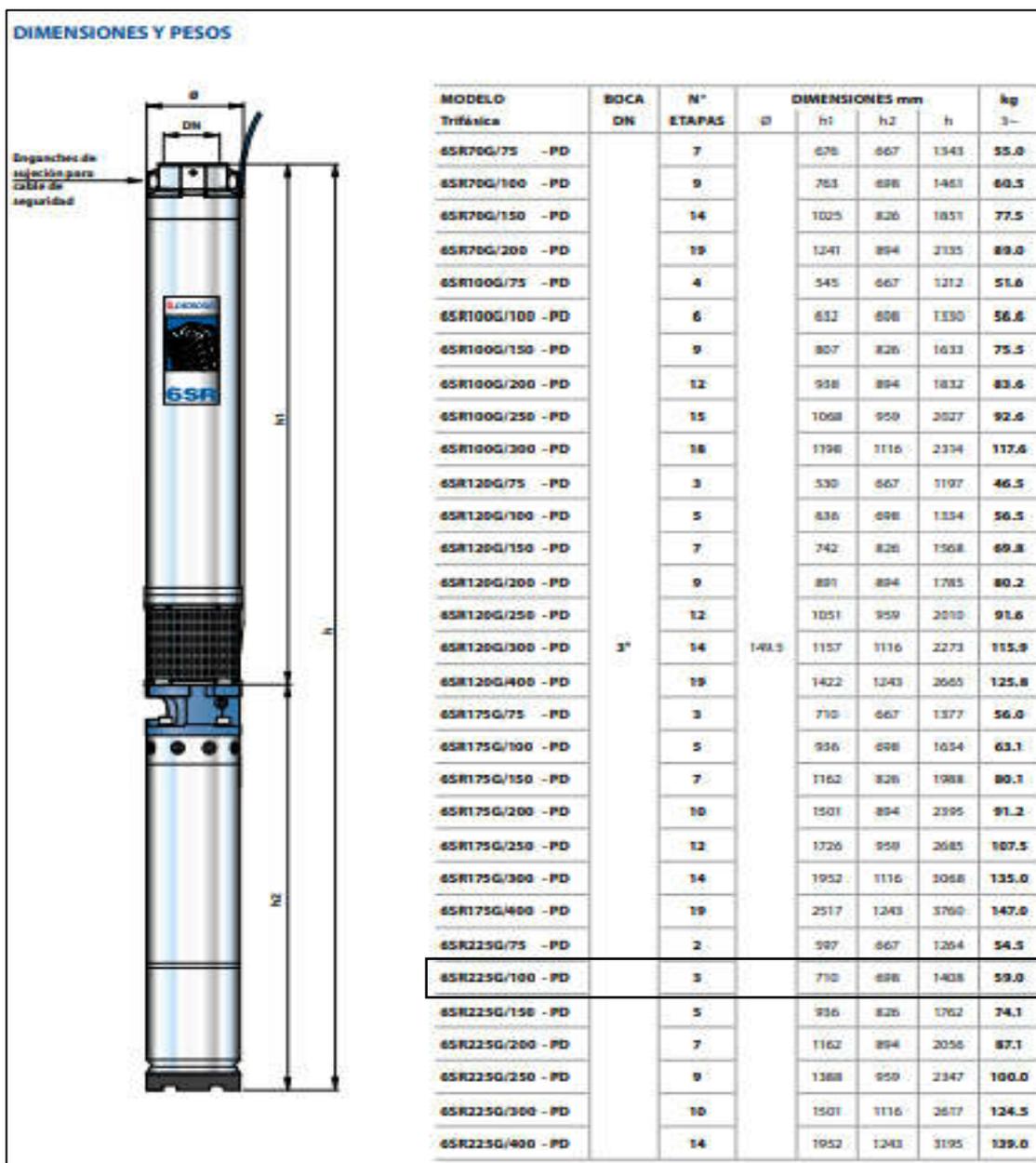


Figura 42. Dimensiones de tipos de bombas
Fuente: Pedrollo

En la figura 39, se presentan las cotas referenciales y ubicación óptima de la electrobomba, para tener un buen caudal de bombeo.

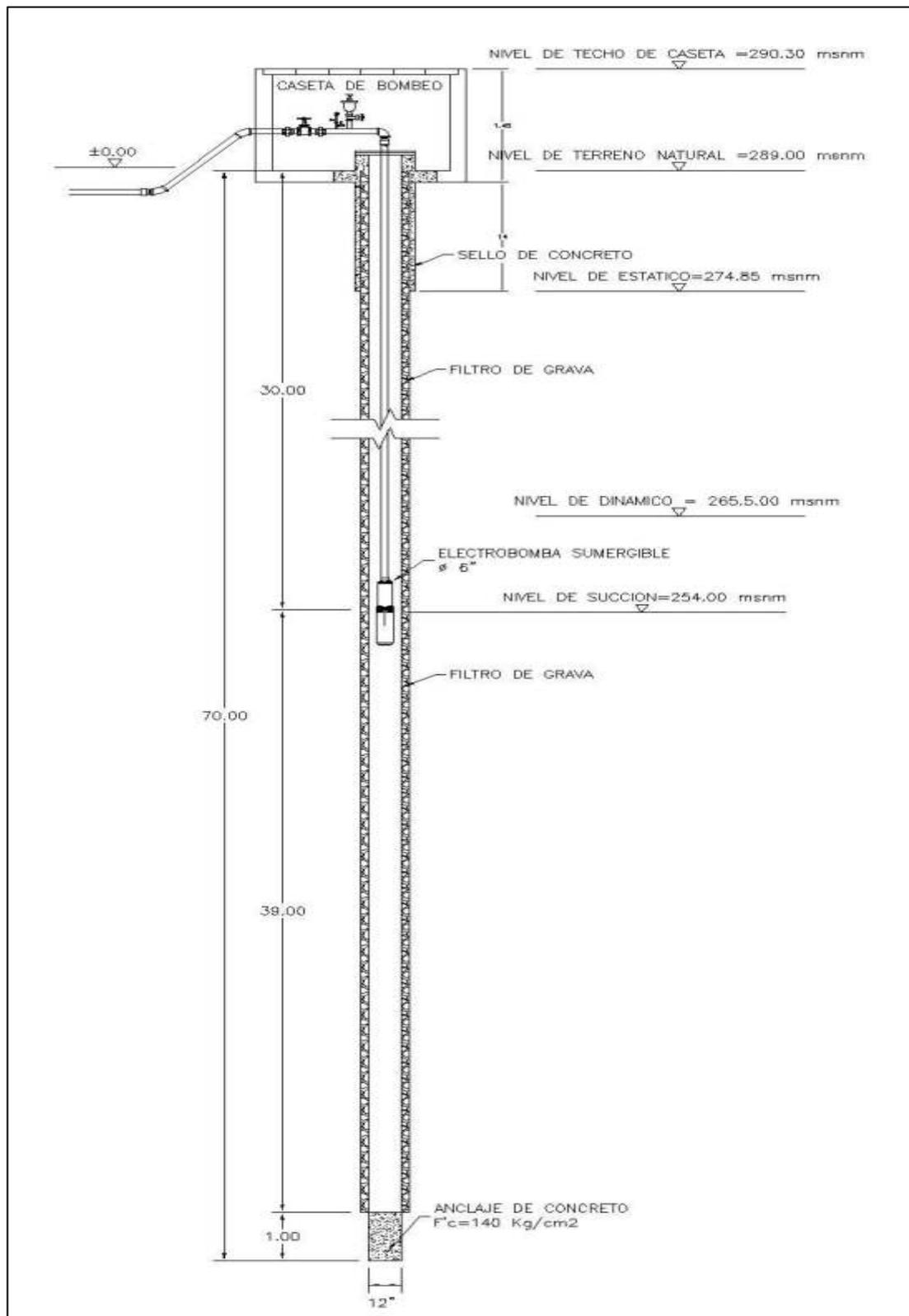


Figura 43. Ubicación de la bomba en el pozo
 Elaboración: Los autores

CAPÍTULO V PRESENTACIÓN DE PROPUESTA DE DISEÑO

En los siguientes párrafos, se presenta la propuesta definitiva de pozo tubular, cabe mencionar que este diseño está en función a las necesidades de la población, tanto actuales como para una población proyectada a 20 años.

El diseño definitivo es el resultado del procesamiento de los datos obtenidos durante la etapa de perforación del pozo SEV – 22, ubicado a 450 m. del centro poblado San miguel de Otopongo, obteniendo así datos como la curva de resistividades por el método de diagráfia, curvas de rendimiento del acuífero y la litología de la zona obtenida después de la realización de una prueba granulométrica a muestras tomadas in situ. Los indicadores y resultados mencionados han sido esenciales para la presente investigación debido a la similitud de características, tanto litológicas y sectores acuíferos, entre el pozo SEV – 22 y el pozo proyectado.

Al final se presentó un presupuesto con el diseño del pozo definitivo para así ver la viabilidad que se pueda construir en el futuro.

5.1 Propuesta técnica definitiva

La propuesta técnica definitiva contempla lo siguiente:

- Lugar idóneo para la perforación
- Estructura final de pozo tubular
- Equipamiento final de pozo tubular

5.1.1 Lugar idóneo para la perforación

La presente investigación contempla que el lugar más apropiado para realizar la perforación es el punto denominado SEV – 3A, debido a las condiciones del acuífero y que dicho punto se encuentra dentro de un área común de la población, conocido como local comunal.

SEV 3A N 8824480 E 205866.9 18L



Figura 44. Ubicación del pozo proyectado
Fuente: Google Earth

5.1.2 Estructura final de pozo tubular

Una vez concluidos los cálculos e interpretación de resultados del capítulo anterior, se obtiene lo siguiente:

Tabla 43. Ficha técnica del pozo proyectado

Ítem	Descripción	Cantidad	Unid
1.0.0	Perforación		
1.1.0	Profundidad de perforación	70.00	m.
1.2.0	Método de perforación	Percusión	
1.3.0	Diámetro de perforación	18.00	plg.
2.0.0	Tubería Ciega		
2.1.0	Longitud de tubería ciega	50.90	m.
2.2.0	Diámetro de tubería ciega	12.00	plg.
2.3.0	Material de tubería ciega	Acero comercial	
3.0.0	Tubería filtro		
3.1.0	Longitud de tubería filtro	20.40	m.
3.2.0	Diámetro de tubería filtro	12.00	plg.
3.3.0	Material de tubería filtro	Acero inoxidable	
3.4.0	Abertura de rejilla	1.00	mm.
3.5.0	Área de infiltración	474.00	cm2/ml
4.0.0	Pre filtro		
4.1.0	Longitud de empaque de grava	55.00	m.
4.2.0	Diámetro de grava	1/4	plg.
4.3.0	Espesor de empaque de grava	3.00	plg.

Elaboración: Los autores

5.1.3 Equipamiento final de pozo tubular

Como parte del equipamiento final del pozo tubular se contempla lo siguiente:

- Electrobomba sumergible
- Tubería de succión
- Tubería de impulsión
- Árbol de descarga

5.1.3.1 Electrobomba sumergible

Para un pozo tubular, de dimensiones previamente detalladas se propone el uso de una electrobomba sumergible con las siguientes características.

Tabla 44. Modelo de electrobomba

Ítem	Descripción	Marca	Modelo	Potencia	Caudal	ADT
5.0.0	Electrobomba sumergible	<i>Pedrollo</i>	6SR225G/100	10.00 HP	600 Lt/min	39 m.

Elaboración: Los autores

5.1.3.2 Tubería de succión

Comprende la tubería entre el equipo de bombeo y el árbol de descarga.

Tabla 45. Tipo de tubería de succión

Ítem	Descripción	Modelo	Diámetro	Longitud
6.0.0	Tubería PVC	Clase 10.5	4.00 plg.	30.00 mts.

Elaboración: Los autores

5.1.3.3 Tubería de impulsión

Comprende la tubería entre el árbol de descarga y tanque cisterna.

Tabla 46. Tipo de tubería de impulsión

Ítem	Descripción	Modelo	Diámetro	Longitud
7.0.0	Tubería PVC	Clase 10.5	4.00 plg.	86.70 mts.

Elaboración: Los autores

5.1.3.4 Árbol de descarga

Los accesorios y piezas descritos a continuación son las recomendadas para el caudal de bombeo y potencia de la electrobomba.

Tabla 47. Accesorios en el árbol de descarga

Ítem	Descripción	Cantidad	Diámetro
8.0.0	Árbol de descarga		
8.1.0	Codo F°G° 90°	4	4.00 plg
8.2.0	Tubería de F°G° x 1.50 mts.	1	4.00 plg
8.3.0	Válvula de aire de bronce	1	2.00 plg
8.4.0	Manómetro 0-300 psi con válvula de interrupción	1	2.00 plg
8.5.0	Unión universal F°G°	2	4.00 plg
8.6.0	Válvula de compuerta de cierre esférico	1	4.00 plg
8.7.0	Codo F°G° 45°	2	4.00 plg

Elaboración: Los autores

5.1.4 Ilustración del diseño final

Para un fácil entendimiento de la estructura física del pozo diseñado, se presenta a continuación la siguiente figura con todas las partes y ubicación del mismo.

DISEÑO TECNICO DEFINITIVO DE POZO
PROYECTADO
H = 70.00 mts

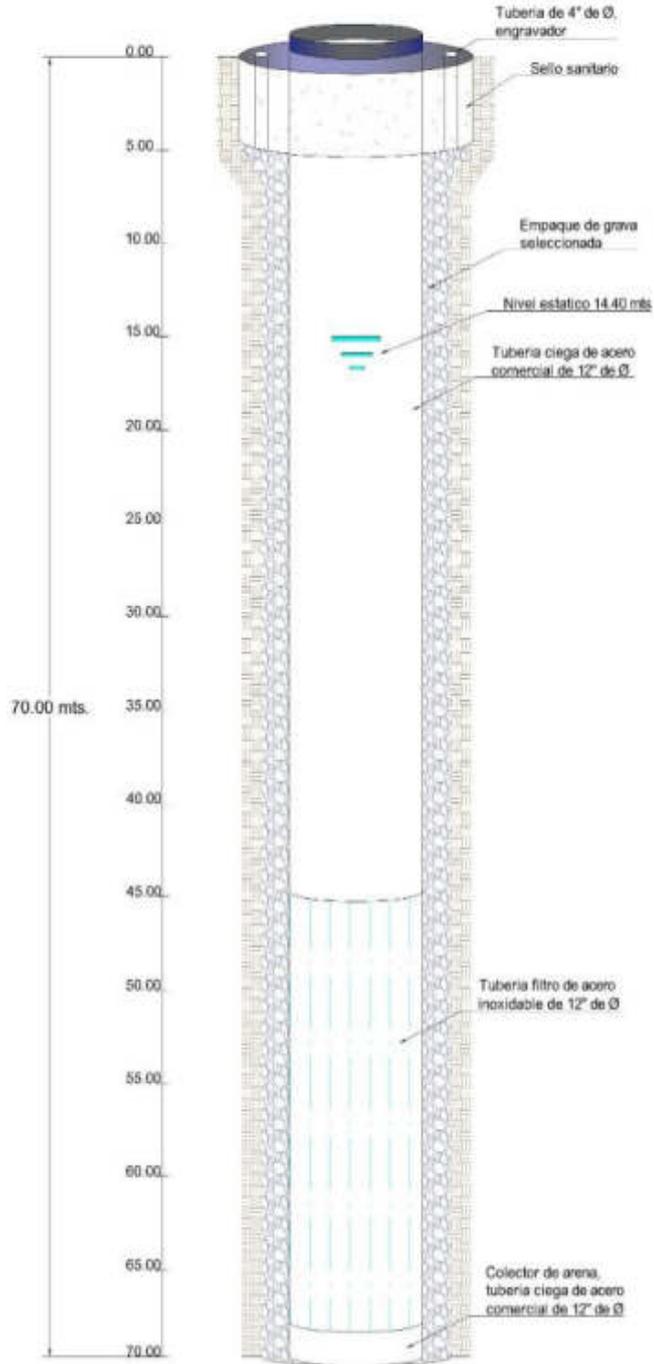


Figura 45. Diseño técnico definitivo del pozo proyectado
Elaboración: Los autores

5.2 Propuesta económica definitiva

Con los requerimientos, anteriormente descritos se envió la solicitud para una cotización de la construcción de un pozo tubular y equipamiento respectivo.

Para el presente estudio, se contempló la cotización de varias empresas cercanas dedicadas al rubro de la perforación e implementación de pozos tubulares en la zona, se visualizan en el **ANEXO 13**.

CAPÍTULO VI DISCUSIÓN Y APLICACIONES

6.1 Discusión

Mediante la realización de testificación geofísica se pudo obtener los diferentes horizontes que componen los estratos del subsuelo, esto en relación con la hipótesis general planteada al iniciar la investigación. Se puede afirmar que estos valores tienen gran incidencia al momento de realizar un diseño pozo tubular ya que con estos valores podemos definir la profundidad máxima de perforación, tipo de suelo a perforación, método de perforación a usar.

La propuesta de pozo tubular presentada en esta investigación se ve enriquecida por la realización de sondaje eléctrico vertical en la zona, esto con ayuda de los datos obtenidos durante la perforación del pozo SEV – 22, garantizan que en el área de estudio denominada Centro Poblado San Miguel de Otopongo, haya un gran potencial de acuífero subterráneo disponible.

- a. Jiménez, J. (2017), hace mención a un pozo con similares características a la nuestra con una profundidad de 80m. También se obtiene de la prueba de bombeo máximo (50.00 l/s) un abatimiento de 35.10 m. donde el nivel estático es de 6.50m, con ello comparamos con nuestro nivel de abatimiento al mismo caudal de bombeo de 25 m. a un nivel estático de 15 m.

En conclusión, demostramos que la prueba de bombeo es esencial para ver el nivel de recuperación del pozo, ya que la velocidad de

recuperación nos da a conocer hasta que nivel de caudal máximo podemos llegar a bombear.

- b. Morales, J. & Nuñez, H. (2018), concluye que el estudio hidrogeológico tiene gran incidencia a la hora de elegir el método de perforación, pero los estudios hidrogeológicos no tan solo son para ese fin, si no que se pueden extraer más datos para el diseño de un pozo tubular siendo por ejemplo, zonas de alto nivel de acuífero, niveles de litología y posibles diseños para la perforación de pozos.

En nuestro caso utilizamos esta información y lo validamos con una prueba de digrafía a un pozo exploratorio ya perforado, para así tener más exactitud en las capas litológicas con el objetivo de presentar una propuesta de diseño más exacta.

6.2 Aplicaciones

La presente investigación ayuda a determinar un correcto diseño de un pozo tubular respecto a su perfil de subsuelo en el área de San Miguel de Otopongo, que a la vez es determinado por dos métodos de sondaje (SEV y Diagrafía a pozo existente) para contrarrestar datos y así elegir un dimensionamiento de acuerdo a las necesidades de la zona y al verdadero tipo y potencial del acuífero.

Para diseñar el pozo definitivo en la población, se deben de extraer datos de un pozo existente exploratorio, la cual está dentro del área de estudio para que utilicemos sus datos litológicos y también no debe estar tan cerca porque tendrá un radio de influencia para que el pozo definitivo no se vea afectado cuando se extrae el recurso hídrico. Con eso demostramos que se pueden tomar datos cercanos y a la vez el estudio hidrogeológico como herramientas básicas para proyectar un diseño de pozo tubular adecuado.

Una vez determinado los pasos, se propone el proceso correcto para el diseño de pozo tubular:



Figura 46. Proceso propuesto para el correcto diseño de un pozo tubular
 Elaboración: Los autores

CONCLUSIONES

1. Con la presente investigación se logró conocer la actual situación del desabastecimiento del agua que se tiene en el centro poblado San Miguel de Otopongo, convirtiéndose en un grave problema para la salud de la población ante los constantes cortes del servicio, debido a la falta de una fuente propia para la explotación.
2. El cálculo de la dotación es de suma importación para un proceso de diseño de cualquier estructura hidráulica con fines de abastecimiento de agua, en tal sentido para la presente investigación se logró determinar un caudal propio a los requerimientos que esta población tendrá durante una proyección a 20 años.
3. Los datos obtenidos durante la perforación del pozo tubular SEV – 22, ayudaron a determinar un perfil litológico del área de estudio, de la misma manera se pudo obtener curvas de rendimiento del acuífero en la zona. El uso de estos fueron esenciales en el diseño del pozo proyectado.
4. La realización del sondaje eléctrico vertical dentro del Centro poblado, nos sirvió para ubicar posibles puntos para la explotación del acuífero y estos resultados a su vez fueron comparados con la diagrafía realizado durante la perforación del pozo SEV – 22, mostrando gran similitud con el punto SEV – 3A y así evidenciando que existe gran capacidad de explotación hídrica en dicho punto.

5. El correcto dimensionamiento del pozo tubular proyectado ayuda a realizar una óptima captación de agua subterránea, mediante un correcto diseño de diámetro de tuberías, área de infiltración de las tuberías filtro, tamaño y espesor del empaque de grava, línea de conducción y equipo de bombeo. A su vez estos datos ayudan a poder dar una idea general del costo del proyecto.
6. Finalmente, se logró presentar la propuesta de diseño de pozo tubular acorde a los parámetros mínimos de diseño, estos a su vez obtenidos al realizar con éxito la testificación geofísica de la zona, asegurando en todo momento mejorar la disponibilidad hídrica a través de la correcta captación de agua y consecuente a las necesidades de la población.

RECOMENDACIONES

1. En primer lugar, para un correcto diseño de pozo tubular es necesario conocer y definir correctamente la dotación de agua necesaria respecto a una población y/o área agrícola. Esto garantizará el cálculo del caudal de diseño.
2. Es necesaria la recopilación de datos de explotación de acuíferos en la zona, esto ayudará a definir los niveles estáticos y dinámicos en la zona en la cual se requiera perforar.
3. Es imprescindible, el conocimiento de la Litología del área, este valor garantizará el correcto dimensionamiento de la tubería filtro y empaque de grava, para que de esta manera no haya riesgo de infiltración de material fino a la bomba de succión.
4. Es de carácter obligatorio la realización de sondajes eléctricos de tipo vertical en la zona de estudio, esto con el objetivo de conocer los diferentes estratos y volúmenes de acuíferos a explotar.
5. Para futuras investigaciones, acorde a la presente tesis se recomienda la realización de estudios con fines de mejorar el sistema de riego en la zona y líneas de distribución de agua potable.
6. El diseño de un pozo tubular obliga a hacer diferentes estudios a nivel hidrogeológico para poder tener el conocimiento del acuífero en el subsuelo y el tipo de suelo al cual ingresamos, por ello siempre es necesario encontrar un pozo cercano al punto o hacer un pozo de exploración y así no tener inconvenientes cuando se ejecuta el proyecto en el futuro.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Fuentes bibliográficas:

Colon, K. & Mata, M. (2016). *Propuesta para mejorar el abastecimiento de agua potable en el sector los guayabitos del municipio Naguanagua mediante la incorporación de un pozo profundo* (Tesis de pregrado). Universidad de Carabobo, Bárbula, Venezuela.

Concha, J. & Guillén, J. (2014). *Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable (Caso: urbanización Valle Esmeralda, Distrito Pueblo Nuevo, Provincia y Departamento de Ica)* (Tesis de pregrado). Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú.

Escuela de Organización Industrial (EOI) (2015). *Captaciones subterráneas/perforación y equipamiento de sondeos para captación de aguas subterráneas*. Madrid, España.

Espinoza, D. (2008). *Proyecto dotación de agua de pozo para consumo aplicado a la comunidad Manuel Caniulaf en el sector de Moltrohue comuna de nueva imperial novena región* (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Guaycochea, D. (1995). *Fórmulas sencillas para el cálculo de longitudes equivalentes de accesorios teniendo en cuenta la rugosidad de la tubería*, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, Azcapotzalco, Mexico.

Ibañez, J. & Sandoval, C. (2015). *Diseño de sistemas de pozos para la captación de agua subterránea: caso de estudio la Mojana*. (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.

Jiménez, J. (2017). *Abastecimiento de agua subterránea con fines de uso agrícola para el fundo la empedrada agroindustrial la punta S.A.C. – Huaura - Lima* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

López, C. (2012). *Diseño de nuevo pozo y sistema de impulsión para el abastecimiento de agua potable al centro poblado La Muralla* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

Ministerio de agricultura, Comisión Nacional de Riego (2000). Pozos profundos, programa de desarrollo de sistemas de riego en el secano interior y costero. Componente nacional: Capacitación y difusión de tecnologías de riego. Santiago de Chile, Chile.

Morales, J. & Nuñez, H. (2018). *Estudio Hidrogeológico para la elección de los métodos constructivos en pozos de agua sector Manzueto – Paramonga – Lima* (Tesis de pregrado). Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú.

Mancebo, U. (1995). Cálculo del diámetro más económico e la tubería de descarga de una planta de bombeo, UMAC Consultores, Mexico DF, Mexico.

Sanchez, J. (2017). Hidrología superficial y subterránea. Departamento de Geología. Universidad de Salamanca, Salamanca, España.

Solis, R. (2014). *Aprovechamiento de las fuentes de agua subterránea en la zona norte del cantón Balzar Guayas – Ecuador* (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Torres-Degró, A. (2011). Tasas de crecimiento poblacional (r): Una mirada desde el modelo lineal, geométrico y exponencial. CIDE digital.

Villanueva, M. y Iglesias A. (1984). Pozos y Acuíferos. Técnicas de Evaluación mediante ensayos de bombeo. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, España.

Villaroa, F. (2009). Jornadas técnicas sobre aprovechamiento de aguas subterráneas para riego, Centro Nacional de Tecnología de Regadíos, Madrid, España.

Fuentes electrónicas:

Aguilar, G. (1996). Diseño de Pozos. Recuperado de: www.slideshare.net

Norma IS.010, de 11 de junio 2006, Diario oficial El Peruano, Recuperada de: <https://elperuano.pe/>

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
ANEXO 1. Matriz de consistencia	130
ANEXO 2. Sección geofísica sector Otopongo	131
ANEXO 3. Prueba de diagráfía pozo SEV - 22	132
ANEXO 4. Prueba de bombeo a caudal constante pozo SEV - 22	133
ANEXO 5. Prueba de recuperación pozo SEV - 22	134
ANEXO 6. Prueba de recuperación pozo SEV - 22	135
ANEXO 7. Prueba de bombeo a caudal escalonado	136
ANEXO 8. Analisis fisicoquímico de la calidad del agua	137
ANEXO 9. Diagrama logarítmico de la potabilidad de agua	138
ANEXO 10. Procesamiento de puntos para pozos proyectados	139
ANEXO 11. Ensayo de granulometría de arena fina del pozo SEV-22	140
ANEXO 12. Ensayo de granulometría de arena media del pozo SEV-22	141
ANEXO 13. Propuesta económica de empresas de la zona	142
ANEXO 14. Panel fotográfico	148

ANEXO 1

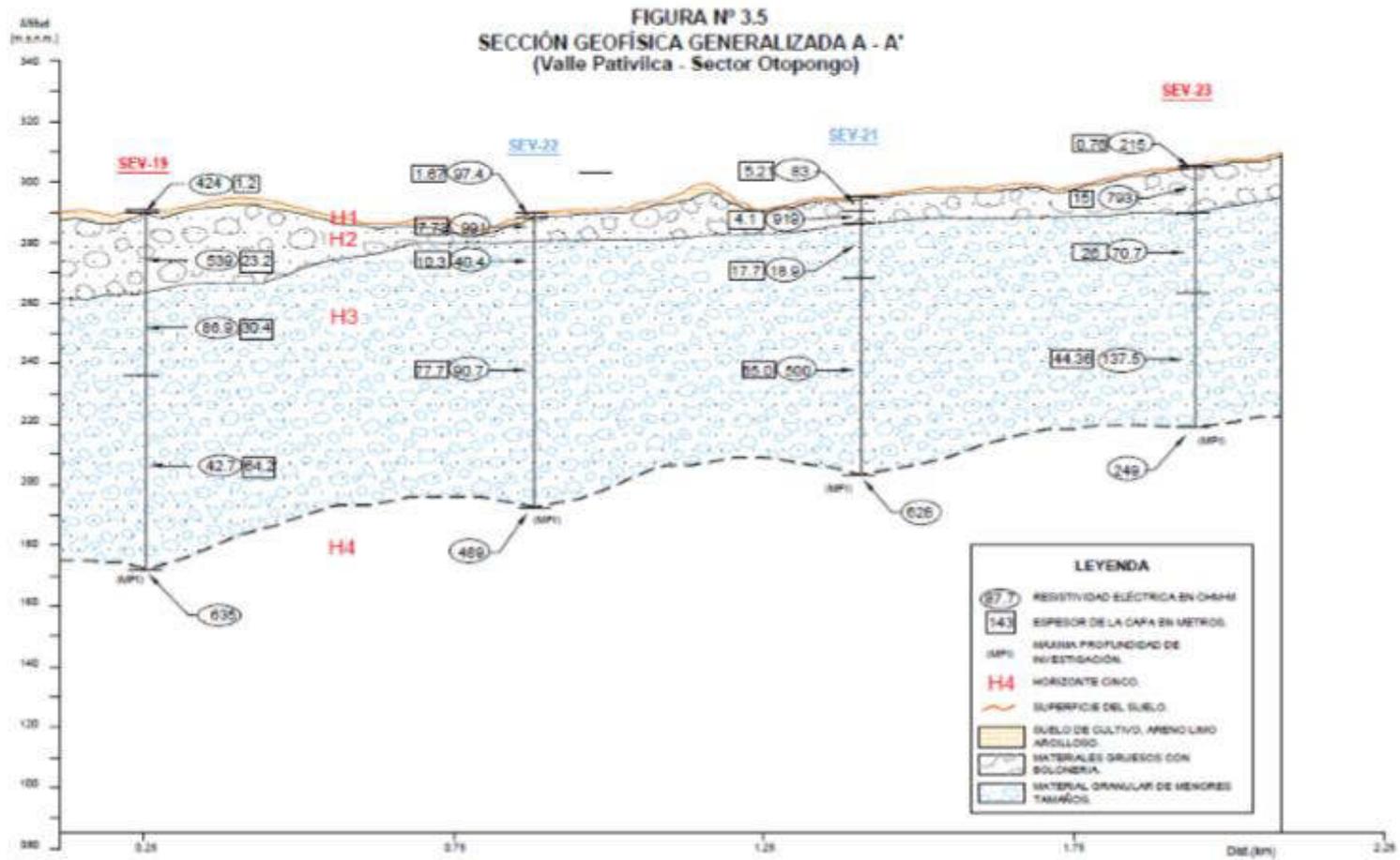
MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROPUESTA DE DISEÑO DE POZO TUBULAR APLICANDO LA TÉCNICA DE TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE SONDEO ELÉCTRICO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN EL SECTOR DE OTOPONGO – BARRANCA – LIMA - PERU

PROPUESTA DE DISEÑO DE POZO TUBULAR APLICANDO LA TÉCNICA DE TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE SONDEO ELÉCTRICO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN EL SECTOR DE OTOPONGO – BARRANCA – LIMA - PERU					
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES		METODO
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	TIPO DE INVESTIGACION
¿De qué manera la propuesta de diseño de pozo tubular influye en la disponibilidad hídrica ante el desabastecimiento de agua en el sector Otopongo - Barranca?	Presentar la propuesta del diseño de un pozo tubular mediante la realización de la testificación geofísica para identificar zonas de perforación para incrementar la disponibilidad hídrica en el sector de Otopongo – Barranca	El diseño del pozo tubular mediante la realización del sondeo eléctrico vertical contribuye en la propuesta de mejora de la disponibilidad del recurso hídrico	PROPUESTA DE DISEÑO DE POZO TUBULAR	CALCULO DE DOTACION	APLICADA
				INTERPRETACION DE DATOS DE LA CONSTRUCCION DE POZO SEV - 22,	CUANTITATIVO
				SONDEO ELECTRICO VERTICAL	DESCRIPTIVO
				DISEÑO DEFINITIVO Y EQUIPAMIENTO	
PROBLEMAS SECUNDARIOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICOS	VARIABLE DEPENDIENTE	NIVEL DE INVESTIVACION	
a) ¿De qué manera el cálculo de dotación influye en la propuesta de diseño del pozo para incrementar la disponibilidad hídrica?	a) Determinar la dotación de agua requerida para la demanda poblacional con una proyección a 20 años para la propuesta de diseño de pozo tubular	a) El cálculo de dotación contribuye en la propuesta de mejora del abastecimiento de agua potable mediante el diseño de un pozo tubular.	INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA	CAUDAL	DESCRIPTIVO
b) ¿De qué manera los datos obtenidos durante la perforación del pozo SEV – 22, influyen en la realización de la propuesta de diseño para el centro poblado San Miguel de Otopongo?	b) Procesar e interpretar los datos obtenidos durante la perforación del pozo SEV – 22, para utilizarlo en la propuesta de diseño.	b) Los datos obtenidos durante la perforación del SEV – 22, influyen en la realización de la propuesta de diseño para el centro poblado San Miguel de Otopongo.			DISEÑO DE INVESTIGACION
c) ¿De qué manera la identificación de lugares para perforación mediante el sondeo eléctrico influye en la propuesta de diseño del pozo para incrementar la disponibilidad hídrica?	c) Identificar lugares para perforación mediante la realización sondaje eléctrico para determinar el perfil litológico en el área de perforación de pozo.	c) La ubicación de posibles lugares para la perforación mediante la realización del sondaje eléctrico vertical contribuye en la propuesta de mejora del abastecimiento de agua potable mediante el diseño de un pozo tubular.		RENDIMIENTO	OBSERVACIONAL
d) ¿Cómo el dimensionamiento y equipamiento del pozo influye en la propuesta de incremento de disponibilidad hídrica en el diseño del pozo tubular?	d) Calcular las dimensiones y equipamiento del pozo para una correcta captación de agua en la propuesta de diseño del pozo tubular.	d) El cálculo dimensional y del equipo necesario para el pozo contribuye en la propuesta de mejora del abastecimiento de agua potable mediante el diseño de un pozo tubular		CALIDAD	PROSPECTIVO
					TRANSVERSAL

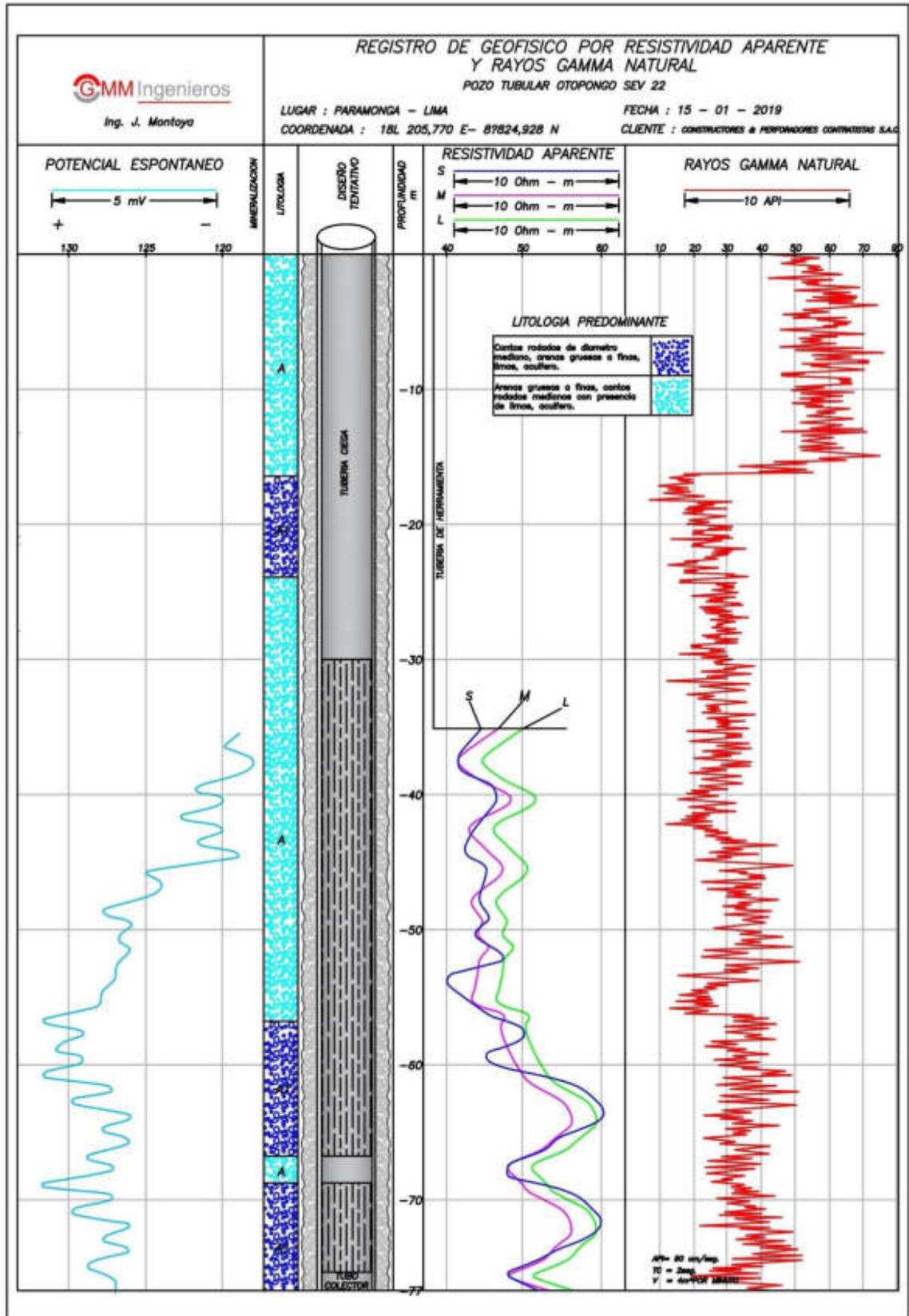
ANEXO 2

SECCIÓN GEOFÍSICA SECTOR OTOPONGO



ANEXO 3

PRUEBA DE DIAGRAFÍA POZO SEV - 22



ANEXO 4

PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE POZO SEV -22

ENSAYO DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE

PROYECTO: PERFORACION DE POZO TUBULAR SEV-22 EN LA ZONA DE OTOPONGO EN EL DISTRITO BARRANCA PROVINCIA DE PARAMONGA

POZO TUBULAR: SEV - 22, ZONA OTOPONGO

DISTRITO: BARRANCA

PROVINCIA: PARAMONGA

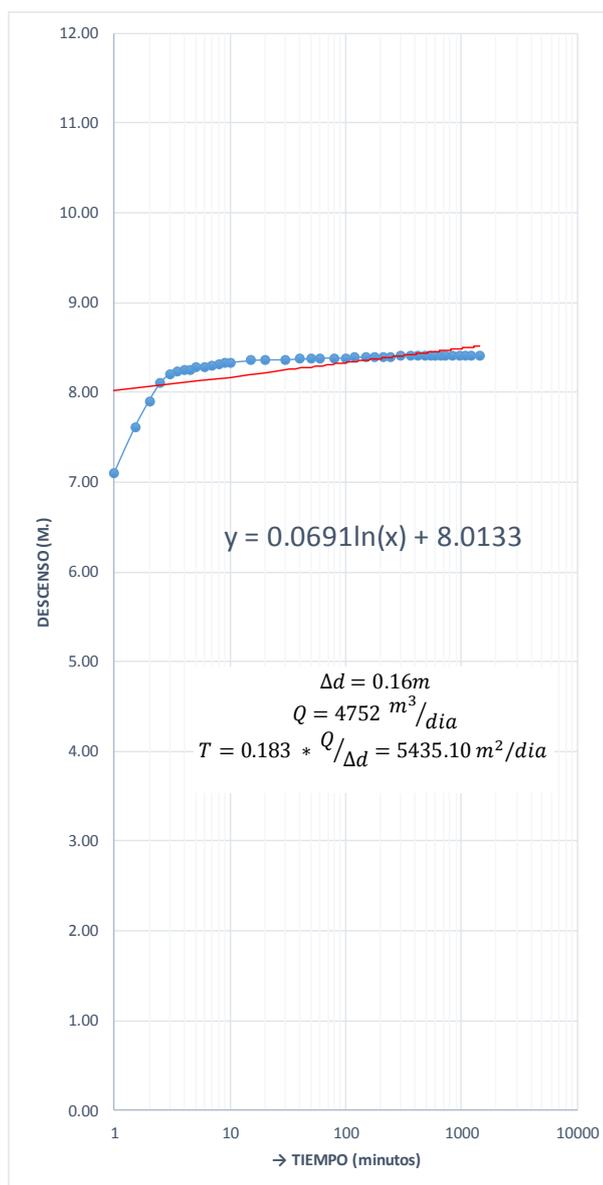
DEPARTAMENTO: LIMA

Q = 55 l/s

Q = 198.00 m³/h

Q = 4752 m³/dia

TIEMPO (Min)	ND	DESCENSO
0	14.40	0.00
0.5	21.27	6.87
1	21.50	7.10
1.5	22.00	7.60
2	22.30	7.90
2.5	22.50	8.10
3	22.60	8.20
3.5	22.63	8.23
4	22.65	8.25
4.5	22.65	8.25
5	22.67	8.27
6	22.68	8.28
7	22.70	8.30
8	22.71	8.31
9	22.72	8.32
10	22.73	8.33
15	22.75	8.35
20	22.76	8.36
30	22.76	8.36
40	22.77	8.37
50	22.77	8.37
60	22.78	8.38
80	22.78	8.38
100	22.78	8.38
120	22.79	8.39
150	22.79	8.39
180	22.79	8.39
210	22.79	8.39
240	22.79	8.39
300	22.80	8.40
360	22.80	8.40
420	22.80	8.40
480	22.80	8.40
540	22.80	8.40
600	22.80	8.40
660	22.80	8.40
720	22.80	8.40
840	22.80	8.40
960	22.8	8.40
1080	22.8	8.40
1200	22.8	8.40
1440	22.8	8.40



ANEXO 5

PRUEBA DE RECUPERACIÓN POZO SEV - 22

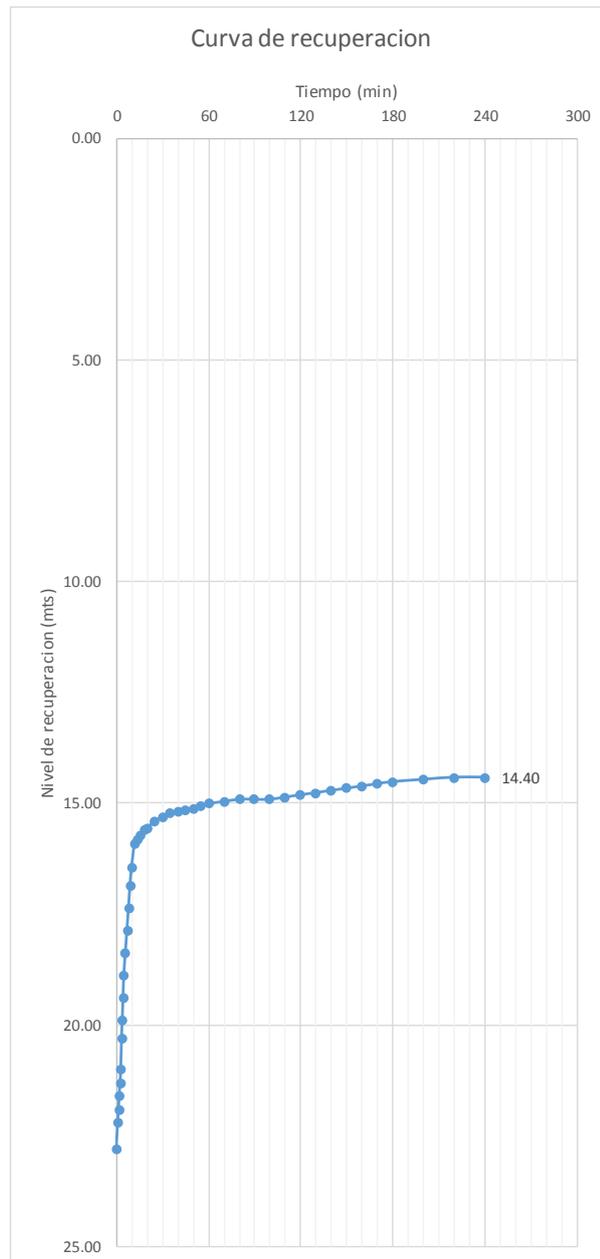
ENSAYO DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE

PROYECTO PERFORACION DE POZO TUBULAR SEV-22 EN LA ZONA DE OTOPONGO EN EL DISTRITO BARRANCA PROVINCIA DE PARAMONGA

POZO TUBULAR: SEV - 22, ZONA OTOPONGO

DSITRIO: BARRANCA PROVINCIA: PARAMONGA DEPARTAMENTO: LIMA

TIEMPO (min)	$t+t'/t'$	Nivel (Mts)	Descenso Residual (mts)
0	1440.00	22.80	8.40
1	1441.00	22.20	7.80
1.5	961.00	21.90	7.50
2	721.00	21.60	7.20
2.5	577.00	21.30	6.90
3	481.00	21.00	6.60
3.5	412.43	20.30	5.90
4	361.00	19.88	5.48
4.5	321.00	19.37	4.97
5	289.00	18.87	4.47
6	241.00	18.36	3.96
7	206.71	17.87	3.47
8	181.00	17.37	2.97
9	161.00	16.86	2.46
10	145.00	16.45	2.05
12	121.00	15.90	1.50
14	103.86	15.80	1.40
16	91.00	15.70	1.30
18	81.00	15.60	1.20
20	73.00	15.55	1.15
25	58.60	15.40	1.00
30	49.00	15.30	0.90
35	42.14	15.20	0.80
40	37.00	15.18	0.78
45	33.00	15.13	0.73
50	29.80	15.10	0.70
55	27.18	15.05	0.65
60	25.00	15.00	0.60
70	21.57	14.95	0.55
80	19.00	14.90	0.50
90	17.00	14.90	0.50
100	15.40	14.90	0.50
110	14.09	14.85	0.45
120	13.00	14.80	0.40
130	12.08	14.75	0.35
140	11.29	14.70	0.30
150	10.60	14.65	0.25
160	10.00	14.60	0.20
170	9.47	14.55	0.15
180	9.00	14.50	0.10
200	8.20	14.45	0.05
220	7.55	14.40	0.00
240	7.00	14.40	0.00



ANEXO 6

PRUEBA DE RECUPERACIÓN POZO SEV -22

ENSAYO DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE

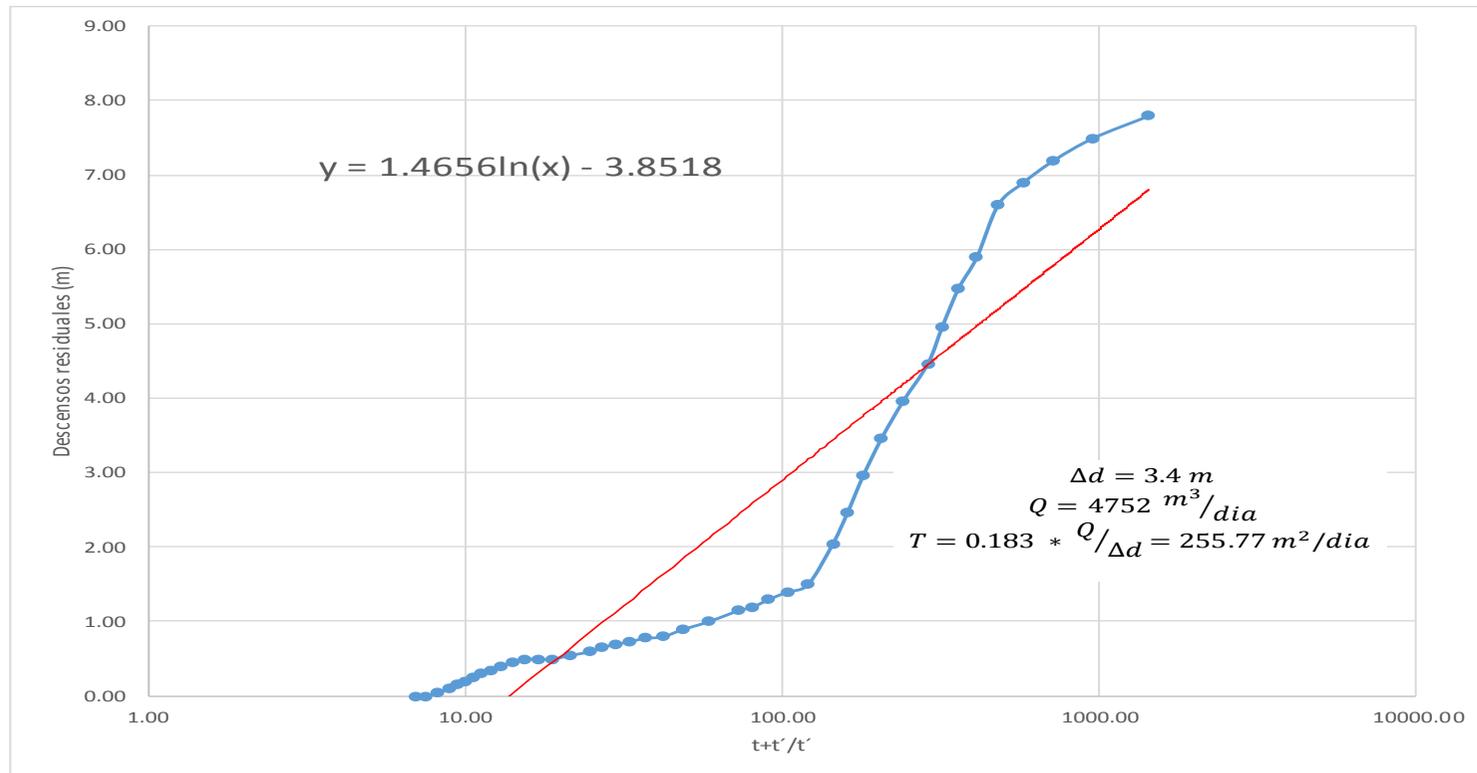
PROYECTO: PERFORACION DE POZO TUBULAR SEV-22 EN LA ZONA DE OTOPONGO EN EL DISTRITO BARRANCA PROVINCIA DE PARAMONGA

POZO TUBULAR: SEV - 22, ZONA OTOPONGO

DSITRIO: BARRANCA

PROVINCIA: PARAMONGA

DEPARTAMENTO: LIMA



ANEXO 7

PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL ESCALONADO

ENSAYO DE BOMBEO ESCALONADO

PROYECTO: PERFORACION DE POZO TUBULAR SEV-22 EN LA ZONA DE OTOPONGO EN EL DISTRITO BARRANCA PROVINCIA DE PARAMONGA

POZO TUBULAR: SEV - 22, ZONA OTOPONGO

DSITRIO: BARRANCA

PROVINCIA: PARAMONGA

DEPARTAMENTO: LIMA

Fecha : 08/02/2019

Profundidad del pozo : 78 mts.

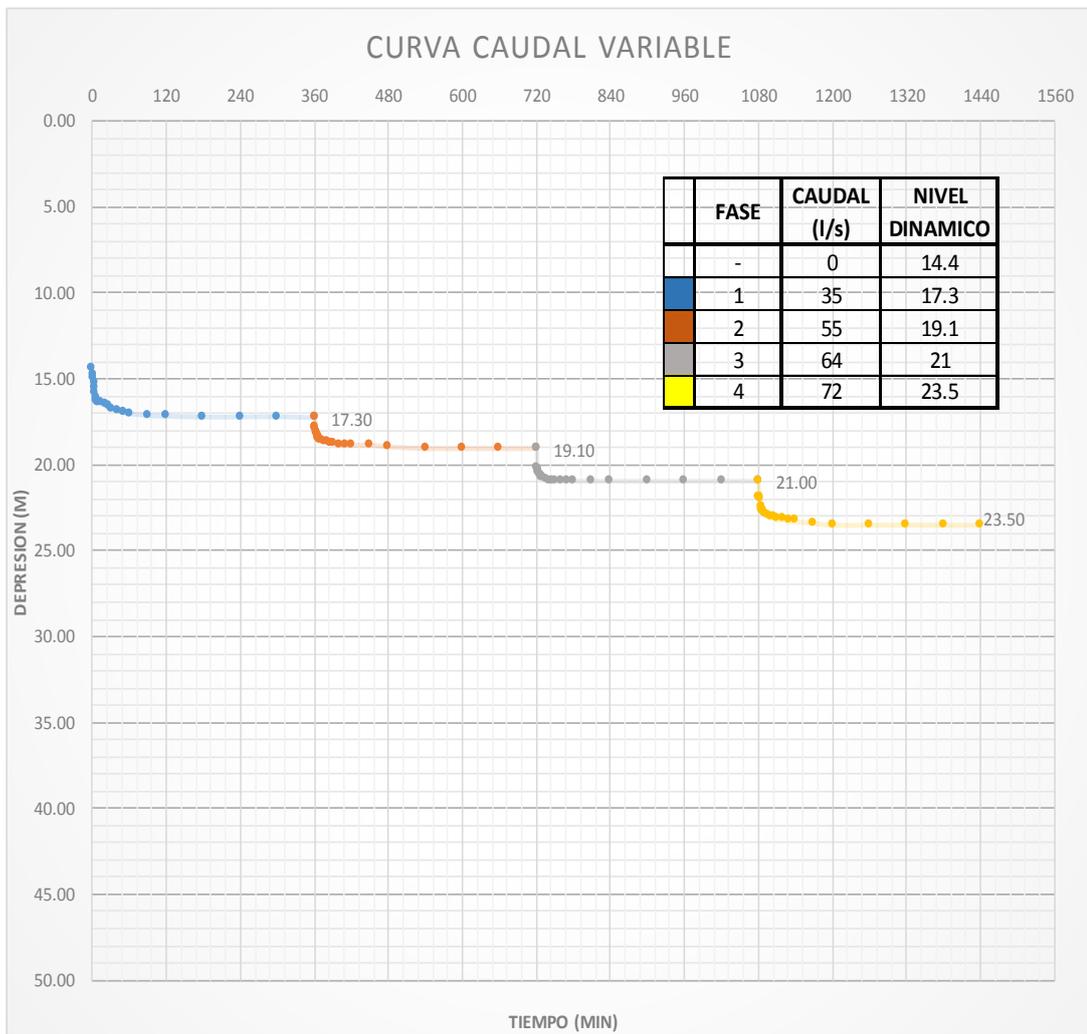
Hora de Inicio : 8:30 am

Diametro del pozo : 15"

Tipo de Bomba : Sumergible

N. Estatico : 14.40 mts

Marca : Saer



ANEXO 8
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA CALIDAD DEL AGUA

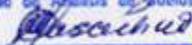


ANÁLISIS DE AGUAS
PROCEDENTE DE : AGROINDUSTRIAL PARAMONGA S.A.A.
POZO OTOPONGO – SEV-22
DEPARTAMENTO LIMA.
INFORMADO A : CONSTRUCTORES Y PERFORADORES
CONTRATISTAS S.A.C.
FECHA : LIMA, 07 DE FEBRERO DE 2019

N° DE CAMPO				
C.E. x 10 ⁶ a 25° C		1,000.00		
PH		7.20		
Calcio	m.e/l	3.38	ppm	67.74
Magnesio	m.e/l	1.42	ppm	17.27
Sodio	m.e/l	5.00	ppm	115.00
Potasio	m.e/l	0.32	ppm	12.51
Cloruros	m.e/l	1.60	ppm	56.74
Sulfatos	m.e/l	4.00	ppm	192.12
Carbonatos	m.e/l	0.00	ppm	0.00
Bicarbonatos	m.e/l	4.60	ppm	280.69
Nitratos	m.e/l	Trazas	ppm	Trazas
Boro	ppm	0.00		
Fe	ppm	0.00		
Dureza de calcio	ppm	169.14		
Dureza de Magnesio	ppm	71.07		
Dureza Total	ppm	240.21		
Alcalinidad Total	ppm	230.00		

La Muestra fue tomada por el interesado

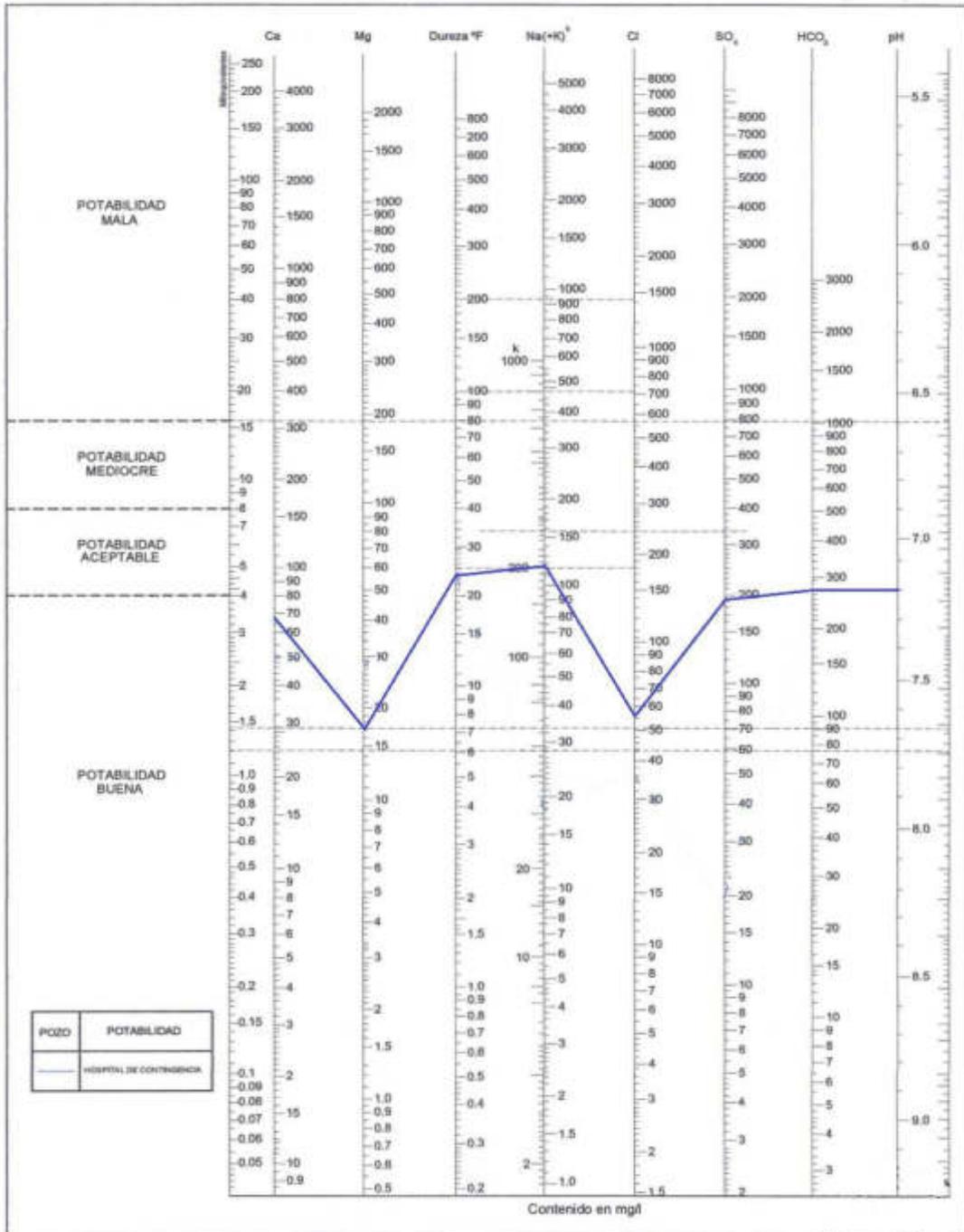
INFORMADO POR:

L. A. S. A. Ingenieros
 Laboratorio de Análisis de Suelos y Aguas

ING. MIGUEL PASACHE ANGULO
 GERENTE GENERAL

ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS: Asesoría - Consulta - Supervisión
 Calle Calles N° 510 - Urb. La Florida - Rimac - Lima
 Teléx 480-338 - Celular 99992-0908 - E-mail lasaingenieros@hotmail.com

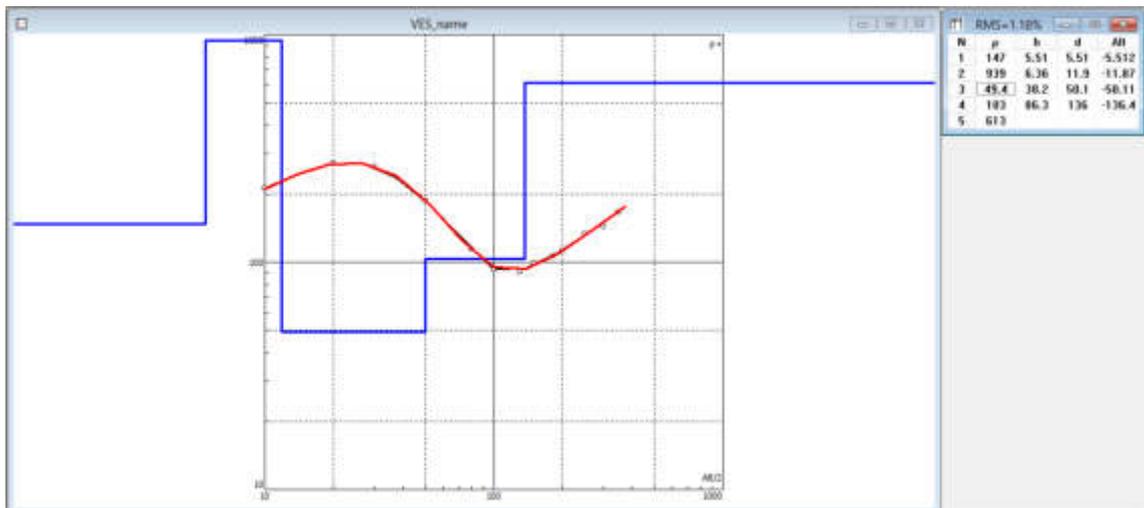
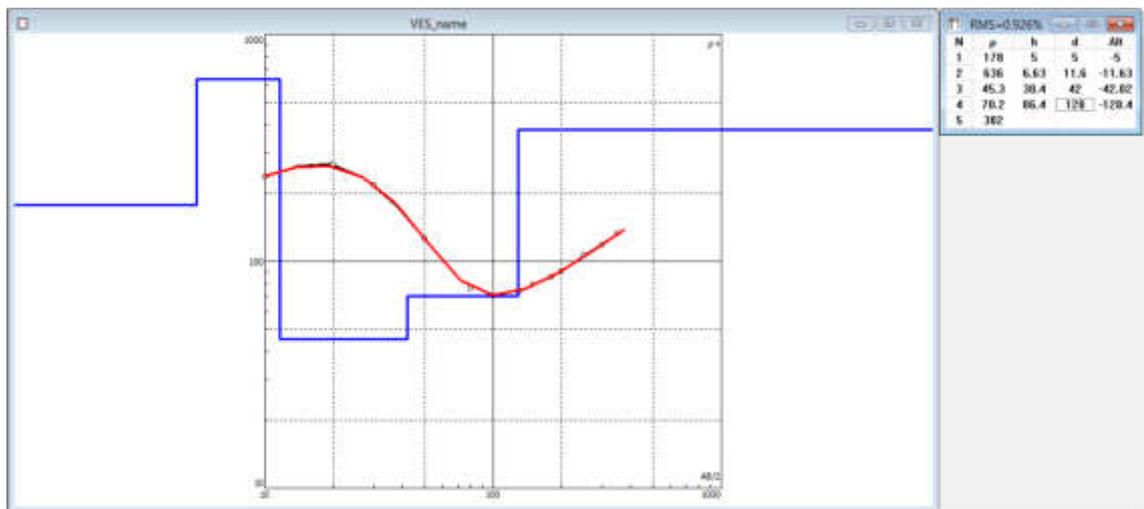
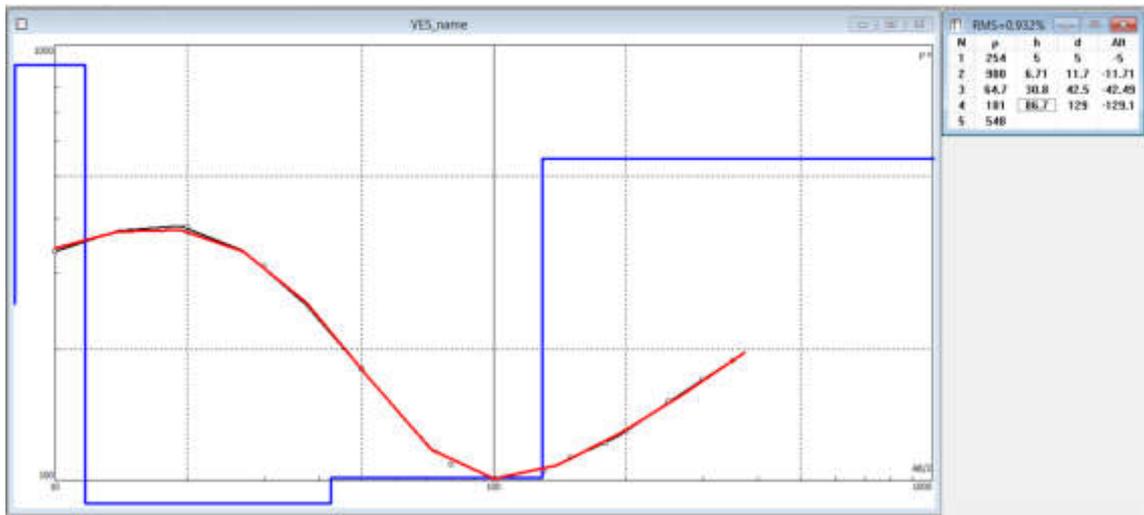
ANEXO 9

DIAGRAMA LOGARÍTMICO DE LA POTABILIDAD DE AGUA



ANEXO 10

PROCESAMIENTO DE PUNTOS PARA POZOS PROYECTADOS MEDIANTE "IPI2WIN" (SEV-1A, SEV-2A, SEV-3A)



ANEXO 11

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE ARENA FINA DEL POZO SEV-22



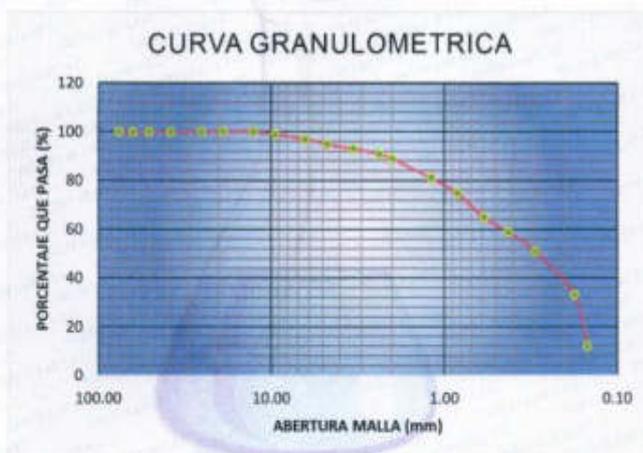
Pág. 1/2

INFORME DE ENSAYO N° 1905058

Cliente	JAIRO KEVIN LANDEO PANDURO
Domicilio legal	Urb. Virgen de Guadalupe Mz. B Lt. 5, Ate - Lima - Lima.
Producto	Suelo
Referencia del cliente	Tesis "Diseño de pozo tubular - Otopongo"
Procedencia de las muestras	Muestras enviadas por el cliente indicando lugar de muestreo: Centro Poblado San Miguel de Otopongo, Puumonga - Barranca.
Referencia del plan de muestreo	No Aplica
Procedimiento de muestreo	No Aplica
Fecha de recepción de las muestras	2019/05/22
Fecha de inicio del ensayo	2019/05/22
Fecha de término del ensayo	2019/05/28

Código de Laboratorio:	Descripción:	Fecha de Muestreo:
1905058-1	SEV22-1	2019/05/17
		Hora: 10:00
		Tipo de muestra: Sodio

Referencia	Ensayo	Díámetro de partícula (mm)	Porcentaje que pasa	Unidad
		12.50	100.00	%
		2.000	89.00	%
NTP 339.128	Granulometría	1.190	81.15	%
		0.426	59.12	%
		0.177	33.30	%
		0.074	3.15	%



Ensayo: Descripción del Método de Referencia:
 Granulometría: NTP 339.128. 1999. Métodos de ensayo para el análisis granulométrico.

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
 Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ
 Telefón: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

ANEXO 12

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE ARENA MEDIA DEL POZO SEV-22



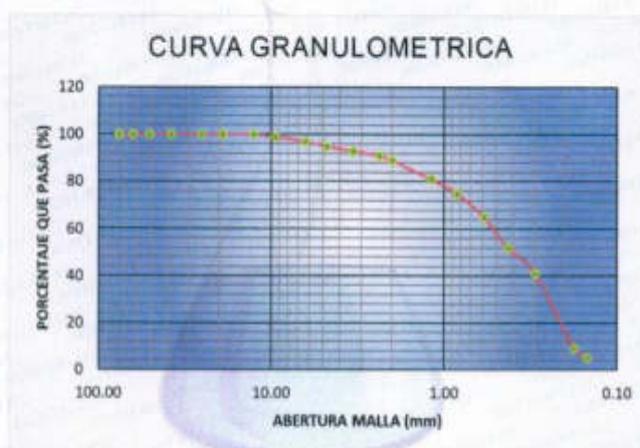
Pág. 1/2

INFORME DE ENSAYO N° 1905058

Cliente	: JAIRO KEVIN LANDEO PANDURO
Domicilio legal	: Urb. Virgen de Guadalupe Mz. B Lt. 5, Ate - Lima - Lima,
Producto	: Suelo
Referencia del cliente	: Testa "Diseño de pozo tubular - Otopenjo".
Procedencia de las muestras	: Muestras enviadas por el cliente indicando lugar de muestreo: Centro Poblado San Miguel de Otopenjo, Patamunga - Barranca.
Referencia del plan de muestreo	: No Aplica
Procedimiento de muestreo	: No Aplica
Fecha de recepción de las muestras	: 2019/05/22
Fecha de inicio del ensayo	: 2019/05/22
Fecha de término del ensayo	: 2019/05/28

Código de Laboratorio:	Descripción:	Fecha de Muestreo:
1905058-1	SEV22-2	2019/05/17
		Hora: 10:30
		Tipo de muestra: Suelo

Referencia	Ensayo	Diámetro de partícula (mm)	Porcentaje que pasa	Unidad
NTP 339.128	Granulometría	19.05	100.00	%
		4.751	95.00	%
		2.381	91.00	%
		0.297	41.12	%
		0.149	5.05	%
		0.074	3.15	%



Ensayo: Descripción del Método de Referencia:
 Granulometría: NTP 339.128 1999. Métodos de ensayo para el análisis granulométrico.

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
 Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 An. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ
 Telefax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

ANEXO 13
PROPUESTA ECONÓMICA DE EMPRESAS DE LA ZONA



CONSTRUCTORES Y PERFORADORES
CONTRATISTAS S.A.C.

PROFORMA P1-270519

Lima, 27 de Mayo 2019

Atención:

Referencia: Propuesta Económica – Perforación de pozo tubular, H=70.00 mts.

Reciba un cordial saludo de parte de nuestra empresa y ponemos a su consideración lo siguiente:

Constructores y Perforadores Contratistas S.A.C., es una empresa que brinda servicios de ingeniería y construcción, contando con una amplia experiencia en la ejecución de obras civiles, sanitarias, geotécnicas y perforación de pozos. Nuestras referencias son:

Razón social: Constructores y Perforadores Contratistas S.A.C

Central telefónica: 356-1363

Gerente General: David Requena Nuñez

Gerente de Operaciones: Juan Nuñez Cuba

Registros vigentes: RUC 20457090944

Dirección: Carretera central Km 11.800 Asoc. 11 de octubre N° 79 Santa clara - Lima – Ate

E-mail: jnunez@copecsac.com.pe / cypjn@hotmail.com

Quedamos a su disposición para cualquier consulta adicional sobre nuestra propuesta y de su pronta respuesta favorable.

Muy Atentamente,

Juan Nuñez Cuba
Gerente de Operaciones

E-mail: jnunez@copecsac.com.pe / cypjn@hotmail.com

RPM: # 948529556

RPC: 992613214

Telf. : 01 3561363



CONSTRUCTORES Y PERFORADORES CONTRATISTAS S.A.C.

PERFORACION DE POZO TUBULAR, H = 70.00 mts.

PROPUESTA : PERFORACION DE POZO TUBULAR 70 M. - ACERO INOXIDABLE					
PARTIDAS		PRESUPUESTO Y METAS			
		METRADOS		COSTOS US\$	
ITEM	DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1.0	PERFORACION DE POZO TUBULAR 70 M				
1.1	TRABAJOS PRELIMINARES				1,700.00
1.1.1	TRANSPORTE, INSTALACION Y RETIRO DE EQUIPOS DE PERFORACION	GLB	1.00	1,200.00	1,200.00
1.1.2	CAMPAMENTO PROVISIONAL	GLB	1.00	500.00	500.00
1.2	PERFORACION				34,938.00
1.2.1	PERFORACION DEL POZO CON SISTEMA PERCUSION CON TUBERIA DE HERRAMIENTA 21"Ø y 18"Ø	ML	70.00	180.00	12,600.00
1.2.2	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA CIEGA ACERO COMERCIAL DEFINITIVA PARA COLUMNA DE 12"Ø x 1/4 "	ML	29.80	210.00	6,258.00
1.2.3	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA FILTRO ACERO INOXIDABLE DEFINITIVA TIPO PUENTE TRAPEZOIDAL 12"Ø x 1/4"	ML	40.50	310.00	12,555.00
1.2.4	SUMINISTRO E INSTALACION DE Fo GALVANIZADO DN 100 mm PARA COLUMNA DE GRAVA	ML	3.00	75.00	225.00
1.2.5	PROVISION Y COLOCACION DE GRAVA SELECTA PARA POZO TUBULAR	M3	20.00	90.00	1,800.00
1.2.6	DESARROLLO DEL POZO POR PISTONEO	HR.	48.00	25.00	1,200.00
1.2.7	PROVISION Y COLOCACION DE TRIPOLIFOSFATO SODICO	KG	50.00	6.00	300.00
1.3	PRUEBAS				3,800.00
1.3.1	REGISTRO DE DIAGRAFIA Y RAYOS GAMMA	UND	1.00	1,000.00	1,000.00
1.3.2	TRANSPORTE INSTALACION Y RETIRO DE EQUIPO DE BOMBEO, COLUMNA DEL POZO	GLB	1.00	850.00	850.00
1.3.3	PRUEBA DE BOMBEO DEL POZO	HR.	72.00	25.00	1,800.00
1.3.4	ANALISIS FISICO QUIMICO	UND	1.00	150.00	150.00
1.4	ACABADOS				1,200.00
1.4.1	SELLO SANITARIO EN ESPACIO DE PERFORACION Y TUBERIA DEFINITIVA	ML	3.00	200.00	600.00
1.4.2	SELLADO CON CEMENTO EN EL FONDO DEL POZO TUBULAR	UND	1.00	50.00	50.00
1.4.3	SELLADO METALICO EN LA POZO DEL POZO TUBULAR	UND	1.00	50.00	50.00
1.4.4	LIMPIEZA NIVELACION, ELIMINACION DEL DESMONTE Y RESTITUCION DEL TERRENO A SU ESTADO ORIGINAL	GLB	1.00	500.00	500.00
SUB TOTAL \$					41,638.00

NOTA:

- Los trabajos no descritos en la proforma, serán presupuestados por separado.
- EL PRESUPUESTO NO INCLUYE IGV



CONSTRUCTORES Y PERFORADORES CONTRATISTAS S.A.C.

CONDICIONES:

- El **CONTRATISTA**, realizara los trabajos con equipos y herramientas necesarias para la ejecución de la obra.
- El **CONTRATISTA**, comunicará oportunamente cualquier imprevisto que pudiera presentarse durante la ejecución de obra.
- Cualquier variación en la ejecución o metrajes, se valorizaran a precios unitarios.

DISPONIBILIDAD : PREVIA COORDINACION.

TIEMPO DE EJECUCION :

- Pozo tubular : 70 Días

FORMA DE PAGO TUBULAR O ARTESANAL

- Pozo artesanal : 35% a la orden de servicio.
65% por valorización semanal

Muy Atentamente,

Juan Nuñez Cuba
Gerente de Operaciones

E-mail: jnunez@copecsac.com.pe / cypjn@hotmail.com

RPM: # 948529556

RPC: 992613214

Telf. : 01 3561363



Habilitación Urbana, Obras civiles en General,
Perforación de Pozos, Estudios, Proyectos y Planos
Cel.: 994601182

FECHA : 30 DE MAYO DE 2019
SR. : JAIRO LANDEO PANDURO
REFERENCIA : PERFORACION DE POZO TUBULAR
LUGAR : BARRANCA – SAN MIGUEL DE OTOPONGO

De mi consideración, primeramente saludarlo y asimismo brindarle los costos de la perforación de 01 pozo tubular de 70.00 m. de profundidad en la provincia de Barranca, sector San miguel de Otopongo.

A continuación se muestra una tabla con los costos unitarios de cada partida, asimismo cualquier variación o adicional se considerará por costos unitarios.

POZO TUBULAR DE 70.00 M.

ITEM	DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	Unitario	Totales USD
1.1	MOVILIZACION				550.00
1.1.1	TRANSPORTE, INSTALACION Y RETIRO DE EQUIPOS DE PERFORACION.	GLB	1.00	550.00	550.00
1.2	MOVILIZACION				2,000.00
1.1.1	TRANSPORTE, INSTALACION Y RETIRO DE EQUIPOS DE PERFORACION.	GLB	1.00	2,000.00	2,000.00
1.3	PERFORACION				43,383.00
1.3.1	PERFORACION DEL POZO CON SISTEMA PERCUSION CON TUBERIA DE HERRAMIENTA 21"Ø	ML	70.00	220.00	15,400.00
1.3.2	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA CIEGA DEFINITIVA PARA COLUMNA DE 15"Ø x 6.4 mm INOXIDABLE	ML	30.00	255.00	7,650.00
1.3.3	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA FILTRO DEFINITIVA EN ACERO INOXIDABLE, RESISTENTE A LA DEFORMACION TIPO PUENTE TRAPEZOIDAL	ML	40.00	270.00	10,800.00
1.3.4	TUBERIA DEFINITIVA PARA ABASTECER GRAVA	M	3.00	25.00	75.00
1.3.5	GRAVA SELECTA DE 1/4 A 3/4	M3	20.00	75.00	1,500.00
1.3.6	POR PISTONEO PARA SU DESARROLLO	HR.	72.00	32.00	2,304.00

Habilitación Urbana, Obras civiles en General, Perforación de Pozos, Estudios, Proyectos y Planos /// Cel.: 994 601 182



Habilitación Urbana, Obras civiles en General,
Perforación de Pozos, Estudios, Proyectos y Planos
Cel.: 994601182

1.3.7	LIMPIEZA CON APLICACIÓN DE TRIPOLIFOSFATO SODICO	KG	50.00	6.00	300.00
1.3.8	REGISTRO DE DIAGRAFIA Y RAYOS GAMMA	UND	1.00	1,300.00	1,300.00
1.3.9	TRANSPORTE INSTALACION Y RETIRO DE EQUIPO DE BOMBEO, COLUMNA DEL POZO	GLB	1.00	1,500.00	1,500.00
1.3.10	PRUEBA DE BOMBEO DEL POZO	HR.	72.00	32.00	2,304.00
1.3.11	EVACUACION DEL AGUA POR PRUEBA DE BOMBEO HASTA 100m DE DISTANCIA	GLB	1.00	100.00	100.00
1.3.12	ANALISIS FISICO QUIMICO	UND	1.00	150.00	150.00
1.4	TRABAJOS FINALES				800.00
1.4.1	SELLO SANITARIO EN ESPACIO DE PERFORACION Y TUBERIA DEFINITIVA	ML	3.00	100.00	300.00
1.4.2	SELLADO CON CEMENTO EN EL FONDO DEL POZO TUBULAR	UND	1.00	50.00	50.00
1.4.3	SELLADO METALICO EN LA POZO DEL POZO TUBULAR	UND	1.00	50.00	50.00
1.4.4	LIMPIEZA NIVELACION, ELIMINACION DEL DESMONTE Y RESTITUCION DEL TERRENO A SU ESTADO ORIGINAL	UND	1.00	400.00	400.00
TOTAL NETO \$.					46,733.00
I.G.V 18 % \$.					8,411.94
TOTAL GENERAL \$.					55,144.94

Condiciones para la ejecución de los trabajos:

- tiempo de ejecución: 85 días hábiles
- Forma de pago: 40% al inicio de los trabajos.
60% pago semanal.

Sin otro particular nos despedimos de Uds.

Atentamente,

Silvestre Roca E.

RPC: 985723451

CORPORACION LORD & ROCA S.A.C.
Johnny Roca Escalante
GERENTE GENERAL

Habilitación Urbana, Obras civiles en General, Perforación de Pozos, Estudios, Proyectos y Planos /// Cel.: 994 601 182

PROFORMA A TODO COSTO

SEÑOR : LIMA
LUGAR : BARRANCA - PARAMONGA
FECHA : 28/05/2019
REFERENCIA : POZO TUBULAR 70 MTS.

De mi consideración:

Por medio del presente le hacemos llegar nuestro cordial saludo y del mismo presentarle la siguiente propuesta económica:

POZO TUBULAR DE 70 MTS

PARTIDAS		METRADOS		COSTOS US\$	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1.0	PERFORACIÓN DE POZO TUBULAR 70 M				
1.1	MOVILIZACION				1,800.00
1.1.1	TRANSPORTE, INSTALACION Y RETIRO DE EQUIPOS DE PERFORACION.	GLB	1.00	1,800.00	1,800.00
1.2	PERFORACION DE POZO				40,830.00
1.2.1	PERFORACION DEL POZO CON SISTEMA PERCUSION CON TUBERIA DE HERRAMIENTA 21"Ø	ML	70.00	198.00	13,860.00
1.2.2	TUBERIA CIEGA DEFINITIVA INOXIDABLE	ML	30.00	230.00	6,900.00
1.2.3	TUBERIA FILTRO DEFINITIVA INOXIDABLE	ML	40.00	245.00	9,800.00
1.2.4	COLOCACION DE TUBERIA DEFINITIVA	ML	70.00	40.00	2,800.00
1.2.5	PROVISION Y COLOCACION DE GRAVA SELECTA PARA POZO TUBULAR	M3	30.00	115.00	3,450.00
1.2.6	DESARROLLO DEL POZO POR PISTONEO	HR.	72.00	50.00	3,600.00
1.2.7	PROVISION Y COLOCACION DE TRIPOLIFOSFATO SODICO	KG	60.00	7.00	420.00
1.3	PRUEBAS Y/O ENSAYOS				6,450.00
1.3.1	REGISTRO DE DIAGRAFIA Y RAYOS GAMMA	UND	1.00	1,500.00	1,500.00
1.3.2	TRANSPORTE INSTALACION Y RETIRO DE EQUIPO DE BOMBEO, COLUMNA DEL POZO	GLB	1.00	1,100.00	1,100.00
1.3.3	PRUEBA DE BOMBEO DEL POZO	HR.	72.00	50.00	3,600.00
1.3.4	ANALISIS FISICO QUIMICO	UND	1.00	250.00	250.00
1.4	ACABADOS				800.00
1.4.1	SELLO SANITARIO	ML	3.00	100.00	300.00
1.4.2	SELLADO EN EL FONDO DEL POZO TUBULAR	UND	1.00	50.00	50.00
1.4.3	SELLADO METALICO E	UND	1.00	50.00	50.00
1.4.4	LIMPIEZA NIVELACION, ELIMINACION DEL DESMONTE	UND	1.00	400.00	400.00
				SUB TOTAL \$.	49,880.00
				I.G.V 18 % \$.	8,978.40
				TOTAL GENERAL \$.	58,858.40

HIDROSTECNIC CONTRATISTAS S.A.C.

Marcelino Nuñez Cuba
Marcelino Nuñez Cuba
GERENTE GENERAL

ANEXO 14
PANEL FOTOGRÁFICO



Foto N° 01: Visita a campo de perforación del pozo SEV-22



Foto N° 02: Reunión con el dirigente de propietarios del CP San Miguel de Otopongo



Foto N° 03: Visita de áreas comunes de la población



Foto N° 04: Realización de prueba de sondeo vertical al pozo SEV-22



Foto N° 05: Utilizando el equipo de gamma de resistividad



Foto N° 06: Prueba de bombeo del pozo SEV-22



Foto N° 07: Equipo utilizado en el Sondeo eléctrico Vertical para nuevo pozo proyectado



Foto N° 07: Puntos en el Sondeo eléctrico Vertical para nuevo pozo proyectado



Foto N° 08: Perforación del pozo SEV-22



Foto N° 09: Maquina de perforación del pozo SEV-22



Foto N° 10: Muestras de suelo del pozo SEV-22



Foto N° 11: Grava de prefiltro usada en el pozo SEV-22