

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“INFORME DE LA EJECUCIÓN DE CUATRO POZOS TUBULARES
EN LA LOCALIDAD DE SANTA CLARA Y ANEXOS”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÍCOLA**

VICTORIA FRANCESKA FARIAS REY

LIMA – PERÚ

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERIA AGRÍCOLA

**“INFORME DE LA EJECUCIÓN DE CUATRO POZOS TUBULARES EN
LA LOCALIDAD DE SANTA CLARA Y ANEXOS”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERA AGRÍCOLA

Presentado por:

BACH. VICTORIA FRANCESKA FARIAS REY

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Dr. RAÚL ARNALDO ESPINOZA VILLAR
Presidente

Ing. CARLOS ALBERTO BRAVO AGUILAR
Asesor

Mg. SAUL MOISÉS TORRES MURGA
Miembro

Ing. ANTONIO CELESTINO ENCISO GUTIÉRREZ
Miembro

LIMA – PERU

2020

Índice

I.	Presentación	1
II.	Introducción	3
III.	Objetivos	5
IV.	Marco teórico	7
4.2	Supervisión de obra	7
4.3	Ciclo Hidrológico	8
4.4	Tipos de rocas según su capacidad de almacenar agua	9
4.4.1	Acuífero y tipos	9
4.5	Parámetros hidrogeológicos	10
4.5.1	Porosidad	10
4.5.2	Permeabilidad	12
4.5.3	Transmisividad	12
4.5.4	Coefficiente de almacenamiento	13
4.6	Método de percusión	14
V.	Cuerpo del trabajo	15
5.1	Pozo PP-01	15
5.1.1	Ubicación y acceso.	15
5.1.2	Perforación del Pozo PP-01	16
5.1.3	Litología de campo	16
5.1.4	Análisis Granulométrico	18

5.1.5	Perfilaje eléctrico Diagrafía.....	24
5.1.6	Diseño Técnico Definitivo.....	28
5.2	Pozo PP-02.....	29
5.2.1	Ubicación y acceso.....	29
5.2.2	Perforación de Pozo PP-02.....	29
5.2.3	Litología de campo.....	32
5.2.4	Análisis Granulométrico.....	35
5.2.5	Diseño Técnico Definitivo.....	35
5.3	Pozo PP-03.....	38
5.3.1	Ubicación y acceso.....	38
5.3.2	Perforación.....	38
5.3.3	Litología de campo.....	40
5.3.4	Análisis Granulométrico.....	41
5.3.5	Diseño Técnico Definitivo.....	42
5.3.6	Engravado.....	43
5.3.7	Desarrollo del Pozo por el método de Pistoneo. -	44
5.4	Pozo PP-04.....	44
5.4.1	Ubicación y acceso.....	44
5.4.2	Perforación del PP-04.....	45
5.4.3	Litología de campo.....	46
5.4.4	Análisis Granulométrico.....	47
5.4.5	Diseño Técnico Definitivo.....	47
5.4.6	Engravado.....	48
5.4.7	Pruebas hidráulicas.....	49

5.4.8	Prueba de Acuífero.....	51
5.4.9	Calidad del agua.....	56
5.5	Pozo 01,02,03 y 04.....	62
5.5.1	Características de los Tubos y Filtros. -.....	62
5.5.2	Anillo engravador.....	65
5.5.3	Prueba de verticalidad.....	66
5.5.4	Pruebas hidráulicas.....	67
5.6	Sello Sanitario.....	69
5.7	Protección del pozo.....	69
VI.	Conclusiones y Recomendaciones.....	70
VII.	Referencias Bibliográficas.....	72
VIII.	Anexos.....	75

Índice de Tablas

Tabla 1: Habilidades y destrezas del supervisor.....	7
Tabla 2: Intervalo de porosidad de Materiales	11
Tabla 3: Valores de porosidad eficaz	11
Tabla 4: Calificación de la magnitud de la transmisividad	12
Tabla 5: Valores del coeficiente de almacenamiento	13
Tabla 6: Litología del Pozo PP-01.....	17
Tabla 7: Tipo de Material	18
Tabla 8: Zonas geoelectricas	25
Tabla 9: Diseño Técnico Definitivo del Pozo PP-01.....	28
Tabla 10: Litología del Pozo PP-02.....	33
Tabla 11: Diseño Técnico Definitivo del Pozo PP-02.....	36
Tabla 12: Litología del Pozo PP-03.....	40
Tabla 13: Diseño Técnico Definitivo del Pozo PP-03.....	43
Tabla 14: Litología del Pozo PP-04.....	46
Tabla 15: Diseño Técnico Definitivo del Pozo PP-04.....	48
Tabla 16: Datos Prueba de Rendimiento	50
Tabla 17: Radio de Influencia Absoluto (Ra).....	55
Tabla 18: Radio de Influencia Relativo (Rr)	56
Tabla 19: Tabla de resultados de análisis de los principales parámetros	58
Tabla 20: Tabla de resultados del análisis de metales totales	59
Tabla 21: Tabla de resultados de análisis microbacteriológico.....	60

Tabla 22: Especificaciones Técnicas Tubos Ciegos.....	62
Tabla 23: Especificaciones Técnicas Filtros	63
Tabla 24: Líquidos Penetrantes Utilizados	64
Tabla 25: Instalación del anillo engravador.	66
Tabla 26: Resultado Prueba de Verticalidad del Pozo PP-01.....	66
Tabla 27: Resultado Prueba de Verticalidad del Pozo PP-02.....	66
Tabla 28: Resultado Prueba de Verticalidad del Pozo PP-03.....	67
Tabla 29: Resultado Prueba de Verticalidad del Pozo PP-04.....	67
Tabla 30: Instalación de tuberías en pozos	68

Índice de Figuras

Figura 1: Representación de Ciclo Hidrológico	8
Figura 2: Esquema de una perforadora de percusión con el detalle del balancín.....	14
Figura 3: Ubicación de pozo perforado PP-01	15
Figura 4: Curvas Granulométricas Muestras Perforación Pozo PP-01.....	19
Figura 5: Curvas Granulométricas de 4.00 m a 18.00 m Pozo PP-01	20
Figura 6: Curvas Granulométricas de 26.00 m a 38.00 m Pozo PP-01	21
Figura 7: Curvas Granulométricas de 40.00 m a 59.00 m Pozo PP-01	22
Figura 8: Curvas Granulométricas de 64.00 m a 80.00 m Pozo PP-01	23
Figura 9: Registro geofísico interpretado	27
Figura 10: Ubicación del Pozo PP-02	29
Figura 11: Limpieza del pozo	30
Figura 12: Herramienta (Bumper)	31
Figura 13: Litología del Pozo PP-02	34
Figura 14: Diseño Técnico Propuesto Pozo PP-02.....	37
Figura 15: Ubicación del Pozo PP-03	38
Figura 16: Ubicación del Pozo PP-04	45
Figura 17: Prueba de bombeo rendimiento.....	51
Figura 18: Prueba de Acuífero Fase Descenso.....	53
Figura 19: Prueba de Acuífero Fase Recuperación	54
Figura 20: Diagrama de potabilidad	61
Figura 21: Aplicación del líquido penetrante	65

Figura 22: Aplicación del líquido revelador.....	65
Figura 23: Vista del sello sanitario culminado y del anillo engravador	69

Índice de Anexos

ANEXO N° 1: Desarrollo por el método de pistoneo.....	76
ANEXO N° 2: Protocolo de prueba de bombeo	79
ANEXO N° 3: Resultados de laboratorio – calidad de agua del PP-04	83

I. Presentación

El presente informe es para poder describir las funciones que he desempeñado en mi vida laboral. En la supervisión de la construcción de pozos de agua subterránea. Algunas de las obras que he supervisado la ejecución de los pozos son:

- Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado para el Esquema Prolongación Nicolas de Piérola - Santa Clara Sur y Anexos - Distrito de Ate Vitarte"
- Contratación de las obras generales y secundarias de agua potable y alcantarillado del proyecto: Esquema Cajamarquilla, Nieveria y Cerro Camote "Ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado de los sectores 129, 130, 131, 132, 133, 134 y 135 distrito de Lurigancho y San Antonio de Huarochirí
- Perforación de pozo tubular de 25 m de profundidad, ubicado en la central Chimay- Enel, entre otras.

Estaba a cargo del seguimiento desde los inicios de la obra, hasta su culminación. Las etapas que se presentaban durante la ejecución como la realización del antepozo, la perforación, instalación de la columna de producción, desarrollo del pozo por la prueba de pistoneo, pruebas de bombeo e inspección de cámara. Lo cual presentábamos avances diarios de la obra, realización de informes de los avances semanales y mensuales, así como las valorizaciones, informes de adicionales, cronogramas e informes de calidad del agua. Además, de coordinar con la contratista sobre las liberaciones, pruebas e instalaciones de equipos que se dan en el transcurso de la construcción de los pozos. Asimismo, al culminar la obra la elaboración del informe final.

Durante mi vida académica he aprendido diferentes cursos que nos ofrece la carrera para poder desenvolvemos como profesionales, en los trabajos que he venido realizando he puesto en práctica diferentes cursos como hidrogeología, aguas subterráneas, ingeniería de drenaje e ingeniería del agua y medio ambiente, ya que para la construcción de pozos de agua debemos tener conocimientos en la gestión de recursos de agua subterránea, en que acuífero podemos construir, el diseño y el equipamiento de pozos tubulares saber los

términos que se emplean en hidrología como, por ejemplo: el nivel estático, nivel dinámico, caudal explotable, radio de influencia, etc. Asimismo, en la prueba de bombeo se realiza cuando se concluye la etapa de construcción del pozo, nos sirve para determinar el rendimiento óptimo y seguro de explotación del pozo, además de conocer las características hidráulicas del acuífero. Elaborar un informe de calidad del agua con los resultados obtenidos del análisis físico, químico y bacteriológico, para determinar si el agua va a poder ser de consumo humano, el caso que el pozo sea construido para el abastecimiento de agua potable.

Otros de los cursos empleados son mecánicos de suelos, geología y geotecnia, porque debemos hacer un análisis granulométrico del suelo, de las muestras que se extraen cada 2 m durante la perforación. Para poder elaborar las curvas granulométricas y emitir un informe que nos va a ayudar en determinar el diseño de la columna de producción.

Por último, el curso de programación y supervisión de obra, debido que para la ejecución de una obra se debe planificar, organizar y administrar los recursos empleados, para poder optimizar los resultados de la ejecución. Además, del seguimiento de los avances de la obra en campo, formular los informes de obra, diarios, semanas y mensuales. Elaboración del cronograma de obra, valorizaciones e informes de liberación que se dan durante la ejecución de obra. Registrarlo en el cuaderno de obra, hacer las coordinaciones con la contratista de durante la realización obra, como la instalación de equipos, diseños que se planteen. Una vez culminada la obra, la realización del informe final de la construcción del pozo tubular

II. Introducción

Con el paso de los años se ha generado un incremento demográfico. En el último censo realizado en el 2017, demuestra que hay un crecimiento de 10,7% poblacional con respecto al censo del 2007, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

El incremento poblacional, ha generado que haya una mayor demanda de consumo de agua, por lo que el estado ha venido realizando diferentes obras de abastecimiento y saneamiento de agua potable. El agua es un líquido importante y fundamental para el sostenimiento y la reproducción de los seres vivos, el 70% de la superficie del planeta aproximadamente está conformado por agua. Además, la tierra tiene 1.386 millones de kilómetros cúbicos de agua, de los cuales 97.5 % es salada y 2.5 % es dulce. Del porcentaje de agua dulce que hay el 0.007% es para consumo humano, ya que el 69.7% está congelada en los polos y glaciares, el 30% en acuíferos y el 0.3% en ríos y lagos. (Carrión, 2020)

En Lima y Callao el promedio de consumo es de 130 litros diarios de agua. Sin embargo, hay distritos con un mayor consumo como San Isidro que su promedio de agua potable es 254 litros/habitante/día y otros distritos que consumen menos como San Bartolo que su promedio de agua potable es 85 litros/habitante/día. (Miñan, 2019)

En el Perú en el año móvil mayo 2019 – abril 2020, el 90.8 % cuenta con cobertura de agua por red pública, el 9.2% de la población del país no accede al agua por red pública, se abastecen de forma diferente como 1.2% de camión cisterna, 1.6% pozo, 3.5 de río, acequia y manantial y 2.8% otros. (Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2020)

Una forma de abastecimiento de agua potable es la perforación de pozos tubulares de agua. Existen 14 440 pozos tubulares en el Perú, los cuales les dan diferentes usos agrícolas, domésticos, pecuario e industrial. (Sistema Nacional de Información de recursos Hídricos (SNIRH), 2018). Un pozo tubular de agua es un proyecto de ingeniería hidráulica diseñada para satisfacer las necesidades de agua de una comunidad, sin llegar a desgastar los acuíferos, una manera de resolver las necesidades más inmediatas de dotación y abastecimiento de agua

potable, que la mayoría de veces viene con una calidad de agua aceptable para el consumo humano. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), s.f.)

III. Objetivos

Objetivo principal

- ✓ Exponer los aspectos técnicos de ingeniería para la construcción de pozos tubulares por el método de percusión.

Objetivo secundario

- ✓ Determinar las características hidrogeológicas (transmisividad y permeabilidad) del acuífero, de la zona de estudio.
- ✓ Obtener los parámetros técnicos del rendimiento óptimo y seguro de explotación de los pozos.
- ✓ Determinar la calidad del agua subterránea extraída de los pozos tubulares con fines de consumo humano.

IV. Marco teórico

4.2 Supervisión de obra

Supervisar es ejercer la inspección superior en trabajos realizados por otros, según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua. En supervisión hay niveles y están dados según la estructura de la empresa. El supervisor no debe fiscalizar directamente a los empleados, si no derivar la responsabilidad a una persona de jerarquía inferior como el encargado de obra, que él se encargara de hablar con el jefe de grupo para poder corregir con los miembros de grupo. (Morales, 2014)

Supervisión técnica de obra es la aplicación de una metodología definida para desarrollar una actividad de supervisión coordinando la calidad, el costo y los tiempos de ejecución del proyecto, para poder cumplir con los plazos establecidos, condiciones técnicas y económicas, que se han pactado entre quien ejecuta y quien financia el proyecto, con la finalidad de un beneficio económico, por parte del ejecutor y el que lo financia. (Morales, 2014)

Tabla 1: Habilidades y destrezas del supervisor

Competencias asociadas al perfil	Entorno de las competencias			
	Procedimiento	Herramientas, equipos y materiales	Directas	Indirectas
Cuando supervisan tareas	<ul style="list-style-type: none"> - Hacer sistematización desde el inicio de cada tarea. - Instruir al personal a cargo. - Vigilar la salud y seguridad. - Facilitar procesos, herramienta y materiales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Proporcionar hojas de control de almacén. - Equipo de comunicación interna. - Definición de grupos y frentes de trabajo. - Control de asistencia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Explicar tres lineamientos de la tarea a realizar. - Poner ejemplo de las tareas. - Hacer un reporte diario. - Colocar el material necesario en el lugar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Chequeo de materiales existentes para la ejecución de la tarea. - Inventario de equipo y herramienta para garantizar la calidad de la tarea. - Mano de obra adecuada para ejecutarla.

Fuente: Morales, 2014

Según Mendoza (2016) indica que:

- El Planeamiento: es el análisis por el cual se deciden de manera integral las estrategias de gestión y ejecución de un proyecto.
- Presupuesto contractual: “es el presupuesto extraído del contrato con el cliente, que forma parte de los alcances del proyecto.” (p.14)
- Revisión de condiciones del proyecto: se debe de estudiar cuales son los métodos constructivos a ejecutar, accesibilidad, condiciones de mano de obra, condiciones de servicios, revisión de precios y tendencias de los mismo (mano de obra, materiales,

subcontratos), establecer o definir la cantidad de personal que van a conformar el equipo de trabajo, proyecciones de los Layout de obra, etc.

- Cronograma general de obra: es una herramienta que nos ayuda a representar en forma gráfica la secuencia de trabajos a realizar, los cuáles se toman en cuenta para elaborar el presupuesto. Debe cumplir con los siguientes criterios, establecer los recursos para las actividades durante la obra, debe ser de fácil entendimiento y actualización y por último que sirva como base para el cronograma de recursos. Además, nos ayuda a hacerle el seguimiento de los plazos que se debe cumplir con el cliente.

4.3 Ciclo Hidrológico

El ciclo hidrológico es una serie de etapas de transporte recirculatorio e indefinido o permanente que atraviesa el agua al traspasar de la tierra a la atmósfera y regresar a la tierra: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y reevaporación. (Ordoñez,2011)

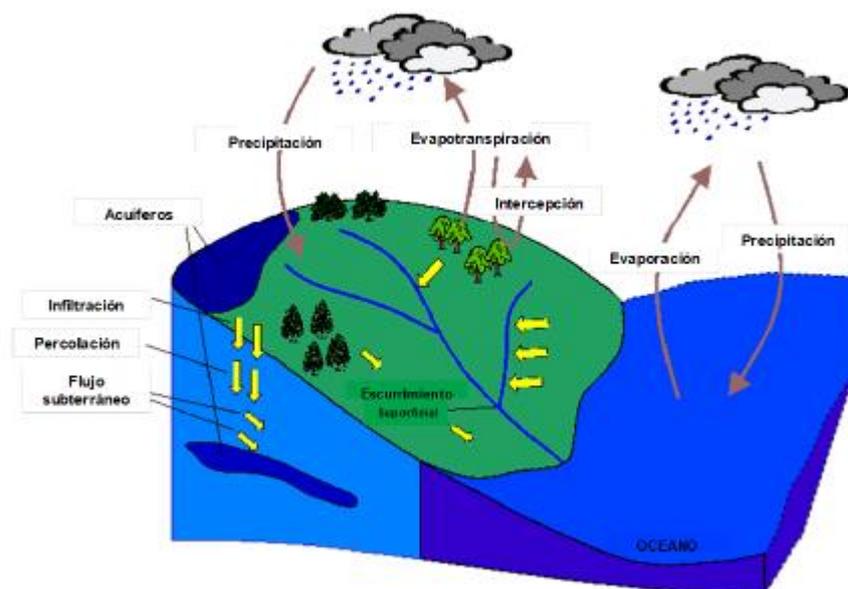


Figura 1: Representación de Ciclo Hidrológico

Fuente: Ordoñez,2011

4.4 Tipos de rocas según su capacidad de almacenar agua

4.4.1 Acuífero y tipos

- Acuífero

Es el estrato o formación geológica que facilita la circulación del agua por sus poros, para que puedan ser utilizadas de manera racional por la población. De acuerdo con la presión de agua almacenada en los acuíferos puede haber: acuíferos confinados, libres o semiconfinados (García, 2012)

Según Vélez et. al. (2011):

- Acuífero libre

Son aquellos que presentan un contacto directo entre la atmósfera y la superficie libre del agua, es decir que está a presión atmosférica. Dicha superficie se le conoce superficie freática, nivel freático o tabla de agua. En los acuíferos libres, el espesor saturado varía en manera directa con el comportamiento que se presentara de manera temporal con la precipitación, por lo que el espesor no saturado es variable.

- Acuífero semiconfinado

Son acuíferos limitados, por su fundamento o techo, se tiene un punto de acceso de una capa semipermeable que es el acuitardo o por contacto directo, el flujo puede efectuarse en dirección de la diferencia de niveles piezométricos existentes entre estos.

- Acuíferos cautivos, a presión, confinados o artesianos

En este acuífero, el agua se haya sometida a una presión mayor que la atmosfera y son rocas permeables, imitadas por capas de muy baja permeabilidad. Además, la capa se encuentra totalmente saturada. No existe una superficie libre de agua, pero se puede hablar de una superficie piezométrica, que es una zona imaginaria que coincide con el nivel hidrostático del agua del acuífero. En estos pueden existir los pozos conocidos de agua saltante, cuando se presentan las cabezas piezométricas mayores que el área del terreno.

- Acuitardo

Son formaciones geológicas que, a pesar de contener cantidades apreciables de agua, su conductividad hidráulica es relativamente pequeña, es decir transmiten tan lentamente el agua que no resultan aptas para el desplazamiento de captaciones. Algunos ejemplos son, las arcillas limosas o arenosas (García, 2012)

- **Acuicludo**

Es la formación geológica que, aunque contenga agua en su interior, incluso hasta la saturación, no la transmite y no podría ser aprovechable. Un ejemplo, son algunas arcillas. (García, 2012)

- **Acuífugo**

“Se refiere a las formaciones geológicas que ni contienen agua ni la pueden transmitir. El granito inalterado sería un ejemplo de acuífugo” (García, 2012, p.8)

4.5 Parámetros hidrogeológicos

Nos permiten conocer y cuantificar el movimiento del agua en el interior del acuífero. Algunos parámetros son: porosidad, permeabilidad, transmisividad y coeficiente de almacenamiento.

4.5.1 Porosidad

La porosidad (m) se define como la relación entre su volumen de vacíos (V_v) y el volumen total (V_t), es una medida de la cantidad de vacíos que tiene un material o roca.

$$m = \frac{V_v}{V_t}$$

En los materiales clásicos, los elementos que controlan la porosidad son: la distribución granulométrica, el grado de compactación y la forma de los granos. (Comisión Nacional del Agua, 2007)

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

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

Tabla 2: Intervalo de porosidad de Materiales

MATERIALES	n (%)
Depósitos no consolidados	
Arcilla	40-70
Limo	35-50
Arena	25-50
Grava	25-40
Rocas	
Arenisca	5-20
Lutita	5-10
Basalto Fracturado	5-50
Caliza Kárstica	5-50
Dolomía o Caliza	0-20
Rocas Cristalinas Fracturadas	0-10
Rocas Cristalinas Densas	0-5

Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2007 (como se citó en Cherry y Freeze, 1979)

Tabla 3: Valores de porosidad eficaz

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

Fuente: Vélez M.V., 1999

4.5.2 Permeabilidad

Según Vélez et. al. (2011):

Consiste en facilidad con el que el agua se mueve a través de un medio poroso, depende de los factores propios del acuífero y del fluido como viscosidad y peso específico. Es un parámetro importante que permite evaluar la producción de agua de un acuífero.

Con la ley de Darcy, se cuantifica el movimiento del agua subterránea. Sirve para la mayoría de fluidos

$$V = k \cdot i$$

Donde:

V: Velocidad aparente o de Darcy (cm/s)

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

i: gradiente hidráulico

4.5.3 Transmisividad

Según García, 2012:

Es el volumen de agua que pasa en una sección vertical de un metro de ancho y altura, en una unidad de tiempo que es igual al espesor saturado del acuífero. Su unidad de medida es m²/día, pero también se puede medir en m²/hora o m²/segundo, aunque es menos habitual.

El coeficiente de transmisividad se obtiene de la prueba de bombeo en pozos, se trata de extraer agua y medir en diferentes intervalos de tiempo los caudales de los pozos y los diferentes niveles dinámicos, también puede ser en piezómetros. Es un parámetro importante del acuífero porque determina su capacidad de rendimiento en una sección de interés o calcular el probable rendimiento de la captación.

Tabla 4: Calificación de la magnitud de la transmisividad

T(m ² /día)	Calificación estimada
T<10	Muy baja
10<T<100	Baja
100<T<500	Media
500<T<1000	Alta
T>1000	Muy Alta

Fuente: Vélez et. al. 2011

4.5.4 Coeficiente de almacenamiento

Según Vélez et al 2011:

Se determina como el volumen de agua liberada por un prisma vertical del acuífero de una sección unitaria y de altura igual al acuífero saturado, si se produce un cambio unitario del nivel piezométrico o de la carga hidráulica. Además, es un número adimensional.

En coeficiente de almacenamiento es mayor en los acuíferos libres que en los confinados.

Tabla 5: Valores del coeficiente de almacenamiento

Tipo de material permeable	Forma del funcionamiento del acuífero	Valores de S (medio)
Kárstico:		
Caliza y dolomías jurásicas	Libre	2×10^{-2}
	Semiconfinado	5×10^{-4}
	Confinado	5×10^{-5}
Calizas y dolomías cretácicas y terciarias	Libre	$2 \times 10^{-2} - 6 \times 10^{-2}$
	Semiconfinado	$10^{-3} - 5 \times 10^{-4}$
	Confinado	$10^{-4} - 5 \times 10^{-5}$
Poroso intergranular:		
Gravas y arenas	Libre	$5 \times 10^{-2} - 15 \times 10^{-2}$
	Semiconfinado	2×10^{-3}
	Confinado	2×10^{-4}
Kársticos y porosos:		
Calcarenitas marinas terciarias	Libre	$15 \times 10^{-2} - 18 \times 10^{-2}$

Fuente: Martínez y López, 1894

4.6 Método de percusión

La perforación a percusión es un método antiguo al cual se han incorporado materiales y técnicas actuales para que siga en vigencia ya que es uno de los procedimientos comúnmente usados en la perforación de pozos. Además, el método de perforación se realiza un movimiento alternativo (bajada y subida) de una pesada masa (trepano) que en su descenso va fracturando el material, para que después sean retirados con por medio de una válvula o cuchara de limpieza. (Custodio y Llamas, 1983)

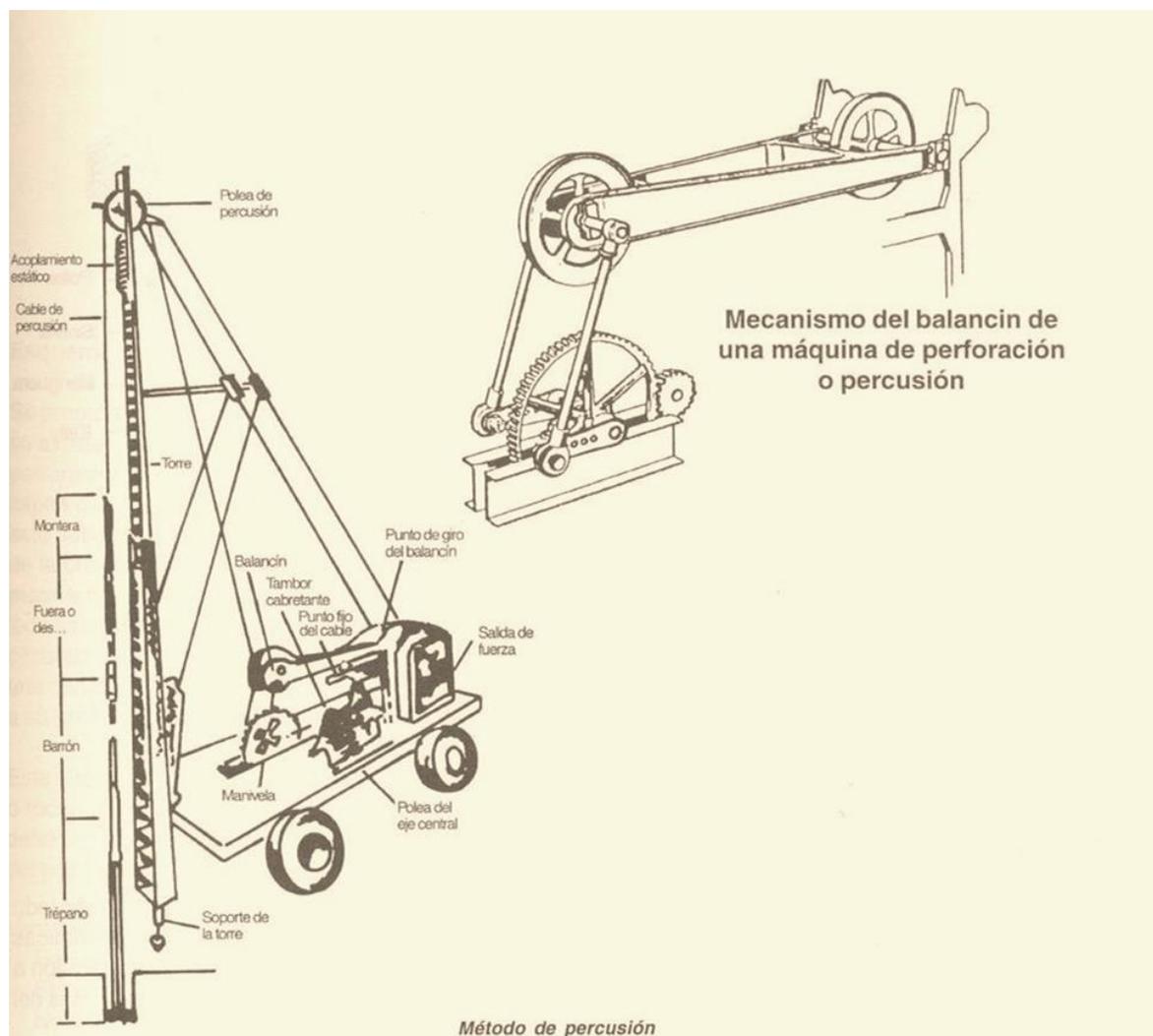


Figura 2: Esquema de una perforadora de percusión con el detalle del balancín.

Fuente: Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). 1990

V. Cuerpo del trabajo

5.1 Pozo PP-01

5.1.1 Ubicación y acceso.

El pozo se encuentra ubicado a la altura del Km 11+000 de la Carretera Central, margen izquierda río Rímac. Políticamente se encuentra dentro de la jurisdicción del Distrito Ate Vitarte, Provincia y Departamento de Lima. El Pozo se encuentra ubicado en la siguiente coordenada del Sistema Proyección Transversal Mercator UTM (VERSION WGS84).

Norte: 8' 671,577.00 m.

Este: 295,207.00 m.



Figura 3: Ubicación de pozo perforado PP-01

5.1.2 Perforación del Pozo PP-01

La Máquina perforadora usada fue la Bucyrus Erie 28L, se procedió con su instalación y puesta en operación, se decidió instalar tubería de herramienta, debido a las condiciones del terreno (derrumbes) que se podría presentar durante la perforación. Según Custodio y Llamas (1983), en la mayoría de casos hay que recurrir a golpear la tubería de herramienta, donde se utiliza una herramienta llamada cabeza de golpeo. Esto se hace golpeando con la sarta (sin destrabador), para lo cual anticipadamente se instala un collar, llamado de golpeo, cogido fuertemente al barrón. También, la tubería de herramienta va protegida en su parte inferior con un refuerzo, llamada zapata de avance.

Se instala tubería de herramienta de Ø 24'' hasta los 14.92 m de profundidad, para luego seguir con tubería de Ø21'' hasta los 22.25 m continuando a pared desnuda hasta la profundidad de 80.00 m.

Durante la perforación se presentaron problemas con la estructura del antepozo, se desprendió a partir del cuarto anillo (desde los 4,8 m), debido a fluctuaciones diarias del nivel freático encontrado, producto de filtraciones superficiales generadas por el riego por inundación en el parque, donde se encuentra ubicado el pozo. El desprendimiento dificultó el descenso de la tubería herramienta de DN Ø 24'', disminuyendo los avances de perforación. Para superar esta condición se recurrió a golpear la tubería de herramienta de 24'' se instala en la sarta de perforación un collar, llamado golpeo cogido fuertemente al barrón, conocido empíricamente como martillo. Una vez instalado se procede a realizar pequeños golpes hasta que la tubería de herramienta descienda. Una vez superada esta condición la perforación se desarrolló de forma normal.

5.1.3 Litología de campo

Nos ayuda a poder determinar el material que se va encontrando durante la perforación y poder determinar el tipo de acuífero. Además, el material encontrado es una mezcla de horizontes de diferentes permeabilidades cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6: Litología del Pozo PP-01

Profundidad	Descripción del Material
00.00 - 12.00 m	Material de relleno (desmante), bolonería, piedras y arena.
12.00 - 16.00 m	Piedras y Arena Gruesa
16.00 - 36.00 m	Bolonería, Arena gruesa y poca arcilla
36.00 - 40.00 m	Piedra, Arena gruesa y poca arcilla
40.00 - 44.00 m	Piedra y arcilla
44.00 - 48.00 m	Piedra, arena gruesa y arcilla
48.00 - 52.00 m	Piedra y arcilla
52.00 - 62.00 m	Piedra, arena gruesa y arcilla
62.00 - 64.00 m	Piedras y arcilla seca
64.00 - 70.00 m	Piedras y arcilla
70.00 - 72.00 m	Piedras, arena y arcilla
72.00 - 76.00 m	Piedra y arcilla seca
76.00 - 78.00 m	Piedras, arcilla seca y arena
78.00 - 80.00 m	Arcilla, piedra y arena

Los materiales atravesados durante los trabajos de perforación del pozo, corresponden a sedimentos aluvionales de un típico acuífero libre, resultados que, al ser comparados con los resultados de la digrafía geofísica, presentan bastante similitud.

5.1.4 Análisis Granulométrico

Se ha tomado muestras del material perforado por cada 2 m, según indica la norma técnica peruana NTP 360.100. De las cuales se seleccionaron 20 muestras del material perforado, las que han servido para definir el perfil litológico y obtener las respectivas curvas granulométricas de los estratos atravesados durante la perforación.

Se muestra las Curvas Granulométricas de las veinte (20) muestras representativas de los estratos atravesados durante el proceso de perforación del pozo tubular de 80.00 m. En las Figuras 4, 5, 6, 7 y 8, se puede observar que el material predominante son arenas con presencia de gravas y la presencia de material fino es variable.

Teniendo en consideración las características granulométricas de las muestras extraídas durante la perforación, es posible agrupar los depósitos aluvio-fluviales de la siguiente manera:

Tabla 7: Tipo de Material

Material Grueso	Bolones, canto rodado, cascajo y grava
Material Fino	Arena gruesa y fina, Arcillas
Material Mezclado	Material grueso y fino, la proporción de su composición es variable en los diferentes horizontes

Litológicamente el Pozo PP-01 está constituido por una secuencia mayormente de capas de material mezclado, en su composición hasta los 40.00 m de profundidad predominan los materiales gruesos como bolones, que constituyen el estrato de mayor permeabilidad. Posterior a esta profundidad se ha detectado la presencia de material mezclado con la presencia permanente de arcillas que constituyen estratos de menor permeabilidad.

Superficialmente está constituido por material de relleno (desmonte) hasta los 7.00 m aproximadamente, pasado este material de relleno se observa la presencia de material grueso mezclado con arena de grano grueso de 7.30 m a 40.00 m de profundidad, seguido de horizontes mezclados con presencias de arcillas, las que tienen mayor presencia desde 72 m hasta los 80.00 m.

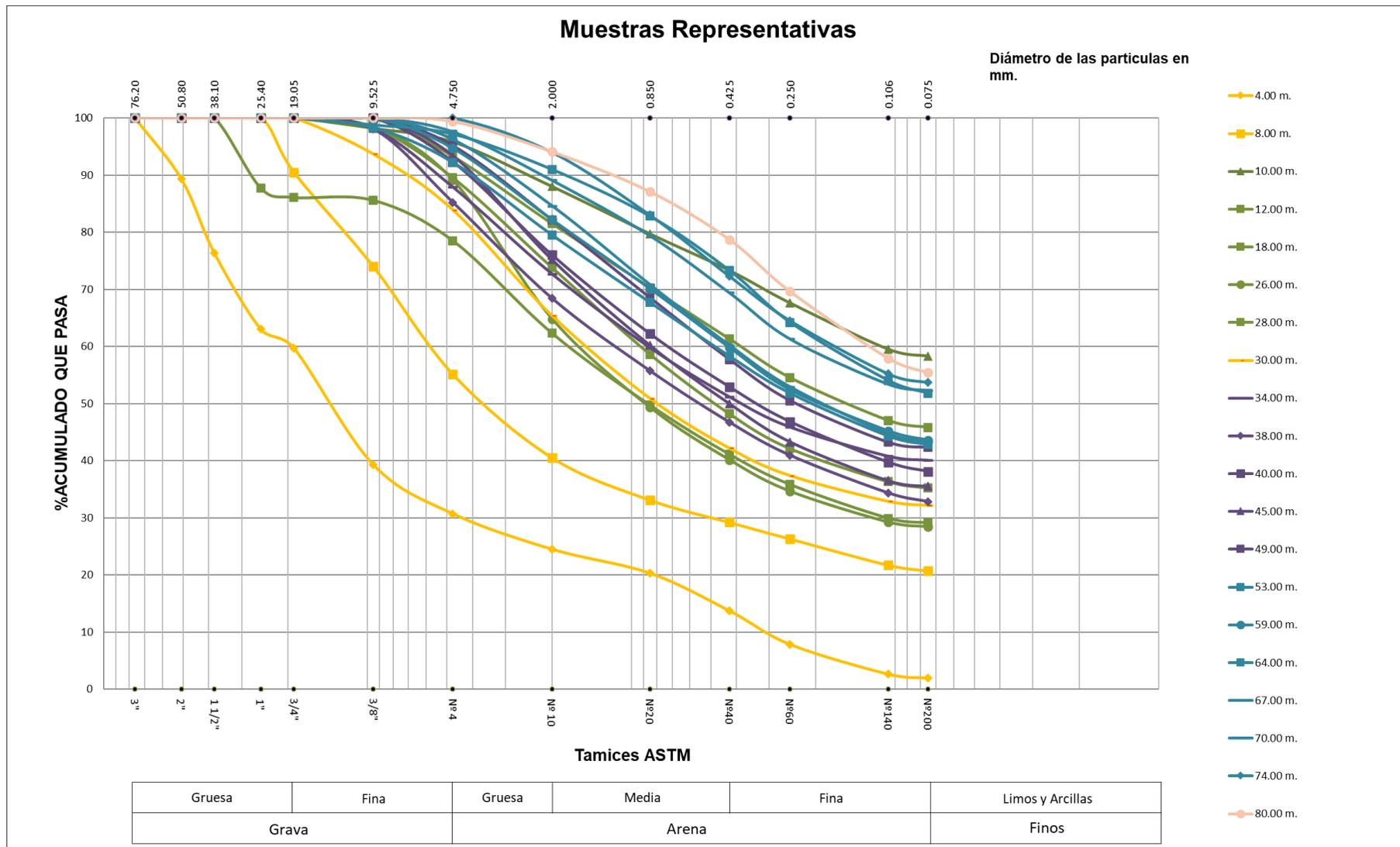


Figura 4: Curvas Granulométricas Muestras Perforación Pozo PP-01



Figura 5: Curvas Granulométricas de 4.00 m a 18.00 m Pozo PP-01

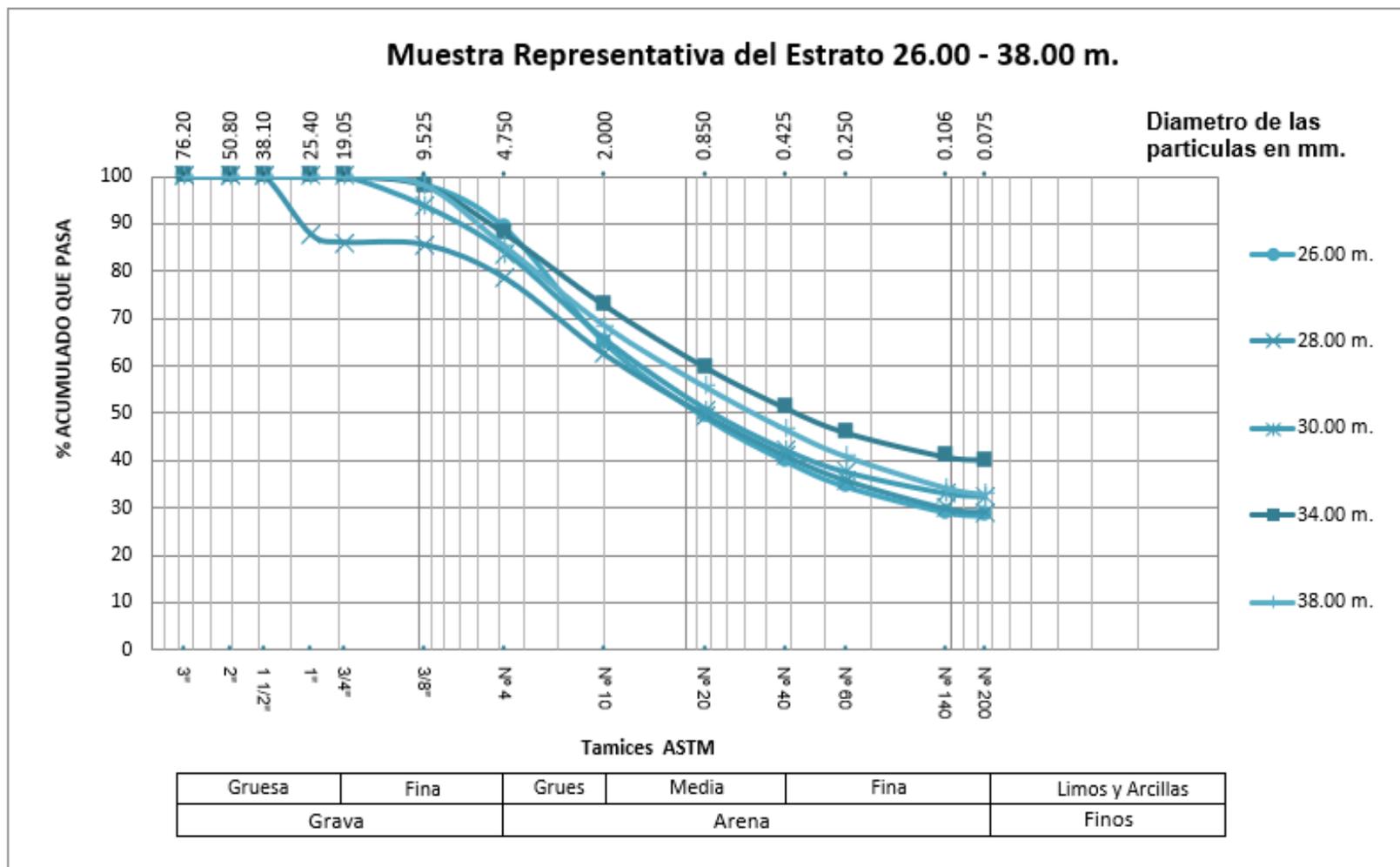


Figura 6: Curvas Granulométricas de 26.00 m a 38.00 m Pozo PP-01

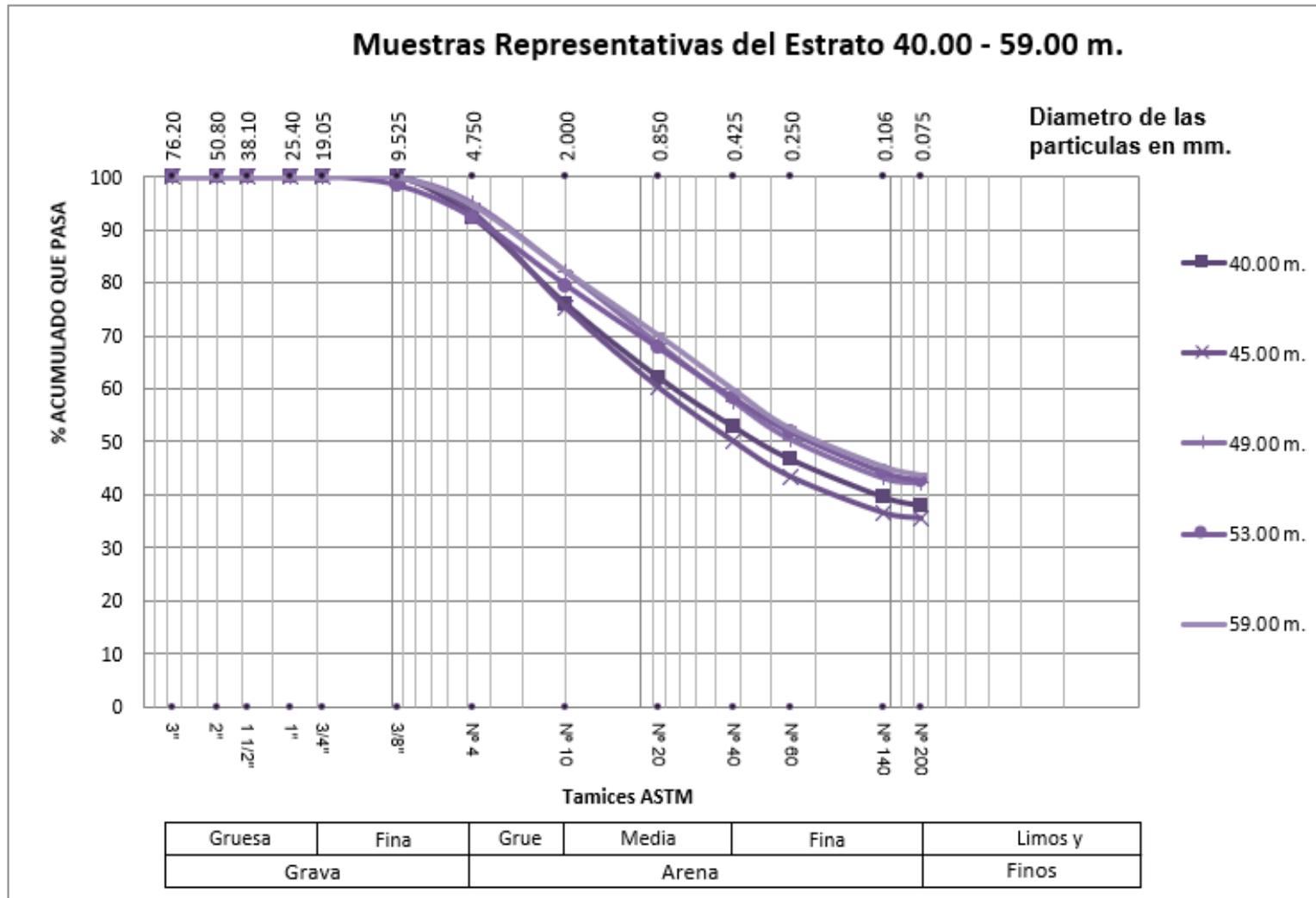


Figura 7: Curvas Granulométricas de 40.00 m a 59.00 m Pozo PP-01

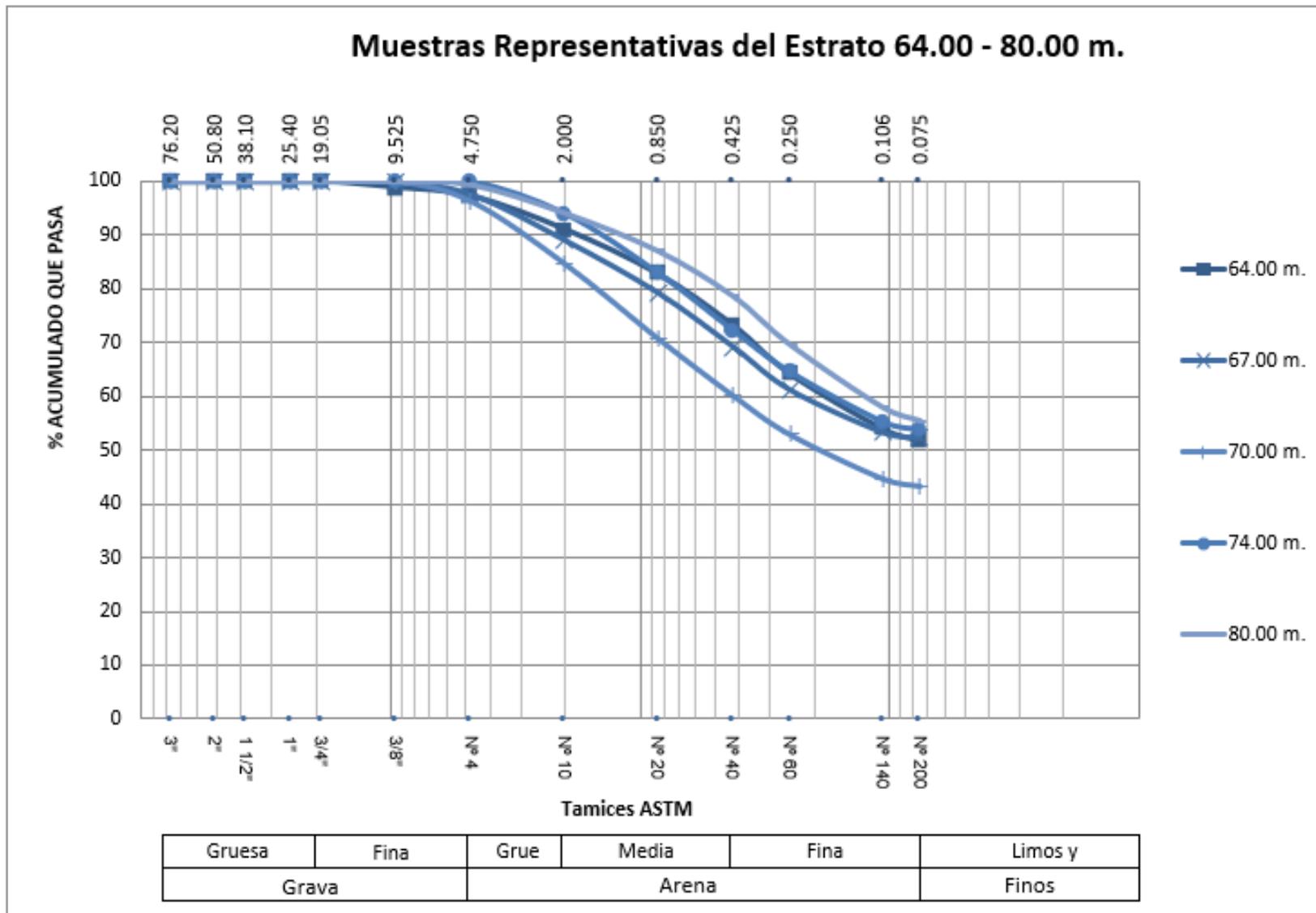


Figura 8: Curvas Granulométricas de 64.00 m a 80.00 m Pozo PP-01

5.1.5 Perfilaje eléctrico Diagrafía

El perfilaje eléctrico diagrafía lo realizamos porque nos ayuda con el diseño del pozo y nos determina las capas donde hay mayor presencia de agua.

Los métodos usados para la prueba de diagrafía, fueron los siguientes:

- Radiación Gamma Natural
- Potencial Espontáneo
- Resistividad Aparente

Las mediciones se han realizado de manera continua a lo largo de la pared del pozo, desde fondo hasta el revestimiento de superficie.

a) Objetivos

- Diferenciación del corte del subsuelo en capas según la granulometría predominante. Las variaciones de las resistividades eléctricas y de la radiación gamma natural son usados para relacionar las capas con sus permeabilidades.
- Evaluar la calidad del agua, en lo que respecta al contenido salino o de mineralización en primera aproximación.

La información resultante servirá para la elaboración del diseño definitivo del pozo, particularmente, en lo que respecta a la profundidad final del mismo, a la ubicación de los filtros y al intervalo del sellado, si este se hace indispensable.

b) Resultado

Según los valores de Resistividad, Potencial Espontáneo y Gamma Ray obtenidos en el Pozo PP-01, se definen las siguientes zonas geoelectricas:

Tabla 8: Zonas geoelectricas

ZONA	INTERVALO (m)		ESPESOR m	RESISTIVIDAD OHM-M	DESCRIPCION PERFORACION	DESCRIPCION REGISTRO	PERMEABILIDAD APARENTE	SALINIDAD APARENTE
	TOPE	BASE						
1	0	14	14	NO HAY DATOS	NO HAY DATOS	--	--	--
2	14	16	2	NO HAY DATOS	ROCAS MEDIANAS	--	--	--
3	16	22.25	6.25	NO HAY DATOS	ROCAS GRANDES, ARENA Y POCA ARCILLA	--	--	--
4	22.25	31	8.75	> 50	ROCAS GRANDES, ARENA Y POCA ARCILLA	CONGLOMERADICO	ALTA	MUY BAJA
5	31	34.6	3.6	2.9-4.2	ROCAS GRANDES, ARENA Y POCA ARCILLA	FANGLOMERADICO	MUY BAJA	MEDIA
6	34.6	40.7	6.1	4.6-6.9	ROCAS, ARENA Y ARCILLA	ARENAS CON ALGUNAS CAPAS DELGADAS ARCILLOSAS	ALTA	MEDIA
7	40.7	48	7.3	3.6-8.3	ROCAS, MAYOR ARCILLA	CAPAS ARCILLOSAS CON ALGUNOS NIVELES DE ARENAS	MUY BAJA	MEDIA
8	48	52	4	2.8-5.2	ROCAS Y ARCILLA	ARENAS CON ALGUNAS CAPAS DELGADAS ARCILLOSAS	BAJA	MEDIA
9	52	68.9	16.9	1.8-3.2	ROCAS Y ARCILLA	CAPAS ARCILLOSAS CON ALGUNOS NIVELES DE ARENAS, SE OBSERVA INCREMENTO DE ARCILLOSIDAD	IMPERMEABLEA MUY BAJA	MEDIA
10	68.9	76.8	7.9	1.5-3.8	ROCA, ARENA Y ARCILLA	CAPAS ARCILLOSAS CON ALGUNOS NIVELES DE ARENAS, SE OBSERVA INCREMENTO DE ARCILLOSIDAD EN NIVELES INFERIORES	BAJA	MEDIA
11	76.8	80	3.2	NO HAY DATOS	ARCILLA, ROCA Y ARENA	HERRAMIENTA NO PUDO LLEGAR AL FONDO, SE OBSERVO ABUNDANTE ARCILLA EN LA PUNTA DE LA HTA, SE IDENTIFICO REDUCCION DEL HOYO POR HINCHAMIENTO DE ARCILLAS	--	--

Fuente: Log tech, 2017

De acuerdo a los resultados del registro geofísico y criterios geológicos (integración ROCA-PERFIL, Volumen de arcilla), se concluye:

Corte Geoelectrico:

Las zonas atravesadas por la perforación se dividen en tres partes:

- **Depósitos fluviales:** Conformado por cantos rodados, arena y poca arcilla. Su espesor aproximado no cubierto por el revestimiento es de 8.75 m. Las resistividades son moderadas, mayores a 50 ohm-m, la permeabilidad aparente es alta y la salinidad es baja.

- **Depósitos arenosos:** Debajo de los depósitos fluviales, se encuentran capas conformadas predominantemente por arenas y niveles arcillosos, con resistividades entre 2.8-6.9 ohm-m con un espesor promedio de 16 m. La permeabilidad de estos depósitos es alta en el tope pasando a baja en la base, la salinidad es media.
- **Depósitos arcillosos:** Por debajo de los depósitos arenosos hacia el fondo del pozo predominan las arcillas, impermeable y de salinidad media. Se observa la presencia de algunos niveles arenosos con permeabilidad baja y salinidad baja. Estas arcillas son inestables y se hinchan ocasionando obstrucción para pasar el fondo del pozo.

Las curvas de la Diagrafía se pueden observar en la Figura 9: Registro geofísico interpretado

Recomendaciones

Las mejores características acuíferas se dan en el intervalo 22.25 - 31.00 m, donde el agua sería de aceptable calidad y en los intervalos 34.6 – 40.7 / 48 - 52 m donde el agua sería ligeramente salobre, zona con alta permeabilidad aparente en el tope y baja en el fondo.

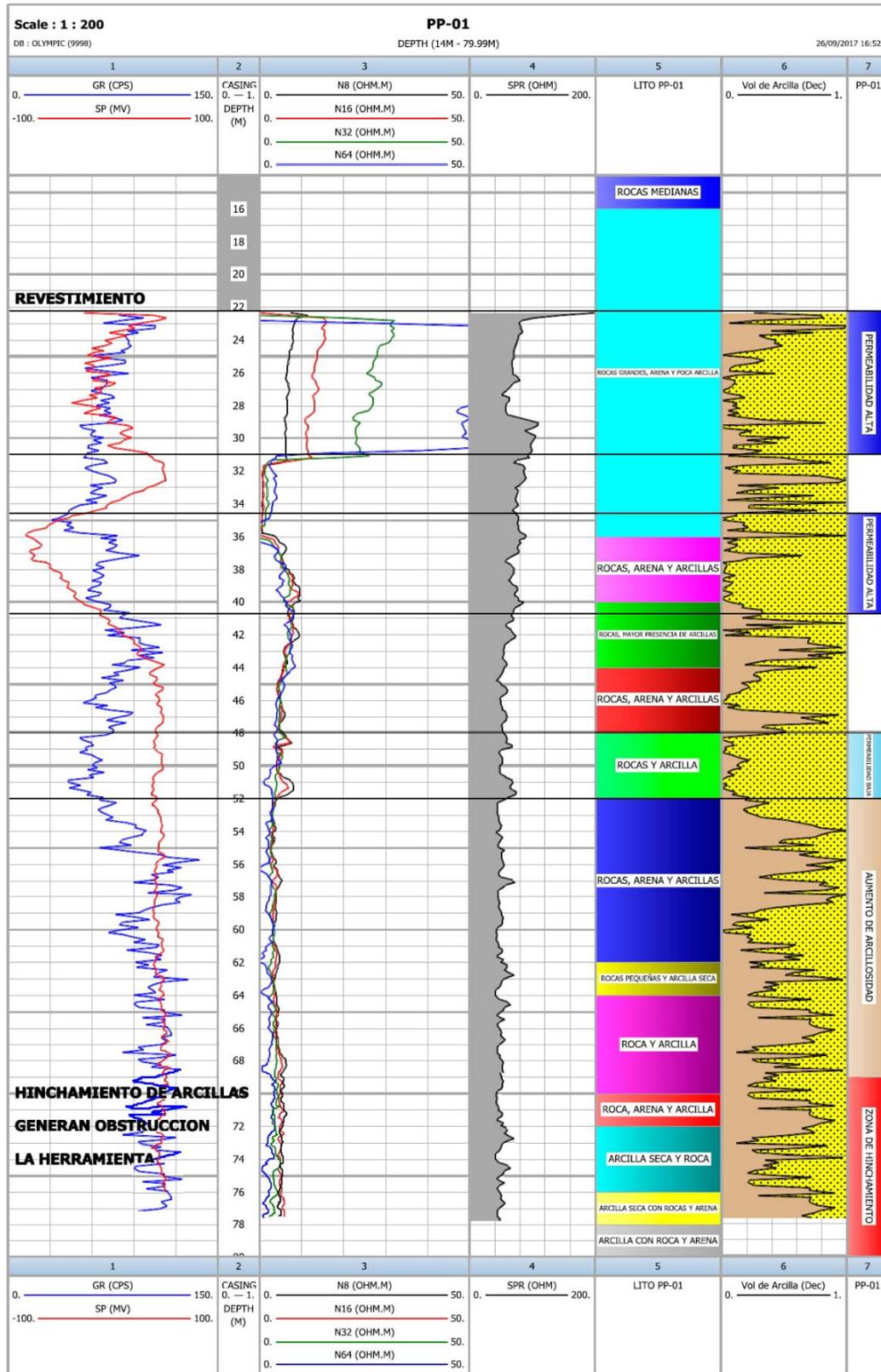


Figura 9: Registro geofísico interpretado

Fuente: Log tech S. A. C, 2017

5.1.6 Diseño Técnico Definitivo

Con el perfil litológico de las muestras recolectadas durante los trabajos de perforación y la Diagrafía realizada a la culminación de la perforación a los 80.00 m, se ha diseñado la columna de producción del Pozo PP-01; siendo la propuesta de ubicación de los módulos de tubos ciegos y filtros la que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9: Diseño Técnico Definitivo del Pozo PP-01

Profundidad	Descripción
00.00 m - 25.18 m	Tubo Ciego de Acero comercial ASTM A-36, e=6.35 mm DN 381
25.18 m - 63.00 m	Filtros Puente Trapezoidal de acero inoxidable AISI 304 DN 381, abertura 1.5 mm e=4.5 mm.
3.00 m - 65.40 m	Tubo Ciego de Acero comercial ASTM A-36, e=6.35 mm DN 381
65.40 m - 77.60 m	Filtros Puente Trapezoidal de acero inoxidable AISI 304 DN 381, abertura 1.5 mm e=4.5 mm.
77.60 m - 80.00 m	Tubo Ciego de Acero comercial ASTM A-36, e=6.35 mm DN 381

Dimensiones totales de tubería ciega y filtros:

- Tubería Ciega : 30.30 m
- Filtros : 50.02 m

5.2 Pozo PP-02

5.2.1 Ubicación y acceso.

El Pozo PP- 02, como se muestra en la Figura 10 se encuentra ubicado en la parte posterior del lote 35 de Gloria Alcanfores, espalda de un taller de fabricación de carrocerías (frente al grifo el pueblo), a la altura del km 13+000 de la Carretera Central, margen izquierda del Rio Rímac y entre las coordenadas referenciales UTM (WGS84):

E: 296,595.00 m.

N: 8'671,816.00 m.



Figura 10: Ubicación del Pozo PP-02

5.2.2 Perforación de Pozo PP-02

Se inició con el traslado de la Máquina perforadora Bucyrus Erie modelo 24 L. a la obra, se empezó la perforación mecanizada a la profundidad de 6.00 m con un antepozo anillado hasta los 5.20 m, sin haber llegado al nivel del agua subterránea.

Como se inició la perforación mecanizada sin encontrar el nivel de agua subterránea, se optó por adicionar agua al pozo para que pueda formar lodo y poder continuar con la perforación.

Además, al inicio de los trabajos mecanizados se tuvieron problemas con desprendimiento de material, debido a que el horizonte estaba conformado por material no estabilizado, lo cual se superaba limpiando el fondo del pozo, con la cuchara que sirve para la extracción de los detritos de la perforación. Ver Figura 11: Limpieza del pozo

El nivel estático del agua se encontró a los 8.00 m de profundidad, pero se siguió utilizando agua para continuar con la perforación del pozo.

A los 12.00 m de profundidad de perforación y durante los trabajos de descenso de la tubería herramienta de DN 24'', se produjo un derrumbe de aprox. 1.0 m, este material se terminó de recuperar en dos días. El proceso de recuperación fue volver a reperfurar con la broca el fondo del pozo y limpiar con la cuchara, hasta recuperar el fondo de la perforación, superado esto se continuó con el avance de la perforación: el material perforado sigue siendo sedimentos gruesos de piedras con arena gruesa, llegando con tubería de herramienta de 24'' hasta los 16.00 m.

Por la dureza del terreno y la fuerza de golpe de la broca en el momento de perforar, puede ocurrir un desgaste del cable de percusión, lo cual se corta y realiza un nuevo bulón o pepa llamada empíricamente, se realiza por medio de una moña, que consiste en desenredar el cable en su extremo, deshaciendo las hebras y abriéndolos. Esa parte del cable destrenzado se coloca dentro del bulón vertiéndose entonces zinc fundido o metal antifricción. Dicha unión es uno de los puntos débiles en el conjunto sarta – cable por que debe revisar periódicamente. (Custodio y Llamas, 1983). Esto se dio dos ocasiones durante la perforación.

A los 20.20 m de profundidad de perforación, se desarmó la broca del varillón, detectándose deterioro en los hilos de la espiga de la broca, generada por la dureza del terreno por presencia de piedras grandes. Se hizo las coordinaciones para que se pueda traer las nuevas herramientas y realizar el cambio del varillón y broca de perforación, resuelto el problema se continuo con los trabajos de perforación.



Figura 11: Limpieza del pozo

➤ **Atascamiento de Broca y trabajos de recuperación de herramienta**

Estando la perforación a la profundidad de 24.90 m con la tubería herramienta de DN 21'' a 16.32 m la broca de perforación se atascó, producto del desprendimiento del material atravesado (piedras fijadas en la pared del pozo con arena y arcillas de perforación).

Se inició con los trabajos de extracción de la herramienta, utilizando un BUMPER, siguiendo un procedimiento consiste en colocar el bumper utilizando el cable de la sonda, y en la ranura que esta herramienta posee en toda su longitud, colocar el cable de la línea de perforación, y descender esta herramienta hasta la profundidad donde se encuentra atascado el sistema varillón-broca, dando golpes para liberar la broca y que esta pueda salir.



Figura 12: Herramienta (Bumper)

Durante los trabajos de extracción de la herramienta de perforación con el bumper y ya habiendo podido subir la broca hasta el nivel de 21.00 m, se rompió el cable de perforación al nivel de la pepa que se encuentra en el varillón. Este es un riesgo inherente al proceso de recuperación de la herramienta, por la fuerza empleada para su extracción.

En los trabajos de pesca se produjo un derrumbe hasta el nivel de la zapata de la tubería herramienta de DN 21'' ubicada los 16.50 m de profundidad, quedando enterrado la broca y parte del varillón, haciendo un análisis del motivo del derrumbe, se concluye que es consecuencia de la inestabilidad del terreno perforado y el flujo del agua subterránea generado por intercambio Napa Freática - Río, motivado por el alto volumen de escurrimiento por el cauce del río Rímac, creando un flujo extraordinario, que ha contribuido con la desestabilización del horizonte perforado, hasta el nivel de protección con la tubería

herramienta de 21” de diámetro, desencadenando el derrumbe, enterrando la herramienta de perforación, esta anomalía debe ser considerado como caso fortuito en el proceso constructivo.

Como parte del proceso de recuperación de la herramienta de perforación, se está recuperando la profundidad para descubrir la broca para ser extraída, este proceso es lento debido a que la recuperación se trabaja teniendo el varillón dentro del pozo, y por este motivo la herramienta utilizada es tipo cincel y tiene un diámetro reducido de 4”, de la misma forma que se trabaja con una sonda de menor diámetro para la recuperación del material excavado, lo que hace lento el proceso.

Se logró recuperar la profundidad derrumbada, descubriendo nuevamente la cabeza de la broca, para poder ingresar nuevamente el pescante y realizar maniobra de pesca de la broca de perforación.

Finalmente, se logró extraer la broca y se inició con los trabajos de recuperación del material derrumbado, avanzando con diversos diámetros, solo se alcanzó recuperar el fondo con diámetro de herramienta de Ø 17” hasta la profundidad de 21 m.

Al cambio de diámetro de la herramienta de perforación a Ø 21”, se detectó deformación en la zapata de la tubería herramienta de Ø 21” producto de los derrumbes, lo que atascaba la broca y aumentaba el riesgo de pérdida de herramienta.

Se decidió retirar la totalidad de tubería herramienta de Ø 21” instalada en el Pozo, ya que no se recomendaba solicitar un cambio de diámetro a Ø 18” estando a la profundidad de 21 m Se optó por sacrificar profundidad avanzada, pero mantener el diámetro de perforación, superado esto se continuo con la perforación hasta llegar a los 80 m y se instaló tubería de herramienta de 21” hasta los 22.50 m.

5.2.3 Litología de campo

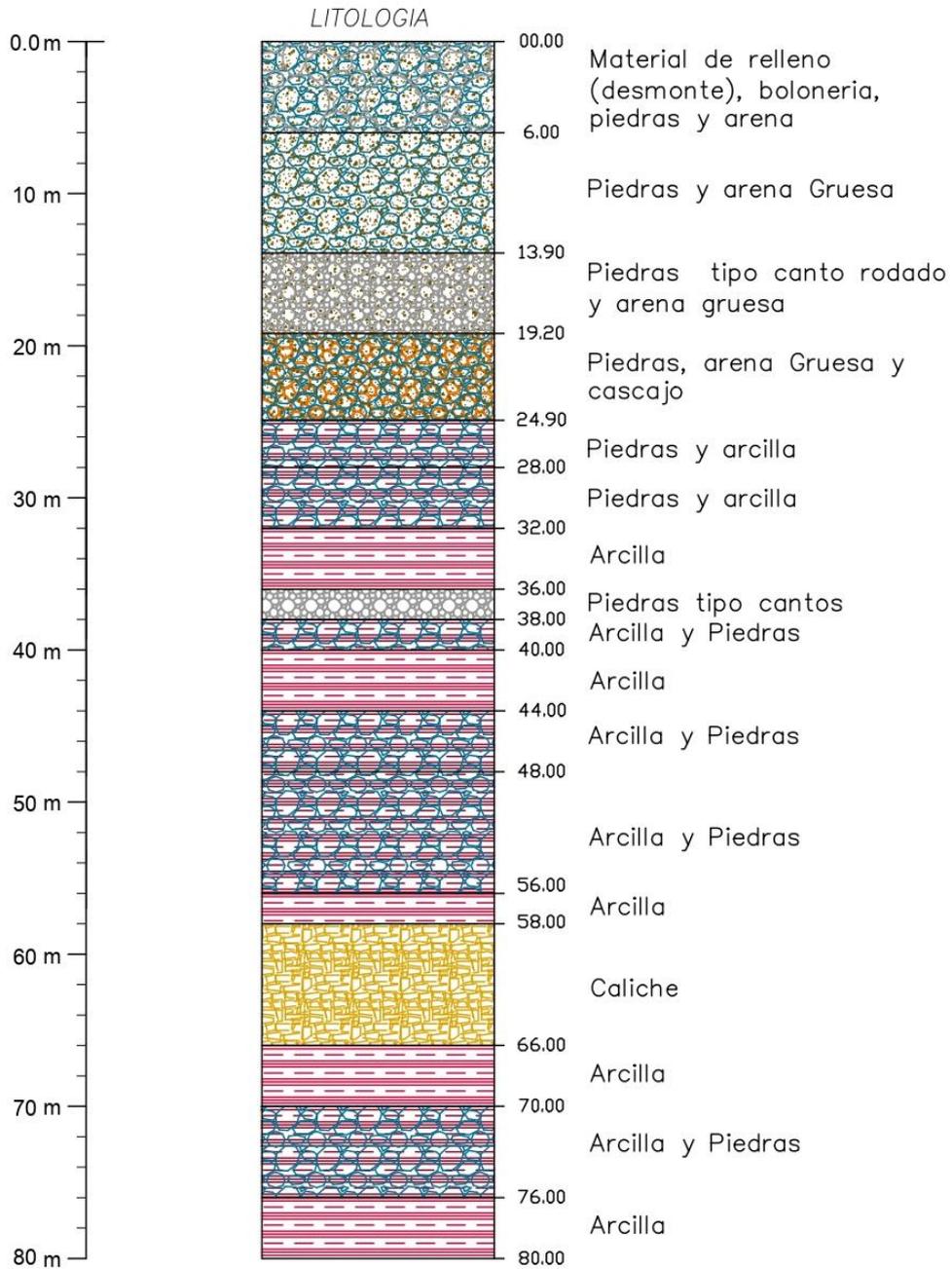
Nos ayuda a poder determinar el material que se va encontrando durante la perforación y poder determinar el tipo de acuífero. Además, el material encontrado es una mezcla de horizontes de diferentes permeabilidades cuyos resultados se muestran en la Figura 13: Litología del Pozo PP-02 y Tabla 10: Litología, que se presentan a continuación.

Tabla 10: Litología del Pozo PP-02

Profundidad (m)		Descripción del material
0.00	6.00	Material de relleno (desmante), bolonería, piedras y arena)
6.00	13.90	Piedra con arena gruesa
13.90	19.20	Piedras tipo canto rodado y arena gruesa
19.20	24.90	Piedras, arena gruesa y cascajo
24.90	32.00	Piedra y arcilla
32.00	36.00	Arcilla
36.00	38.00	Piedras tipo cantos
38.00	40.00	Arcilla y piedras
40.00	44.00	Arcilla
44.00	56.00	Arcilla y piedras
56.00	58.00	Arcilla
58.00	66.00	Caliche
66.00	70.00	Arcilla
70.00	76.00	Arcilla con piedra
76.00	80.00	Arcilla

Los materiales atravesados durante los trabajos de perforación del pozo, corresponden a sedimentos aluvionales de un típico acuífero libre, resultados que al ser comparados con los resultados de la diagráfia geofísica, presentan bastante similitud.

LITOLOGIA DEL POZO PP-02



	PROYECTO: "AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA EL ESQUEMA PROLONGACIÓN NICOLAS DE PIEROLA - SANTA CLARA SUR Y ANEXOS - DISTRITO DE ATE VITARTE"	FIG : 01
FECHA : OCTUBRE, 2017	PLANO : LITOLOGIA DEL POZO PP-02	
ESCALA : Eh = Referencial Ev = 1:40	UBICACIÓN: Distrito : ATE Provincia : LIMA Departamento : LIMA	

Figura 13: Litología del Pozo PP-02

5.2.4 Análisis Granulométrico

Se ha tomado muestras del material perforado por cada 2 m, según indica la norma técnica peruana NTP 360.100. De las cuales se seleccionaron 20 muestras del material perforado, las que han servido para definir el perfil litológico y obtener las respectivas curvas granulométricas de los estratos atravesados durante la perforación

Litológicamente el Pozo PP-02 está constituido por una secuencia mayormente de capas de material mezclado, en su composición hasta los 40.00 m de profundidad predominan los materiales gruesos como bolones, que constituyen el estrato de mayor permeabilidad. Posterior a esta profundidad, se ha detectado la presencia de material mezclado con la presencia permanente de arcillas que constituyen estratos de menor permeabilidad.

Superficialmente está constituido por material de relleno (desmote) hasta los 6.00 m aproximadamente, pasado este material de relleno se observa la presencia de material grueso mezclado con arena de grano grueso de 6.00 m a 40.00 m de profundidad, seguido de horizontes mezclados con presencias de arcillas. Se han identificado estratos con mayor presencia de arcilla de 40.00 m a 44.00 m, 66.00 m a 70.00 m y de 76.00 m a 80.00 m.

5.2.5 Diseño Técnico Definitivo

Con el perfil litológico de las muestras recolectadas durante los trabajos de perforación y la Diagráfía realizada a la culminación de la perforación a los 80.00 m, se ha diseñado la columna de producción del Pozo PP-02; siendo la propuesta de ubicación de los módulos de tubos ciegos y filtros la que se muestra en la siguiente tabla. (Ver Figura 14: Diseño Definitivo del Pozo PP-02)

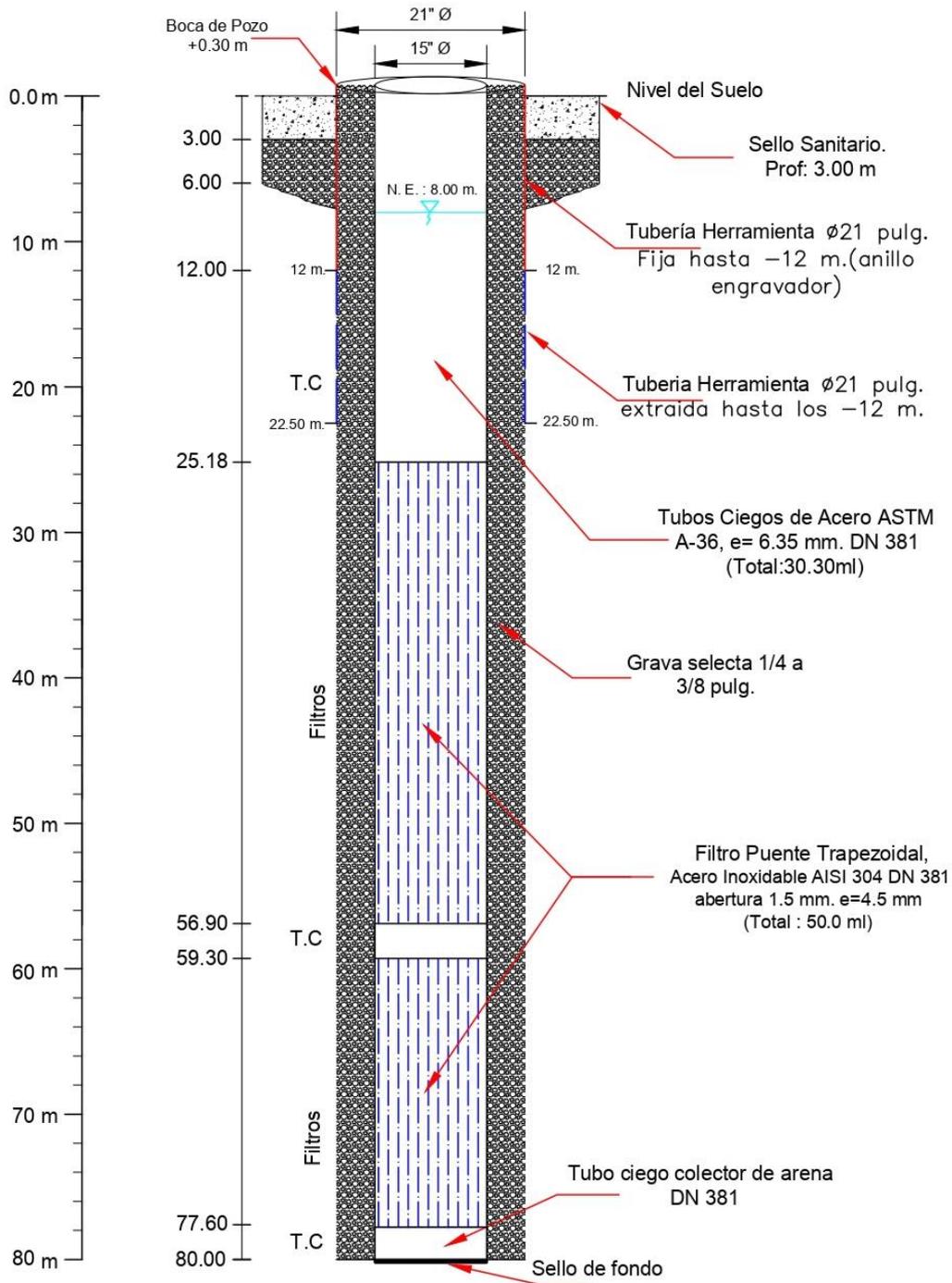
Tabla 11: Diseño Técnico Definitivo del Pozo PP-02

Profundidad	Descripción
00.00 m - 25.18 m	Tubo Ciego de Acero comercial ASTM A-36, e=6.35 mm DN 381
25.18 m – 56.90 m	Filtros Puente Trapezoidal de acero inoxidable AISI 304 DN 381, abertura 1.5 mm e=4.5 mm.
56.90 m - 59.30 m	Tubo Ciego de Acero comercial ASTM A-36, e=6.35 mm DN 381
59.30 m - 77.60 m	Filtros Puente Trapezoidal de acero inoxidable AISI 304 DN 381, abertura 1.5 mm e=4.5 mm.
77.60 m - 80.00 m	Tubo Ciego de Acero comercial ASTM A-36, e=6.35 mm DN 381

Dimensiones totales de tubería ciega y filtros:

- Tubería Ciega : 30.30 m
- Filtros : 50.02 m

DISEÑO TECNICO PROPUESTO PP-02



	<p>PROYECTO: "AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA EL ESQUEMA PROLONGACIÓN NICOLAS DE PIEROLA - SANTA CLARA SUR Y ANEXOS - DISTRITO DE ATE VITARTE"</p>	<p>FIG : 01</p>
<p>FECHA : OCTUBRE, 2017</p>	<p>PLANO : DISEÑO TÉCNICO PROPUESTO POZO PP-02</p>	
<p>ESCALA : Eh = Referencial Ev = 1:40</p>	<p>UBICACIÓN: Distrito : ATE Provincia : LIMA Departamento : LIMA</p>	

Figura 14: Diseño Técnico Propuesto Pozo PP-02

5.3 Pozo PP-03

5.3.1 Ubicación y acceso.

El Pozos PP-03 donde actualmente vienen realizándose trabajos de perforación, se encuentran ubicados en el Distrito de Ate - Vitarte, Provincia y Departamento de Lima. Se encuentran ubicado en la siguiente coordenada del Sistema Proyección Transversal Mercator UTM (VERSION WGS84).

Norte: 8' 671,956.56 m.

Este: 297,161.06 m.



Figura 15: Ubicación del Pozo PP-03

5.3.2 Perforación

Culminados los trabajos de antepozo se inició con el traslado de la Máquina perforadora Bucyrus Erie 60L, instalación y puesta en operación de modelo, iniciándose la perforación de $\varnothing 24''$

Se continuo con la perforación de $\varnothing 24''$ hasta los 27 m, después se realizó el cambio de broca de 24'' a 21'', se empezó a perforar con broca de $\varnothing 21''$ desde los 27 m hasta los 57 m, debido a las condiciones del terreno se cambió la broca nuevamente por una de 18'', lo cuales siguió perforando desde los 57 m hasta finalizar los 80 m.

Se instalo tubería de herramienta $\varnothing 24''$ hasta los 16.70 m, después al realizarse el cambio de broca a 21'' se empezó a instalar la tubería de herramienta $\varnothing 21''$ hasta los 29.42 m.

Durante la perforación se están presentando problemas comunes y relacionados a la actividad, que se superaron. El avance es lento en algunas etapas de la perforación debido a las condiciones naturales del terreno, pero que están cambiando conforme se va profundizando.

➤ Cambio de diámetro de la tubería herramienta y perforación en el Pozo PP-03.

Durante la perforación la tubería herramienta de Ø 21” de diámetro se ha descendido hasta una profundidad de 29.42 m, a partir de esa profundidad debido a la presencia de material granular (piedras) no se ha podido seguir descendiendo la tubería, por lo que la perforación se continuó a pared desnuda.

A partir de los 51.00 m de profundidad de perforación, se han presentado al interior del pozo derrumbes constantes lo que ha dificultado las labores de perforación. Con estos problemas de derrumbes se ha continuado perforando hasta los 57.00 m de profundidad, pero con el riesgo de verse perjudicada la estabilidad del pozo.

De acuerdo a lo verificado en campo se puede indicar que el problema que se ha originado se debe a la presencia de material suelto en el perfil estratigráfico del pozo lo que ha producido derrumbes constantes que poco a poco están poniendo en peligro la estabilidad del pozo.

Realizando un análisis del problema que se presenta debo indicar que existirían algunas alternativas que se podrían adoptar para solucionar el problema: a) se podría tratar de estabilizar el perfil del pozo haciendo uso de arcilla, pero con esa opción se corre un riesgo elevado de taponar el ingreso del agua al interior del pozo, b) realizar el cambio de diámetro de perforación a un diámetro menor de modo que la tubería herramienta ingrese sin dificultad.

Por ello se opta por la segunda opción que es cambiar el diámetro de perforación de 21’ a 18’, de modo que se revistiendo la perforación hasta los 57.00 m de profundidad, continuando con dicho diámetro hasta el final de la perforación del pozo.

Una vez que fue aprobado por el cliente, se procedió con el cambio y la culminación de la perforación hasta los 80 m.

5.3.3 Litología de campo

Nos ayuda a poder determinar el material que se va encontrando durante la perforación y poder determinar el tipo de acuífero. Además, el material encontrado es una mezcla de horizontes de diferentes permeabilidades cuyos resultados se muestran en la Tabla 12, en donde se tiene:

Tabla 12: Litología del Pozo PP-03

Profundidad (m)		Descripción del material
0.00	7.30	Material de desmonte
7.30	14.00	Piedras, Bolonería y Arena gruesa
14.00	16.00	Arcilla
16.00	21.90	Piedra con arena gruesa
21.90	24.00	Arcilla con cascajo
24.00	27.00	Arcilla compacta
27.00	28.00	Piedra con arena gruesa
28.00	30.00	Arcilla
30.00	33.40	Grava, Arena gruesa y fina, Arcilla
33.40	35.60	Cantos rodados, Arena gruesa y fina, Grava
35.60	39.00	Cascajos, Piedras y Arena fina
39.00	41.60	Bolonería y Arena gruesa

Profundidad (m)		Descripción del material
41.60	45.40	Cantos rodados, Arena gruesa y arena fina
45.40	47.00	Cantos rodados, Arena gruesa y fina y Arcilla
47.00	49.20	Cascajo, Bolonería, Arena gruesa y arena fina
49.20	57.00	Arcilla, Piedras
57.00	60.60	Arena fina, Hormigón y cantos rodados
60.60	62.40	Arena gruesa y Arcilla
62.40	71.00	Hormigón, Piedras, Arena gruesa y arena fina
71.00	72.50	Arcilla
72.50	75.00	Piedra y hormigón
75.00	80.00	Arena gruesa, hormigón, arena fina y arcilla

5.3.4 Análisis Granulométrico

Se ha tomado muestras del material perforado por cada 2 m, según indica la norma técnica peruana NTP 360.100. De las cuales se seleccionaron 20 muestras del material perforado, las que han servido para definir el perfil litológico del pozo y obtener las respectivas curvas granulométricas de los estratos atravesados durante la perforación

Litológicamente el Pozo PP-03 está constituido por una secuencia mayormente de capas de material mezclado, en su composición predominan los materiales gruesos como bolones,

cantos rodados y cascajos, que constituyen los estratos productivos (permeables). Intercalados a estos estratos productivos se han identificado capas de horizontes de arcillas que constituyen los estratos de baja permeabilidad.

Superficialmente está constituido por material de relleno (desmonte) hasta los 7.30 m, pasado este material de relleno se observa la presencia de material grueso mezclado con arena de grano grueso de 7.30 m a 14.00 m de profundidad, seguido de un horizonte de arcilla de 2 m de espesor. El material arcilloso tiene mayor presencia desde los 21.90 m hasta los 30.00 m y de los 49.20 m a 57.00 m Los demás horizontes están constituidos de material grueso siendo predominante la presencia de piedras, botonería y cascajos.

Los cantos rodados y gravas con características de alta permeabilidad son importantes en la conformación del acuífero en el área donde se ha realizado la perforación del pozo PP-03.

Resumiendo, el acuífero está constituido por una serie de capas (multicapas) bien diferenciadas, siendo las más productivas, las que presentan materiales gruesos, que son las que predominan en la constitución de la litología del pozo Perforado PP-.03.

5.3.5 Diseño Técnico Definitivo

Con el perfil litológico de las muestras recolectadas durante los trabajos de perforación y la Diagráfía realizada a la culminación de la perforación a los 80.00 m, se ha diseñado la columna de producción del Pozo PP-03; siendo la propuesta de ubicación de los módulos de tubos ciegos y filtros la que se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13: Diseño Técnico Definitivo del Pozo PP-03

Profundidad	Descripción
00.00 m - 25.18 m	Tubo Ciego de Acero comercial ASTM A-36, e=6.0 mm DN 381
25.18 m - 60.56 m	Filtros Puente Trapezoidal de acero inoxidable AISI 304 DN 381, abertura 1.5 mm e=4.5 mm.
60.56 m - 62.96 m	Tubo Ciego de Acero comercial ASTM A-36, e=6.0 mm DN 381
62.96 m - 77.60 m	Filtros Puente Trapezoidal de acero inoxidable AISI 304 DN 381, abertura 1.5 mm e=4.5 mm.
77.60 m - 80.00 m	Tubo Ciego de Acero comercial ASTM A-36, e=6.0 mm DN 381

Metrado total de tubería ciega y filtros:

- Tubería Ciega : 30 m
- Filtros : 50 m

5.3.6 Engravado

La grava utilizada es basáltica de origen marino, tiene una graduación de $\text{Ø } 1/4''$ a $3/8''$, se inició el proceso vaciando la grava dentro del espacio anular desde la superficie de una manera continua y uniforme hasta llegar a los -53.48 m, este proceso fue realizado antes de la extracción de la tubería herramienta de DN 18'', que se encontraba instalada hasta ese nivel.

Esta etapa se realizó retirando gradualmente la tubería herramienta de DN 18'' y simultáneamente agregando grava, con el fin de evitar el desprendimiento de material de las paredes de la perforación del pozo. Después se procedió con la extracción de la tubería herramienta de DN 21'' siguiendo el mismo procedimiento.

Se utilizó en el pre-filtro de grava un total de 15.00 m³ de grava, llegando a nivel de +0.30 m, la que podrá alimentarse al pozo mediante el anillo engravador de DN 21”.

5.3.7 Desarrollo del Pozo por el método de Pistoneo. -

Se realiza para eliminar los restos de lodo y detritos de la perforación, mejorar el rendimiento específico del pozo previo al bombeo, retirar los finos del espacio circundante a los filtros, mejorar la permeabilidad local y poder reacomodar la grava que fue suministrada al pozo.

El desarrollo del pozo se ejecutó por el método de pistoneo, realizándose en todos los tramos de filtros de abajo hacia arriba y viceversa, según el presupuesto la prueba dura 72 h, pero en las últimas horas seguía habiendo un arenamiento más del límite recomendando, entonces se conversó con la supervisión al respecto y se dio 16 horas con 36 min. Se utilizó 82 Kg. de tripolifosfato de sodio.

Después de haber cumplido las 88 horas con 36 min en total se logró ver resultados satisfactorios por el grado de arenamiento obtenido de 0.35 m/hora, valor que se encuentra dentro del límite recomendado que es de 0.20 m x ½ hora de desarrollo del pozo.

El detalle del arenamiento obtenido durante toda la prueba puede verse en el Anexo N° 1: Protocolos – Protocolo de Desarrollo del Pozo Tubular PP-03

5.4 Pozo PP-04

5.4.1 Ubicación y acceso.

El pozo se encuentra ubicado a la altura del Km 13+800 de la Carretera Central, margen izquierda río Rímac. Políticamente se encuentra dentro de la jurisdicción del Distrito Ate Vitarte, Provincia y Departamento de Lima. El Pozo se encuentra ubicado en la siguiente coordenada del Sistema Proyección Transversal Mercator SPTM (VERSION WGS84).

Norte: 8' 671,971.00 m.

Este: 297,498.00 m.



Figura 16: Ubicación del Pozo PP-04

5.4.2 Perforación del PP-04

Culminada la etapa de antepozo, se iniciaron los trabajos de traslado e instalación de la máquina perforadora. En la perforación se utilizó, la máquina perforadora modelo Bucyrus Erie 60L. Se instaló tubería herramienta de Ø 24'' hasta los 13.70 m de profundidad, para luego seguir con tubería de Ø21'' hasta los 24.0 m continuando a pared desnuda hasta la profundidad de 80.00 m.

Durante la perforación se presentaron problemas de desprendimiento de material de las paredes de la perforación, en los primeros 20 m de profundidad, debido a fluctuaciones diarias del nivel freático encontrado, producto de filtraciones superficiales generadas desde el cauce del río Rímac. Estos desprendimientos dificultaron el descenso de la tubería herramienta de DN Ø 24'', disminuyendo los avances de perforación. Una vez superada esta condición la perforación se desarrolló de forma normal con problemas comunes asociados a la actividad.

Debido al desprendimiento de parte del terraplén donde se encuentra ubicado el pozo, producto del incremento por encima del promedio normal en época de avenida del caudal del río Rímac, se perdió el camino de circulación hacia el Pozo PP-04 por lo cual se tomó la decisión de evacuar el área de trabajo y realizar el retiro de la Máquina perforadora y

todos los equipos de trabajo, previa coordinación con la supervisión de la obra, necesitándose trabajos de rehabilitación y protección para poder continuar con los trabajos de perforación.

Como medida de protección al pozo se colocó una tapa metálica en la boca del pozo, la cual fue soldada. Además, se hizo un sello de cemento superficial en el diámetro del antepozo; cuando se paralizó los trabajos la perforación se encontraba a la profundidad de 58.0 m.

Terminado los trabajos de estabilización del talud, se reactivaron los trabajos en el Pozo PP-04 y se realizó el traslado de la Máquina perforadora Bucyrus Erie 60 L a obra y se reiniciaron los trabajos de perforación del Pozo tubular.

Cabe resaltar que el avance fue lento en algunas etapas de la perforación debido a las condiciones naturales del terreno, pero que fueron cambiando conforme se iba profundizando.

5.4.3 Litología de campo

Nos ayuda a poder determinar el material que se va encontrando durante la perforación y poder determinar el tipo de acuífero. Además, el material encontrado es una mezcla de horizontes de diferentes permeabilidades cuyos resultados se muestran la siguiente tabla.

Tabla 14: Litología del Pozo PP-04

Profundidad (m)	Descripción del Material
00.00 - 07.20	Material de relleno (desmonte)
07.20 - 51.50	Piedras y Arena Gruesa
51.50 - 57.00	Arcilla
57.00 - 58.00	Cascajo
58.00 - 69.00	Arena Fina y Gruesa, Cascajo
69.00 - 75.00	Arena Fina y Gruesa, Arcilla y Piedras

Profundidad (m)	Descripción del Material
75.00 - 80.00	Arena Fina y Gruesa, Cascajo

Los materiales atravesados durante los trabajos de perforación del pozo, corresponden a sedimentos aluvionales de un típico acuífero libre, resultados que al ser comparados con los resultados de la diagráfia geofísica, presentan bastante similitud.

5.4.4 Análisis Granulométrico

Se ha tomado muestras del material perforado por cada 2 m y si se genera algún cambio de material, según indica la norma técnica peruana NTP 360.100. De las cuales se seleccionaron 13 muestras más representativas del terreno, las que han servido para definir el perfil litológico del pozo y obtener las respectivas curvas granulométricas de los estratos atravesados durante la perforación

El material predominante son arenas con presencia de gravas y la presencia de material fino es variable.

5.4.5 Diseño Técnico Definitivo

Con el perfil litológico de las muestras recolectadas durante los trabajos de perforación y la diagráfia realizada a la culminación de la perforación a los 80.00 m, se ha diseñado la columna de producción del PP-04; siendo la ubicación de los módulos de tubos ciegos y filtros la siguiente.

Tabla 15: Diseño Técnico Definitivo del Pozo PP-04

Profundidad	Descripción
+ 0.30 m - 25.18 m	Tubo Ciego de Acero comercial ASTM A-36, e=6.35 mm DN 381
25.18 m – 56.90 m	Filtros Puente Trapezoidal de acero inoxidable AISI 304 DN 381, abertura 1.5 mm e=4.5 mm.
56.90 m - 59.30 m	Tubo Ciego de Acero comercial ASTM A-36, e=6.35 mm DN 381
59.30 m - 77.60 m	Filtros Puente Trapezoidal de acero inoxidable AISI 304 DN 381, abertura 1.5 mm e=4.5 mm.
77.60 m - 80.00 m	Tubo Ciego de Acero comercial ASTM A-36, e=6.35 mm DN 381

Dimensiones totales de tubería ciega y filtros:

- Tubería Ciega : 30.30 m
- Filtros : 50.02 m

5.4.6 Engravado

La grava utilizada es basáltica de origen marino, a la cual se le ha realizado el análisis granulométrico respectivo.

La grava utilizada tenía graduación de Ø ¼” a 3/8”, se inició el proceso de engravado vaciando la grava dentro del espacio anular desde la superficie de una manera continua y uniforme hasta llegar a los -56.00 m.

Después se va retirando gradualmente la tubería herramienta de DN 21” y simultáneamente agregando grava, con el fin de evitar el desprendimiento de material de las paredes de la perforación del pozo. Se llega a retirar 9 m de tubería de herramienta de DN 21”, quedando en el pozo -15.00 m que servirá como anillo engravador. Luego, se continua con el mismo

método con la tubería de herramienta de DN 24'', que se encuentra a -13.70 m, extrayendo su totalidad.

Se utilizó en el pre-filtro de grava un total de 16.5 m³ de grava, llegando a nivel de +0.30 m, la que podrá alimentarse al pozo mediante el anillo engravador de DN 21''.

5.4.7 Pruebas hidráulicas

La prueba de bombeo realizada a la culminación de la etapa constructiva del pozo, se realiza para determinar el rendimiento óptimo y seguro de explotación del pozo perforado; así mismo para conocer las características hidráulicas del acuífero.

Durante el desarrollo de la prueba se han medido los niveles dinámicos en función del tiempo de bombeo y de los caudales ensayados durante el desarrollo de la prueba y en sus diferentes etapas.

Procedimiento de bombeo

Cumpliendo con los términos de referencia, la prueba de bombeo ha tenido una duración de 84 horas. Tiempo que fue distribuido de la siguiente manera:

- Bombeo de desarrollo y limpieza : 29 horas
 - Prueba de rendimiento o aforo : 10 horas
 - Prueba de Acuífero a caudal constante : 45 horas
- Total : 84 horas

Bombeo de Limpieza

Con la finalidad de limpiar el pozo y terminar de eliminar el material fino que pueda quedar en el perfil, se ha realizado un bombeo de limpieza con una duración de 29 horas, en donde el pozo fue sometido a una explotación de 30 l/s a 80 l/s. El culminar las 29 horas de bombeo de limpieza el agua se mostraba sin signos de turbidez o arenamiento.

Prueba de Rendimiento

Con la finalidad de determinar la capacidad productora del pozo terminado y tener el conocimiento para seleccionar el equipo de bombeo definitivo, se realizó la prueba de rendimiento o prueba escalonada a caudal variable. Se ensayaron 05 regímenes de bombeo diferentes, de 02 horas de duración aproximadamente cada uno y una duración total de 10

horas aproximadamente. En la siguiente tabla se podrán ver el detalle de los regímenes ensayados:

Tabla 16: Datos Prueba de Rendimiento

Fecha: 03/07/17 al 07/07/17							
N.E./Suelo: 8.25 m P.R: 0.64 m							
N.E./Suelo: 7.61							
Régimen	Velocidad	Caudal	N. Dinámico	Depresión	Rend. Especif.	Duración	Arenamiento
	RPM	(l/s)	(m)	(m)	(l/s/m)	(h)	mg/l
		0.00	7.61				
I	825	35	10.97	3.36	10.42	2.15	< 0.1
II	1005	45	12.42	4.81	9.36	2.00	< 0.1
III	1195	55	14.33	6.72	8.18	2.00	< 0.1
IV	1497	70	17.63	10.02	6.99	2.25	< 0.1
V	1669	80	19.69	12.08	6.62	2.25	< 0.1

Teniendo en consideración estos resultados, se ha determinado que el caudal explotable es 57.53 l/s. para un nivel dinámico de 15.0 m aproximadamente, referido al nivel del suelo.

En el Anexo N° 2: Protocolos – Protocolo de Prueba de Bombeo, se puede encontrar los registros generados durante la prueba.

Los resultados han sido graficados en la Figura17: Prueba de Rendimiento.

PRUEBA DE BOMBEO RENDIMIENTO

Departamento : Lima
 Provincia : Lima
 Distrito : Ate Vitarte
 Nombre del pozo : Pozo PP-04

Fecha: Del 03 al 07/07/2017
 N.E./P.R: 8.25 m. N.E./Suelo: 7,61 m.
 P.R.: 0.64 m.

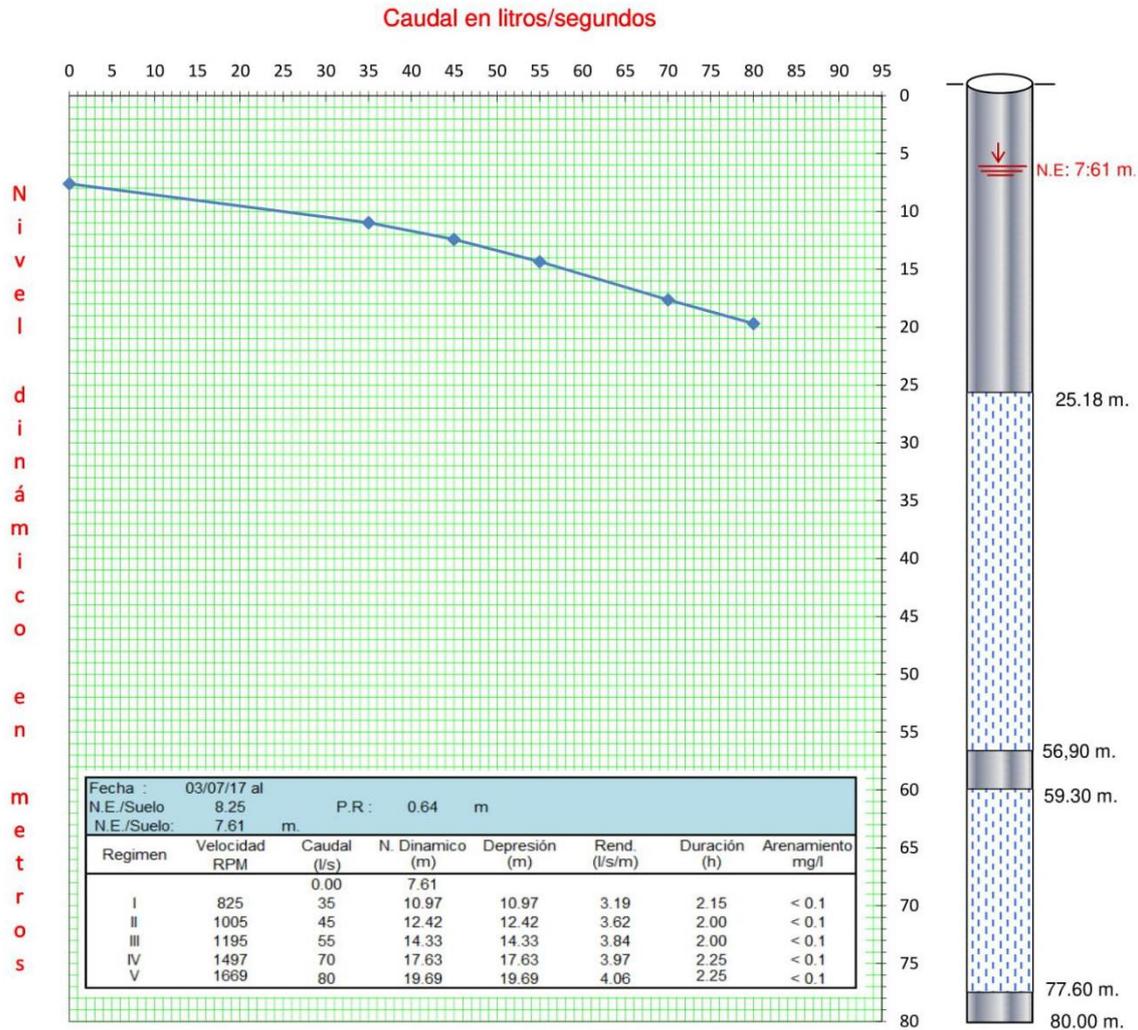


Figura 17: Prueba de bombeo rendimiento

5.4.8 Prueba de Acuífero.

Para determinar los parámetros hidráulicos del acuífero, se han realizado mediciones en el descenso y la recuperación durante 45 horas de prueba a caudal constante, que fue realizada con un caudal de 60 l/s a solicitud de la supervisión.

Resultados e interpretación de la Prueba

Esta información se ha interpretado siguiendo el método de aproximación logarítmica de Theis modificado por Jacob tal como se aprecia en la Figura18: Prueba de Acuífero Fase

Descenso y Figura19: Prueba de Acuífero Fase Recuperación, en donde se ha obtenido el siguiente resultado:

a) Fase Descenso

Transmisividad $T_D = 0.0314 \text{ m}^2/\text{s}$. (2,710.5 $\text{m}^2/\text{día}$)

Permeabilidad $K_D = 0.000433 \text{ m/s}$. (37.44 m/día)

b) Fase Recuperación

Transmisividad $T_R = 0.0275 \text{ m}^2/\text{s}$. (2,371.68 $\text{m}^2/\text{día}$)

Permeabilidad $K_R = 0.000379 \text{ m/s}$. (32.76 m/día)

c) Parámetros hidráulicos obtenidos

Transmisividad

$T_{\text{Prom}} = 0.02945 \text{ m}^2/\text{s}$. (2,544.48 $\text{m}^3/\text{día/m}$)

Permeabilidad

$K_{\text{Prom}} = 0.000406 \text{ m/s}$. (35.08 m/día)

Este valor puede considerarse como representativo de acuíferos de excelentes características hidrogeológicas.

Teniendo en consideración la naturaleza y características litológicas que presenta el acuífero en la zona, se vislumbra un valor de porosidad eficaz que puede llegar a tener un coeficiente de almacenamiento “S” de 10%

Tiempo(s)	N.D.(m)
60	13.46
120	13.61
180	13.72
240	14.10
300	14.19
360	14.27
420	14.29
480	14.32
540	14.33
600	14.34
900	14.31
1200	14.40
1500	14.48
1800	14.47
2100	14.48
2400	14.48
2700	14.51
3000	14.51
3300	14.53
3600	14.53
4200	14.56
4800	14.61
5400	14.64
6000	14.64
6600	14.67
7200	14.64
9000	14.70
10800	14.73
12600	14.71
14400	14.72
16200	14.73
18000	14.76
19800	14.77
21600	14.78
25200	14.81
28800	14.86
32400	14.76

Tiempo(s)	N.D.(m)
36000	14.72
39600	14.76
43200	14.70
46800	14.79
50400	14.80
54000	14.83
57600	14.85
61200	14.85
64800	14.87
68400	14.87
72000	14.90
75600	14.90
79200	14.89
82800	14.89
86400	14.89
90000	14.89
93600	14.91
97200	14.91
100800	14.92
104400	14.93
108000	14.96
111600	14.91
115200	14.96
118800	15.00
122400	15.01
126000	15.01
129600	14.87
133200	14.93
136800	14.96
140400	14.99
144000	14.96
147600	15.01
151200	15.07
154800	15.00
158400	15.00
162000	15.00

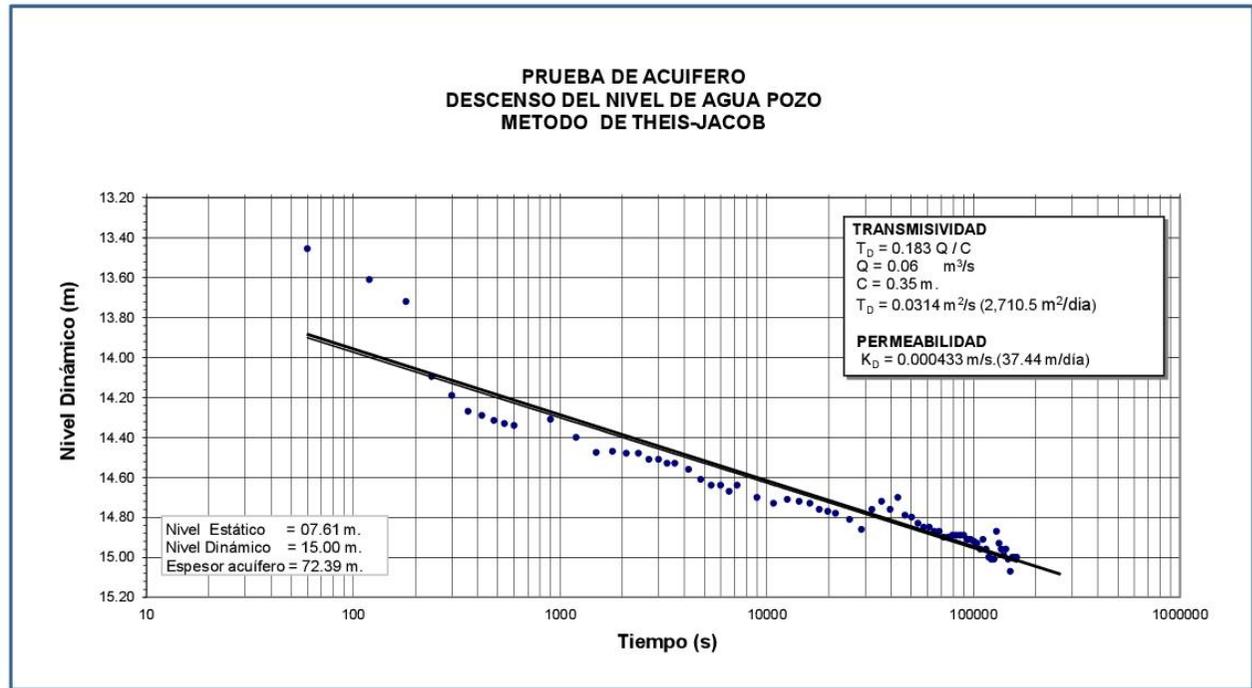


Figura 18: Prueba de Acuífero Fase Descenso

T/to+1	Tiempo (s)	N.D. (m)
601.00	60	11.57
301.00	120	7.99
201.00	180	8.12
151.00	240	8.04
121.00	300	7.99
101.00	360	7.96
86.71	420	7.94
76.00	480	7.92
67.67	540	7.91
61.00	600	7.89
41.00	900	7.84
31.00	1200	7.81
25.00	1500	7.80
21.00	1800	7.79
18.14	2100	7.78
16.00	2400	7.77
14.33	2700	7.76
13.00	3000	7.75
11.91	3300	7.74
11.00	3600	7.73
9.57	4200	7.73
8.50	4800	7.73
7.67	5400	7.72
7.00	6000	7.72
6.45	6600	7.72
6.00	7200	7.72
5.00	9000	7.71
4.33	10800	7.69
3.86	12600	7.69
3.50	14400	7.67
3.22	16200	7.67
3.00	18000	7.67
2.82	19800	7.66
2.67	21600	7.66

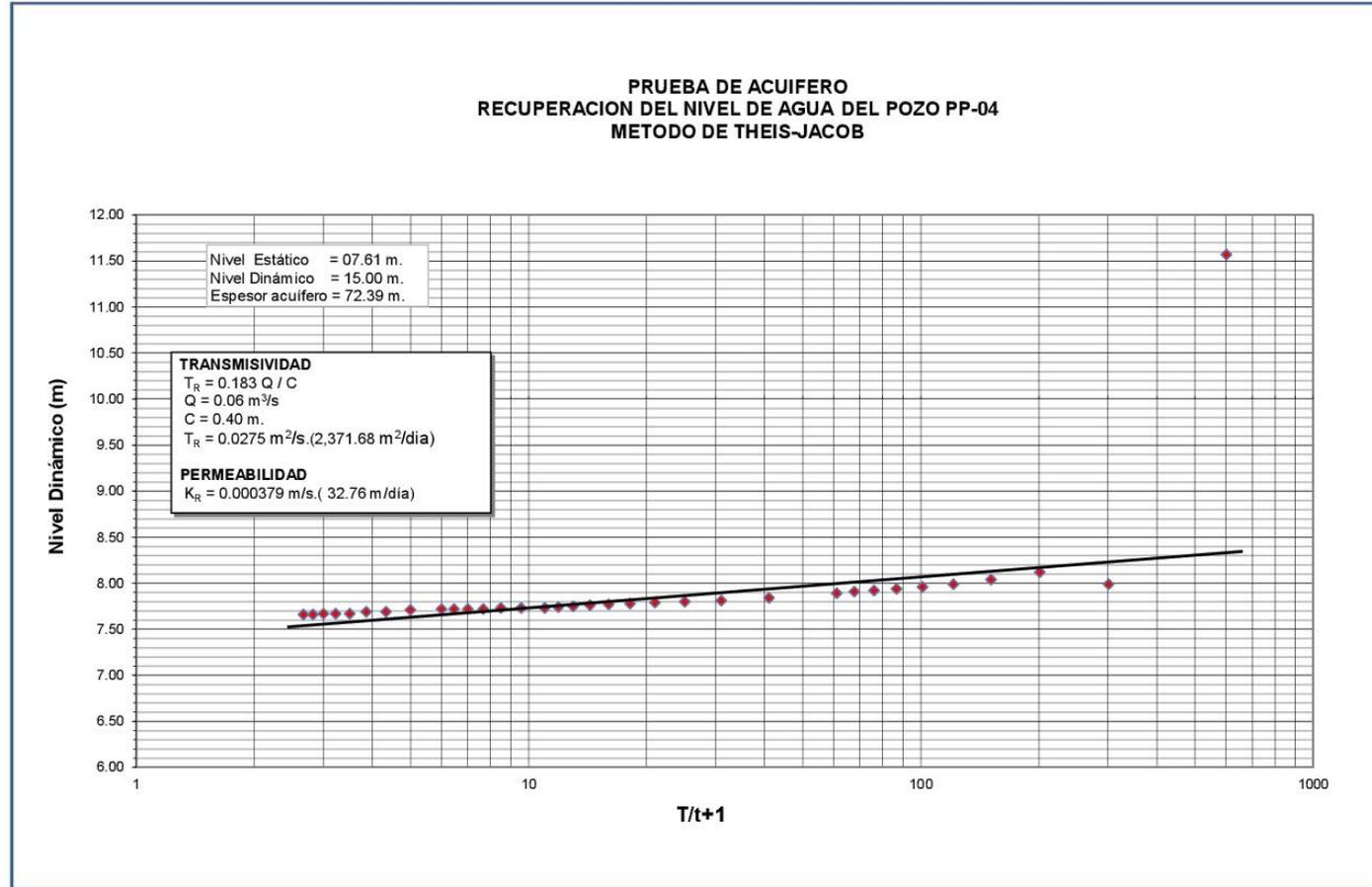


Figura 19: Prueba de Acuífero Fase Recuperación

Radio de Influencia

La distancia que existe entre el centro del pozo y el lugar donde la depresión de la napa es nula ($h=0$ m), por efecto del bombeo, constituye el radio de influencia del pozo denominado radio de influencia absoluto (R_a); en la práctica se puede considerar una pequeña tolerancia de depresión ($h=0.10$ m), que no incida significativamente en la

producción de pozos vecinos, denominándose a este fenómeno como radio de influencia relativo o tolerable (R_r) y está expresado a partir de la fórmula genérica por:

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

Dónde:

r = Radio de influencia del pozo (m)

T = Coeficiente de Transmisividad (0.02945 m²/s)

t = Tiempo de bombeo (variables)

S = Coeficiente de almacenamiento (0.10)

Q = Caudal de bombeo (0.06 m³/s)

H = Abatimiento (0.00/0.10 m)

Radio Absoluto (R_a):

$$R_a = 1.5 \left(\frac{Tt}{S} \right)^{0.5}$$

H= 0.00 m

Tabla 17: Radio de Influencia Absoluto (R_a)

Radio de Influencia Absoluto (R_a)							
Tiempo de Bombero (Hrs)	4	8	12	16	18	20	24
Radio de Influencia (m)	98	138	169	195	207	218	239

Radio de Influencia Relativo (R_r):

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

Para la zona proyectada para la perforación de pozos, para diferentes tiempos de bombeo se ha calculado los siguientes radios de influencia:

Tabla 18: Radio de Influencia Relativo (R_r)

Radio de Influencia Relativo (R_r)							
Tiempo de Bombero (Hrs)	4	8	12	16	18	20	24
Radio de Influencia (m)	72	101	124	143	152	160	176

Es decir que la separación entre 2 pozos que trabajen simultáneamente y exploten 60.00 l/s cada uno durante 18 horas continuadas será de 304 m aproximadamente; valor que puede ser considerado dentro de los márgenes de seguridad para la normal operación de los pozos vecinos.

5.4.9 Calidad del agua

La determinación de las particularidades y aptitud del agua obtenida, se basó en documentos adjuntos siguientes:

- a) Resultado de análisis físico químico, emitido Laboratorio NSF ENVIROLAB S.A.C, laboratorio acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INDECOPI-SNA con Registro N° LE-011, que se anexa y explica en sí mismo.
- b) Diagrama de Potabilidad

A partir de los resultados se ha formulado cuadros comparativos, basados en el DS N°031-2010-SA y N°004-2017-MINAN, que se adjuntan. En la Tabla 19 se observa que todos los parámetros están dentro de los límites permitidos. En cambio, en la Tabla 20 y 21, los parámetros que están sobre los niveles permitidos son el arsénico, molibdeno y coliformes totales. Se debe considerar que la muestra de agua analizada fue extraída durante la etapa de prueba de bombeo, y previo a la etapa de desinfección del pozo, ya que el procedimiento

constructivo indica que la desinfección se lleve a cabo una vez retirado el equipo de bombeo provisional usado para las pruebas.

Los resultados del análisis de agua han sido graficados en la Figura 20: Diagrama de Potabilidad, para su evaluación según su aptitud de uso para consumo humano o también llamada Potabilidad. Como resultado de esta evaluación se aprecia que son aguas de Potabilidad Aceptable a Buena.

Tabla 19: Tabla de resultados de análisis de los principales parámetros

Parámetro	Unidades	Límite de cuantificación	Límite de detección	Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano -Ministerio de Salud ⁽¹⁾			Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas Superficiales Destinadas a la Producción de Agua Potable y Riego ⁽²⁾				Resultados de análisis del pozo
				Anexo I LMP de parámetros microbiológicos y parasitológicos	Anexo II LMP de parámetros de calidad organoléptica	Anexo III LMP de parámetros químicos, inorgánicos y orgánicos	Categoría 1-A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Categoría 1-A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Categoría 1-A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Categoría D1: Aguas que pueden ser utilizadas para riego de vegetale	Fecha de muestreo: 17/07/2017
Parámetros Generales (Físico-Químicos)											
pH	pH	-	-		6.5-8.5		6.5-8.5	5.5-9.0	5.5-9.0	6.5-8.5	7.2
Conductividad	uS/cm	1.0	1.0		1500		1500	1600	**	2500	687
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	10.0	5.4		1000		1000	1000	1500		518
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	1.0	0.5		500		500	**	**		325.9
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	1.0	0.8								160.3
Turbidez	NTU	0.1	0.07		5		5	100	**		0.8
Color verdadero	UCV esc. Pt/Co	0.5	0.3		15		15	100	**	100	<4
Olor	-	-	-		Aceptable						Aceptable
Sabor	-	-	-		Aceptable						Aceptable
Principales Aniones (Físico-Químicos)											
Cloruros	mg/L	0.1	0.05		250		250	250	250	500	26.8
Sulfatos	mg/L	0.1	0.05		250		250	500	**	1000	148.5
Principales Cationes (Físico-Químicos)											
Calcio	mg/L	0.0303	0.0152								107.2
Magnesio	mg/L	0.0356	0.0178								11.1
Potasio	mg/L	0.0237	0.0119								2.99
Sodio	mg/L	0.01	0.005		200						24.38
Constituyentes Miscelaneos											
Nitrito como NO ₂	mg/L NO ₂	0.05	0.03			0.2/3.0(***)	3	3	**		<0.005
Nitrato como NO ₃	mg/L NO ₃	0.05	0.03			50	50	50	50		5.95
Fósforo Total	mg/L	0.01	0.007			50	50	50	50		0.08

Excedió los LMP y/o ECA

Notas:

(1) Valores correspondientes al Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano, según Decreto Supremo N°031-2010-SA/Ministerio de Salud

(2) Valores correspondientes a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobado con Decreto Supremo N°004-2017-MINAM

(**) El parámetro no aplica para esta categoría

(***) 0.2 para exposición corta y 0.3 para exposición larga

LMP: Límite máximo permisible

Tabla 20: Tabla de resultados del análisis de metales totales

Parámetro	Unidades	Limite de cuantificación	Limite de detección	Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano - Ministerio de Salud ⁽¹⁾			Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas Superficiales Destinadas a la Producción de Agua Potable y Riego ⁽²⁾				Resultados de análisis del pozo
				Anexo I LMP de parámetros microbiológicos y parasitológicos	Anexo II LMP de parámetros de calidad organoléptica	Anexo III LMP de parámetros químicos, inorgánicos y orgánicos	Categoría 1-A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Categoría 1-A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Categoría 1-A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Categoría D1: Aguas que pueden ser utilizadas para riego de vegetal	Fecha de muestreo: 05/03/2020
Aluminio (Al)	mg/L	0.0019	0.001		0.2		0.9	5	5		0.068
Antimonio (Sb)	mg/L	0.0002	0.0001			0.02	0.02	0.02	**		<0.006
Arsénico (As)	mg/L	0.0004	0.002			0.01	0.01	0.01	0.15	0.1	<0.007
Bario (Ba)	mg/L	0.0004	0.002			0.7	0.7	1	**	0.7	0.057
Berilio (Be)	mg/L	0.0006	0.0003				0.012	0.04	0.1	0.1	<0.0005
Bismuto (Bi)	mg/L	0.0003	0.0001								<0.01
Boro (B)	mg/L	0.0012	0.0006			1.5	2.4	2.4	2.4	1	0.282
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0002	0.0001			0.003	0.003	0.005	0.01	0.01	<0.001
Cobalto (Co)	mg/L	0.0002	0.0001								<0.001
Cobre (Cu)	mg/L	0.0001	0.0001		2		2	2	2	0.2	<0.002
Cromo (Cr)	mg/L	0.0005	0.002			0.05	0.05	0.05	0.05	0.1	<0.001
Estaño (Sn)	mg/L	0.0004	0.0002								<0.003
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.001								0.8704
Fosforo (P)	mg/L	0.0033	0.0016				0.1	0.15	0.15		0.08
Hierro (Fe)	mg/L	0.0031	0.0015		0.3		0.3	1	5	5	0.095
Litio (Li)	mg/L	0.0012	0.003							2.5	0.121
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0003	0.0001		0.4		0.4	0.4	0.5	0.2	0.005
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0001	0.0001			0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	<0.0001
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.0002	0.0001			0.07	0.07	**	**		<0.002
Niquel (Ni)	mg/L	0.0004	0.0002			0.02	0.07	**	**	0.2	<0.002
Plata (Ag)	mg/L	0.0002	0.0001								<0.002
Plomo (Pb)	mg/L	0.0002	0.0001			0.01	0.01	0.05	0.05	0.05	<0.001
Selenio (Se)	mg/L	0.0002	0.0001			0.01	0.04	0.04	0.05	0.02	<0.006
Silicio (Si)	mg/L	0.1	0.05								8.7
Talio (Tl)	mg/L	0.0003	0.0002								<0.007
Titanio (Ti)	mg/L	0.0004	0.0002								<0.001
Uranio (U)	mg/L	0.0003	0.0001			0.015	0.02	0.02	0.02		0.0019
Vanadio (V)	mg/L	0.0003	0.0002								<0.001
Zinc (Zn)	mg/L	0.0002	0.0001		3		3	5	5	2	0.008

Excedió los LMP y/o ECA

Notas:

(1) Valores correspondientes al Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano, según Decreto Supremo N°031-2010-SA/Ministerio de Salud

(2) Valores correspondientes a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobado con Decreto Supremo N°004-2017-MINAM

(**) El parámetro no aplica para esta categoría

(***) 0.2 para exposición corta y 0.3 para exposición larga

LMP: Limite máximo permisible

Tabla 21: Tabla de resultados de análisis microbacteriológico

Parámetro	Unidades	Límite de detección	Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano -Ministerio de Salud ⁽¹⁾			Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas Superficiales Destinadas a la Producción de Agua Potable y Riego ⁽²⁾				Resultados de análisis del pozo: Los Portales S.A. - Pozo Asia
			Anexo I LMP de parámetros microbiológicos y parasitológicos	Anexo II LMP de parámetros de calidad organoléptica	Anexo III LMP de parámetros químicos, inorgánicos y orgánicos	Categoría 1-A: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Categoría 1-A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Categoría 1-A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Categoría D1: Aguas que pueden ser utilizadas para riego de vegetales	Fecha de muestreo: 05/03/2020
Parámetros bacteriológicos y parasitológicos										
Bacterias Coliformes Totales	NMP/100 mL	-	<1.8/100 mL			50	**	**		13
E. Coli	NMP/100 mL	-	<1.8/100 mL			0	**	**	1000	<1.8
Bacterias Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 mL	-	<1.8/100 mL			20	2000	20000	1000	<1.8

Excedió los LMP y/o ECA

Notas:

(1) Valores correspondientes al Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano, según Decreto Supremo N°031-2010-SA/Ministerio de Salud

(2) Valores correspondientes a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobado con Decreto Supremo N°004-2017-MINAM

(**) El parámetro no aplica para esta categoría

(***) 0.2 para exposición corta y 0.3 para exposición larga

LMP: Límite máximo permisible

DIAGRAMA LOGARITMICO DE POTABILIDAD DE AGUA
POZO PP-04 - CONSORCIO SANTA CLARA

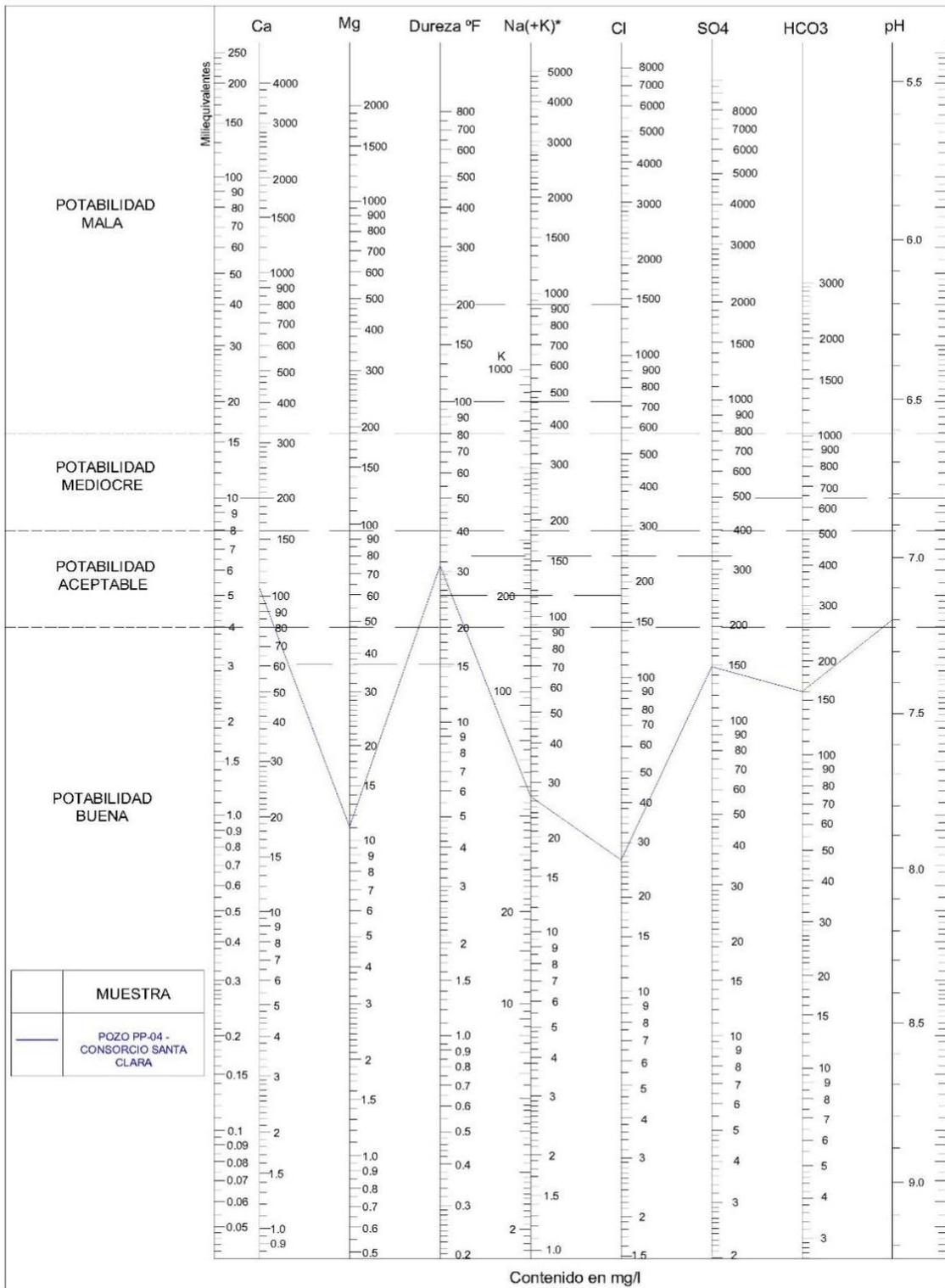


Figura 20: Diagrama de potabilida

5.5 Pozo 01,02,03 y 04

5.5.1 Características de los Tubos y Filtros. -

En la instalación de todos los pozos de la obra se realizó la instalación de los tubos y filtros con las siguientes características:

- **Tubería Ciega:** Tuberías de DN 381 mm (Ø15''), fabricadas en planchas de acero ASTM A-36 de 6.35 mm de espesor provisto de uniones reforzadas por anillo exterior del mismo material.

Tabla 22: Especificaciones Técnicas Tubos Ciegos

Especificaciones Técnicas		
Diámetro	Interior: 381.00 mm	Exterior: 393.70 mm
Longitud	2400 mm	
Peso	Tubo solo: 144 Kg.	Con anillo: 150 Kg.
Soldadura	01 Sola costura longitudinal con doble cordón de soldadura.	
	Primer paso de Soldadura: MIG Alambre 1.2 mm Carbofil.	
	Segundo paso de Soldadura: MIG acabado automático alambre 1.2 mm Carbofil	
Resistencia	A la compresión	36.650 Kg
	Al aplastamiento	18.40 Kg/cm ²
	A la tracción	55.500 Kg

- **Filtros:** Filtros de DN 381 mm (Ø15''), elaboradas con planchas de acero inoxidable AISI C-304L de 4.5 mm de espesor provisto de uniones reforzadas por anillo exterior del mismo material.

Tabla 23: Especificaciones Técnicas Filtros

Especificaciones Técnicas		
Diámetro	Interior: 381.00 mm	Exterior: 390.00 mm
Longitud	2440 mm	
Peso	Tubo solo: 108 Kg.	Con anillo: 113 Kg.
Soldadura	01 Sola costura longitudinal con doble cordón de soldadura.	
	Primer paso de Soldadura: MIG Alambre 1.2 mm Migfil	
	Segundo paso de Soldadura: MIG acabado automático alambre 1.2 mm Migfil	
Resistencia	A la compresión	35.450 Kg
	Al aplastamiento	15.20 Kg/cm ²
	A la tracción	53.360 Kg.
Abertura	1.50 mm	
Características	Largo de apertura	19.25 mm
	Largo de puente	22.75 mm
	Ancho de hileras	5.50 mm
	Ancho de la apertura	5.00 mm
Paso Libre	13.08%	
Caudal por metro	Velocidad 3 cm/seg.	4.69 l/s
	Velocidad 5 cm/seg.	7.82 l/s

Debido a exigencias de la supervisión se requirió una prueba de calidad a los tubos y filtros suministrados, por lo cual se optó de realizar una prueba de Ensayo No Destructivo mediante el método de Líquidos Penetrantes (PT) en muestras aleatorias de todo el lote adquirido, esta

prueba se realizó sobre las juntas soldadas de los tubos y filtros. Como se observa en las Figuras 21 y 22.

La norma aplicada para líquidos penetrantes es el Procedimiento de Inspección de acuerdo con ASME Secc. V-2013. Criterios de aceptación de acuerdo con ASME Secc. VIII-2013 y NDT-ASME-PT001-15.

Tabla 24: Líquidos Penetrantes Utilizados

INSPECCIÓN CON ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS			
TIPO DE END	EQUIPOS UTILIZADOS		
	LIQUIDOS SHERWIN		
	PENETRANTE	REVELADOR	REMOVEDOR
PT	DP-51	D-100	DR-60



Figura 21: Aplicación del líquido penetrante



Figura 22: Aplicación del líquido revelador

5.5.2 Anillo engravador

El cliente deseaba un sistema donde pueda abastecer de grava al pozo si era necesario, por lo cual se le sugirió la instalación de un anillo alimentador de grava desde la superficie hasta la profundidad establecida en cada pozo, este anillo está conformado por tubería de acero comercial de DN 375 y de 6.35 mm de espesor. Esta tubería se encuentra instalada entre la tubería definitiva y el anillo de concreto instalado durante el proceso de antepozo.

Por intermedio de este anillo se podrá agregar grava al sistema desde la superficie durante su operación, en caso se requiera. A la culminación de la construcción y de las pruebas hidráulicas realizadas al pozo, el nivel de grava se mantiene estabilizado hasta la boca del pozo.

Tabla 25: Instalación del anillo engravador.

Pozo	Profundidad de la instalación (m)
PP-01	- 15.00
PP-02	- 15.00
PP-03	- 12.00
PP-04	- 10.00

5.5.3 Prueba de verticalidad

Durante la perforación se realiza controles de verticalidad con la broca o con un equipo de verticalidad, para poder controlar el alineamiento del pozo, si se presentara una desviación poder corregirla, en ese momento y poder continuar con la perforación.

Para demostrar que el pozo esta vertical, se ha realizado la prueba de verticalidad, controlada por la supervisión, desde los 0.00 m hasta los 80.00 m, en la columna de producción instalada de 15". En los cuadros siguiente se aprecian los resultados obtenidos por cada pozo.

Tabla 26: Resultado Prueba de Verticalidad del Pozo PP-01

Profundidad (m)	Desviación Sur-Norte (cm)	Desviación Oeste – Este (cm)	Desviación límite (cm)
80.00	21.60	16.0	24

Tabla 27: Resultado Prueba de Verticalidad del Pozo PP-02

Profundidad (m)	Desviación Sur-Norte (cm)	Desviación Oeste – Este (cm)	Desviación límite (cm)
80.00	-10.80	-13.50	24

Tabla 28: Resultado Prueba de Verticalidad del Pozo PP-03

Profundidad (m)	Desviación Sur-Norte (cm)	Desviación Oeste – Este (cm)	Desviación límite (cm)
80.00	-5.40	-5.40	24

Tabla 29: Resultado Prueba de Verticalidad del Pozo PP-04

Profundidad (m)	Desviación Sur-Norte (cm)	Desviación Oeste – Este (cm)	Desviación límite (cm)
80.00	-12.15	0.00	24

Con las pruebas de verticalidad realizadas se comprueba que la estructura de los pozos tubulares tiene una verticalidad dentro de los límites máximos recomendados, que establece como límite de desviación 15 cm por cada 50 m de profundidad; según las “Especificación técnicas para la ejecución de obras de Sedapal” teniendo una verticalidad adecuada para la instalación del equipo de bombeo definitivo a implementarse en cada pozo tubular.

5.5.4 Pruebas hidráulicas

Equipo de Bombeo

El equipo de bombeo utilizado para el desarrollo de la prueba, es un equipo de bombeo de turbina de eje vertical accionado por motor a combustión interna, las características del equipo de bombeo es el siguiente:

A. Columna de succión:

- 01 bomba marca Byron Jackson Hidratar modelo 12 GH, con impulsores abiertos tipo turbina de eje vertical de 7 etapas.
- 01 motor de combustión interna estacionario marca CUMMINS, modelo NH-220, diésel D2, 220 Hp de potencia, de 600 rpm a 1800 rpm de velocidad.
- 01 tubo linterna con funda y eje

- 01 linterna
- 01 cabezal
- Tubería de PVC de ¾” o 1” para medición de nivel del agua, colocada hasta 2 m sobre el cuerpo de impulsores de la bomba.

En el caso de los tuberías de acero, que son los que nos dan la ubicación de la bomba en la columna de producción, varía dependiendo el pozo en la siguiente tabla se aprecia la cantidad de tuberías utilizados.

Tabla 30: Instalación de tuberías en pozos

Pozo	Número de tubos instalados
PP-01	19 tubos de Acero SCH 40 de Ø 8” roscados de 3.00 m c/u, con funda y eje.
PP-02	19 tubos de Acero SCH 40 de Ø 8” roscados de 3.00 m c/u, con funda y eje.
PP-03	18 tubos de Acero SCH 40 de Ø 8” roscados de 3.00 m c/u, con funda y eje.
PP-04	18 tubos de Acero SCH 40 de Ø 8” roscados de 3.00 m c/u, con funda y eje.

B. Medición:

- 01 medidor de caudal Mc Crometer de Ø8”, con reloj de medición instantánea y marcador acumulativo, rango de medición de 0 a 150 l/s.
- 01 equipo de Tubo Pitot para medición de caudales en la salida de la descarga.
- 01 sonda para medición de niveles de 150 m de longitud.

- 01 cono de sedimentación Imhoff

5.6 Sello Sanitario

El sello sanitario consta de un relleno de concreto de 3.00 m de profundidad y de resistencia $f'_c=175 \text{ kg/cm}^2$. Este sello ha sido realizado entre el espacio anular de los anillos del antepozo y la tubería de acero de $\text{Ø}21''$ que sirve de alimentador de grava, con el fin de evitar que ingrese algún tipo de contaminación al pozo. Como se observa en la Figura 23.

5.7 Protección del pozo

Para proteger el pozo de cualquier objeto externo, se colocó una tapa de fierro de $\frac{1}{4}''$ de espesor en la columna de producción de $\text{Ø} 15''$. Esta tapa deberá ser retirada solo al momento de realizar la colocación del equipo de bombeo definitivo a implementarse en el Pozo tubular. Como se observa en la Figura 23.



Figura 23: Vista del sello sanitario culminado y del anillo engravador

VI. Conclusiones y Recomendaciones

- Los cuatro pozos se desinfectan con Hipoclorito de calcio y se le realizo un sello sanitario de concreto en el espacio anular entre el anillo de concreto del antepozo y el anillo engravador de acero de $\varnothing 21''$ con el fin de evitar el ingreso algún tipo de contaminación al pozo tubular.
- La prueba de verticalidad final realizada al concluir la construcción de cada pozo, da resultados satisfactorios, dentro de los límites de desviación máxima recomendadas por SEDAPAL, que son 15 cm por cada 50 m garantizando el cumplimiento de la verticalidad para la instalación del equipo de bombeo definitivo del pozo.
- Se realizo la construcción de los cuatro pozos de agua de 80 m., cumpliendo la calidad del agua, según DS N°031-2010-SA y N°004-2017-MINAM pudiendo cumplir con el abastecimiento de agua potable
- Se logro extraer la broca del PP-02 con ayuda de las herramientas como bumper, cincel y pescante, en el Pozo PP-02 para poder continuar la perforación.
- Se calcularon los parámetros hidráulicos del acuífero del Pozo PP-04, obteniéndose una Transmisividad de $T= 0.02945 \text{ m}^2/\text{s}$. ($2544.48 \text{ m}^2/\text{día}$) y una Permeabilidad $K=0.000406 \text{ m/s}$. (35.08 m/día); representativo de acuíferos de excelentes características hidrogeológicas.
- De la prueba de rendimiento realizada al Pozo PP-04, se concluye un rendimiento explotable de 60.00 l/s. para un nivel dinámico de 15.00 m. y teniendo un radio de influencia calculado indica que la separación entre 2 pozos que trabajen simultáneamente y exploten 60.00 l/s cada uno durante 18 horas continuadas será de

304 m. aproximadamente; valor que puede ser considerado dentro de los márgenes de seguridad para el normal operación de los pozos vecinos.

- Se recomienda realizar al pozo un mantenimiento preventivo cada cuatro o cinco años para poder preservar sus características hidráulicas y prolongar su periodo de vida útil. También se puede aprovechar en realizar una evaluación y/o mantenimiento del equipo de bombeo.

VII. Referencias Bibliográficas

- Autoridad Nacional de Agua (ANA). (2019). Compendio nacional de estadísticas de recursos hídricos 2018. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12543/4231>
- Carrión, M. (23 de marzo de 2020). ¿Cuánta agua hay en el planeta? El Ágora: diario del agua. Recuperado de [https://www.elagoradiario.com/agorapedia/cuanta-agua-planeta/#:%7E:text=La%20Tierra%20tiene%20una%20disponibilidad,35%20millones%20de%20kil%C3%B3metros%20c%C3%ABabicos\).](https://www.elagoradiario.com/agorapedia/cuanta-agua-planeta/#:%7E:text=La%20Tierra%20tiene%20una%20disponibilidad,35%20millones%20de%20kil%C3%B3metros%20c%C3%ABabicos).)
- Comisión Nacional de Agua. 2007. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Tlalpan, México, D.F: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- Custodio, E.; Llamas, M. R. (1983). Hidrología Subterránea (2º Ed.). España, Barcelona: Omega.
- Garcia Rodriguez, M. (2012). Geología estructural. Esfuerzos y deformaciones de las rocas. Deformación dúctil: los pliegues y sus tipos. Mecanismos de plegamiento. Deformaciones frágiles: diaclasas y fallas. Características y tipos. Asociaciones de pliegues y fallas. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/263925700_Geologia_estructural_Esfuerzos_y_deformaciones_de_las_rocas_Deformacion_ductil_los_pliegues_y_sus_tipos_Mecanismos_de_plegamiento_Deformaciones_fragiles_diaclasas_y_fallas_Caracteristicas_y_tipos_Asoc
- Garcia, M.; Fernández A. (2009). Hidrogeología básica. Las aguas subterráneas y su flujo. 3ra ed.

- Instituto nacional de calidad (INACAL). (2018). Norma Técnica Peruano NTP 360.101. Perú, Lima.
- Instituto Nacional De Estadística e Informática (INEI). (24 de abril de 2018). Pobreza monetaria afectó al 21.7 % de la población del país durante el año 2017. [Comunicado de prensa]. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/pobreza-monetaria-afecto-al-217-de-la-poblacion-del-pais-durante-el-ano-2017-10711/>
- Instituto Nacional De Estadística e Informática (INEI). (2020). Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento básico. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_y_saneamiento.pdf
- Log tech S. A. C. (2017). Informe registro geofísico – Pozo PP-01 Santa Clara. Lima, Perú.
- Martínez Villanueva, M. y López Iglesias A. (1984). Pozos y acuíferos: Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo. Madrid, España: Instituto Geológico y Minero de España.
- Mendoza Perez, P. L. (2016). Plan de gestión en obra aplicado en un edificio residencial. [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad de la Católica del Perú]. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7260>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). (s.f.) Manual de operación y mantenimiento de pozos tubulares proyecto: “Saldo del proyecto mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado de los centros poblados Huanchaquito. El trópico y las lomas – Distrito de Huanchaco – La Libertad”. Recuperado de http://minos.vivienda.gob.pe:8081/Documentos_SICA/modulos/FTA/SECCION%20IV/4.14/55370960_O&M%20POZOS%20TUBULARES.pdf

- Miñan, W. (12 de febrero de 2019). San Isidro consume más agua por habitante al día, afirma Sedapal. Gestión. Recuperado de <https://gestion.pe/economia/empresas/san-isidro-consume-agua-habitante-dia-afirma-sedapal-258439-noticia/?ref=gesr>
- Morales Garrido, R. O. (2014). Manual de supervisión de obras. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Muñante, O. (8 de febrero de 2011). El crecimiento de la ciudad. El Comercio. Recuperado de <http://elcomercio/editorial/2098764/4389/18/feb/2011/231.html>
- Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). Cartilla técnica: aguas subterráneas–acuíferos. Sociedad Geológica de Lima Perú: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwpsam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf.
- Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). 1990. Programa de capacitación y certificación del sector de agua potable y saneamiento básico: Operación y mantenimiento de pozos profundos para acueductos. Ministerio de Desarrollo Económico. Cali, Colombia.
- Vélez Otálvaro, M. V. (1999). Hidráulica de aguas subterráneas. 2nd ed. Recuperado de https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/8387/Capitulos_1-5.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Vélez Otálvaro, M. V; Ortiz Pimienta, C.; Vargas Quintero, M. C. (2011). Las aguas subterráneas. Colombia: Instituto Colombiano de Geología y minería.

VIII. Anexos

ANEXO N° 1: DESARROLLO POR EL MÉTODO DE PISTONEO

	Ficha								Codigo: Fr Ope - 023					
	Perforación Mecanizada								Revisión: 00					
	Desarrollo del Pozo por el Metodo de Pistoneo								Fecha: 08.09.12					
Proyecto "Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y alcantarillado para el esquema prolongación Nicolas de Pierola - Santa Clara Sur y anexos - Distrito de Ate Vitarte"												Página: 1 de 1		
Cliente CONSORCIO SANTA CLARA Supervisión: CONSORCIO SANTA CLARA Coordinada UTM : N: :8' 671,95 E: 297,161.06 m. Altitud : Identificación del Pozo : PP-03 Empresa Contratista : Consorcio Santa Clara										Fecha de Ejecución : 12/07/2017		Ing Responsable : Franceska Farías Rey		
Hora de Inicio : 08:00			Hora de Terminó : 09:45			Tiempo Total : 88 h 36 m								
Fecha	Profundidad (m)		Hora (Hr. - Min.)		Tiempo (Hr. - Min.)			Embanque (m)	Emb /Tiemp (m/lfr)	Descenso de grava (m)			m ³ Grava instalada	Observaciones
	De	A	De	A	Pistoneo	cuchareo (min)	Otros			De	A	Neto		
12/07/2017	25.00	26.00	08:00	09:00	1	18		0.15	0.15	0.00	0.35	0.35		
	26.00	27.00	9:18	10:18	1	20		0.1	0.10	0.35	0.42	0.07		
	27.00	28.00	10:38	11:38	1	22		0.18	0.18	0.42	0.57	0.15		
	28.00	29.00	13:10	14:10	1	30		0.24	0.24	0.57	1.17	0.60		Se detuvo por el almuerzo
	29.00	30.00	14:40	15:40	1	30		0.2	0.20	1.17	1.22	0.05		
	30.00	31.00	16:10	17:10	1	30		0.36	0.36	0.00	0.00	0.00	3 sacos	Se vacio 3 bolsas de grava entre la tubería de 21" y 15"
	31.00	32.00	17:40	18:40	1	20		0.30	0.30	0.00	0.28	0.28		Se hecho tripolifosfato
13/07/2017	32.00	33.00	07:30	08:30	1	35		0.4	0.40	0.28	0.34	0.06		
	33.00	34.00	09:05	10:05	1	26		0.43	0.43	0.34	0.36	0.02		
	34.00	35.00	10:31	11:31	1	54		0.92	0.92	0.36	0.38	0.02		Se detuvo por el almuerzo
	35.00	36.00	13:25	14:25	1	28		0.2	0.20	0.38	0.39	0.01		
	36.00	37.00	14:53	15:53	1	29		0.5	0.50	0.39	0.70	0.31		
	37.00	38.00	16:22	17:22	1	40		1.45	1.45	0.70	0.92	0.22		
	38.00	39.00	18:02	19:02	1								2 sacos	A las 6:30 pm se para el pistoneo motivo que se rompio el gancho del resorte y se reparo dejando listo para empezar las actividades. Se hecho 2 sacos de grava.
14/07/2017	38.00	39.00	07:00	08:00	1	28		1.00	1.00	0.00	0.00	0.00		
	39.00	40.00	08:28	09:28	1	30		1.50	1.50	0.00	0.00	0.00		
	40.00	41.00	09:58	10:58	1	32		2.42	2.42	0.00	0.10	0.10		
	41.00	42.00	11:30	12:30	1	30		2.20	2.20	0.10	0.10	0.00		
	42.00	43.00	13:00	14:00	1	30		2.10	2.10	0.10	0.10	0.00		
	43.00	44.00	14:30	15:30	1	43		2.10	2.10	0.10	0.10	0.00		
	44.00	45.00	16:13	17:13	1	24		1.48	1.48	0.10	0.10	0.00		
	45.00	46.00	17:37	18:37	1	30		1.72	1.72	0.10	0.10	0.00		Se hecho el ultimo saco de tripolifosfato. Se cúmino las 32 horas de pistoneo
15/07/2017	46.00	47.00	07:00	08:00	1	30		1.52	1.52	0.10	0.10	0.00		
	47.00	48.00	08:30	09:30	1	20		1.00	1.00	0.10	0.10	0.00		
	48.00	49.00	09:50	10:50	1	20		0.50	0.50	0.10	0.10	0.00		
	49.00	50.00	11:10	12:10	1	20		0.52	0.52	0.10	0.10	0.00		
	50.00	51.00	12:30	13:30	1	20		0.50	0.50	0.10	0.10	0.00		
	51.00	52.00	13:50	14:50	1	24		0.53	0.53	0.10	0.18	0.08		
	52.00	53.00	15:14	16:14	1	27		0.56	0.56	0.18	0.18	0.00		

	49.00	50.00	11:10	12:10	1	20		0.52	0.52	0.10	0.10	0.00		
	50.00	51.00	12:30	13:30	1	20		0.50	0.50	0.10	0.10	0.00		
	51.00	52.00	13:50	14:50	1	24		0.53	0.53	0.10	0.18	0.08		
	52.00	53.00	15:14	16:14	1	27		0.56	0.56	0.18	0.18	0.00		
	53.00	54.00	16:41	17:41	1	25		0.51	0.51	0.18	0.18	0.00		
	54.00	55.00	18:06	18:58	1	28		0.48	0.48	0.18	0.18	0.00		
16/07/2017	55.00	56.00	08:00	09:00	1	20		0.30	0.30	0.18	0.18	0.00		
	56.00	57.00	09:20	10:20	1	27		0.30	0.30	0.18	0.18	0.00		
	57.00	58.00	10:47	11:47	1	28		0.53	0.53	0.18	0.18	0.00		
	58.00	59.00	12:15	13:15	1	20		0.38	0.38	0.18	0.18	0.00		
	59.00	60.56	13:35	14:35	1	20		0.34	0.34	0.18	0.18	0.00		Presencia de tubo ciego.
	63.00	64.00	14:55	15:55	1	22		0.23	0.23	0.18	0.18	0.00		
	64.00	65.00	16:17	17:17	1	25		0.18	0.18	0.18	0.18	0.00	15 sacos	Se hecho 15 sacos de grava al antepozo, prof. 6,5 m
17/07/2017	65.00	66.00	08:00	09:00	1	18		0.34	0.34	0.18	0.18	0.00		
	66.00	67.00	09:18	10:18	1	20		0.30	0.30	0.18	0.18	0.00		
	67.00	68.00	10:38	11:38	1	20		0.32	0.32	0.18	0.18	0.00		
	68.00	69.00	11:58	12:58	1	24		0.38	0.38	0.18	0.18	0.00		
	69.00	70.00	13:22	14:22	1	18		0.19	0.19	0.18	0.18	0.00		
	70.00	71.00	14:40	15:40	1	20		0.20	0.20	0.18	0.18	0.00		
	71.00	72.00	16:00	17:00	3	20								
	72.00	73.00	17:00	18:00				0.54	0.18	0.18	0.18	0.00		
	73.00	74.00	18:00	19:00										
18/07/2017	74.00	75.00	08:00	09:00	4	30								
	75.00	76.00	09:00	10:00				0.70	0.18	0.18	0.18	0.00		
	76.00	77.00	10:00	11:00										
	77.50	79.00	11:00	12:00										
	34.00	35.00	12:00	13:00	1	24		0.39	0.39	0.18	0.18	0.00		
	37.00	38.00	13:24	14:24	1	21		0.30	0.30	0.18	0.18	0.00		Se culmino las 72 h. de bombeo a las 14:31 pm
	38.00	39.00	14:45	15:45	1	20		0.30	0.30	0.18	0.18	0.00		
	39.00	40.00	16:05	17:05	1	20		0.30	0.30	0.18	0.18	0.00		
	40.00	41.00	17:25	18:25	1	20		0.28	0.28	0.18	0.18	0.00		
19/07/2017	41.00	42.00	08:00	09:00	1	30		0.31	0.31	0.18	0.18	0.00		
	42.00	43.00	09:30	10:30	1	37		0.33	0.33	0.18	0.18	0.00		
	43.00	44.00	11:07	12:07	1	40		0.70	0.70	0.18	0.18	0.00		
	44.00	45.00	12:47	13:47	1	35		0.63	0.63	0.18	0.18	0.00		
	45.00	46.00	14:22	15:22	1	30		0.38	0.38	0.18	0.18	0.00		
	46.00	47.00	15:52	16:52	1	20		0.30	0.30	0.18	0.18	0.00		
	47.00	48.00	17:12	18:12	1	25		0.42	0.42	0.18	0.18	0.00		
20/07/2017	43.00	44.00	08:00	08:30	1.50	15								
	44.00	45.00	08:30	09:00				0.75	0.50	0.18	0.00	-0.18	5 bolsal	Se vaciaron 4 bolsas de grava al antepozo y 1 bolsa entre la tubería de 21" y 15". Genero un adicional de 1m3 de grava.
	45.00	46.00	09:00	09:30										
														VA 88 H CON 36 MIN

ANEXO N° 2: PROTOCOLO DE PRUEBA DE BOMBEO

 PRUEBA DE BOMBEO (DESCENSO)					Fr Ope. 021 VRS 04				
Departamento: LIMA					Provincia: LIMA		Distrito: ATE VITARTE		
Nombre del Pozo: PP-04 - CONSORCIO SANTA CLARA					Ejecutores: HARO INGENIEROS E.I.R.L				
Cordenada:			E: 297,498 N: 8° 771, 971		Regimen: CONSTANTE		Fecha inicio: 05/07/17 Fecha termino: 07/07/17		
Nº IRHS: S/N					N.E.: 8.30 m		P.R.: +0.64		
TIEMPO				DESCENSO DEL NIVEL DE AGUA					
DIAS	HORA	Min	Seg	Nivel (N.D)	Altura	Caudal Q(l/s)	Revoluciones RPM	Reducción (pulg)	
05/07/2017	19:31	1	60	14.10	38"	60 l/s	1,310	6"	
05/07/2017	19:32	2	120	14.25					
05/07/2017	19:33	3	180	14.36					
05/07/2017	19:34	4	240	14.74					
05/07/2017	19:35	5	300	14.83					
05/07/2017	19:36	6	360	14.91					
05/07/2017	19:37	7	420	14.93					
05/07/2017	19:38	8	480	14.96					
05/07/2017	19:39	9	540	14.97					
05/07/2017	19:40	10	600	14.98					
05/07/2017	19:45	15	900	14.95					
05/07/2017	19:50	20	1200	15.04					
05/07/2017	19:55	25	1500	15.12					
05/07/2017	20:00	30	1800	15.11					
05/07/2017	20:05	35	2100	15.12					
05/07/2017	20:10	40	2400	15.12					
05/07/2017	20:15	45	2700	15.15					
05/07/2017	20:20	50	3000	15.15					
05/07/2017	20:25	55	3300	15.17					
05/07/2017	20:30	60	3600	15.17					
05/07/2017	20:40	70	4200	15.20					
05/07/2017	20:50	80	4800	15.25					
05/07/2017	21:00	90	5400	15.28					
05/07/2017	21:10	100	6000	15.28					
05/07/2017	21:20	110	6600	15.31					
05/07/2017	21:30	120	7200	15.28					
05/07/2017	22:00	150	9000	15.34					
05/07/2017	22:30	180	10800	15.37					
05/07/2017	23:00	210	12600	15.35					
05/07/2017	23:30	240	14400	15.36					
06/07/2017	00:00	270	16200	15.37					
06/07/2017	00:30	300	18000	15.40					
06/07/2017	01:00	330	19800	15.41					
06/07/2017	01:30	360	21600	15.42					

TIEMPO				DESCENSO DEL NIVEL DE AGUA				
DIAS	HORA	Min	Seg	Nivel (N.D)	Altura	Caudal Q(l/s)	Revoluciones RPM	Reducción (pulg)
06/07/2017	02:30	420	25200	15.45				
06/07/2017	03:30	480	28800	15.50				
06/07/2017	04:30	540	32400	15.40				
06/07/2017	05:30	600	36000	15.36				
06/07/2017	06:30	660	39600	15.40				
06/07/2017	07:30	720	43200	15.34				
06/07/2017	08:30	780	46800	15.43				
06/07/2017	09:30	840	50400	15.44				
06/07/2017	10:30	900	54000	15.47				
06/07/2017	11:30	960	57600	15.49				
06/07/2017	12:30	1020	61200	15.49				
06/07/2017	13:30	1080	64800	15.51				
06/07/2017	14:30	1140	68400	15.51				
06/07/2017	15:30	1200	72000	15.54				
06/07/2017	16:30	1260	75600	15.54				
06/07/2017	17:30	1320	79200	15.53				
06/07/2017	18:30	1380	82800	15.53				
06/07/2017	19:30	1440	86400	15.53				
06/07/2017	20:30	1500	90000	15.53				
06/07/2017	21:30	1560	93600	15.55				
06/07/2017	22:30	1620	97200	15.55				
06/07/2017	23:30	1680	100800	15.56				
07/07/2017	00:30	1740	104400	15.57				
07/07/2017	01:30	1800	108000	15.60				
07/07/2017	02:30	1860	111600	15.55				
07/07/2017	03:30	1920	115200	15.60				
07/07/2017	04:30	1980	118800	15.64				
07/07/2017	05:30	2040	122400	15.65				
07/07/2017	06:30	2100	126000	15.65				
07/07/2017	07:30	2160	129600	15.51				
07/07/2017	08:30	2220	133200	15.57				
07/07/2017	09:30	2280	136800	15.60				
07/07/2017	10:30	2340	140400	15.63				
07/07/2017	11:30	2400	144000	15.60				
07/07/2017	12:30	2460	147600	15.65				
07/07/2017	13:30	2520	151200	15.71				
07/07/2017	14:30	2580	154800	15.64				
07/07/2017	15:30	2640	158400	15.64				
07/07/2017	16:30	2700	162000	15.64				
		2760	165600					
		2820	169200					
		2880	172800					

				PRUEBA DE BOMBEO (RECUPERACIÓN)				Fr Ope. 021 VRS 04	
Departamento: LIMA				Provincia: LIMA		Distrito: ATE VITARTE			
Nombre del Pozo: PP-04- CONSORCIO SANTA CLARA				Ejecutores: HARO INGENIEROS E.I.R.L					
Cordenada:		E: 297,498		Regimen: RECUPERACIÓN		Fecha inicio: 05/07/17			
		N: 8' 771, 971				Fecha termino: 07/07/17			
Nº IRHS: S/N				N.E.: 8.30 m		P.R.: +0.64			
TIEMPO				RECUPERACION DEL NIVEL DE AGUA					
DIAS	HORA	Min	Seg	Nivel (N.D)	Altura	Caudal Q(l/s)	Revoluciones RPM	Reducción (pulg)	
07/07/2017	16:31	1	60	12.21					
07/07/2017	16:32	2	120	8.63					
07/07/2017	16:33	3	180	8.76					
07/07/2017	16:34	4	240	8.68					
07/07/2017	16:35	5	300	8.63					
07/07/2017	16:36	6	360	8.60					
07/07/2017	16:37	7	420	8.58					
07/07/2017	16:38	8	480	8.56					
07/07/2017	16:39	9	540	8.55					
07/07/2017	16:40	10	600	8.53					
07/07/2017	16:45	15	900	8.48					
07/07/2017	16:50	20	1200	8.45					
07/07/2017	16:55	25	1500	8.44					
07/07/2017	17:00	30	1800	8.43					
07/07/2017	17:05	35	2100	8.42					
07/07/2017	17:10	40	2400	8.41					
07/07/2017	17:15	45	2700	8.40					
07/07/2017	17:20	50	3000	8.39					
07/07/2017	17:25	55	3300	8.38					
07/07/2017	17:30	60	3600	8.37					
07/07/2017	17:40	70	4200	8.37					
07/07/2017	17:50	80	4800	8.37					
07/07/2017	18:00	90	5400	8.36					
07/07/2017	18:10	100	6000	8.36					
07/07/2017	18:20	110	6600	8.36					
07/07/2017	18:30	120	7200	8.36					
07/07/2017	19:00	150	9000	8.35					
07/07/2017	19:30	180	10800	8.33					
07/07/2017	20:00	210	12600	8.33					
07/07/2017	20:30	240	14400	8.31					
07/07/2017	21:00	270	16200	8.31					
07/07/2017	21:30	300	18000	8.31					
07/07/2017	22:00	330	19800	8.30					
07/07/2017	22:30	360	21600	8.30					

**ANEXO N° 3: RESULTADOS DE LABORATORIO – CALIDAD DE
AGUA DEL PP-04**



NSF Envirolab
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL-DA CON
REGISTRO N° LE-011



Registro N° LE - 011

INFORME FINAL

Dirección de Entrega:
Anatolio Gutiérrez Pusari
Haro Ingenieros E.I.R.L.
Santiago De Surco, Lima
Lima, Peru

Solicitante: C0207294
Haro Ingenieros E.I.R.L.
Cal. Los Seibos Nro. Mz-I Int. LT38
Santiago De Surco, Lima
Lima, Peru

Resultado	Completo	Fecha de Informe	2017-07-17
Procedencia	Consorcio Santa Clara (Alt. del Km. 13.5 Carretera Central - Santa Clara)		
Producto	Agua		
Tipo de Servicio	Análisis		
Informe de Ensayo N°	J-00264946		
Coordinador de Proyecto	Julio Manuel Zarate Vargas		

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

Informe Autorizado por

Fecha de Emisión 2017-07-17

Enrique Quevedo Bacigalupo
Jefe de Laboratorio

Quím. Joel Atarama Orejuela
Supervisor de Físicoquímica
C.Q.P. N° 923

Av. La Marina 3059 San Miguel - Lima 32 PERU
Tel: (511) 616-5400 Fax: (511) 616-5418 Email: envirolab@nsf.org Web: www.envirolabperu.com.pe

FI20170717110712

J-00264946

pág 1 de 5

El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito de NSF Envirolab. Solamente los documentos originales son válidos y NSF Envirolab no se responsabiliza por la validez de las copias. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra recibida por el laboratorio.



Registro N° LE - 011

Información General

Matriz: Agua
 Solicitud de Análisis: Cotización N° 34492 (Jul-099)
 Muestreado por: NSF Envirolab
 Procedencia: Consorcio Santa Clara (Alt. del Km. 13.5 Carretera Central - Santa Clara)
 Plan de Muestreo: LM-2.3-04

Identificación de Laboratorio: S-0001395272
 Tipo de Muestra: Agua Subterránea
 Identificación de Muestra: PP-04 - Consorcio Santa Clara
 Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2017-07-06
 Fecha y hora de Muestreo: 2017-07-06 11:00
 Descripción del Punto de Muestra: Ubicado en el pozo del sector 4
 Coordenadas UTM (Sistema WGS 84): 18L 0297498 E / 8671971 N

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
Microbiología			
# Coliformes Termotolerantes (N). Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF 9221 E.1. p. 9-74. 22nd Ed. 2012. Multiple – Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedures. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).	2017-07-10		
2-Coliformes Termotolerantes		N.D.($<1,8$)	NMP/100 mL
# Coliformes Totales (N). Agua. STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 9221 B. pp. 9-66-9-69. 22nd Ed. 2012. Multiple- Tube Fermentation Technique for Members of the coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.	2017-07-10		
3-Coliformes Totales		13	NMP/100 mL
# Escherichia coli (N). STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 9221 G. 2. p. 9-76. 22nd Ed. 2012. Multiple – Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures (Proposed).	2017-07-10		
2-Escherichia Coli		N.D.($<1,8$)	NMP/100 mL
Química			
*Silicio Total por ICP-AES en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May1994.	2017-07-11		
Silicio Total		8,70	mg/L
Alcalinidad Total en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed 2012	2017-07-07		
Alcalinidad Total		160,3	mg/L
Bicarbonatos en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 CO ₂ , 22nd Ed 2012	2017-07-07		
Bicarbonatos		160,0	mg/L
Carbonatos en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 CO ₂ , 22nd Ed 2012	2017-07-07		
Carbonatos		0,3	mg/L
Cloruros en Agua. EPA Method 325.3, Revised March 1983	2017-07-10		
Cloruros		26,80	mg/L
Color. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 22nd Ed. Año 2012	2017-07-06		
Color		N.D.(<4)	UC
Conductividad en Agua. EPA Method 120.1 Revised	2017-07-06		

FI20170717110712

J-00264946

pág 2 de 5

El presente Informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito de NSF Envirolab. Solamente los documentos originales son válidos y NSF Envirolab no se responsabiliza por la validez de las copias. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra recibida por el laboratorio.



Registro N° LE - 011

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
Química (Continúa...)			
March 1983			
Conductividad		687,0	uS/cm
Dureza Total en Agua. EPA Method 130.2, Revised March 1983	2017-07-11		
Dureza Total		325,9	mg/L
Mercurio Total en Agua. EPA Method 245.7(Val), Febrero 2005	2017-07-10		
Mercurio Total		N.D.(<0,000 1)	mg/L
Metales Totales en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2017-07-11		
Aluminio Total		0,068	mg/L
Antimonio Total		N.D.(<0,006)	mg/L
Arsénico Total		N.D.(<0,007)	mg/L
Bario Total		0,057	mg/L
Berilio Total		N.D.(<0,000 5)	mg/L
Bismuto Total(Validado)		N.D.(<0,01)	mg/L
Boro Total		0,282	mg/L
Cadmio Total		N.D.(<0,001)	mg/L
Calcio Total		107,2	mg/L
Cobalto Total		N.D.(<0,001)	mg/L
Cobre Total		N.D.(<0,002)	mg/L
Cromo Total		N.D.(<0,001)	mg/L
Estaño Total		N.D.(<0,003)	mg/L
Estroncio Total		0,870 4	mg/L
Fósforo Total		0,08	mg/L
Hierro Total		0,095	mg/L
Litio Total		0,121	mg/L
Magnesio Total		11,10	mg/L
Manganeso Total		0,005	mg/L
Molibdeno Total		N.D.(<0,002)	mg/L
Níquel Total		N.D.(<0,002)	mg/L
Plata Total		N.D.(<0,002)	mg/L
Plomo Total		N.D.(<0,001)	mg/L
Potasio Total		2,99	mg/L
Selenio Total		N.D.(<0,006)	mg/L
Sodio Total		24,38	mg/L
Talio Total		N.D.(<0,007)	mg/L
Titanio Total		N.D.(<0,001)	mg/L
Vanadio Total		N.D.(<0,001)	mg/L
Zinc Total		0,008	mg/L
N- Nitrito en Agua. EPA Method 354.1, Revised March 1983	2017-07-06		
N- Nitrito		N.D.(<0,005)	mg/L
N-Nitrato en Agua. EPA Method 352.1, Revised March 1983	2017-07-07		
N - Nitrato		5,95	mg/L
Sulfatos en Agua. EPA Method 375.4 Revised March 1983	2017-07-11		
Sulfatos (Turbidimetrico)		148,5	mg/L
Sólidos Totales Disueltos en Agua. EPA 160.1 March	2017-07-10		

FI20170717110712

J-00264946

pág 3 de 5

El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito de NSF Envirolab. Solamente los documentos originales son válidos y NSF Envirolab no se responsabiliza por la validez de las copias. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra recibida por el laboratorio.



Registro N° LE - 011

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
Química (Continúa...)			
1983			
Sólidos Totales Disueltos		518	mg/L
Turbidez en Agua. EPA Method 180.1, Revised 2.0 August 1993	2017-07-06		
Turbiedad		0,8	N.T.U
Uranio Total en Agua. EPA Method 200.8, Revised 5.4. May 1994	2017-07-11		
Uranio Total		0,001 90	mg/L
pH en Agua. EPA Method 150.1 Revised March 1983	2017-07-06		
pH		7,2	

Notas de Ensayo:

N.D.: Significa que el Resultado es No Detectable al nivel de cuantificación indicado en el paréntesis.

Nota(s) del Informe Final:

Parámetro realizado en el muestreo: pH.



Registro N° LE - 011

Ensayos realizados por:

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

Referencias a los Procedimientos de Ensayo:

Referencia Técnica

IM0134	#Coliformes Totales (N). Agua. STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 9221 B. pp. 9-66-9-69. 22nd Ed. 2012. Multiple- Tube Fermentation Technique for Members of the coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
IM0135	#Coliformes Termotolerantes (N). Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF 9221 E.1. p. 9-74. 22nd Ed. 2012. Multiple – Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedures. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).
IM0136	#Escherichia coli (N). STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 9221 G. 2. p. 9-76. 22nd Ed. 2012. Multiple – Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures (Proposed).
IQ0266	Alcalinidad Total en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed 2012
IQ0267	Bicarbonatos en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 CO2, 22nd Ed 2012
IQ0269	Carbonatos en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 CO2, 22nd Ed 2012
IQ0280	Cloruros en Agua. EPA Method 325.3. Revised March 1983
IQ0293	Dureza Total en Agua. EPA Method 130.2. Revised March 1983
IQ0305	N-Nitrato en Agua. EPA Method 352.1. Revised March 1983
IQ0306	N- Nitrito en Agua. EPA Method 354.1. Revised March 1983
IQ0310	pH en Agua. EPA Method 150.1 Revised March 1983
IQ0317	Sólidos Totales Disueltos en Agua. EPA 160.1 March 1983
IQ0323	Sulfatos en Agua. EPA Method 375.4 Revised March 1983
IQ0328	Turbidez en Agua. EPA Method 180.1, Revised 2.0 August 1993
IQ0330	Mercurio Total en Agua. EPA Method 245.7 (Val), Febrero 2005
IQ0333	Metales Totales en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994
IQ0712	*Silicio Total por ICP-AES en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994.
IQ0845	Uranio Total en Agua. EPA Method 200.8, Revised 5.4. May 1994
IQ0971	Conductividad en Agua. EPA Method 120.1 Revised March 1983
IQ1050	Color. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 22nd Ed. Año 2012

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

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