

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“PERFORACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL POZO DE  
BOMBEO DW-26 POR MÉTODO RC PARA DRENAJE DE  
AGUA SUBTERRÁNEA EN MINA PIERINA – HUARAZ”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**Tesistas:**

**Bach. Corales Chauca Andy Joel**

**Bach. Jesús Mass Walter Yasunari**

**Asesor:**

**Ing. Sparrow Álamo Edgar Gustavo**

**Nuevo Chimbote – Santa – Ancash**

**Perú - 2016**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“PERFORACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL POZO DE  
BOMBEO DW-26 POR MÉTODO RC PARA DRENAJE DE  
AGUA SUBTERRÁNEA EN MINA PIERINA – HUARAZ”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

Revisado por:

---

**Ing. Edgar Gustavo Sparrow Álamo  
Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“PERFORACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL POZO DE  
BOMBEO DW-26 POR MÉTODO RC PARA DRENAJE DE  
AGUA SUBTERRÁNEA EN MINA PIERINA – HUARAZ”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**SUSTENTADA Y APROBADA EL DÍA 26 DE AGOSTO DEL 2016  
POR EL SIGUIENTE JURADO:**

---

**M.Sc. Ing. Hugo Amado Rojas Rubio  
Presidente**

---

**Ing. Edgar Gustavo Sparrow Álamo  
Secretario**

---

**Ms. Atilio Rubén López Carranza  
Integrante**

## **DEDICATORIA**

A **Dios** Todo poderoso porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome la fortaleza suficiente para continuar ante los retos que se me presentan.

A mis padres **Teodoro y Amada** quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ello que soy lo que soy ahora. Los amo con toda mi vida.

A mis hermanos **Frank y Jovana**, con mucho cariño. Sigamos cosechando y compartiendo éxitos en nuestras vidas.

A mis amigos y compañeros de la promoción 2007, por todos los momentos compartidos.

**ANDY CORALES**

## **DEDICATORIA**

A **DIOS**, por su amor y bondad que no tienen fin, permitiéndome sonreír ante todos mis logros que son resultado de su ayuda.

A mi Madre **Esther Elizabeth Mass López** y a mi Padre **Walter Emiliano Jesús Carrión**, por estar siempre presentes con ese amor incomparable, sabios consejos, abnegada labor y enseñarme a valorar todas las cosas que se logran en la vida, porque de ustedes aprendí a diferenciar las cosas buenas de las malas, y que no todo es fácil en la vida.

A mi hermano **Kenyo Giacomo Jesús Mass**, por esa unidad, por su cariño, por ese apoyo incondicional y por ser también mi motivo para seguir adelante.

A mis demás Familiares y Amigos, porque siempre estuvieron para apoyarme formando parte de mi desarrollo personal y profesional.

***YASUNARI JESUS MASS***

## **AGRADECIMIENTOS**

En forma muy especial agradecemos a Dios, a nuestros padres, hermanos y familiares; por estar siempre presentes, por ese cariño y apoyo incondicional en todo momento.

A nuestros amigos de ayer, hoy y siempre, por los consejos, la motivación y el apoyo que nos brindaron oportunamente para dar un paso más en nuestra vida profesional.

A nuestro asesor Ing. Edgar Sparrow Álamo, por su orientación y apoyo durante el desarrollo de la presente Tesis.

A nuestros Docentes y Secretaria de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, por los conocimientos brindados, dándonos una formación ética y profesional.

A todos muchas gracias, pues en el momento en que las palabras no son suficientes para expresar lo que el alma desea, simplemente queda decir aquello que por su significado extenso y sin límites es, GRACIAS.

***ANDY & YASUNARI***



## ÍNDICE

RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO</b>	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.2. LIMITACIONES	15
1.3. OBJETIVOS	15
1.2.2.1 OBJETIVO GENERAL	15
1.2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	15
1.4. HIPÓTESIS Y VARIABLES	16
1.4.1 HIPOTESIS	16
1.4.2 VARIABLES	16
1.4.2.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	16
1.4.2.2 VARIABLE DEPENDIENTE	16
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL</b>	
2.1. ORIGEN Y FORMACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA	18
2.1.1. AGUAS SUBTERRÁNEAS	19
2.1.2. ACUÍFEROS	20
2.2. ETAPAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	22
2.2.1. UBICACIÓN	22
2.2.1.1. INVENTARIO DE POZOS EXISTENTES	23
2.2.1.2. INDICIOS EN LA SUPERFICIE	24



---

2.2.1.3. DISTANCIAS PARA LA UBICACIÓN DE POZOS	24
2.2.2. EXPLORACIÓN	25
2.2.2.1. PERFORACIÓN EXPLORATORIA	26
2.2.3. PERFORACIÓN	27
2.2.3.1. PRUEBA DE CAPTACIÓN	31
2.2.4. DISEÑO	31
2.2.4.1. DIÁMETRO DEL POZO	32
2.2.4.2. PROFUNDIDAD DEL POZO	33
2.2.4.3. TIPOS Y SELECCIÓN DE REJILLAS	34
2.2.4.3.1. ABERTURA DE REJILLAS	36
2.2.4.3.2. LONGITUD Y UBICACIÓN	37
2.2.4.3.3. SELECCIÓN DE MATERIAL	37
2.2.4.4. SELECCIÓN DE LA BOMBA	39
2.2.5. CONSTRUCCIÓN	40
2.2.5.1. PROTECCIÓN SANITARIA	40
2.2.5.2. FILTRO DE GRAVA	41
2.2.5.2.1. SELECCIÓN DE MATERIAL	42
2.2.5.2.2. ESPESOR DEL EMPAQUE DE GRAVA	44
2.3. HIDRÁULICA DE POZOS	44
a) Nivel estático	45
b) Nivel de bombeo o nivel dinámico	45
c) Abatimiento de un pozo	45
c) Rendimiento de un pozo	46
2.3.1. PRUEBAS DE BOMBEO	46
2.3.1.1. TRANSMISIVIDAD	48

---



---

2.3.1.2. CAPACIDAD ESPECÍFICA	49
2.4. INDICADORES OPERACIONALES DE POZOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	50
2.4.1. TURBIDEZ	50
2.4.2. DISMINUCIÓN DE LA CAPACIDAD PRODUCTORA	53
2.4.3. CONTAMINACIÓN	56
2.5. DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE POZOS DE AGUA	57
<b>CAPITULO III. MATERIALES Y PROCEDIMIENTO</b>	
3.1. ACONDICIONAMIENTO DEL ÁREA DE TRABAJO	62
3.2. EQUIPO DE PERFORACIÓN	63
3.3. PROCEDIMIENTO DE PERFORACIÓN	65
<b>CAPITULO IV. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b>	
4.1. CRITERIOS DE UBICACIÓN DE PERFORACIÓN	72
4.2. PERFORACIÓN RC PARA TOMA DE MUESTRAS	73
4.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MUESTRAS	74
4.4. PERFIL LITOLÓGICO Y ALTERACIÓN HIDROTERMAL	74
4.5. PRUEBA DE AIRLIFT	76
4.6. DISEÑO DEL POZO	78
4.7. SELLADO DE CEMENTO BENTONITA	79
4.8. CONSTRUCCIÓN DEL POZO	80
4.9. MATERIALES UTILIZADOS	84
4.10. EQUIPAMIENTO	85
4.11. CAUDAL OPTIMO DE BOMBEO	87
4.12. REGIMEN DE APROVECHAMIENTO	90

---



## **CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. CONCLUSIONES	92
5.2. RECOMENDACIONES	94

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

## **ANEXOS**



## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación consiste en dar a conocer la necesidad de caudales de agua en mina Pierina para poder abastecer las necesidades propias de la operación y cumplir con los compromisos sociales, ambientales y legales en la descarga de agua a las comunidades.

En vista de la importancia social que demanda este recurso se consideró perforar un nuevo pozo, para esto se realizó un estudio hidrogeológico para la ubicación, diseño, construcción, mantenimiento y operación que se debe seguir para obtener el pozo. Al mismo tiempo se optimizo la operación de los pozos y el sistema de recepción mediante la ejecución de un plan de consumo de agua trayendo como beneficio las buenas relaciones sociales.

El estudio de la construcción y puesta en marcha del pozo de bombeo dio buenos resultados en su caudal (16-18 lps), satisfactorio para cumplir con la demanda establecida de 12 lps.



## **ABSTRACT**

This research work consist in to make known the need water flow for in PIERINA MINE, in order to supply their own needs of the operation and meet social commitments, environmental and legal in the discharge of water to communities.

Given the social importance of this resource demand, it was considered drilling a new well, for this a hydrogeological study was conducted for location, design, construction, maintenance and operation to be followed for the well. At the same time the operation of wells is optimized and the receiving system through the implementation of a plan of water consumption as a benefit bringing good social relations.

The study of the construction and commissioning of pumping well yielded good results in its flow (16-18 lps), satisfactory to meet the demand established 12 lps.



## **INTRODUCCION**

El agua cumple un rol muy importante en las operaciones mineras. Para proyectos mineros nuevos o ampliaciones de mina, el agua subterránea suele ser una buena alternativa de abastecimiento, ya que siempre está presente cerca de la mina o en ella misma.

La Minera Barrick Misquichilca se dedica a la exploración y producción de oro en las concesiones mineras de su propiedad. La Mina Pierina es una operación a tajo abierto, está ubicada en el distrito de Jangas, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, a 13 kilómetros del pueblo de Jangas, entre los 3.800 y 4.200 metros de altura.

En este caso para un proyecto minero es necesario un adecuado control y monitoreo del agua subterránea. Permitiendo predecir los impactos ambientales posibles y por tanto formular correspondientes medidas de mitigación y control. La Mina Pierina se abastece de agua por medio de 4 pozos subterráneos, de los cuales 3 se utilizan en el mantenimiento de las instalaciones y riego de vías, y 1 para suministrar agua a las comunidades en el uso de riego y consumo.

En función a lo anterior se ha desarrollado la creación de un nuevo pozo ubicado en el tajo, que sirva de contingencia ante la posible pérdida del único pozo que se utiliza para abastecimiento de agua a comunidades



## **CAPITULO I**

# **PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**



## CAPITULO I: PLANTEAMIENTO METODOLOGICO

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

La Mina Pierina se abastece de agua por medio de 4 pozos subterráneos, de los cuales 3 se utilizan en el mantenimiento de las instalaciones y riego de vías, y 1 para suministrar agua a las comunidades en el uso de riego y consumo.

El abastecimiento de agua a las comunidades en temporada de lluvias se realiza a través de la captación, almacenamiento y tratamiento de las aguas acidas provenientes de las escorrentías superficiales del tajo y en temporada de estiaje se recurre al bombeo de agua subterránea del único pozo que cumple esta función, el cual por planes de minado de relleno en la zona del tajo se pierda o se tenga que tapar.

En vista de la importancia que tiene el agua para mantener los compromisos sociales, ambientales y legales con las comunidades, y debido a la escasez del recurso en épocas de estiaje, surge la necesidad de perforar un nuevo pozo documentando los procedimientos y estableciendo criterios que permitan tomar decisiones al momento de construir otro pozo.

El presente proyecto de trabajo de investigación estará referido a un estudio cualitativo y cuantitativo de los resultados que brindará la



construcción de un nuevo pozo denominado DW-26, habiéndose para tales efectos realizado un estudio hidrogeológico, para que de esta manera satisface la demanda de 12 lt/s durante todo el año.

## **1.2. LIMITACIONES:**

Los materiales y equipos necesarios para la perforación de un pozo no son producidos en nuestro país, siendo importados y ello conlleva a dificultar la captación del agua por este método.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. Objetivo General:**

- El objetivo principal de este trabajo es dar a conocer el procedimiento de perforación e instalación de un pozo de bombeo de gran profundidad por el método rotación inversa (RC) para el drenaje subterráneo del tajo en mina Pierina, garantizando su producción sustentable.

### **1.3.2. Objetivos Específicos:**

- Establecer los criterios y factores que se deben considerar para la ubicación, diseño, construcción y mantenimiento de un pozo de bombeo.



- Desarrollar herramientas que garanticen la producción sustentable evaluando los parámetros de operación de campo de pozos.
- Cumplir con una demanda de 12 lt/s de agua para el abastecimiento externo.
- Aplicar los conocimientos obtenidos en la universidad y los criterios necesarios para el desarrollo de un pozo de bombeo de aguas subterráneas.

#### **1.4. HIPOTESIS Y VARIABLES**

##### **1.4.1. Hipótesis:**

- Mediante la perforación de un nuevo pozo se logrará extraer agua subterránea destinada a satisfacer la demanda a las comunidades en la zona norte de mina Pierina en el distrito de Jangas.

##### **1.4.2. Variables:**

###### **1.4.2.1. Variable Independiente:**

- Pozo de bombeo de agua subterránea

###### **1.4.2.2. Variable Dependiente:**

- Captación de agua.
- Dotación de agua para satisfacer la demanda.



## **CAPITULO II**

# **MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

### 2.1 . ORIGEN Y FORMACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

En la tierra sólo existen dos fuentes de agua a la disposición del hombre: las de la superficie, que comprenden lagos, ríos, áreas de drenaje que envían agua hacia los embalses y los procedimientos que permiten captar y retener agua de lluvia; y las subterráneas que incluyen a los pozos, manantiales y galerías horizontales.

El agua de superficie, puede convertirse en agua subterránea, pudiendo a su vez emerger de nuevo como agua superficial (manantial) en un tercer sitio. Esto es posible por las interconexiones hidráulicas que existen en el subsuelo.



Figura 01. Ciclo del agua.



### 2.1.1. AGUAS SUBTERRÁNEAS

El término agua subterránea no se refiere a un agua cualquiera que se encuentre por debajo de la superficie del terreno. Es el agua que se encuentra en las rocas, sean consolidadas o no.

El agua que se infiltra en el suelo se denomina agua subsuperficial pero no toda se convierte en agua subterránea. Tres son los hechos fundamentales que ocurren con esta agua:

- Una primera fracción es retenida en la franja intermedia del suelo. Su función es la de hidratar la tierra, y eventualmente es devuelta a la atmósfera por evaporación.
- Una segunda parte, es absorbida por las raíces de las plantas que crecen en el suelo, ingresando de nuevo a la atmósfera a través del proceso de transpiración.
- Por último, el agua que se ha infiltrado en el suelo, desciende por la fuerza de gravedad hasta alcanzar el nivel de la zona de saturación que constituye el depósito de agua subterránea o acuífero y que abastece de la misma a los pozos.



### 2.1.2. ACUÍFEROS

Un Acuífero es un estrato natural permeable y poroso que tiene capacidad de almacenar agua y permitir su movimiento en todas las direcciones dentro de dicho estrato.

Las aguas almacenadas en los acuíferos tienen su origen en la infiltración o recarga de aguas superficiales, provenientes de lluvias, ríos, lagos y lagunas. Según el tipo de acuífero se clasifican en acuíferos freáticos y artesianos.

- **Acuífero Freático:**

Es aquel acuífero donde su límite superior queda definido por el nivel de agua sometido a presión atmosférica (nivel freático), tal como si estuviese contenida en recipiente abierto. Este tipo de acuífero se puede denominar acuífero no confinado o acuífero libre.

En cualquier nivel dentro del acuífero freático o libre, la presión hidrostática es equivalente al peso de la columna de agua y se expresa en metros de agua. La superficie freática no es una superficie estacionaria, sino que fluctúa periódicamente, elevándose cuando más agua penetra hasta la zona de saturación (lluvia) y descendiendo en períodos de sequía.

- **Acuífero Artesiano:**

Es aquel que se encuentra confinado, es decir, que yace entre estratos impermeables que se encuentran por encima y por debajo del mismo. Este

tipo de acuífero se puede denominar acuífero confinado o agua subterránea confinada. Debido a la presencia del estrato superior, el agua del acuífero no se encuentra expuesta a la presión atmosférica. Así pues, el agua se ubica dentro de los poros del acuífero a una presión mayor a la atmosférica.

Cuando se perfora un pozo a través de un estrato confinante superior y se penetra dentro del acuífero artesiano, el agua asciende por dentro del pozo hasta alcanzar algún nivel cuya elevación se halla por encima del techo del acuífero. El nivel del agua dentro del pozo equivale a la presión artesiana del acuífero.

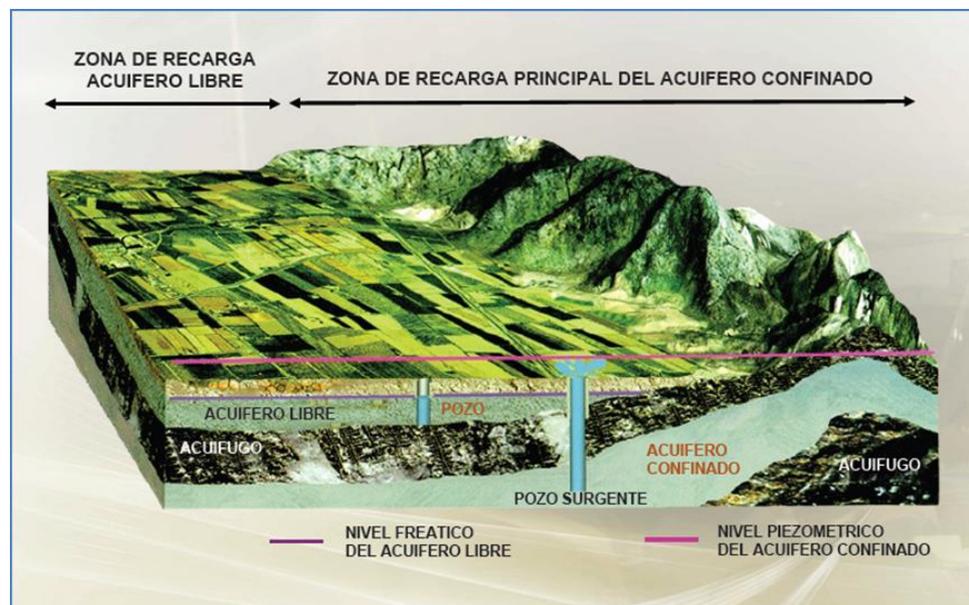


Figura 02. Tipos de Acuífero

## 2.2. ETAPAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

En esta sección se presenta una revisión bibliográfica secuencial de los pasos a seguir en la construcción de pozos de agua subterránea y los criterios empleados por la compañía contratada para la realización de las perforaciones.

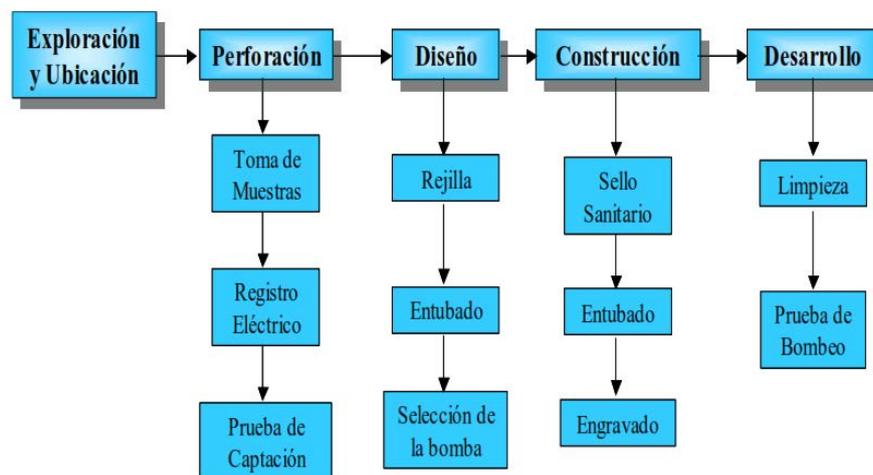


Figura 03. Diagrama de bloque para la construcción de pozos

### 2.2.1. UBICACIÓN:

Encontrar la ubicación correcta para un pozo que produce un buen abastecimiento de agua constante durante todo el año, suele ser trabajo para expertos en esta área, como son los hidrólogos, geólogos, geofísicos y en ocasiones ingenieros sanitarios. Es de suma importancia consultar con estos expertos antes de llevar a cabo una exploración de este tipo, para así obtener información que permita reducir el número de perforaciones de inspección, orientar su localización y en todo caso fundamentar racionalmente la estimación de un presupuesto.



Previamente a los estudios de exploración de inspección; la ubicación del sitio adecuado para la construcción de un nuevo pozo se basa en dos herramientas fundamentales, las cuales son: inventario de pozos existentes y los indicios en la superficie.

### 2.2.1.1. INVENTARIO DE POZOS EXISTENTES

Para ubicar el lugar de construcción preciso para un pozo subterráneo de agua, primero hay que contar con un inventario de los pozos existentes en la zona seleccionada; así como también con los registros de perforación y diseño de los mismos.

El inventario de pozos puede suministrar la siguiente información:

- **Pozos en funcionamiento** se puede conocer su profundidad y caudal de producción, así como también el comportamiento del pozo durante las diferentes épocas del año (sequía, lluvia) de igual forma se conocerá la calidad del agua producida.
- **Pozos fuera de funcionamiento** se podrán conocer las causas por las que dejó de funcionar, que bien pueden ser deficiencia en el flujo o caudal de producción, indicando la presencia de un acuífero pobre o si los problemas son de calidad del agua (exceso de minerales o contaminación).



### **2.2.1.2. INDICIOS EN LA SUPERFICIE**

En este caso el hidrólogo está preparado para visitar la zona a explorar y efectuar una observación más cercana de cualquier indicio superficial del agua subterránea.

Se examinan con mayor detalle las características superficiales que se habían notado en previas revisiones de planos topográficos y fotos aéreas. Entre las características que podrían proporcionar indicios valiosos se encuentran los accidentes de terreno, la estructura de la red hidrográfica, los manantiales, los lagos y vegetación.

Es probable que el agua del suelo aparezca con mayor cantidad en los valles que en las colinas.

### **2.2.1.3. DISTANCIAS PARA LA UBICACIÓN DE POZOS**

Los sitios seleccionados para la ubicación de pozos de agua subterráneas, cuyas aguas se pretendan utilizar para consumo humano deberán cumplir con las siguientes distancias mínimas exigidas por la norma. (Normas Sanitarias para la Ubicación, Construcción, Protección y Mantenimientos de Pozos Perforados Destinados al Abastecimiento de Agua Potable. Gaceta Oficial N° 36.298, Venezuela, septiembre 1997), como se observa en la siguiente tabla:



ZONA	DISTANCIA (m)
Plantas industriales	30
Calles, linderos, sótanos de edificaciones	10
Pozos existentes	> 50
Granjas avícolas, porcinas, establos y caballerizas	100

*Tabla 01. Distancias mínimas exigidas para la ubicación de nuevos pozos*

Estas distancias se deben cumplir para evitar extraer agua de acuíferos contaminados y para evitar la interferencia entre pozos.

### **2.2.2. EXPLORACIÓN:**

Todos los métodos empleados de exploración tienen un objetivo común, determinar las características geoelectricas del subsuelo y a partir de ellas diferenciar los principales intervalos arenosos con posibilidades acuíferas, intervalos arcillosos no acuíferos y basamento rocoso no acuífero, de la evaluación de estos parámetros se define la zona más favorable para la perforación de nuevos pozos.

Existen diversos métodos para llevar a cabo este objetivo los cuales se muestran a continuación:

TIPO DE ZONA	MÉTODO	PRINCIPIO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Zonas Vírgenes o Poco Pobladas	<i>Sondeos por Refracción Sísmica</i>	Medición de ondas de choque producidas por explosivos	Exploración desde la superficie.	Sólo se realiza en campos abiertos. Generalmente empleada en zonas petroleras.
	<i>Estudio de Resistividad</i>	Medición de corriente eléctrica de las formaciones	Permite conocer la presencia de agua en los estratos sin necesidad de perforar.	Los resultados se ven afectados por tuberías y materiales conductores encontrados en la zona a explorar.
Zonas Industrializadas	<i>Perforación Exploratoria</i>	Perforación del terreno	Observación de los materiales encontrados bajo la superficie.	Requiere maquinaria pesada y se perfora el terreno a profundidades desde 50 hasta 200 metros.

Tabla 02. Tabla comparativa de los métodos exploratorios.

Fuente: "Desarrollo de Aguas Subterráneas".  
Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela

El método utilizado para exploración de nuevos pozos fue la perforación exploratoria.

### 2.2.2.1. PERFORACIÓN EXPLORATORIA

En una perforación exploratoria, las muestras de material geológico que se obtengan, se examinan y analizan para determinar el carácter, la profundidad y el espesor de los diversos estratos. Entonces, las guías más valiosas para una exploración son las rocas; es por ello que el método más seguro para conocer las características de las formaciones que yacen por debajo de la superficie del terreno es la perforación exploratoria o de prueba, la cual sigue los pasos de la perforación de un pozo pero a menor escala.



En las perforaciones exploratorias se busca primordialmente obtener lo siguiente: identificación y localización del sitio de cada perforación, un registro de los estratos penetrados, las muestras representativas de los estratos que se han penetrado, la profundidad del nivel estático del agua y las muestras de agua de los acuíferos potenciales.

### 2.2.3. PERFORACIÓN:

Luego de culminado el proceso de exploración, donde se ubicó el lugar de la futura construcción de un pozo, el paso siguiente es realizar la perforación.

Actualmente, existen varios métodos para perforar pozos de agua. Éstos se relacionan con los diseños del pozo y los requisitos particulares de tubería y rejillas.

En la siguiente tabla se ofrece una breve explicación de estas técnicas de acuerdo a la formación a perforar.

TIPO DE FORMULACIÓN	MÉTODO DE PERFORACIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Consolidadas	<i>Percusión Hidráulica</i>	Se obtienen muestras compactas de las formaciones.	Pozos de uso doméstico de menor diámetro. Su uso queda restringido a suelos arcillosos.
	<i>Rotación Hidráulica</i>	La perforación es más rápida. Utiliza diferentes tamaños de brocas dependiendo del material. El muestreo resulta más fácil.	Necesita un control adecuado del lodo de perforación.
		Se logra un muestreo exacto	Ocurren derrumbes del pozo



<b>No consolidadas (suaves)</b>	<i>Percusión con herramienta y cable</i>	del material perforado. Se necesita menos agua para la operación que en los métodos hidráulicos.	con frecuencia por lo que se debe ir entubando a medida que se va perforando. La perforación es muy lenta.
	<i>A hinca</i>	No necesita máquina de perforación. Es económica y rápido.	Sólo para suelos arcillosos. No se obtienen muestras de los estratos.

*Tabla 03. Métodos de Perforación*

*Fuente: "El agua subterránea y los pozos  
Publicaciones Johnson Screens*

Debido al tipo de estrato que se encuentra en la zona donde está ubicada mina Pierina, la compañía perforadora empleó para la perforación de nuevos pozos, el Método de Rotación Hidráulica (RC), el cual es el más usado y consiste en perforar un agujero mediante la acción rotatoria de una broca o mecha con carga controlada y remover los fragmentos que se producen con un fluido que continuamente se hace circular, llamado lodo de perforación cuya composición es agua con aditivos (bentonita) para proporcionar viscosidad y estabilidad al pozo.

Este se inyecta en forma descendente por la barra y a través de la herramienta de corte, el que se hace ascender por el pozo para arrastrar los fragmentos que se separan y eliminan en la superficie.

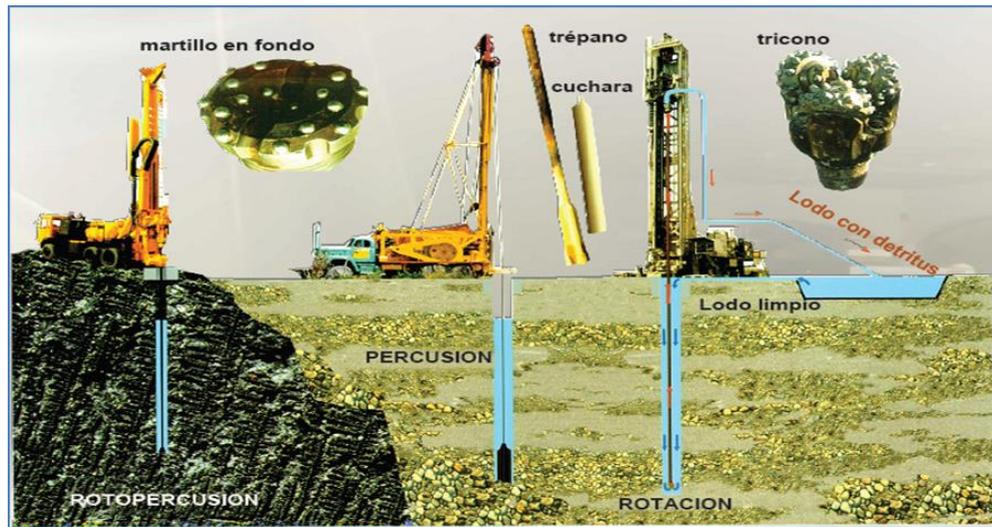


Figura 03. Equipos para la perforación e instalación de piezómetros.

Las partes básicas de una máquina de perforación rotatoria son una torre de perforación y un elevador; una mesa giratoria operada mecánicamente que hace girar el vástago del barreno con su broca; una bomba para impulsar el fluido de perforación a través de una sección de manguera y una unión giratoria entre el vástago y la punta de la broca y una unidad motriz (motor).

El método de rotación hidráulica se realiza con diferentes tamaños de brocas dependiendo de la dureza del terreno.

Las siguientes figuras dan una muestra de los tipos de brocas y las máquinas de perforación empleadas en la perforación de pozos:



Figura 04. Brocas y mechas de perforación.

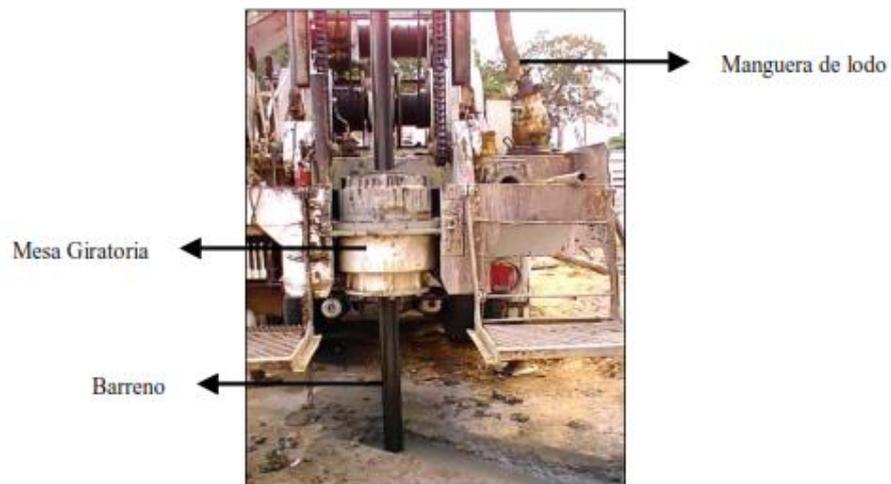


Figura 05. Sección móvil de la máquina de perforación

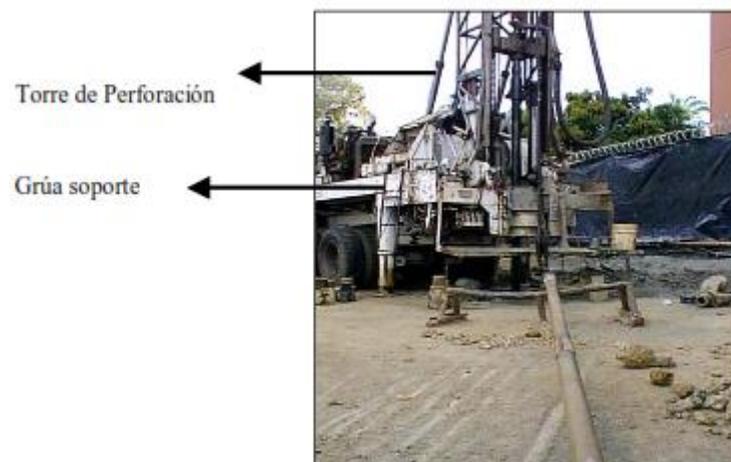


Figura 06. Sección fija de la máquina de perforación



Durante las perforaciones se toman muestras cada metro del material perforado.

#### **2.2.3.1. PRUEBA DE CAPTACIÓN**

Dicha prueba se realiza para estimar el caudal promedio que se puede obtener del pozo.

El criterio que determina si el pozo es buen productor, se basa en la magnitud de caudal obtenido durante dicha prueba. El procedimiento consiste en inyectar aire al pozo, de tal manera que la diferencia de presión extraiga el agua.

La prueba de Air Lift se debe realizar a presión constante durante 10 minutos hasta estabilizar el flujo de agua, a partir del minuto 11 se debe de empezar a tomar las medidas de caudal, con la ayuda de un cronómetro y recipiente graduado.

Es recomendable tomar la medida tres veces para ajustar el error. La relación entre caudal que se obtendría con el equipo de bombeo es 2.5 a 3 veces al alcanzado con el compresor, entonces si el caudal obtenido es mayor a 5 l/s, el pozo se considera buen productor con un caudal entre 10 y 15 l/s.

#### **2.2.4. DISEÑO:**

El diseño de un pozo de agua implica escoger los factores dimensionales apropiados para la estructura de éste y de los materiales que se van a utilizar en su construcción. Para esta etapa resulta de utilidad considerar al pozo como una estructura que consiste en dos elementos principales como se muestra en la siguiente figura: equipo de bombeo y suministros y el elemento de captación del pozo o rejillas

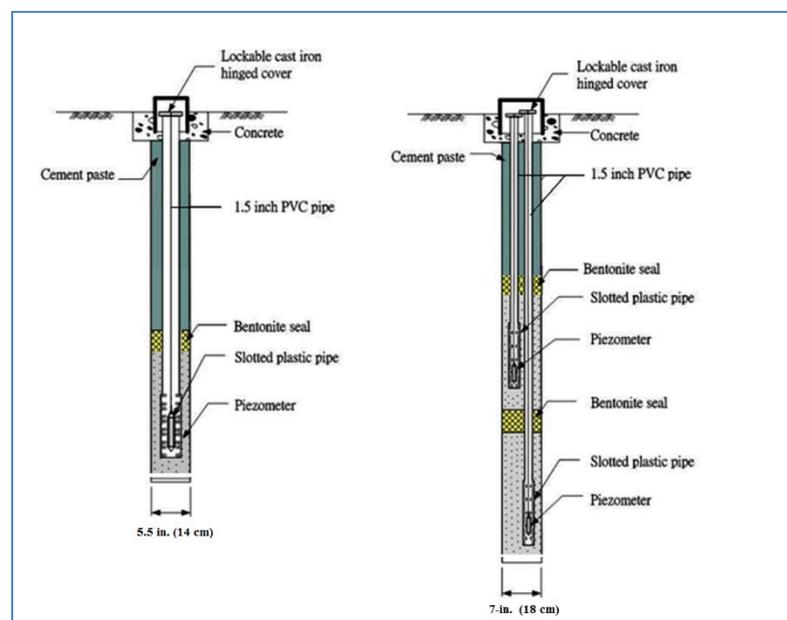


Figura 07. Perfil de construcción de un pozo

#### 2.2.4.1. DIÁMETRO DEL POZO

El diámetro del pozo debe escogerse de modo que satisfaga dos requisitos:

- El ademe, forro o tubo ciego del pozo debe ser lo suficientemente amplio que permita acomodar la bomba con tolerancia adecuada para su instalación y eficiente funcionamiento.

- El diámetro del intervalo de captación del pozo debe ser tal que garantice una buena eficiencia hidráulica del mismo.

Al escogerse el tamaño del ademe, el factor que gobierna es el tamaño de la bomba que va a necesitarse para la descarga deseada o potencial del pozo. El diámetro del ademe debería ser de dos números mayor que el diámetro nominal de la bomba.

El diámetro empleado en el pozo DW-26 es de 12 pulg., ya que la mayoría de los pozos producen un promedio de 10 l/s, para mayores caudales mayores diámetros.

A continuación se representan los tamaños de ademe que se recomiendan para diversos rangos de rendimiento o caudal de bombeo.

CAUDAL (l/s)	DIÁMETRO DE LA BOMBA (pulg)	DIÁMETRO ÓPTIMO DEL ADEME (pulg)	DIÁMETRO MÍNIMO DEL ADEME (pulg)
Menor que 7	4	6 DI	5 DI
5 a 12	5	8 DI	6 DI
10 a 25	6	10 DI	8 DI
22 a 42	8	12 DI	10 DI
38 a 57	10	14 DE	12 DI
53 a 83	12	16 DE	14 DE
75 a 113	14	20 DE	16 DE
100 a 200	16	24 DE	20 DE

DI: Diámetro interno

DE: Diámetro externo

Tabla 04. Diámetros recomendados en pozos

Fuente: "El agua subterránea y los pozos  
Publicaciones Johnson Screens



#### **2.2.4.2. PROFUNDIDAD DEL POZO**

La profundidad que se espera darle al pozo se determina por lo general mediante los datos de pozos existentes (si los hay) o mediante registros litológicos o eléctricos realizados en el período de exploración. Habitualmente el pozo se termina en el fondo del acuífero, debido a dos razones:

- Se utiliza mayor espesor del acuífero como intervalo de captación del pozo.
- Puede obtenerse mayor abatimiento disponible, permitiendo un mayor caudal de descarga.

Una condición que hace no seguir las reglas antes mencionadas, es encontrar agua de mala calidad en la parte inferior del acuífero. En caso tal, el pozo deberá completarse hasta una profundidad que excluya esa agua y obtener así la mejor calidad que se encuentre disponible, esto no debería suceder si se siguen las normas de distancia para pozos mencionadas.

Además hay que tener en cuenta la ubicación de la bomba, ésta no debe ir colocada en las rejillas porque traería problemas de arrastre de sólidos, entonces, si no hay lugar entre las rejillas y el tubo ciego es recomendable perforar 3 o 4 metros después la roca madre o esquisto.

#### **2.2.4.3. TIPOS Y SELECCIÓN DE REJILLAS**

El factor que más influye en el funcionamiento de un pozo, es el diseño y construcción de la rejilla.



Una rejilla adecuadamente diseñada combina un alto porcentaje del área abierta para el flujo relativamente libre dentro del pozo, con potencia suficiente para resistir las fuerzas a las que pueda estar sujeta la rejilla durante su instalación en el pozo y después de ella. Las aberturas de la rejilla, preferiblemente deberán tener una forma que facilite la entrada al flujo dentro del pozo, y a la vez dificulte a las partículas pequeñas alojarse permanente en ella restringiendo en sí el paso del flujo.

A continuación se mencionan varios tipos de rejillas de pozo.

TIPO DE REJILLA	VENTAJAS	DESVENTAJA
Ranura Continua	Debido al diseño de su abertura el material fino no la puede obstruir. Brinda más área de capacitación por metro, que otros tipos.	Se fabrican en secciones de 3 metros de largo. Pueden romperse al momento de su instalación.
Tipo Persiana	Se fabrican hasta 12 metros de largo.	Porcentaje de área abierta reducido. No se puede usar en pozos con filtro de grava.
Ranuras Fresadas	Posee mayor resistencia la colapso.	Usada en pozos petroleros. Presenta mayor obstrucción en la ranuras debido al espesor de sus paredes.
Tubo Ranurado	Se usa como sustituto improvisado de rejillas.	El porcentaje del área abierta es bajo. Las aberturas son inexactas y varían de tamaño. No se recomienda para materiales finos. No es resistente a la corrosión.

*Tabla 05. Tipos de Rejilla*

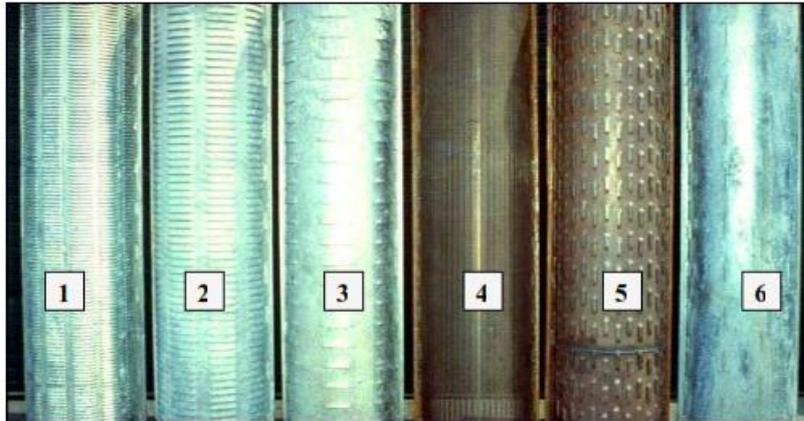
*Fuente: "El agua subterránea y los pozos  
Publicaciones Johnson Screens*

(1,2, y 3) Rejillas tipo persiana.

(4) Rejilla de ranura continúa.

(5) Tubo ranurado.

(6) Rejilla fresada.



*Figura 08. Tipos de Rejillas*

Las rejillas empleadas para la captación de agua subterránea de los pozos de mina Pierina, son del tipo "Ranura Continua", ya que son las que mejor se adaptan a los requerimientos.

#### **2.2.4.3.1. ABERTURA DE LA REJILLA**

Un conocimiento del método de selección de las aberturas de la rejilla requiere ante todo un conocimiento del proceso y los objetivos del desarrollo del pozo.

El objeto del desarrollo de un pozo es retirar el material más fino en la mayor cantidad posible de una zona alrededor del pozo, la cual tiene lugar en la rejilla y fuera del revestimiento, con el fin mejorar la capacidad específica y la eficiencia del mismo. Por lo tanto, el tamaño limitante del material que se retira, determina el tamaño de las aberturas de las ranuras de la rejilla. Para determinar el tamaño limitante, primero debe llevarse a cabo un análisis del

tamaño de la partícula de la capa acuífera, determinando a través de tamices el porcentaje de material retenido en las mallas de éstos.

La rejilla debe tener la mayor apertura posible que sea compatible con la retención del paquete de filtro en un pozo con envoltorio de grava o con el material de la formación en los pozos sin estos envoltorios.

Nº ABERTURA	10	20	40	60
Abertura (pulg)	0.010	0.020	0.040	0.060
Abertura (mm)	0.25	0.50	1.00	1.50

*Tabla 06. Abertura de rejillas de ranura continua disponibles en el mercado*

#### **2.2.4.3.2. LONGITUD Y UBICACIÓN DE LA REJILLA.**

La longitud de la rejilla va a depender directamente del estudio litológico y del registro eléctrico dado por la perforación de exploración. En aquellos estratos en donde la resistividad sea mayor, debe ir colocada una rejilla, para aumentar el área de captación de agua.

Con respecto a la longitud, esta va a depender de la profundidad que tengan los estratos más permeables. En el caso de rejillas de ranura continua que son fabricadas en segmentos de 3 metros, debe ajustarse a los estratos, utilizando múltiplos de tres.

#### **2.2.4.3.3. SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LA REJILLA**

Con respecto al material de la rejilla, hay tres aspectos que gobiernan a la hora de seleccionar el material:

- Contenido mineral del agua a explotar
- Presencia de jaleas bacterianas
- Resistencia del material

El contenido mineral del agua subterránea se obtiene mediante un análisis químico. Este estudio revela si el agua del subsuelo es corrosiva o incrustante, lo que variará la selección del material; los materiales más utilizados y recomendados por los fabricantes, se muestran a continuación.

METAL ALEACIÓN	COMPOSICIÓN NOMINAL	APLICACIONES SUGERIDAS
MONEL	70% níquel 30% cobre	Alto cloruro. Oxígeno disuelto
ACERO INOXIDABLE	74% acero 18% cromo 8% níquel	Sulfuro de hidrógeno. Oxígeno disuelto. Dióxido de carbono. Bacteria ferrosa
EVERDUR	96% cobre 3% sílice 1% manganeso	Alta dureza total. Alto cloruro. Alto contenido de hierro. Resistente a los tratamientos con ácidos.
BRONCE ROJO AL SILICIO	83% cobre 16% zinc 1% sílice	Usado para las mismas condiciones del EVERDUR, pero inferior y no tan resistente.
HIERRO ARMCO	99.84% hierro puro (doblemente galvanizado)	No es resistente a la corrosión. Es utilizado en agua neutra.
ACERO	99.35 / 99.72% hierro 0.09 / 0.15% carbono 0.20 / 0.50% manganeso (doble galvanización)	Se recomienda en aguas no corrosivas, ni incrustantes.

*Tabla 07. Material recomendado para rejillas de pozos*

*Fuente: “Desarrollo de Aguas Subterráneas”  
 Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela.*



El acero inoxidable es especialmente resistente a los efectos dañinos del sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbono y agua salobre. Las rejillas de acero inoxidable permiten la remoción de incrustaciones usando ácidos, un método no recomendado para otros tipos de acero.

El acero se recomienda cuando tanto las consideraciones económicas como la resistencia y eficiencia son requisitos importantes. En los pozos de la mina el material utilizado es el acero compuesto de carbono.

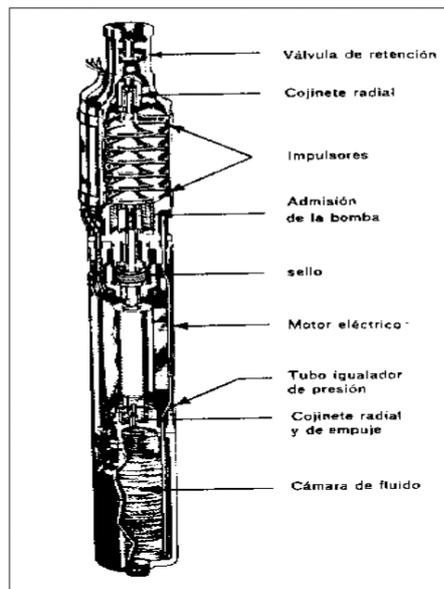
#### **2.2.4.4. SELECCIÓN DE LA BOMBA**

Una vez completado el pozo, deberá instalarse algún tipo de bomba para elevar el agua y llevarla hasta el punto de uso. En lo que a pozos subterráneos se refiere existen dos formas de clasificar las bombas: de pozo somero y de pozo profundo.

Las primeras se colocan por encima del pozo y toma el agua de este mediante aspiración. Las segundas se instalan dentro del ademe del pozo y por lo general con la campana sumergida por debajo del nivel de agua. Estas últimas son las más utilizadas en pozos para fines industriales, ya que manejan caudales de hasta 100 l/s. Por lo general las bombas de pozo profundo son centrífugas sumergibles verticales.

La selección adecuada de una bomba para su instalación en un pozo comprende la consideración de varios factores. El primer factor que debe

considerarse debe ser, necesariamente, el rendimiento de un pozo. Pese a lo evidente que parece, no es posible extraer más agua de un pozo que la cantidad determinada por su rendimiento máximo, .por lo tanto es riesgoso escoger una bomba cuya capacidad de descarga sea más grande que lo que rendirá el pozo.



*Figura 08. Bomba sumergible vertical*

### **2.2.5. CONSTRUCCIÓN:**

Una vez concluidas las labores de perforación y diseño, el paso siguiente es unir los resultados de las secciones anteriores y construir el pozo. El término construcción incluye la construcción de la protección sanitaria, colocar el entubado previamente diseñado y colocar el filtro grava.

#### **2.2.5.1. PROTECCIÓN SANITARIA**



Debido a que el agujero perforado es de mayor diámetro que el ademe a utilizar, es necesario cerrar este espacio vacío para evitar la contaminación del pozo con agua superficial y también para evitar posibles derrumbes.

Según la Gaceta Oficial N° 36.298 de septiembre de 1997 (Venezuela) de las normas sanitarias para la protección de pozos perforados destinados al abastecimiento de agua potable, en los artículos 36 y 37 se ordena:

- Esta construcción sellada deberá llevarse hasta alguna formación subsuperficial impermeable que esté confinado al acuífero, o hasta una profundidad segura por debajo del nivel dinámico o de bombeo previsto.
- El material del sello sanitario deberá ser concreto.
- Las dimensiones del sellado varían de acuerdo a las condiciones del terreno.

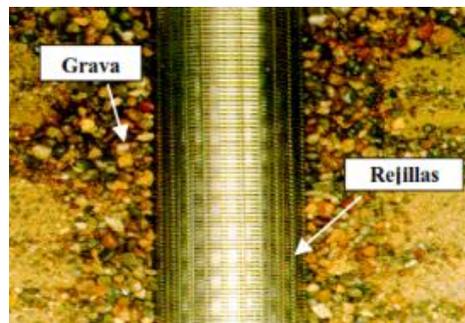
Aquellos pozos construidos en terrenos arenosos deberán tener un sello sanitario de 6 m de profundidad como mínimo y los elaborados en suelos arcillosos, deberán disponer de 8m. Con respecto al espesor, este podrá oscilar entre 5 y 15 cm.

#### **2.2.5.2. FILTRO DE GRAVA**

El pozo construido con un filtro de grava artificial, difiere del que se ha desarrollado de forma natural, ya que la zona periférica del pozo se ha hecho

más permeable para facilitar el acceso del agua hacia el pozo. El filtro de grava también es útil para fijar el ademe al terreno durante la instalación.

La importancia de los filtros de grava radica en que actúan como un ente filtrante, evitando así la acumulación de sólidos dentro del pozo y preservando la vida útil de las rejillas.



*Figura 09. Filtro de grava*

#### **2.2.5.2.1. SELECCIÓN DEL MATERIAL**

La elección de un empaque de grava y tamaño de partícula adecuados es una de las etapas más importantes en el diseño de pozos de agua. Aunque existen diversos criterios y métodos matemáticos para calcular la granulometría de empaque de grava, a continuación se explicará la técnica más común de selección en el campo.

Un vez conocido los análisis granulométricos de cada uno de los diferentes estratos que constituyen el acuífero, se determinará cual o cuales son los estratos que presentan las partículas más finas, entonces dependiendo de esto



se procede a seleccionar el tamaño de la grava, ya que la grava es realmente el medio filtrante, si la granulometría de los estratos es muy fina, se utilizará un empaque de grava fino para evitar el paso de partículas, y a medida que aumenta el grano del estrato se podría cambiar el tamaño de la grava, recalcando que en los pozos de mina Pierina se utilizan empaques de grava uniformes, esto es, una sola granulometría de empaque a todo lo largo del pozo sin tomar en cuenta el cambio de granulometría de los estratos, solo se selecciona la grava para contener los más finos y con esto se evita el paso de las partículas de mayor tamaño, y la rejilla se construye solo en función de la grava, para evitar que esta entre al entubado.

Las gravas pueden ser de origen marino o de río; se recomienda la grava de río por su uniformidad y esfericidad, y en el mercado existen cinco tipos distintos según su tamaño, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

GRAVAS	ASTM	mm
Nº 1	1 ¼" – 1"	31.75 – 25.40
Nº 2	1" – 5/8"	25.40 – 15.87
Nº 3	5/8" – 3/8"	15.87 – 9.53
Nº 4	3/8" – 3/16"	9.53 – 4.76
Nº 5	3/16" – 1/8"	4.76 – 2.00

*Tabla 08. Tamaño de gravas*

*Fuente: "Desarrollo de Aguas Subterráneas"  
Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela.*



### **2.2.5.2.2. ESPESOR DEL EMPAQUE DE GRAVA**

Usualmente, los espesores de empaques de grava son de 8 a 20 centímetros. Esto no es absolutamente necesario, ya que las pruebas han demostrado que uno o dos centímetros retendrían y controlarían satisfactoriamente las arenas de la formación, independientemente de la velocidad del agua que tiende a trasladar las partículas a través del empaque.

En la práctica no es posible construir un empaque con un espesor tan pequeño que logre rodear la rejilla completamente. Por consiguiente, para asegurarse que la capa de grava rodeará completamente la rejilla, un espesor de 8 cm se ha escogido como el mínimo que debe usarse en la práctica.

## **2.3. HIDRÁULICA DE POZOS**

Un pozo es una estructura hidráulica que debidamente diseñada y construida, permite efectuar la extracción económica de agua de una formación acuífera. Que tan adecuadamente se logra este propósito, es algo que depende de los siguientes puntos:

- Una aplicación inteligente de los principios de la hidráulica en el análisis del pozo y del comportamiento del acuífero.
- La destreza de perforar y construir pozos, lo que permite tomar ventaja de las condiciones geológicas.



- Una selección de los materiales que asegure una larga duración de la estructura.

Algunas definiciones importantes en la hidráulica de los pozos son:

**a) Nivel estático (m):** Es el nivel a que el agua permanece dentro de un pozo cuando no se está extrayendo agua del acuífero por bombeo o por descarga libre. Su distancia se expresa contando los metros desde la superficie.

**b) Nivel de Bombeo o nivel dinámico (m):** Este es el nivel a que se encuentra el agua dentro del pozo conforme avanza el bombeo.

$$ND = NE + S$$

*Donde:*

*ND: Nivel dinámico, en m (por debajo del nivel del terreno)*

*NE: Nivel estático, en m (por debajo del nivel del terreno)*

*S: Abatimiento (m)*

**c) Abatimiento de un pozo (m):** Significa el descenso que experimenta el nivel de agua del pozo entre el nivel estático y el nivel dinámico. Este representa la relación de carga, en metros de agua, que produce el flujo desde el acuífero hacia el pozo y el caudal que se está extrayendo.

$$S = NE - ND$$



**d) Rendimiento de un pozo:** Es el máximo volumen de agua por unidad de tiempo que el pozo puede descargar, ya sea por bombeo o por flujo natural, sin provocar desbalances considerables en el acuífero. Se expresa por lo general en m<sup>3</sup>/h, l/s, etc.

### 2.3.1. Pruebas de Bombeo

El objetivo principal de las pruebas de bombeo es determinar la cantidad máxima de agua que puede extraerse para mantener un equilibrio con la capacidad de recuperación o respuesta del acuífero, así como fijar los niveles estáticos y de bombeo. El agua se extrae en cantidades que van creciendo dentro de determinados intervalos de tiempo hasta que se llega al punto en que el descenso en el pozo permanece constante; en este punto, la cantidad de agua que fluye es igual a la cantidad de agua que se extrae.

Las pruebas de bombeo deben durar como mínimo 72 horas, para dar tiempo a que el pozo se estabilice. Una vez determinadas las condiciones de operación del pozo, debe seguirse extrayendo agua durante algún tiempo, 4 semanas como mínimo, para tener la seguridad de que no está agotando a través del pozo algún depósito subterráneo.

Con cada incremento de la cantidad extraída durante las pruebas de bombeo, el agua puede presentar al principio un aspecto turbio, conteniendo arena en suspensión. De esta forma se elimina el exceso de arena, imprescindible para la limpieza y desarrollo de toda nueva instalación de pozo. La experiencia



aconseja extraer durante algún tiempo una cantidad de agua superior en un 20 % a la prevista para el funcionamiento definitivo.

El agua extraída durante la prueba de bombeo debe desviarse de modo que resulte imposible su infiltración en el terreno del pozo. Durante la prueba se anotan constantemente el descenso y la cantidad extraída, detallando la hora exacta de cada medición.

Finalizada la prueba, debe medirse el tiempo que tarda en recuperarse el nivel de agua inicial. La velocidad de ascenso del nivel permite sacar conclusiones acerca del rendimiento de la corriente subterránea.

Con los datos obtenidos durante las pruebas de bombeo se realizan las siguientes operaciones:

- Calcular el abatimiento para cada medición del bombeo; es decir, restar el nivel estático menos el nivel de bombeo, para cada dato de nivel medido, luego se obtiene el valor promedio necesario para el cálculo de la Capacidad Específica.
- Luego de tener el abatimiento calculado, se gráfica el tiempo desde el inicio del bombeo, en escala logarítmica, versus el abatimiento en coordenadas geométricas.

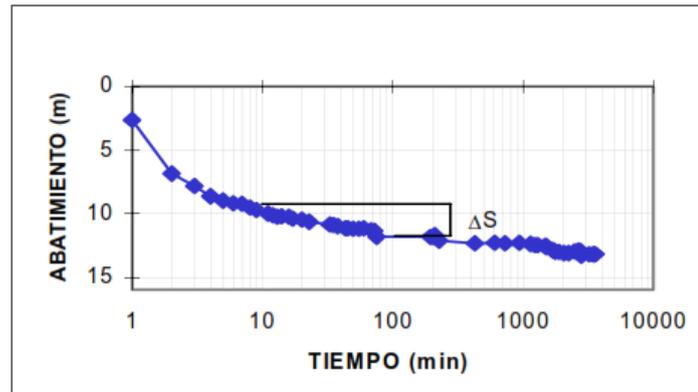


Figura 10. Gráfico de una prueba de bombeo

- Con el gráfico anterior se podrá visualizar si el pozo se llegó a estabilizar y de esta manera fijar los niveles estáticos y de bombeo.
- Adicionalmente, con la curva anterior, se realizan los cálculos de Transmisividad y Capacidad Específica que se explican a continuación.

### 2.3.1.1. TRANSMISIVIDAD

El **Coefficiente de Transmisividad** de un acuífero, indica la cantidad de agua que fluye en un día a través de una franja vertical acuífera cuya anchura es igual a la unidad.

Los valores del coeficiente de transmisividad varían desde un poco menos de 12 hasta más de 120 m<sup>2</sup>/día. Un acuífero, cuya transmisividad sea menor de 12 m<sup>2</sup>/día puede únicamente suministrar agua para usos domésticos o similares. Cuando la transmisividad es del orden de 120 m<sup>2</sup>/día o mayor, el rendimiento será adecuado a propósitos industriales municipales o de riego.



El coeficiente de transmisividad se calcula a partir del caudal de bombeo y de la pendiente de la recta de tiempo abatimiento, utilizando para ello la siguiente relación:

$T = 0,183 Q/\Delta s$ ; en la cual:

T: coeficiente de transmisividad (m<sup>2</sup>/día).

Q: descarga del pozo de bombeo (m<sup>3</sup>/h).

$\Delta s$ : pendiente de la recta, que se expresa como la diferencia de abatimiento entre 10 y 100 minutos en la escala logarítmica (un ciclo logarítmico).

El coeficiente de transmisividad es especialmente importante ya que define las características hidráulicas de la formación acuífera. El coeficiente de transmisividad indica cuánta agua se mueve a través de la formación. Si en un acuífero particular se puede determinar este coeficiente se podrán efectuar predicciones de gran significación. Algunas de éstas son:

- Capacidad específica de pozos de diferentes tamaños.
- Abatimiento en el acuífero, a diversas distancias del pozo de bombeo.
- El abatimiento en un pozo en cualquier tiempo después de haber comenzado el bombeo.

### 2.3.1.2. CAPACIDAD ESPECÍFICA

**La capacidad específica** de un pozo es el caudal por unidad de abatimiento, usualmente expresada por día. La capacidad específica, usualmente varía con



la duración del tiempo de bombeo; si el tiempo de bombeo aumenta, la capacidad específica disminuye.

Para el cálculo de la capacidad específica se utiliza la siguiente ecuación:

$C = Q/s$ ; donde:

Q: caudal (m<sup>3</sup>/día)

s: abatimiento (m)

C: capacidad específica (m<sup>3</sup>/día /m)

## 2.4. INDICADORES OPERACIONALES DE POZOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

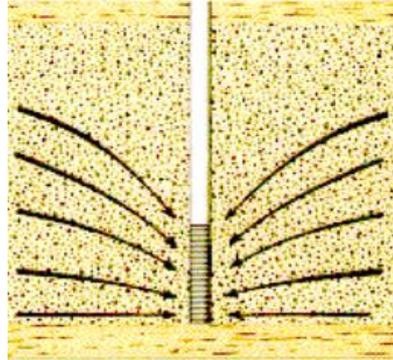
A continuación se presentan los problemas más comunes que afectan la capacidad operacional de los pozos, así como sus causas.

### 2.4.1. TURBIDEZ

Cuando el agua subterránea presenta más de 5 unidades nefelométricas (U.N.T.), puede haber indicios de:

#### a) Ubicación de la bomba o cabezal de succión en una rejilla

No es recomendable ubicar las bombas sumergibles a la misma altura que un juego de rejillas; debido a que se aumenta la presión y la velocidad del flujo en este tramo, y a su vez se acelera el paso de material sólido junto con el agua bombeada como se puede apreciar en la siguiente figura.



*Figura 11. Efectos de una bomba ubicada en rejilla*

**b) Abertura del final del ademe o punta de lápiz**

La abertura del final del ademe o punta de lápiz, ocurre en pozos que tienen muchos años en funcionamiento. La punta de lápiz, tiene como función principal, ser el depósito de todo el material sólido que ingresa al pozo por succión de la bomba. Con el transcurrir del tiempo, ésta se va llenando, y ocurren dos hechos importantes:

- El nivel de sólidos aumenta, y estos son succionados por la bomba aumentando la turbidez.
- El peso de los sólidos hace que la punta se abra hacia el exterior, permitiendo el libre paso de sólidos al cuerpo del pozo.

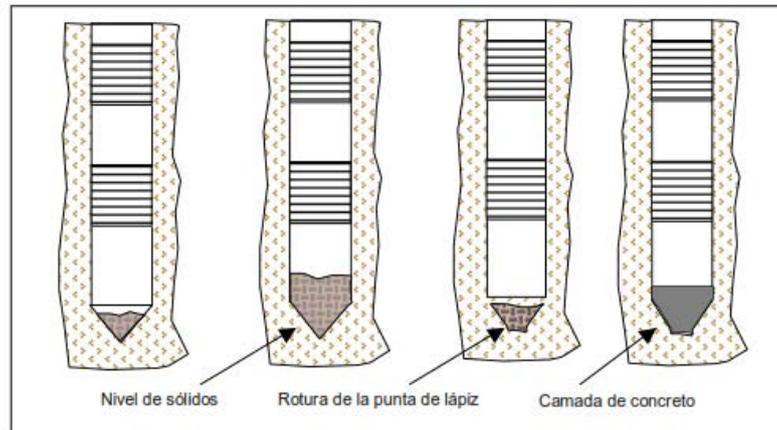


Figura 12. Acumulación de sólidos al final del lápiz

La forma más útil y económica que se ha conseguido para solventar este problema, es la colocación de una capa de concreto que sella la punta y así evita el paso de sólidos.

### c) Inestabilidad de Bombeo

Este factor se presenta debido a las numerosas paradas y arranques que efectúan los equipos de bombeo, cuando los pozos son operados con sensores de encendido automático sin llevar un control adecuado, esto trae como consecuencia el arrastre de sólidos, que produce aumento en la turbidez que afecta la calidad de las aguas.

### d) Rotura de rejilla

No es un hecho corriente que las rejillas de un pozo se rompan o agrieten. Por lo general esto ocurre cuando el pozo tiene mucho tiempo de construido y no se le ha realizado el mantenimiento preventivo necesario.



La causa principal por la que ocurren las roturas en las rejillas es la corrosión la cual se define como una actividad química sobre los materiales ejercida por agentes externos, lo que causa que el material sea carcomido o destruido.

La corrosión más conocida entre las que afectan a las rejillas es la pérdida uniforme del metal con perforaciones localizadas ocasionalmente. Con este tipo de corrosión las aberturas de las ranuras de las rejillas pueden llegar a ser varias veces más grande que el ancho original. Esto trae como resultado que la arena o la grava entren junto con el agua que está siendo bombeada, y que por la fricción del paso de estos materiales la rejilla se rompa.

#### **2.4.2. DISMINUCIÓN DE LA CAPACIDAD PRODUCTORA DE UN POZO.**

Muchos son los factores que se pueden atribuir a la merma en la capacidad de productora de un pozo, a continuación se nombran los más comunes.

##### **a) Formación de caminos preferenciales en el filtro de grava**

La formación de caminos o puentes en la grava es uno de los factores más importantes a la hora de decidir realizar un mantenimiento preventivo. Estas formaciones consisten en una acumulación de las partículas grandes de la grava alrededor de las aberturas de la rejilla, impidiendo el libre paso del agua hacia dentro del pozo, como se muestra en la figura siguiente;

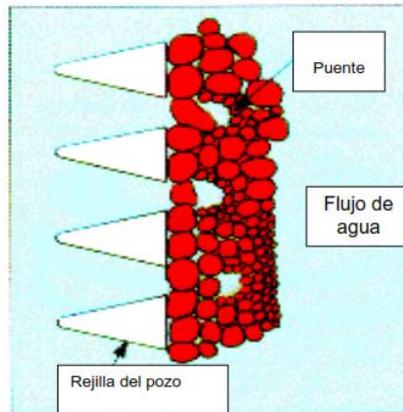


Figura 13. Formación de puentes de grava

### b) Taponamiento de Rejillas

Este tipo de irregularidad disminuye la capacidad de captación de agua de un pozo, y entre las causas que la pueden originar, se encuentran:

- Inestabilidad de Bombeo, el cual genera arrastre de sólidos y aumento de la turbidez
- Falta de mantenimiento preventivo.

### c) Desgaste de la Bomba

Las bombas de agua están generalmente construidas con los más altos estándares de ingeniería y los mejores materiales; pero desafortunadamente operan, en la mayoría de los casos, bajo condiciones físicas y químicas por debajo de lo ideal.

Las bombas pueden dejar de operar en óptimas condiciones por muchas causas, entre las cuales se pueden mencionar:

- Uso de rejillas con aberturas muy grandes

- Colocación de las rejillas en una formación arenosa
- Uso de rejillas con aberturas mal diseñadas: produce una rata excesiva de flujo con arrastre de sedimentos y una acumulación de éstos en los límites del pozo
- Corrosión de la rejilla
- Sobredimensionar el tamaño de las partículas del filtro de grava (a través de los cuales pasarán partículas finas)
- Desarrollo inadecuado del pozo

La corrección de estos problemas resulta muy costoso, resultando hasta más económico la construcción de un nuevo pozo. Lo aconsejable es colocar una bomba nueva elaborada con materiales que sean resistentes al contacto con la arena, y aseguren un período de vida útil más largo que una bomba de materiales convencionales.

A continuación se muestra una tabla en la que se exponen los materiales más resistentes y económicos en la construcción de bombas para pozos subterráneos de agua.

PARTE DE LA BOMBA	MATERIAL
Impelentes	bronce
Vástago	Acero inoxidable
Forro del cabezal	Acero al carbono
Difusor	Acero al carbono
columna	Acero

*Tabla 09. Materiales recomendados para la construcción de bombas de pozos de agua*

*Fuente: MORAO. Dinorah "Evaluación y optimización del*



*funcionamiento de pozos subterráneos de agua"*

El sobredimensionamiento de una bomba trae como consecuencia inestabilidad en el flujo que succiona, representándose como variabilidad en el caudal y alto contenido de aire.

**d) Disminución de la capacidad del acuífero.**

La disminución de la capacidad del acuífero está regida por dos factores:

- La construcción de pozos aguas arriba o cercanos al pozo estudiado, que provoquen interferencias en los niveles de bombeo.
- La época del año: en sequía la escorrentía o percolación es menor que en épocas de lluvia, por lo que es de esperar que en esta época del año la velocidad de la recarga sea menor y por consiguiente el caudal.

**2.4.3. CONTAMINACIÓN**

En casi todos los lugares, el agua subterránea en su estado natural es de calidad sanitaria satisfactoria. Esto es particularmente cierto cuando los acuíferos han sido construidos bajo suelos arenosos.

Sin embargo, algunas fuentes locales de agua subterránea han sido contaminadas como resultado del descuido de las actividades humanas. Una de las causas es el destino equivocado que se le da a los desechos líquidos.



Por lo tanto se presentan tres tipos de contaminación en las agua de los pozos; por bacterias, por hidrocarburos y por detergentes.

## **2.5. DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE POZOS DE AGUA**

El desarrollo y el mantenimiento de pozos coinciden en presentar las mismas técnicas de procedimiento, con la diferencia de que el desarrollo se lleva a cabo justo cuando se ha completado la construcción del pozo y se hace para limpiarlo y dejarlo listo para comenzar a usar. El objetivo principal del desarrollo es eliminar todo el lodo de perforación que pudo quedar adherido a las paredes del pozo impidiendo la entrada del flujo de agua, y para preservar la vida útil del pozo, es necesario aplicar un mantenimiento preventivo. Dicho mantenimiento asegura:

- Restituir la porosidad y permeabilidad de la formación natural en los alrededores del pozo.
- Estabilizar la formación granular en torno a la rejilla, de manera que el pozo descargue agua libre de arena
- Eliminar incrustaciones y precipitaciones de hierro en las inmediaciones de la rejilla
- Extraer las acumulaciones de sólidos dentro del pozo
- Remover formaciones orgánicas.

Existen métodos mecánicos para remover incrustaciones superficiales, y métodos químicos en los que se utilizan sustancias que permiten eliminar



incrustaciones fuertes y material de los estratos, además de remover materia orgánica que se haya formado, cabe destacar que la aplicación de las sustancias químicas se realiza mediante la ayuda de los métodos mecánicos, ayudando así a una limpieza profunda.

Durante la limpieza de los pozos se realiza la remoción de incrustaciones que se forman en los conductos de agua que impiden el paso de esta hacia el pozo, las diferentes formas de incrustación incluyen las siguientes:

- Por precipitación de carbonato y sulfatos de calcio y magnesio (Incrustación Tipo A)
- Por precipitación de compuestos de hierro y manganeso (Incrustación Tipo B)
- Por gelatina producida por bacterias ferrosas (Incrustación Tipo C)
- Deposición de materiales como limo y arcillas (Incrustación Tipo D)

Se debe recalcar que las dos primeras incrustaciones (Tipo A y B) sólo dependen de calidad del agua del acuífero, y las dos últimas (Tipo C y D) por falta o mal mantenimiento preventivo de los mismos.

Los métodos de limpieza más comunes son los que se muestran a continuación:

MÉTODO	PRINCIPIO	CARACTERÍSTICA
<b>Agitación con aire</b>	Inyección de aire mediante un tubo eductor instalado dentro del pozo. El aire entra a presión y agita el agua removiendo el material precipitado.	El aire sube rápidamente, por lo que el periodo de aplicación debe ser más prolongado. Es el más económico. Desaloja material depositado en el fondo de los pozos. Útil solo para limpieza (Incrustación tipo D).
<b>Agitación con agua o Hidrofracturación</b>	Se extrae la tubería de bombeo y se introduce una tubería con un cabezal fijo, que dispone de orificios por donde sale el agua.	Limpia y dispersa el material formado en el filtro de grava. Incrementa la porosidad y permeabilidad de la zona que rodea la rejilla. Elimina las películas orgánicas formadas en el pozo. Es el más costoso de los tres tratamientos mecánicos. Útil para limpieza y desarrollo (Incrustación tipo D).
<b>Sonar - Jet</b>	Se concentra la presión con ondas de choque por lo que la limpieza es más profunda.	Destruye las formaciones de puentes en el filtro de grava y remover películas orgánicas o incrustantes de las rejillas y tubería ciega del pozo (Incrustación tipo C).
<b>Baqueteo</b>	Introducir una “barra” que posee orificios y guayas horizontales (cepillos), el que se hace girar en la secciones de las rejillas.	Elimina incrustaciones superficiales en todas las secciones de rejillas, gran efectividad por el contacto metal – metal. Útil solo para limpieza (Incrustación tipo A, C Y D).
<b>Pistoneo</b>	Por medio de un pistón con movimientos verticales, se agita la sustancia química, generalmente polifosfato.	Limpia y dispersa los materiales incrustados (Incrustación tipo C Y D) y durante el desarrollo elimina el lodo de perforación.

*Tabla 10. Métodos mecánicos de limpieza y desarrollo de pozos*

La forma de aplicación de las sustancia químicas para el mantenimiento y limpieza de pozos, es directa y con un tiempo de acción de 24 horas, para luego ser removidos mediante agitación con agua.



Las sustancias más usadas se muestran a continuación:

SUSTANCIA	ACCIÓN
<b>Ácido clorhídrico inhibido</b>	Disuelve incrustaciones de carbonato de calcio de forro y rejillas. (Incrustación tipo A y B).
<b>Peróxido de hidrógeno</b>	Elimina películas orgánicas y depósitos de hierro. (Incrustación tipo B y C).
<b>Cloro</b>	Elimina bacterias
<b>Polifosfato</b>	Rompe y dispersa los materiales incrustados como óxido de hierro, limos y arcillas, y durante el desarrollo, restos de lodo de perforación.

*Tabla 11. Sustancias químicas para limpieza y desarrollo de pozos*



## **CAPITULO III**

# **MATERIALES Y PROCEDIMIENTO**



## **CAPITULO III: MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS**

### **3.1. ACONDIONAMIENTO DEL ÁREA DE TRABAJO:**

Los accesos al área de trabajo y plataforma de perforación se construyeron con el suficiente ancho para permitir el traslado de equipos en una manera segura y con una base preparada para soportar el peso de los equipos que usarán en la obra.

Toda plataforma de perforación cumple con los requisitos mínimos de una operación segura que son:

- Área suficiente para la instalación y permanencia de todos los equipos y materiales de perforación, equipos auxiliares de éste, zona para aditivos y materiales a utilizarse en la perforación y construcción del pozo de monitoreo.
- Contar con poza de Sedimentación de detritos, producidos por la misma perforación. Siempre que sea necesario; el volumen mínimo será de 3m (anchura) x 5m (largura) x 1m (profundidad); usar geo-textil para provocar infiltración y atrapar sedimento fino; donde el terreno es poco espacioso la cantidad de pozas depende del caudal que se encuentre en cada perforación y la capacidad de infiltración del terreno.

- Bermas de seguridad de altura de  $\frac{3}{4}$  de la altura de las llantas en el vehículo de transporte ó equipo pesado más grande.
- Señales preventivas, informativas, restrictivas y mandatorias.



*Foto. Acondicionamiento del terreno*

### **3.2. EQUIPO DE PERFORACION:**

El trabajo de perforación del pozo lo realizó la empresa Boart Longyear con una máquina perforadora Schramm T130XD. La duración de la perforación y construcción fue desde el 07 de noviembre al 15 de diciembre del 2014.

El Schramm T130XD es un equipo de perforación para trabajo pesado, montado en remolque y con grúa pesada. El T130XD hace uso de los últimos conceptos en diseño y tecnología de mástiles. La estructura telescópica permite un amplio desplazamiento del cabezal y altura de trabajo, para permitir

el uso de revestimientos, y aún así es corto en longitud cuando está en posición de desplazamiento.

La gran capacidad de izado hace de esta máquina la elección perfecta para aplicaciones en pozos acuíferos profundos.

Características:

- 130.000 lbs. (59.090 kg) de izado efectivo
- Apertura de mesa de 28 pulgadas (711 mm)
- Motor de cubierta de 760 hp
- Compresor de volumen variable 1350/350 – 1150/500
- (38 m<sup>3</sup>/min @ 24,1 bar y 32,6 m<sup>3</sup>/min @ 35,5 bar)
- 50 pies (15,25 m) de desplazamiento libre del cabezal



*Foto. Máquina perforadora Schramm T130XD*



### 3.3. PROCEDIMIENTO DE PERFORACIÓN:

La rotación directa consiste en perforar un pozo mediante la acción rotatoria de un tricono, removiendo los fragmentos de material perforado, llamados cutting con un fluido (aire) que circula continuamente.

En este caso el fluido de perforación con su carga de fragmentos y/o cutting, se desliza hacia arriba por dentro de la tubería de perforación y es descargado por la bomba al foso de sedimentación.

Así el fluido retorna al pozo por flujo gravitacional a través del espacio anular que rodea la tubería, hasta alcanzar el fondo del pozo y atrapar nuevamente cutting que vuelven a entrar a la tubería de perforación.

Para prevenir la socavación del pozo, el nivel del fluido se mantiene a nivel del suelo en todo momento; la presión hidrostática más la inercia de la porción que se desplaza hacia abajo mantienen la estabilidad de la pared y la erosión no constituye problema porque la velocidad del fluido es baja en el espacio anular.

El foso de sedimentación deberá tener por lo menos un volumen de tres veces el de la perforación.

Perforación con tricono

Los diámetros de los barrenos varían entre las 2" y las 17 1/2" (50 a 444 mm), siendo el rango más frecuente en minería a cielo abierto de 6" a 12 1/4" (152 a 311 mm).

Este método de perforación es muy versátil, ya que abarca una amplia gama de rocas, desde las muy blandas, donde comenzó su aplicación, hasta las muy duras.

La perforación rotativa con triconos es las más extendida en estos tiempos, ya que con grandes equipos son capaces de ejercer elevados empujes sobre la boca del tricono.



Fig. Perforación aire reverso (RC)



*Foto. Plataforma de barras para el pozo*



*Foto. Tuberías y estabilizador*



*Foto. Llave para ajustar líneas de montaje*



*Foto. Tool Box de perforación*



*Foto. Roller Rimer*



*Foto. RIB Estabilizador*



*Foto. Barras de peso para líneas de montaje*



## **CAPITULO IV**

# **ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

## CAPITULO IV: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. CRITERIOS DE UBICACIÓN DE PERFORACION:

Se escogió este punto de perforación por las siguientes razones:

- Análisis del nivel freático, secciones geológicas y litológicas.
- Por la presencia de toba que es una roca porosa (permeable).
- Por su cercanía al pozo DW-25 (pozo inoperativo que fue sellado debido a los rellenos del botadero inpit).
- La zona no presenta cambios de minado o relleno hasta el cierre de operación de la mina.

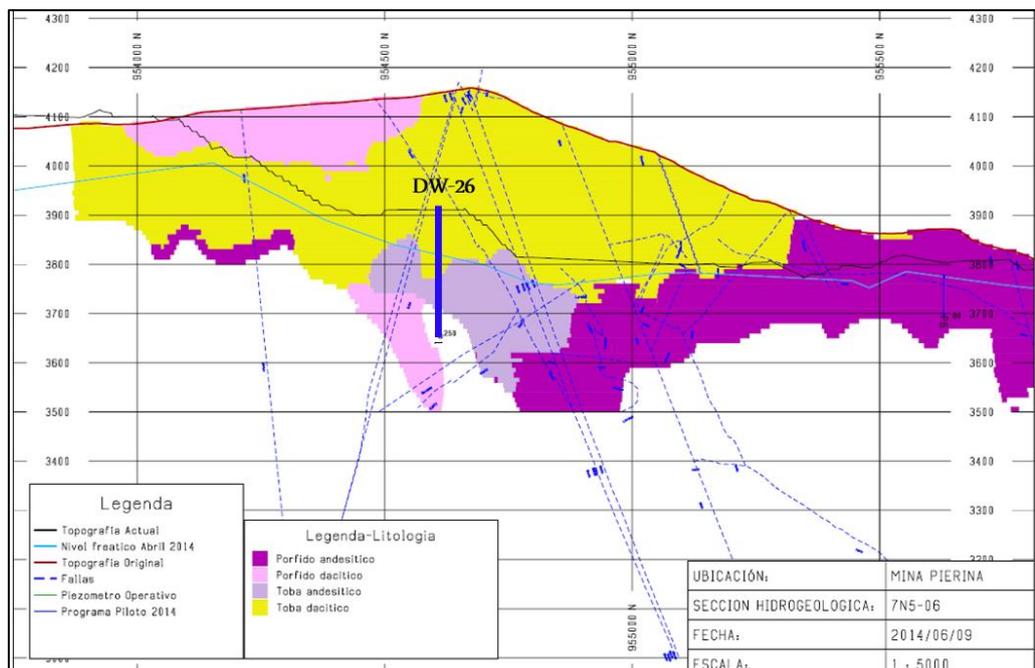


Tabla 11. Sustancias químicas para limpieza y desarrollo de pozos

#### 4.2. PERFORACION RC PARA TOMA DE MUESTRAS:

Se realizó una perforación de 4" como estudio para poder disponer de información geológica y litológica, y además la prueba de air lift.

La perforación del hoyo se realiza gracias a la acción roto-percutora de la rotación de una broca, el fluido de perforación (aire) viaja a través del espacio anular que existe entre las barras y su tubo interior.

Debido al ensamble y características propias de las herramientas usadas, el aire que llega al fondo del pozo se devuelve por el espacio interior de las barras, llevando consigo restos de la roca perforada. Una pequeña parte del fluido de perforación sale a través del espacio anular del pozo.



*Foto. Testigos de muestras*



#### **4.3. ANALISIS GRANULOMETRICO DE MUESTRAS:**

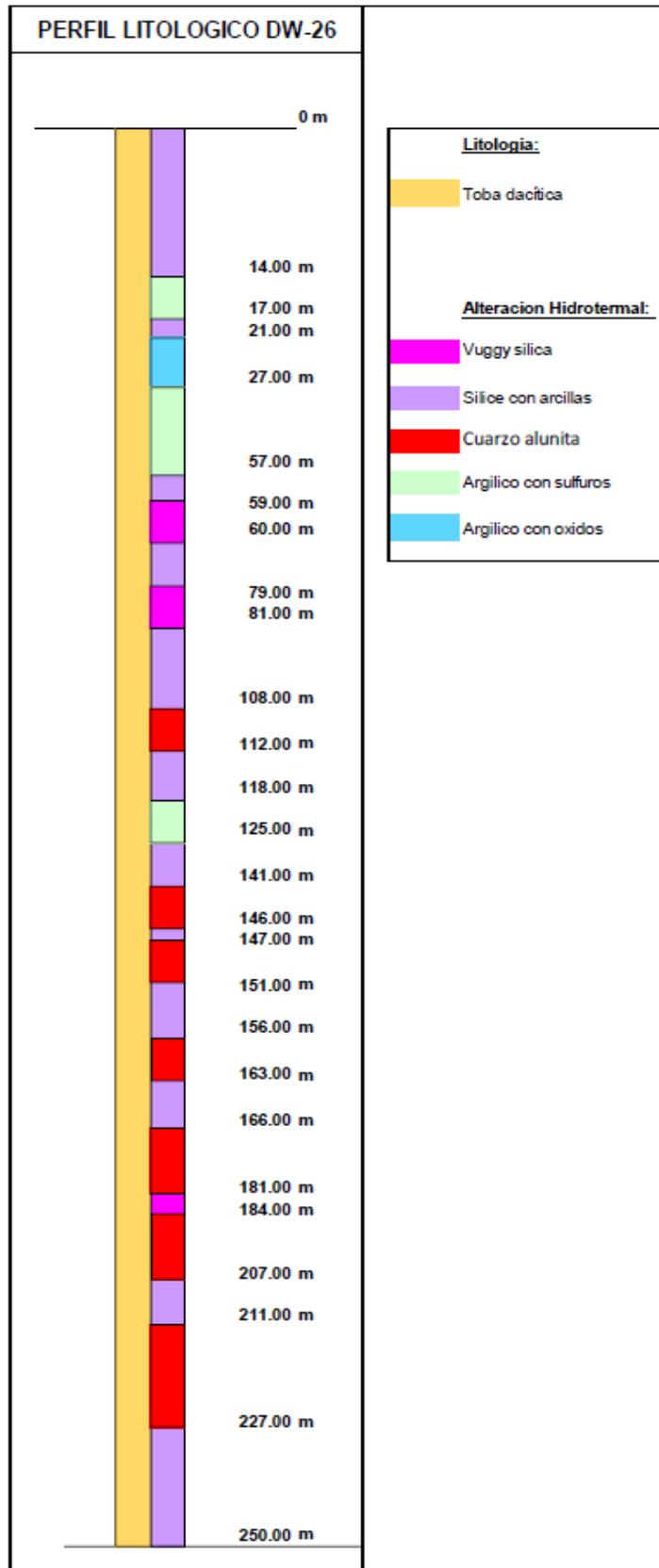
El análisis granulométrico de las muestras dio como resultado que por la malla N° 4 (4.75 mm) pasa la menor proporción de la muestra, por lo tanto este valor será de gran importancia para el diseño del filtro y grava.

#### **4.4. PERFIL LITOLÓGICO Y ALTERACION HIDROTERMAL:**

La alteración hidrotermal es un término general que incluye la respuesta mineralógica, textural y química de las rocas a un cambio ambiental, en térmicos químicos y termales, en la presencia de agua caliente, vapor o gas.

La estructura litológica resultante presenta tobas de composición dacítica, que concuerda con el análisis inicial de la ubicación del pozo. Las alteraciones hidrotermales resultante son de cuarzo alunita con presencia de óxidos, tramos de vuggy sílica, trazas de alunita.

También presenta tramos de Sílice con arcillas y argílico con sulfuros, estos datos son de gran ayuda para actualizar el modelo geológico del tajo.



*Figura. Esquema del perfil litológico del pozo.*



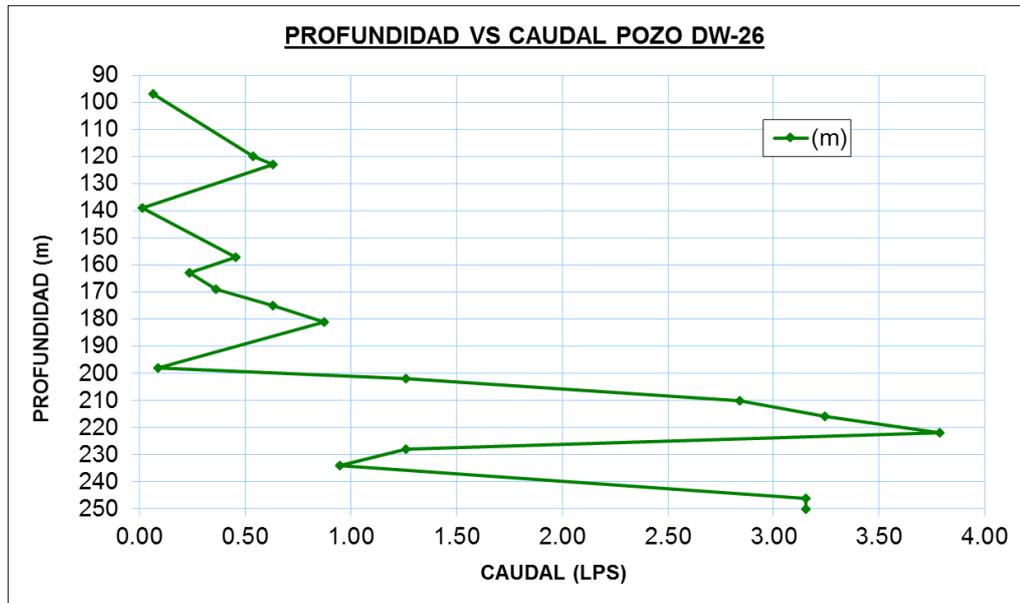
#### **4.5. PRUEBA DE AIRLIFT:**

Son pruebas que se hacen durante la perforación y/o desarrollo de pozos para verificar o comprobar el caudal de agua que tiene el pozo.

El objetivo principal es la entrega el potencial de la zona recién perforada (o evaluada) y del pozo hasta esa profundidad. Esto significa que se pueden hacer diferentes ensayos en la misma perforación a diferentes profundidades (eso permite evaluar diferentes acuíferos).

Durante la perforación se tomaron datos de caudales del agua encontrada a determinadas profundidades del pozo, esta información nos permite elaborar el diseño de construcción, determinando la ubicación de las tuberías sólidas, ranuradas, filtros, además del piezometro del pozo, etc. Asimismo nos proporciona una referencia del caudal que se obtendría con el bombeo.

De esta manera, esta información contribuye en la selección de la bomba que se instalara en el pozo. A continuación se muestran los resultados obtenidos:



*Figura. Gráfico de prueba de AIRLIFT*

Profundidad (m)	Caudal (lps)
97	0.063
120	0.536
123	0.631
139	0.011
157	0.454
163	0.237
169	0.360
175	0.631
181	0.874
198	0.086
202	1.262
210	2.839
216	3.242
222	3.785
228	1.262
234	0.946
246	3.154
250	3.154

El caudal máximo obtenido fue de 3.785 lt/s a una profundidad de 222m y se reduce a 3.154 lt/s hasta su profundidad final.



La prueba de air lift también nos ayuda a determinar a qué profundidad del pozo se tiene que instalar la tubería lisa y ranurada.

#### **4.6. DISEÑO DEL POZO:**

##### **TIPO Y SELECCIÓN DE REJILLA**

La rejilla es un componente importante del diseño de pozos, pero debe tenerse presente que no es la respuesta a todos los problemas relacionados con los pozos. En pozos con envoltorio de grava, es éste el que filtra el material de la formación y no la rejilla. La rejilla simplemente retiene la grava. La elección de rejilla debe basarse no sólo en consideraciones teóricas, sino también, en la relación práctica con el diseño y construcción de una instalación eficiente y duradera.

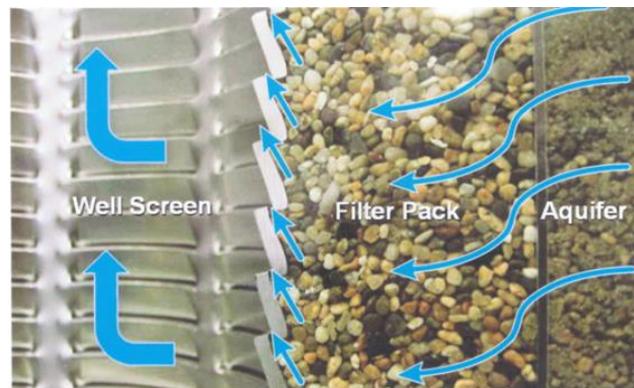
Ni aún el mejor diseño de rejilla puede corregir automáticamente una instalación de grava incompleta o un desarrollo de pozo incompleto. La rejilla sólo puede facilitar la construcción de un pozo eficiente y ayudar a garantizar su operación satisfactoria.

Los resultados del estudio granulométrico determinan que la abertura de la rejilla debe ser menor o igual al diámetro de la malla n° 4 (4.75mm), es por ello que se ha escogido que la apertura de la rejilla sea de 2.75 mm, por ser un diámetro comercial.

## GRAVA

La grava está compuesta de canto rodado 1/4" - 1/8" (6.35 – 3.18 mm), que guarda relación con el estudio granulométrico y la rejila.

El espesor colocado en el interior de la perforación de 18" y la tubería de acero de 12.75" es de 5.25" (13.33 cm).



*Figura. Esquema de grava y tubería filtro.*

### 4.7. SELLADO DE CEMENTO-BENTONITA:

El tiempo de espera para el fraguado del sello de cemento fue entre 2 a 4 horas. Esto es considerando una mezcla base de cemento con 2% de bentonita (por peso seco de cemento), en lugar de una mezcla a base de bentonita.



<b>Tabla 2. Lechada de Cemento - Bentonita</b>			
<b>Bentonita por Peso de Cemento</b>			
<b>Material</b>	<b>2%</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>
Agua	60 galones	60 galones	60 galones
Cemento	10 sacos (427kg; 940lb)	10 sacos (427kg; 940 lb)	10 sacos (427kg; 940 lb)
Bentonita	1/3 saco de 50 lbs (8.53kg; 18.8lb)	01 saco (22.7kg; 50lb)	02 sacos (45.4kg; 100lb)

*Tabla: ASTM D5092 - 04(2010)e1 Standard Practice for Design and Installation of Groundwater Monitoring Wells: Typical Cement Base Grout*

#### **4.8. CONSTRUCCION DEL POZO:**

La perforación del pozo se inicia con un diámetro de 22" hasta los 15.00 m, luego se continuó con un diámetro de 18" hasta los 250.00 m. longitud final de perforación.

El inicio de construcción del pozo se inicia instalando el casing de diámetro de 12 3/4" hasta el final del pozo. Primero se inicia con la instalación de casing sólido desde los 249.70 m hasta los 244.28 m. de profundidad, seguidamente el casing ranurado desde los 244.28 m hasta los 73.78 m y finalmente el casing solido desde los 73.78 m hasta el inicio del taladro. El stick up de casing de 12 3/4" que se dejó es de 0.58 m. El casing de 12 3/4" es instalado juntamente y soldado con una tubería de diámetro de 1 7/8". Esta tubería es instalada hasta los 244.28 m y es ranurado en los últimos 20.86 metros. Esta tubería es el piezómetro del pozo. Y es por donde se realiza la medición del nivel de agua.



Una vez culminada la instalación de los casing de construcción del pozo se procede con el ingreso de la columna de grava o filtro, esta es de tamaño de 1/4" - 1/8", se ingresa en el tramo desde 250.00 m hasta los 38.00 m.

Seguidamente se realiza el desarrollo del pozo, a fin de poder lavarlo y retirar cualquier presencia de arena o sedimentos que pueda haber en el interior. Al igual que en los anteriores pozos este desarrollo se realizó por descarga de agua, es decir, por elevación de agua por inyección de aire comprimido. De esta manera se logró retirar presencia de sedimentos finos, lavando completamente el pozo.

Una vez culminado el desarrollo del pozo se instaló arena sílicea desde los 38.00 m hasta 35.50 m, seguido del sello de bentonita desde los 35.50 m hasta 33.50 m. Finalmente se culmina con el ingreso de la lechada de cemento desde 33.50 m hasta la superficie. En la parte superficial del pozo se realizó un cementado de forma cuadrada o dado de concreto, sobresale la tubería de protección de diámetro 22" y la tubería del pozo de 12 3/4" ambos con stick up de 0.68 m y 0.58 m respectivamente.

DETALLES DE CONSTRUCCION DE POZO DE BOMBEO			
Código de pozo	DW-26	Coordenadas de ubicación	
Código de piezómetro	DW-26	Norte:	8954590.040
Responsable	Hidrología	Este:	216381.770
Fecha de inicio:	_____	Cota	3900.431
Fecha de Término:	_____	Nivel freático:	96.7
<b>Información de la superficie del Casing :</b>			
Profundidad del Casing (BGS):	0.97 m	Casing Stick Up:	0.44 m
Diámetro del Casing (ID):	Φ 22 "		
<b>Información de perforación</b>			
Profundidad de perforación (BGS):	-250.000 m		
Diámetros de perforación:			
	De: -250.00	a: -15.00	Φ 18"
	De: -15.00	a: 0.00	Φ 22"
<b>Información de Casing de Construcción</b>			
Prof. de ubicación de Casing (BGS):	250.000 m	Casing Stick Up:	0.68 m
Rango de prof. de Casing ranurado:	De: -244.28	a: -73.78	m
Rango de Casing sólido:	De: 0.680	a: -15.00	m
	De: -244.28	a: -249.70	m
Diámetro externo del Casing :	Φ 12 3/4 "		
<b>Información de la grava</b>			
Rango de profundidad:	De: -250.000	a: -38.000	m
Cantidad de grava:	639 Bolsas	21.09	m3
Tamaño:	1/4" x 1/8"		
<b>Información del sello de arena</b>			
Rango de profundidad:	De: -38.00	a: -35.50	m
Volumen utilizado:	10.5 Bolsas		
Tamaño:	8x12		
<b>Información del sello de bentonita</b>			
Rango de profundidad:	De: -35.50	a: -33.50	m
Volumen utilizado:	3 Bolsas		
<b>Información del cemento</b>			
Cemento usado	Rango de profundidad:	De: -33.5	a: 0.44 m
	Volumen utilizado:	2.409 m3	73 Bolsas
<b>Información de Bentonita Fina</b>			
Bentonita usada	Rango de profundidad:	De: -33.5	a: 0.44 m
	Volumen utilizado:	2.50 Bolsas	
DETALLES DEL PIEZOMETRO			
Profundidad total del tubo:	-244.280 m	Stick Up de piezómetro:	0.520 m
Rango de prof. del tubo ranurado	De: -244.280	a: -223.420	m
Rango de prof. del tubo sólido	De: -223.420	a: 0.520	m
Diámetro externo del tubo:	Φ 1 7/8"	Pulgadas	
LEGENDA			
	Casing sólido Φe= 12 3/4" / Φi=12 1/4"		Lechada de cemento al 2% de bentonita en polvo
	Casing ranurado Φe= 12 3/4" / Φi=12 1/4"		Bentonita granulada de 3/8"
	Trimin Pipe Φ 1 7/8" - sólido		Arena silicea 8x12"
	Trimin Pipe Φ 1 7/8" - ranurado		Grava 1/4" - 1/8"
			Tubo PVC Ø 2"

*Figura. Detalles de construcción del pozo*



**4.9. MATERIALES UTILIZADOS:**

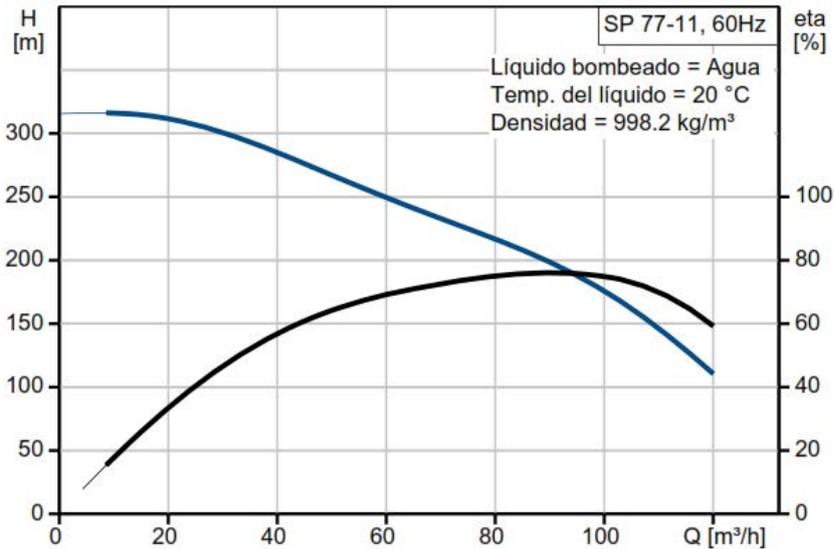
A continuación los materiales utilizados en la construcción del pozo:

ITEM	DESCRIPCIÓN	Cantidad	UND
1	<i>CASING LISO DE ACERO HSLA (ASTM A 606 Tipo 4), Diámetro externo 12.75" Espesor de pared 0.25 pulgadas 5.5 metros de largo por tubo Unión por anillos de soldadura</i>	<b>73.78</b>	<b>M</b>
2	<i>FILTRO TIPO REJILLA FUL FLO ACERO HSLA (ASTM A 606 Tipo 4), Apertura de 2.54 mm Diámetro externo 12.75" Espesor de pared 0.25 pulgadas 5.5 metros de largo por tubo Unión por anillos de soldadura</i>	<b>170.5</b>	<b>M</b>
3	<i>Grava Canto Rodado Medida 1/4" x 1/8" Densidad 1.63 TM/M3</i>	<b>21.09</b>	<b>M3</b>
4	<i>Arena Silícea Malla 8 x 12 Densidad 1.45 TM/M3</i>	<b>10.5</b>	<b>M3</b>
5	<i>Bentonita granular fina</i>	<b>180</b>	<b>KG</b>
6	<i>Cemento Tipo V</i>	<b>2.409</b>	<b>M3</b>

*Tabla. Materiales*

#### 4.10. EQUIPAMIENTO:

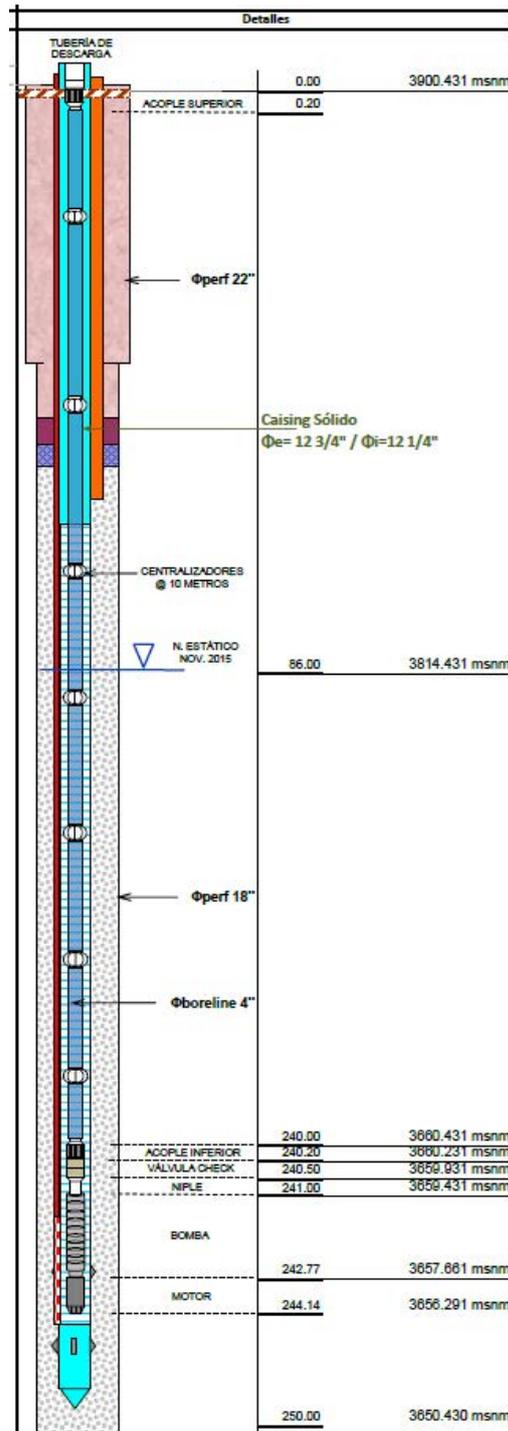
Se instaló una bomba y motor de 100 HP de 8” de espesor. La bomba se encuentra instalada desde los 240 m.



*Curva de Rendimiento de bomba sumergible*

Bomba Sumergible	Motor Sumergible
Marca: GRUNDFOS Type:SP 77-11 Modelo: C16B00011-1204001 Temperatura màx: 0.15 m/seg – 25°C Velocidad: 3450 RPM Caudal: 92 m3/h Altura nominal: 196 m. Acero Inoxidable Descarga: Rp 4 Diametro: 8” Longitud: 1.92 m	Marca: SME Modelo: 1102 dp 2374 Fases: 3 Diametro: 8” Potencia: 100 HP Voltaje: 460 Acero Inoxidable Frecuencia: 60 Longitud: 1.48 m

La tubería de descarga es de 4". Se ha instalado una tubería flexible de tipo Boreline de 4". Además cuenta con una camiseta de refrigeración que protege a la bomba y motor.



*Fig. Esquema de instalación del sistema de bombeo del pozo*

### 3.10. CAUDAL ÓPTIMO DE BOMBEO:

La medición de nivel de agua se realiza con una sonda de nivel de marca: Solinst, cinta plana con PVDH, en unidades metricas, exactitud en mm.

Ancho de 10 mm (3/8"), opera con bateria de 9 voltios.



*Figura: Sondeo típico para medir el nivel de la napa freática.*

La prueba de bombeo se realizó iniciando con un caudal de 18 lt/s hasta llegar a 16 lt/s, de forma permanente durante 30 días y se monitoreo diariamente sin interrupciones.

Dando como resultado los siguientes valores:

- El nivel estático del pozo está a 90 m de profundidad.
- El nivel dinámico del pozo durante esta prueba está a 156 metros.
- El abatimiento total es de 66 metros.

Abatimiento= Nivel estático – Nivel dinámico.

- La transmisividad se calcula en tramos logarítmicos como se muestra en el gráfico, para este caso el abatimiento es de 156-136m= 20m

$$T = 0.138 (Q / S) (m^2/d)$$

$$T = 0.138 \times 16(lt/s) / 20(m)$$

$$T = 0.138 \times 1382.4(m^3/d) / 20(m)$$

$$T = 9.54 \text{ m}^2/\text{día}$$

Q= caudal

S= abatimiento

El pozo resulta ser satisfactorio ante los objetivos del estudio y ante la demanda propuesta de 12 lt/s para cumplir con los compromisos de entrega de agua.

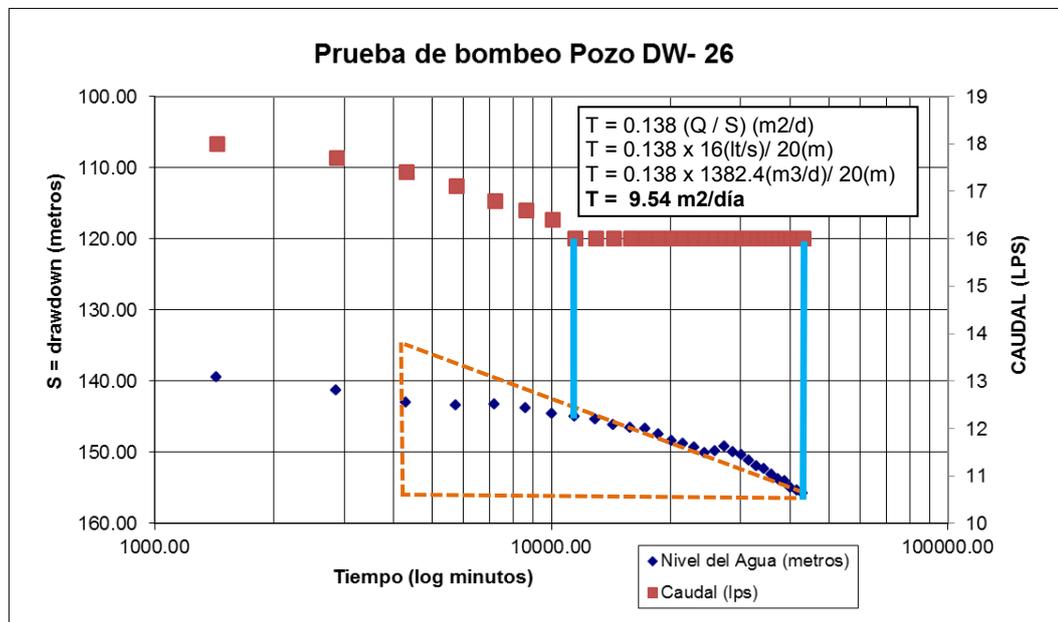


Figura. Gráfico de prueba de bombeo del pozo.



Tiempo de la Prueba (dias)	Nivel del Agua (metros)	Drawdown (metros)	Tiempo de la Prueba (minutos)	Caudal (lps)
0.00	90.00	90.00	0.00	18
1.00	139.42	49.42	1440.00	18
2.00	141.31	51.31	2880.00	17.7
3.00	142.93	52.93	4320.00	17.4
4.00	143.39	53.39	5760.00	17.1
5.00	143.22	53.22	7200.00	16.8
6.00	143.77	53.77	8640.00	16.6
7.00	144.60	54.60	10080.00	16.4
8.00	144.96	54.96	11520.00	16
9.00	145.40	55.40	12960.00	16
10.00	146.17	56.17	14400.00	16
11.00	146.55	56.55	15840.00	16
12.00	146.62	56.62	17280.00	16
13.00	147.43	57.43	18720.00	16
14.00	148.38	58.38	20160.00	16
15.00	148.77	58.77	21600.00	16
16.00	149.31	59.31	23040.00	16
17.00	150.12	60.12	24480.00	16
18.00	149.84	59.84	25920.00	16
19.00	149.18	59.18	27360.00	16
20.00	149.90	59.90	28800.00	16
21.00	150.40	60.40	30240.00	16
22.00	151.08	61.08	31680.00	16
23.00	151.90	61.90	33120.00	16
24.00	152.28	62.28	34560.00	16
25.00	153.13	63.13	36000.00	16
26.00	153.73	63.73	37440.00	16
27.00	153.96	63.96	38880.00	16
28.00	154.88	64.88	40320.00	16
29.00	155.40	65.40	41760.00	16
30.00	155.74	65.74	43200.00	16

Tabla. Resultados de prueba de bombeo del pozo.



#### 4.12. REGIMEN DE APROVECHAMIENTO:

El caudal del bombeo en este pozo es de 16 l/s. Este pozo se bombea un promedio de 10 horas por día. El régimen de bombeo se observa en la siguiente tabla.

POZO 26	Regimen de bombeo	Horas al día	Dias a la semana	Semanas al mes	Meses del año
			10	7	4
	Volumen (m3)	13,824.00	96,768.00	387,072.00	4,644,864.00

En la tabla se muestra un volumen teórico o proyectado a bombear en el pozo durante el año, tomando en cuenta la frecuencia y el caudal con que se realiza el bombeo. Sin embargo, la frecuencia podría variar durante el año debido a varios factores como son: temporada seca, temporada de lluvias, intensidad de lluvias, recarga del acuífero, etc.



## **CAPITULO V**

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 5.1. CONCLUSIONES

Las conclusiones a las cuales se ha llegado, luego de realizado el proyecto son las siguientes:

- ✓ El material toba, analizado en la ubicación del pozo garantizaba la productividad del pozo, ya que este es un material poroso y de alta permeabilidad.
- ✓ En la exploración de la perforación de 4" se realizó la prueba de air lift, que determinó que el caudal máximo obtenido era de 3.785 lt/s a una profundidad de 222m y se reducía a 3.154 lt/s hasta su profundidad final de 250m.
- ✓ La estructura litológica resultante presentaba tobas de composición dacítica, que concuerda con el análisis inicial de la ubicación del pozo. Las alteraciones hidrotermales resultante son de cuarzo alunita con presencia de óxidos, tramos de vuggy sílica, trazas de alunita. También presenta tramos de sílice con arcillas y argílico con sulfuros, estos datos son de gran ayuda para actualizar el modelo geológico del tajo.
- ✓ El análisis granulométrico de las muestras de los estratos dio como resultado que por la malla N° 4 (4.75 mm) pasaba la menor proporción



de la muestra, por lo tanto este valor sirvió de gran ayuda para el diseño del filtro y grava.

- ✓ Los resultados del estudio granulométrico determinan que la abertura de la rejilla debe ser menor o igual al diámetro de la malla n° 4 (4.75mm), es por ello que se ha escogido que la apertura de la rejilla sea de 2.75 mm, por ser un diámetro comercial.
- ✓ La grava está compuesta de canto rodado 1/4" - 1/8" (6.35 – 3.18 mm), que guarda relación con el estudio granulométrico y la rejilla. El espesor colocado en el interior de la perforación de 18" y la tubería de acero de 12.75" es de 5.25" (13.33 cm).
- ✓ El caudal óptimo de bombeo para el pozo DW-26 según el estudio varía de 16-18 lt/s, que produce un abatimiento de 66 m en 30 días.
- ✓ Durante la prueba de bombeo el comportamiento de la bomba fue satisfactorio, lo que conllevó al éxito de la prueba.
- ✓ La potencia de la bomba es de 100HP, instalada a 240 metros de profundidad, cumpliendo con su curva de rendimiento proporcionado por fábrica, inclusive en el futuro puede incrementarse el caudal de bombeo si se reubicara el nivel de la bomba y motor.



- ✓ El acuífero del tajo en el ubicación del pozo ha demostrado ser lo suficientemente potente, garantizando la demanda establecida.
- ✓ El estudio de la construcción y puesta en marcha del pozo de bombeo dio buenos resultados en su caudal (16-18 lps), satisfactorio para cumplir con la demanda establecida de 12 lps.
- ✓ El agua extraída del acuífero, por tener un ph de 3-6 es tratada en plantas de tratamiento antes de ser derivado al usuario.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- ✓ De acuerdo al tipo de suelo predominante en los estratos (toba), se recomienda el método de perforación por aire reverso siendo el equipo más efectivo para los materiales del tipo aluvial en rocas, además no utilizan lodo de perforación que impermeabilizan las paredes del pozo para evitar derrumbes al momento de trabajar.
- ✓ Se recomienda realizar las pruebas de bombeo antes de su puesta en marcha.
- ✓ Se debe tener sumo cuidado al momento de la toma de datos de niveles del abatimiento del pozo, de tal forma que no nos conduzca a errores en la prueba.



- ✓ El monitoreo del nivel freático durante el bombeo debe realizarse constantemente para conocer el comportamiento del acuífero.
  
- ✓ Se recomienda actualizar las pruebas de bombeo de manera anual.
  
- ✓ Se recomienda que de requerirse mayor dotación de agua, se reubique el nivel de la bomba a una altura superior para aumentar el caudal de bombeo.
  
- ✓ Se recomienda realizar una limpieza del pozo cuanto éste presente sólidos en suspensión al ser bombeado.
  
- ✓ Para la ubicación de pozos nuevos se deberá tomar en consideración la interferencia que pueda producir el pozo DW-25, a fin de controlar su recarga o abatimiento.
  
- ✓ Construir un nuevo pozo que sirva de contingencia con el fin de no depender únicamente del pozo DW-26.



### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

1. CRANE." Flujo de fluidos en Válvulas ,Accesorios y Tuberías". Mc Graw Hill.  
México.1992
2. DE SOLA, Oswaldo y Colaboradores. "Desarrollo de Aguas Subterráneas".  
Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela, Caracas, 1967
3. FLETCHER DRISCOLL. "Groundwater and Wells", 2° Edición Johnson  
División, Saint Paul, Minesota .1987.
4. GIBSON Y SINGER. "Manual de Pozos Pequeños", 7° edición Editorial  
Limusa- Noriega. México. 1990.
5. JOHNSON SCREENS. "El Agua Subterránea y los Pozos "Publicaciones  
Johnson Screens. U.S.A .1975.
6. MORAJO, Dinorah. "Evaluación y Optimización del Funcionamiento de Pozos  
Subterráneos de Agua" (Trabajo de Grado), Universidad Metropolitana,  
Caracas 1998

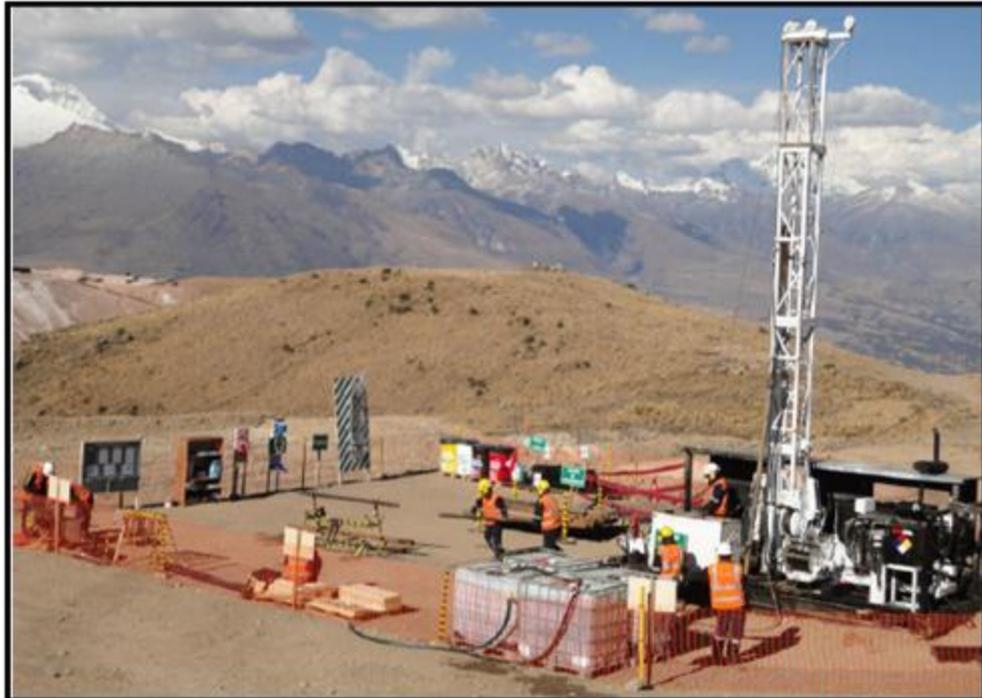


# ANEXOS



## **ANEXO 01:**

# **PANEL FOTOGRAFICO**



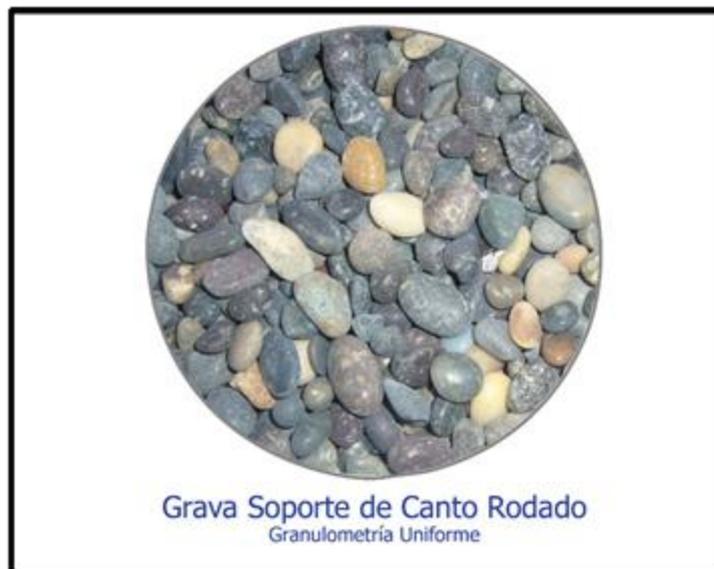
**FOTO N°1:** SE OBSERVA LA MÁQUINA PERFORADORA ROTATIVA UTILIZADA EN LA PERFORACIÓN DEL POZO DE AGUA



**FOTO N°2:** SE OBSERVA LAS HERRAMIENTAS DE PERFORACIÓN – TUBERÍAS Y ESTABILIZADOR



**FOTO N°3:** SE OBSERVAN LAS TUBERÍAS DE ACERO/PVC LISO Y CIEGO UTILIZADAS EN LAS ESTRUCTURA DEL POZO



**FOTO N°4:** SE OBSERVA LA GRAVA UTILIZADA EN LOS TRAMOS DONDE SE COLOCARON LAS TUBERIAS DE ACERO RANURADAS.



**FOTO N°5:** SE OBSERVA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO INTERNO DEL POZO CON AYUDA DE GRÚA.

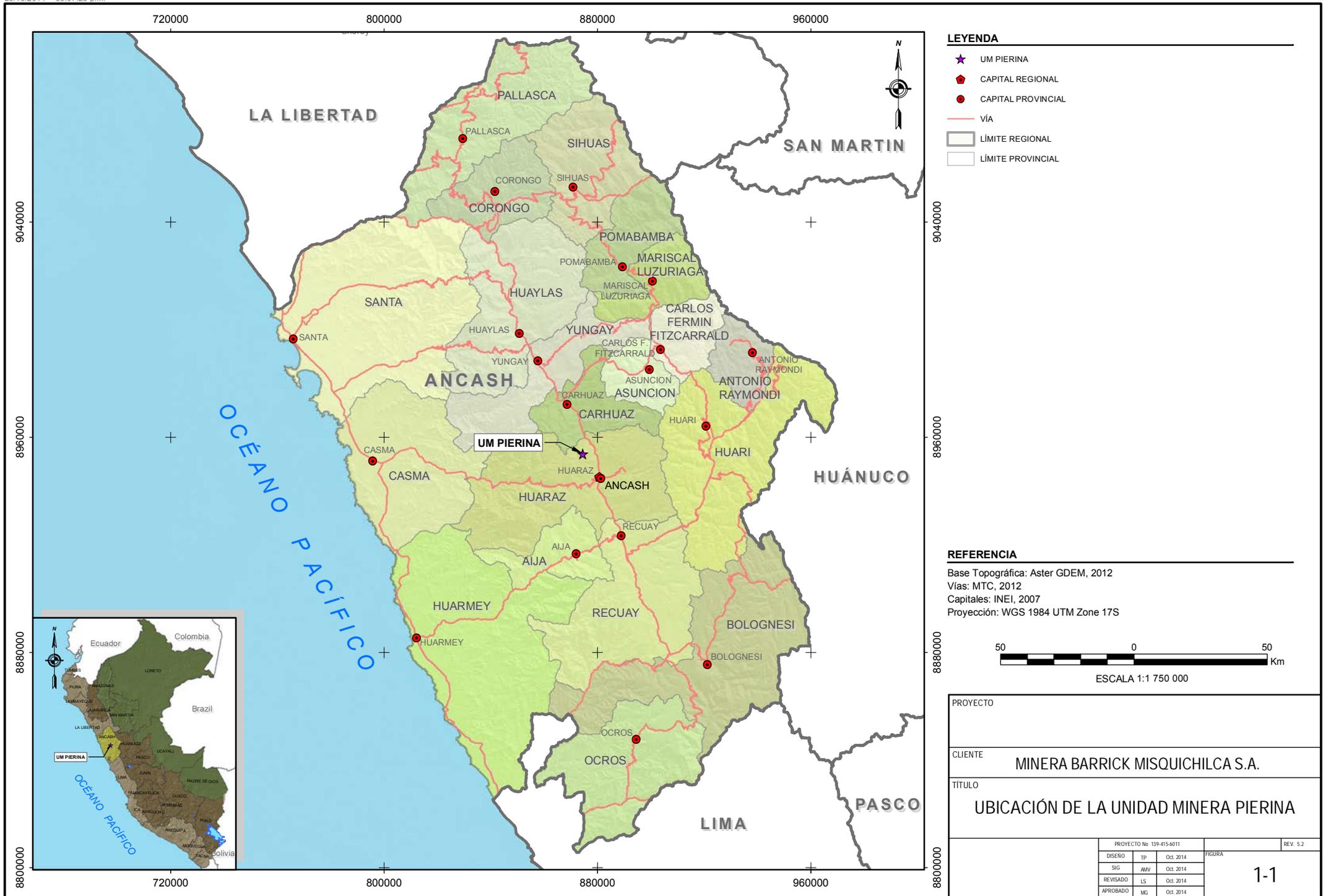


**FOTO N°6:** SE OBSERVA EL ÁRBOL DE DESCARGA DEL POZO



## **ANEXO 02:**

# **PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL POZO**



**LEYENDA**

- ★ UM PIERINA
- CAPITAL REGIONAL
- CAPITAL PROVINCIAL
- VÍA
- ▭ LIMITE REGIONAL
- ▭ LIMITE PROVINCIAL

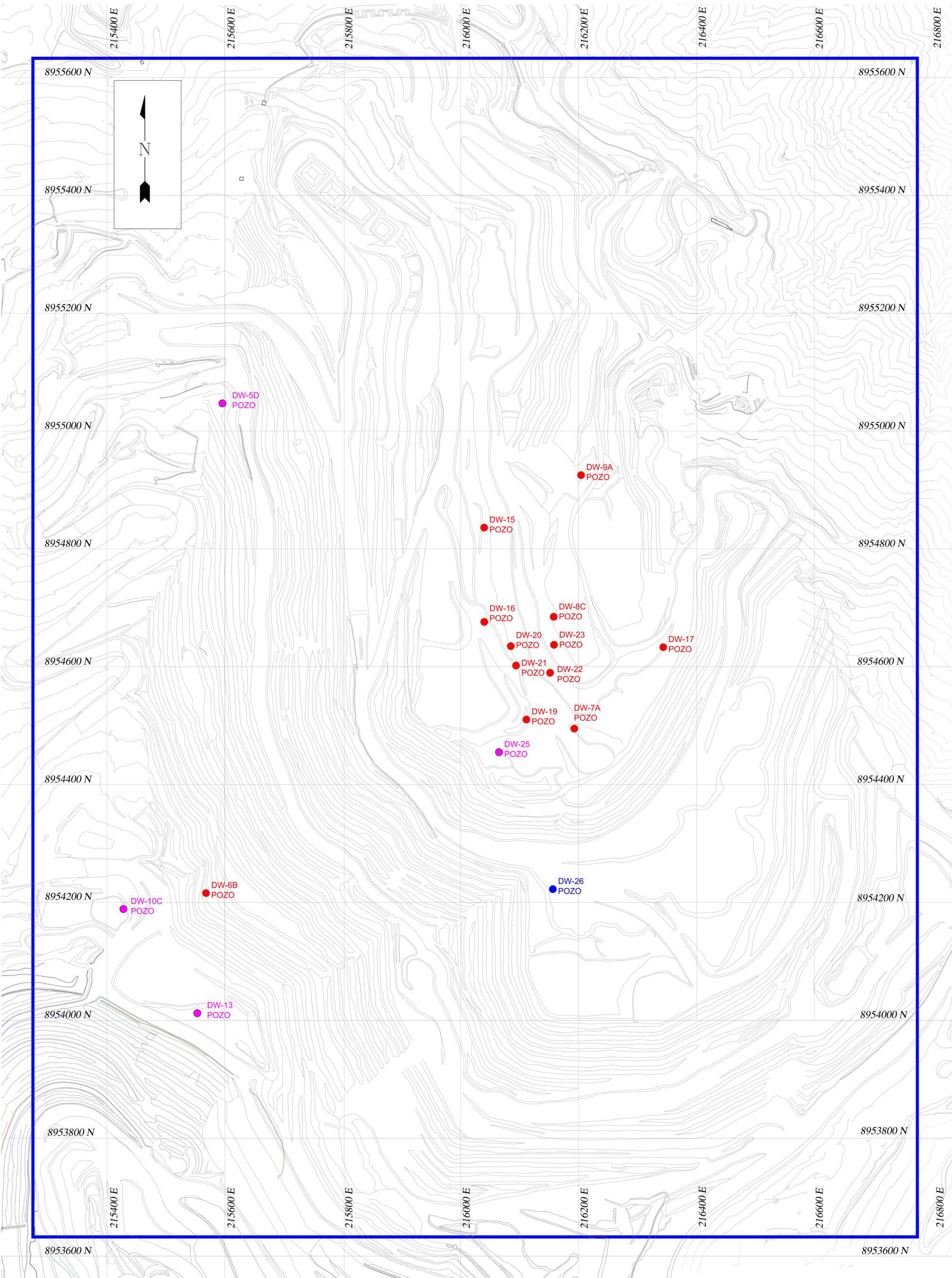
**REFERENCIA**

Base Topográfica: Aster GDEM, 2012  
 Vías: MTC, 2012  
 Capitales: INEI, 2007  
 Proyección: WGS 1984 UTM Zone 17S

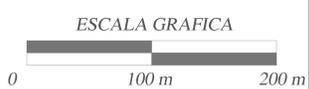


ESCALA 1:1 750 000

PROYECTO																		
CLIENTE	MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.																	
TÍTULO	UBICACIÓN DE LA UNIDAD MINERA PIERINA																	
<table border="1"> <tr> <td colspan="3">PROYECTO No: 139-415-6011</td> <td>REV. 5.2</td> </tr> <tr> <td>DISENO</td> <td>TP</td> <td>Oct. 2014</td> <td rowspan="4">FIGURA  <b>1-1</b></td> </tr> <tr> <td>SIG</td> <td>AMV</td> <td>Oct. 2014</td> </tr> <tr> <td>REVISADO</td> <td>LS</td> <td>Oct. 2014</td> </tr> <tr> <td>APROBADO</td> <td>MG</td> <td>Oct. 2014</td> </tr> </table>		PROYECTO No: 139-415-6011			REV. 5.2	DISENO	TP	Oct. 2014	FIGURA  <b>1-1</b>	SIG	AMV	Oct. 2014	REVISADO	LS	Oct. 2014	APROBADO	MG	Oct. 2014
PROYECTO No: 139-415-6011			REV. 5.2															
DISENO	TP	Oct. 2014	FIGURA  <b>1-1</b>															
SIG	AMV	Oct. 2014																
REVISADO	LS	Oct. 2014																
APROBADO	MG	Oct. 2014																



LEGENDA



Topografía Setiembre 2014  
 Polígono autorizado por Resolución administrativa:  
 227- 2007-ATDR-DR-AG-Ancash /DRH/AT

- Pozos de Dewatering- Operativos
- Pozos de Dewatering- Inoperativos
- Pozos de Dewatering- 2014

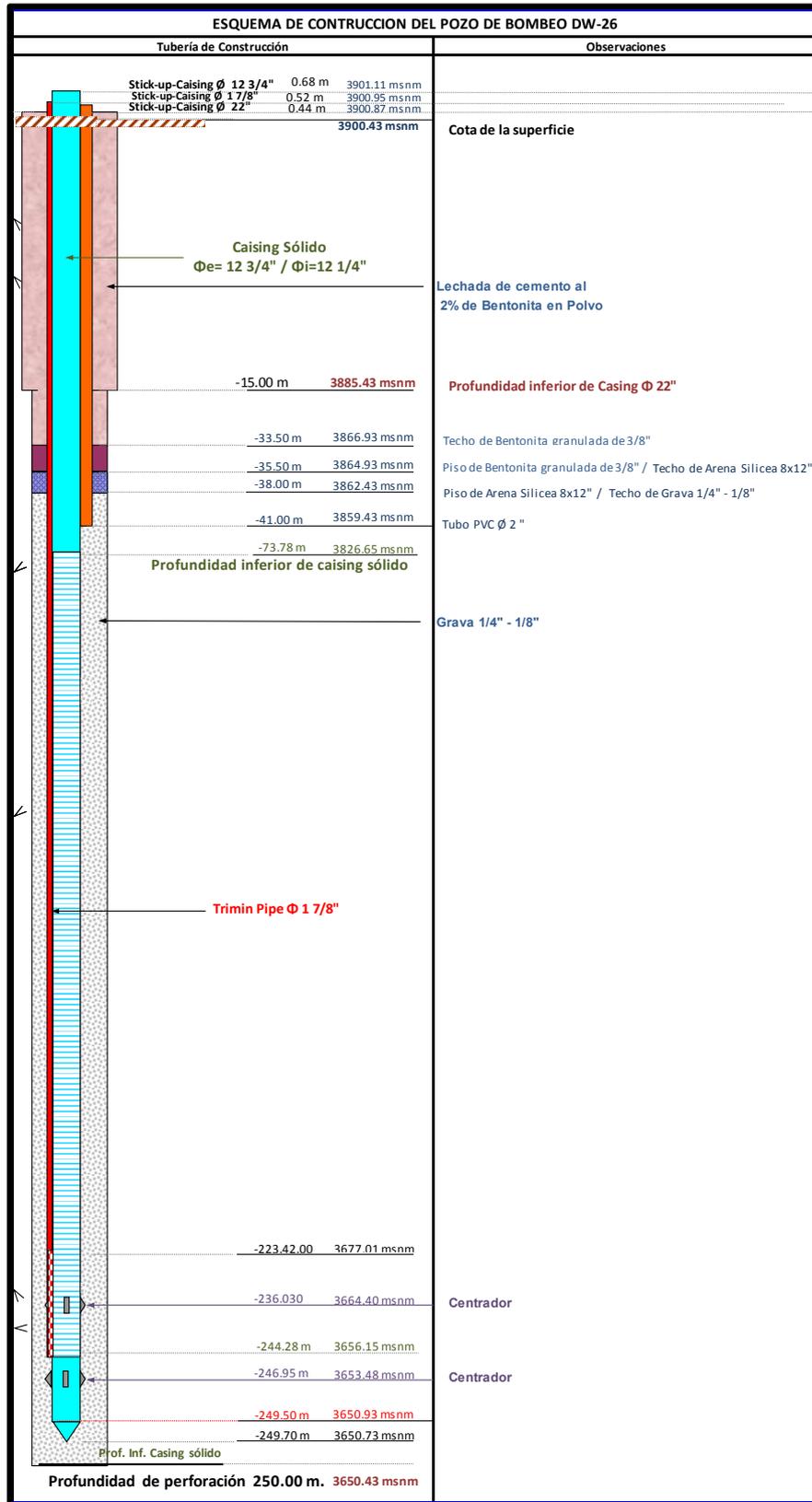


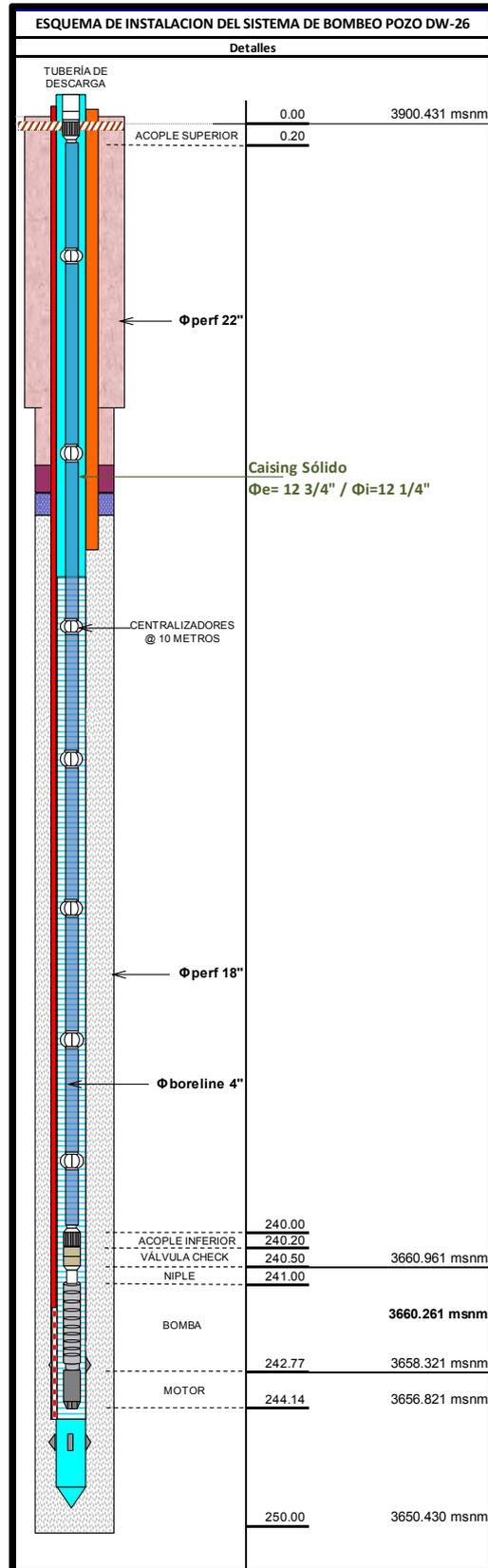
## **ANEXO 03:**

# **DETALLES DE CONSTRUCCIÓN DEL POZO DW-26**

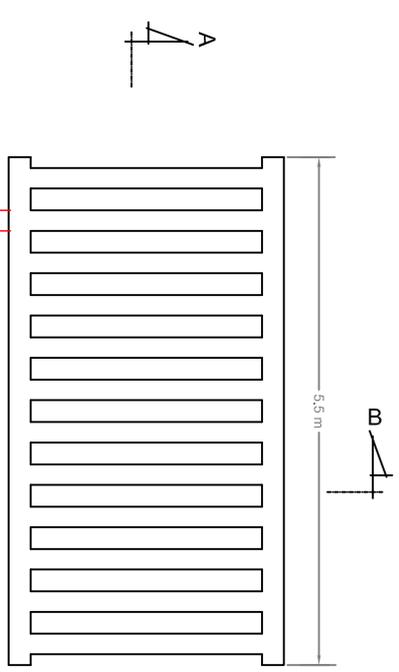
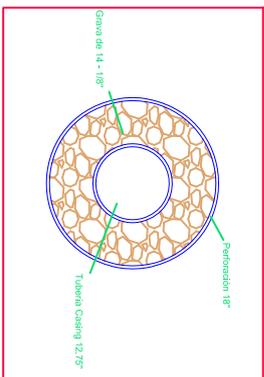
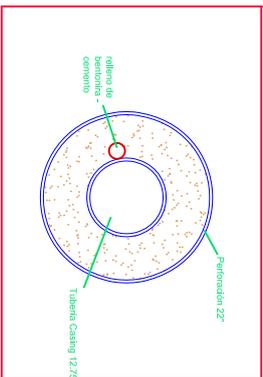
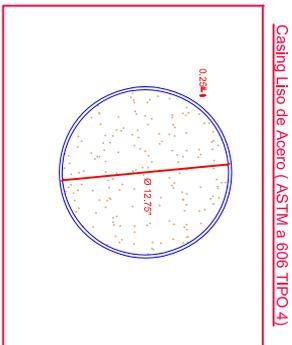


DETALLES DE CONSTRUCCION DE POZO DE BOMBEO			
<b>Código de pozo</b>	DW-26	<b>Coordenadas de ubicación</b>	
<b>Código de piezómetro</b>	DW-26	<b>Norte:</b>	8954590.040
<b>Responsable</b>	Hidrología	<b>Este:</b>	216381.770
<b>Fecha de inicio:</b>	07-nov-14	<b>Cota 16-12-14</b>	3900.431
<b>Fecha de Término:</b>	15-dic-14	<b>Nivel freático:</b>	
<b>Información de la superficie del Casing :</b>			
Profundidad del Casing (BGS):	0.97 m	Casing Stick Up:	0.44 m
Diámetro del Casing (ID):	Φ 22 "		
<b>Información de perforación</b>			
Profundidad de perforación (BGS):	-250.000 m		
Diámetros de perforación:			
De:	-250.00	a:	-15.00 Φ 18"
De:	-15.00	a:	0.00 Φ 22"
<b>Información de Casing de Construcción</b>			
Prof. de ubicación de Casing (BGS):	250.000 m	Casing Stick Up:	0.68 m
Rango de prof. de Casing ranurado:	De: -244.28 a: -73.78 m		
Rango de Casing sólido:	De: 0.680 a: -15.00 m		
	De: -244.28 a: -249.70 m		
Diámetro externo del Casing :	Φ 12 3/4 "		
<b>Información de la grava</b>			
Rango de profundidad:	De: -250.000 a: -38.000 m		
Cantidad de grava:	639 Bolsas	21.09 m3	
Tamaño:	1/4" x 1/8"		
<b>Información del sello de arena</b>			
Rango de profundidad:	De: -38.00 a: -35.50 m		
Volumen utilizado:	10.5 Bolsas		
Tamaño:	8x12		
<b>Información del sello de bentonita</b>			
Rango de profundidad:	De: -35.50 a: -33.50 m		
Volumen utilizado:	3 Bolsas		
<b>Información del cemento</b>			
Cemento usado	Rango de profundidad:	De: -33.5 a: 0.44 m	
	Volumen utilizado:	2.409 m3	73 Bolsas
<b>Información de Bentonita Fina</b>			
Bentonita usada	Rango de profundidad:	De: -33.5 a: 0.44 m	
	Volumen utilizado:	2.50 Bolsas	
<b>DETALLES DEL PIEZOMETRO</b>			
Profundidad total del tubo:	-244.280 m	Stick Up de piezómetro:	0.520 m
Rango de prof. del tubo ranurado	De: -244.280 a: -223.420 m		
Rango de prof. del tubo sólido	De: -223.420 a: 0.520 m		
Diámetro externo del tubo:	Φ 1 7/8" Pulgadas		
<b>LEGENDA</b>			
	Casing sólido Φe= 12 3/4" / Φi=12 1/4"		Lechada de cemento al 2% de bentonita en polvo
	Casing ranurado Φe= 12 3/4" / Φi=12 1/4"		Bentonita granulada de 3/8"
	Trimin Pipe Φ 1 7/8" - sólido		Arena silicea 8x12"
	Trimin Pipe Φ 1 7/8" - ranurado		Grava 1/4" - 1/8"
			Tubo PVC Ø 2"

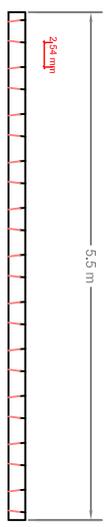




FILTRO TIPO REJILLA FUL FLO ACERO HSLA (ASTM A 606 TIPO 4)

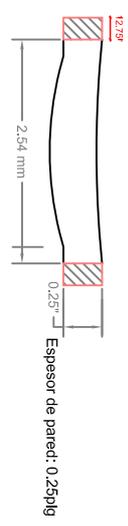


PLANTA



SECCION A-A

Diámetro e: 12.75"  
 Espesor de pared: 0.25"  
 largo: 5.5 m  
 Apertura: 2.54 mm



SECCION B-B

MATERIAL  
 • FUNDICION CON ACERO  
 ASTM A 606 TIPO 4



## **ANEXO 04:**

# **BOMBA Y MOTOR SUMERGIBLE**



Posición	Contar	Descripción																
	1	<p><b>SP 77-11</b></p>  <p style="text-align: right;"><b>Adverta! la foto puede diferir del actual producto</b></p> <p>Código: <a href="#">16B03611</a>                      Bomba sumergible multicelular para suministro de agua sin tratar, descenso del nivel freático y aumento de presión. La bomba es adecuada para aplicaciones con líquidos agresivos.</p> <p>Toda la bomba es de Acero inoxidable DIN W.-Nr. EN 1.4301.</p> <p>El motor es un motor 3-fásico del tipo encapsulado con protección contra arena, cojinetes lubricados por el líquido y diafragma compensadora de presión.</p> <p><b>Líquido:</b>                      Temperatura máxima del líquido: 40 °C                      Temp. líquido máx. a 0.15 m/seg: 30 °C</p> <p><b>Técnico:</b>                      Velocidad para datos de bomba: 3450 rpm                      Caudal nominal: 92 m³/h                      Altura nominal: 191 m                      Tolerancia de curva: ISO9906:2012 3B</p> <p><b>Materiales:</b></p> <table border="0"> <tr> <td>Bomba:</td> <td>Acero inoxidable EN 1.4301</td> </tr> <tr> <td>Cuerpo hidráulico:</td> <td>ASTM 304</td> </tr> <tr> <td>Impulsor:</td> <td>Acero inoxidable EN 1.4301 ASTM 304</td> </tr> <tr> <td>Motor:</td> <td>Acero inox. DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304</td> </tr> </table> <p><b>Instalación:</b></p> <table border="0"> <tr> <td>Descarga:</td> <td>RP5</td> </tr> <tr> <td>Diámetro del motor:</td> <td>8 inch</td> </tr> </table> <p><b>Datos eléctricos:</b></p> <table border="0"> <tr> <td>Tipo de motor:</td> <td>FRANKLIN</td> </tr> <tr> <td>Potencia nominal - P2:</td> <td>75 kW</td> </tr> </table>	Bomba:	Acero inoxidable EN 1.4301	Cuerpo hidráulico:	ASTM 304	Impulsor:	Acero inoxidable EN 1.4301 ASTM 304	Motor:	Acero inox. DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304	Descarga:	RP5	Diámetro del motor:	8 inch	Tipo de motor:	FRANKLIN	Potencia nominal - P2:	75 kW
Bomba:	Acero inoxidable EN 1.4301																	
Cuerpo hidráulico:	ASTM 304																	
Impulsor:	Acero inoxidable EN 1.4301 ASTM 304																	
Motor:	Acero inox. DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304																	
Descarga:	RP5																	
Diámetro del motor:	8 inch																	
Tipo de motor:	FRANKLIN																	
Potencia nominal - P2:	75 kW																	

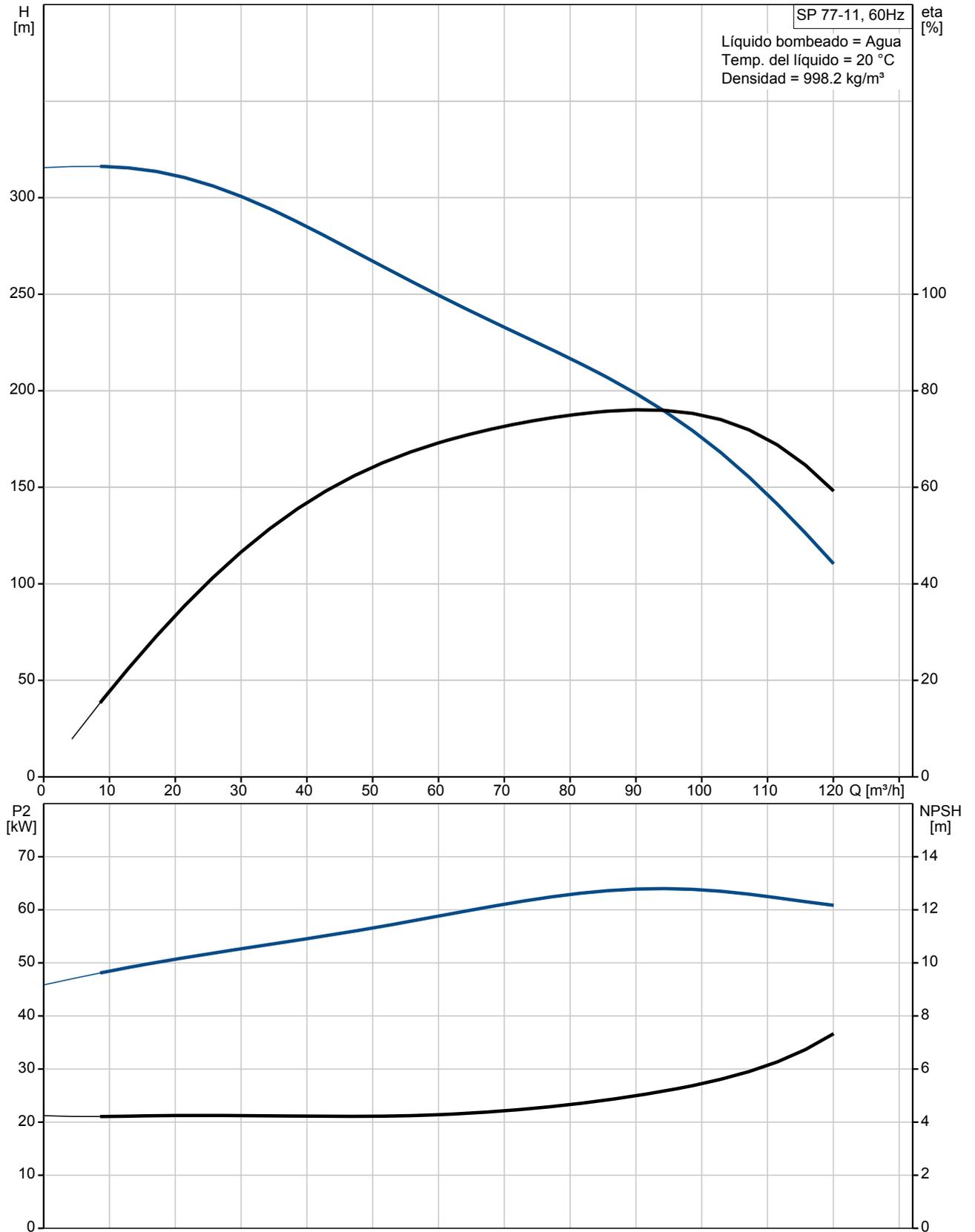


**Empresa:** IFLUTECH SAC  
**Creado Por:** EUTEMIO ZEVALLOS  
**Teléfono:** RPC 994666881  
**Fax:** RPM #958000110  
**Datos:** BOMBA SUMERGIBLE POZO 25

Posición	Contar	Descripción
		75 kW Frecuencia de alimentación: 60 Hz Tensión nominal: 3 x 460 V Tipo de arranque: directo Factor de trabajo: 1,15 Corriente nominal: 145 A Cos phi - Factor de potencia: 0,87 Velocidad nominal: 3525 rpm Grado de protección (IEC 34-5): IP58 Clase de aislamiento (IEC 85): F Transmisor de temp. incorporado: sí  <b>Otros:</b> Índice eficiencia mínima, MEI ≥: -- Estado ErP: Prod. independiente (directiva EuP) Peso neto: 284 kg Peso bruto: 351 kg Volumen: 0.557 m3



**16B03611 SP 77-11 60 Hz**



Descripción	Valor
-------------	-------

**Información general:**

Producto::	SP 77-11
Posición	
Código::	16B03611
Número EAN::	5700391521812
Precio:	Bajo pedido

**Técnico:**

Velocidad para datos de bomba:	3450 rpm
Caudal nominal:	92 m³/h
Altura nominal:	191 m
Impulsor reducido:	NONE
Tolerancia de curva:	ISO9906:2012 3B
Etapas:	11
Modelo:	C
Válvula:	YES

**Materiales:**

Bomba:	Acero inoxidable EN 1.4301
Cuerpo hidráulico:	ASTM 304
Impulsor:	Acero inoxidable EN 1.4301
	ASTM 304
Motor:	Acero inox. DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304

**Instalación:**

Descarga:	RP5
Diámetro del motor:	8 inch

**Líquido:**

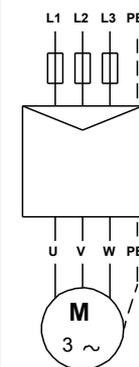
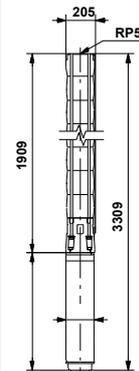
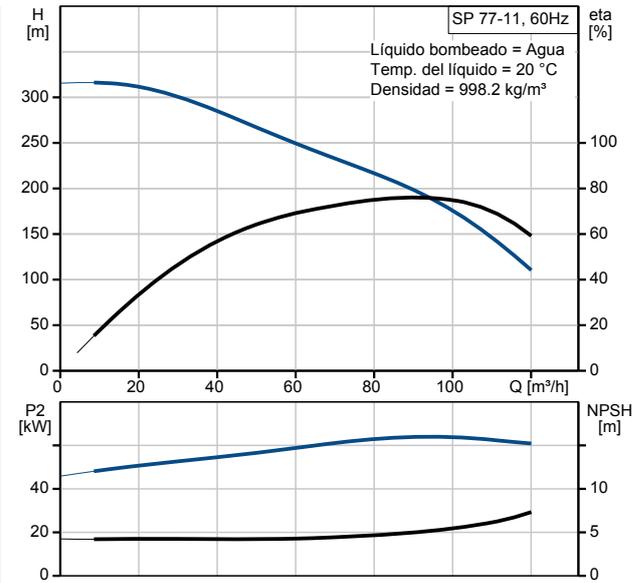
Temperatura máxima del líquido:	40 °C
Temp. líquido máx. a 0.15 m/seg:	30 °C

**Datos eléctricos:**

Tipo de motor:	FRANKLIN
Applic. motor:	GRUNDFOS
Potencia nominal - P2:	75 kW
	75 kW
Frecuencia de alimentación:	60 Hz
Tensión nominal:	3 x 460 V
Tipo de arranque:	directo
Factor de trabajo:	1,15
Corriente nominal:	145 A
Cos phi - Factor de potencia:	0,87
Velocidad nominal:	3525 rpm
Grado de protección (IEC 34-5):	IP58
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Transmisor de temp. incorporado:	sí
Motor N°:	82193225

**Otros:**

Índice eficiencia mínima, MEI ≥:	---
Estado ErP:	Prod. independiente (directiva EuP)
Peso neto:	284 kg
Peso bruto:	351 kg
Volumen:	0.557 m3





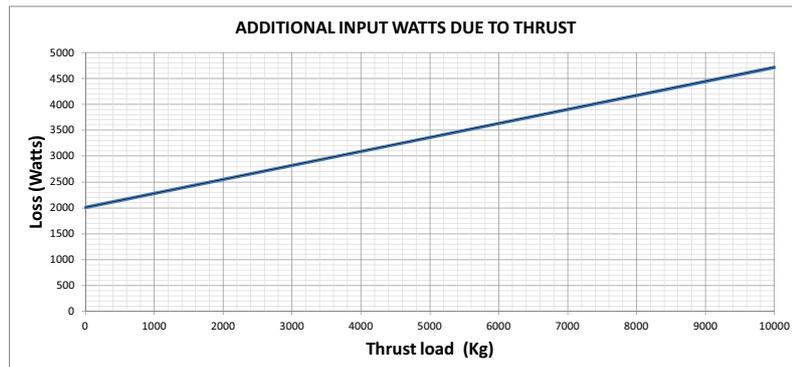
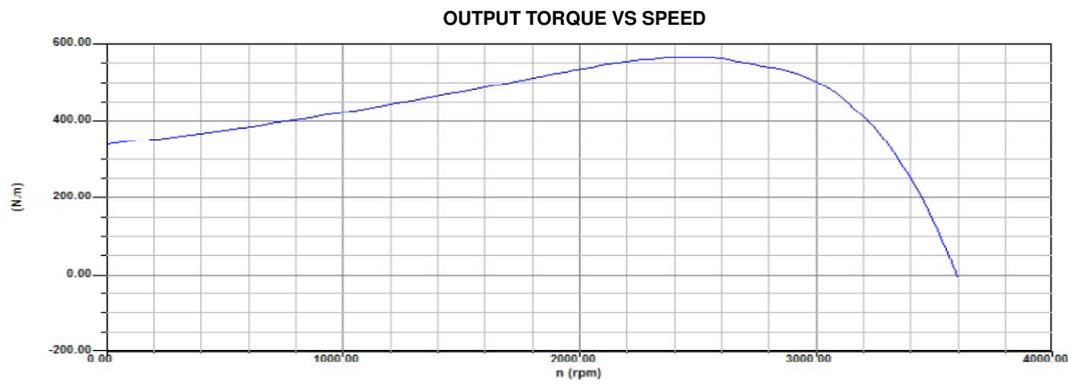
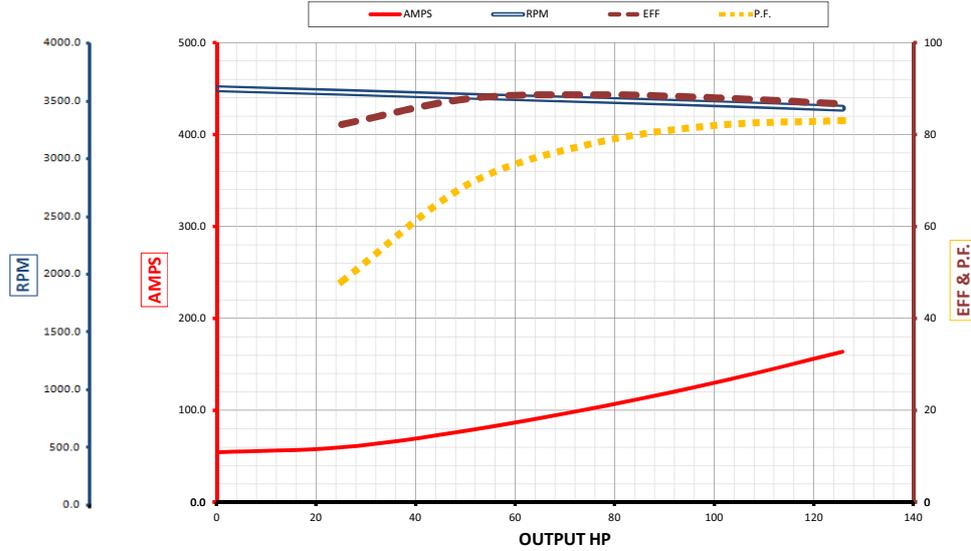
# MOTOR PERFORMANCE DATA

Model: 8" 2P Submersible Motor

<u>WATER</u>	Type	<u>100</u>	HP	<u>131</u>	AMPS
<u>3</u>	Phase	<u>460</u>	Volt	<u>3470</u>	RPM
<u>1.15</u>	S.F.	<u>30Deg.C</u>	Max.Amb.Water	<u>60</u>	Hertz
				<u>4540</u>	Kg Thrust Load

Date:	<u>24/06/2014</u>
<u>100</u>	HP
<u>3470</u>	RPM
<u>800</u>	mm Stack

				Load	KW out	HP	KW in	EFF	P.F.	RPM	AMPS
Full Load Torque	<u>208</u>	Nm		No Load	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>3</u>	<u>0</u>	<u>0.07</u>	<u>3600</u>	<u>54.3</u>
Break Down Torque	<u>564</u>	Nm		25%	<u>18.8</u>	<u>25</u>	<u>23</u>	<u>82.2</u>	<u>0.48</u>	<u>3568</u>	<u>59.7</u>
Locked Rotor Torque	<u>337</u>	Nm		50%	<u>37.5</u>	<u>50</u>	<u>43</u>	<u>87.8</u>	<u>0.69</u>	<u>3535</u>	<u>77.8</u>
Locked Rotor Current	<u>675</u>	Amps		75%	<u>56.3</u>	<u>75</u>	<u>63</u>	<u>88.7</u>	<u>0.78</u>	<u>3502</u>	<u>102.1</u>
Winding Resistance	<u>0.13</u>	Ohms		100%	<u>75.0</u>	<u>101</u>	<u>85</u>	<u>88.0</u>	<u>0.82</u>	<u>3470</u>	<u>130.6</u>
Weight (With Water)	<u>225</u>	Kg (Approximate)		125%	<u>93.8</u>	<u>126</u>	<u>108</u>	<u>86.7</u>	<u>0.83</u>	<u>3430</u>	<u>163.7</u>





## **ANEXO 05:**

# **RESULTADOS DE PRUEBAS DE SUELOS**

# Carga Puntual

## ASTM D-5731

Nombre del Proyecto: **Ingeniería de Detalle Pozo DW-26**

Ubicación: **Jangas - Huaraz**

Nº de muestra / Prof. (m): **M1 / 0.00 - 42.00**

Fecha: **Nov-14**

Descripción / Zona: **Roca / Pozo DW-26**

Nro	Tipo falla	W (mm)	D (mm)	Fuerza (N)	De <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> )	De (mm)	Is	F	Is(50) (MPa)	σc (MPa)	ISRM
1	c	80,75	40,50	3.555	4.163,97	64,53	0,85	1,12	0,96	23	R2
2	c	85,78	30,03	7.638	3.279,83	57,27	2,33	1,06	2,48	59	R4
3	c	80,69	30,45	13.309	3.128,36	55,93	4,25	1,05	4,47	107	R5
4	c	50,76	30,32	2.349	1.959,57	44,27	1,20	0,95	1,13	27	R3
5	c	30,26	10,91	984	420,34	20,50	2,34	0,67	1,57	38	R3
6	c	45,59	30,95	640	1.796,55	42,39	0,36	0,93	0,33	8	R2
7											
8											
9											
10											
<b>Mean (MPa)</b>									<b>1,82</b>	<b>44</b>	<b>R3</b>

**Is(50):** Índice de Carga Puntual Corregido

**σc:** Resistencia a la compresión No Confinada

**Tipo de falla :**

Resistencia ISRM	Descripción
R0	Roca Extremadamente Frágil (blanda)
R1	Roca muy Frágil (Blanda)
R2	Roca Frágil
R3	Roca medianamente Resistente
R4	Roca Resistente
R5	Roca muy Resistente
R6	Roca Extremadamente Resistente

- (a) Ensayo diametral válido
- (b) Ensayo axial válido
- (c) Ensayo de bloque válido
- (d) Ensayo diametral inválido
- (e) Ensayo axial inválido
- (f) Falla diametral/axial a través de una fractura curada

# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM - D422

Nombre del Proyecto: **Ingeniería de Detalle Pozo DW-26**

Ubicación: **Jangas - Huaraz**

Nº de muestra / Prof. (m): **M1 / 0.00 - 42.00**

Fecha: **Nov-14**

Descripción / Zona: **Roca / Pozo DW-26**

**Partículas >3" (%) :** ---

D10 :  
D30: 0,33  
D60: 3,39  
Cu:  
Cc:

**Grava (%) :** 33,7

**Arena (%) :** 46,2

**Limos y Arcillas (%) :** 20,1

**Límites de Atterberg:**

LL (%) : 25,6

LP (%) : 16,0

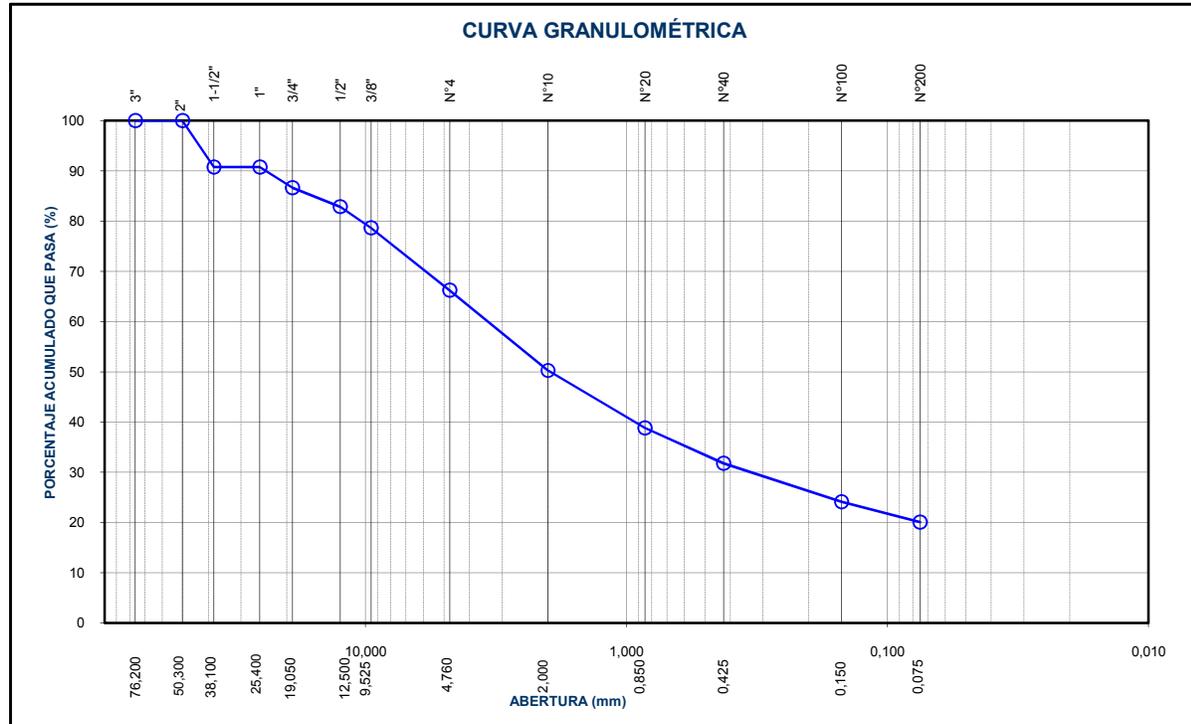
IP (%) : 9,6

**Humedad (%) :** 6,9

**Clasificación SUCS : SC**

Arena arcillosa con grava

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	100,0
1 1/2"	38,100	90,8
1"	25,400	90,8
3/4"	19,050	86,6
1/2"	12,500	82,9
3/8"	9,525	78,7
Nº4	4,760	66,3
Nº10	2,000	50,3
Nº20	0,850	38,8
Nº40	0,425	31,8
Nº100	0,150	24,1
Nº200	0,075	20,1



# LÍMITES DE ATTERBERG

Nombre del Proyecto: **Ingeniería de Detalle Pozo DW-26**

Ubicación: **Jangas - Huaraz**

Nº de muestra / Prof. (m): **M1 / 0.00 - 42.00**

Fecha: **Nov-14**

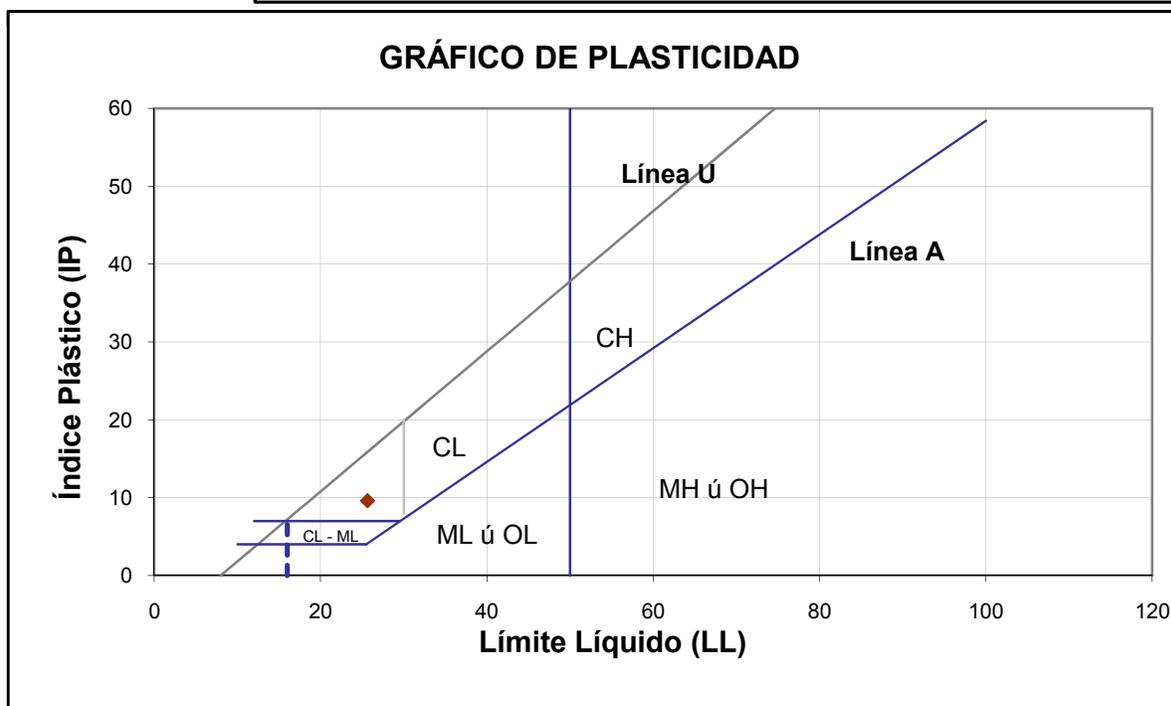
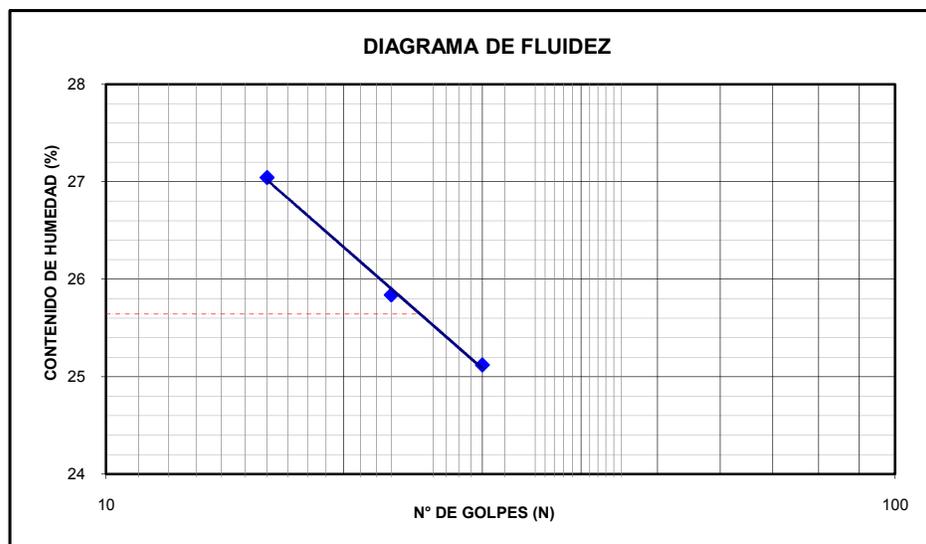
Descripción / Zona: **Roca / Pozo DW-26**

## Límites de Atterberg

LL (%): **25,6**

LP (%): **16**

IP (%): **9,6**



# Carga Puntual

## ASTM D-5731

Nombre del Proyecto: **Ingeniería de Detalle Pozo DW-26**

Ubicación: **Jangas - Huaraz**

Nº de muestra / Prof. (m): **M2 / 43.00- 85.00**

Fecha: **Nov-14**

Descripción / Zona: **Roca / Pozo DW-26**

Nro	Tipo falla	W (mm)	D (mm)	Fuerza (N)	De <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> )	De (mm)	Is	F	Is(50) (MPa)	σc (MPa)	ISRM
1	c	50,37	40,03	1.021	2.567,25	50,67	0,40	1,01	0,40	10	R2
2	c	45,48	30,70	1.931	1.777,74	42,16	1,09	0,93	1,01	24	R2
3	c	45,62	50,40	1.907	2.927,49	54,11	0,65	1,04	0,67	16	R2
4	c	45,25	30,34	1.390	1.748,01	41,81	0,80	0,92	0,73	18	R2
5	c	50,44	40,60	2.497	2.607,42	51,06	0,96	1,01	0,97	23	R2
6	c	50,49	50,16	246	3.224,58	56,79	0,08	1,06	0,08	2	R1
7	c	60,45	40,12	2.460	3.087,93	55,57	0,80	1,05	0,84	20	R2
8	c	50,37	30,75	2.583	1.972,09	44,41	1,31	0,95	1,24	30	R3
9	c	33,60	20,53	1.611	878,29	29,64	1,83	0,79	1,45	35	R3
10	c	45,70	50,56	4.330	2.941,94	54,24	1,47	1,04	1,53	37	R3
<b>Mean (MPa)</b>									<b>0,89</b>	<b>21</b>	<b>R2</b>

**Is<sub>(50)</sub>:** Índice de Carga Puntual Corregido

**σc:** Resistencia a la compresión No Confinada

**Tipo de falla :**

Resistencia ISRM	Descripción
R0	Roca Extremadamente Frágil (blanda)
R1	Roca muy Frágil (Blanda)
R2	Roca Frágil
R3	Roca medianamente Resistente
R4	Roca Resistente
R5	Roca muy Resistente
R6	Roca Extremadamente Resistente

- (a) Ensayo diametral válido
- (b) Ensayo axial válido
- (c) Ensayo de bloque válido
- (d) Ensayo diametral inválido
- (e) Ensayo axial inválido
- (f) Falla diametral/axial a través de una fractura curada

# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM - D422

Nombre del Proyecto: **Ingeniería de Detalle Pozo DW-26**

Ubicación: **Jangas - Huaraz**

Nº de muestra / Prof. (m): **M2 / 43.00- 85.00**

Fecha: **Nov-14**

Descripción / Zona: **Roca / Pozo DW-26**

**Partículas >3" (%) :** ---

**Grava (%) :** 37,4

**Arena (%) :** 48,1

**Limos y Arcillas (%) :** 14,5

D10 :  
D30: 1,18  
D60: 4,34  
Cu:  
Cc:

**Límites de Atterberg:**

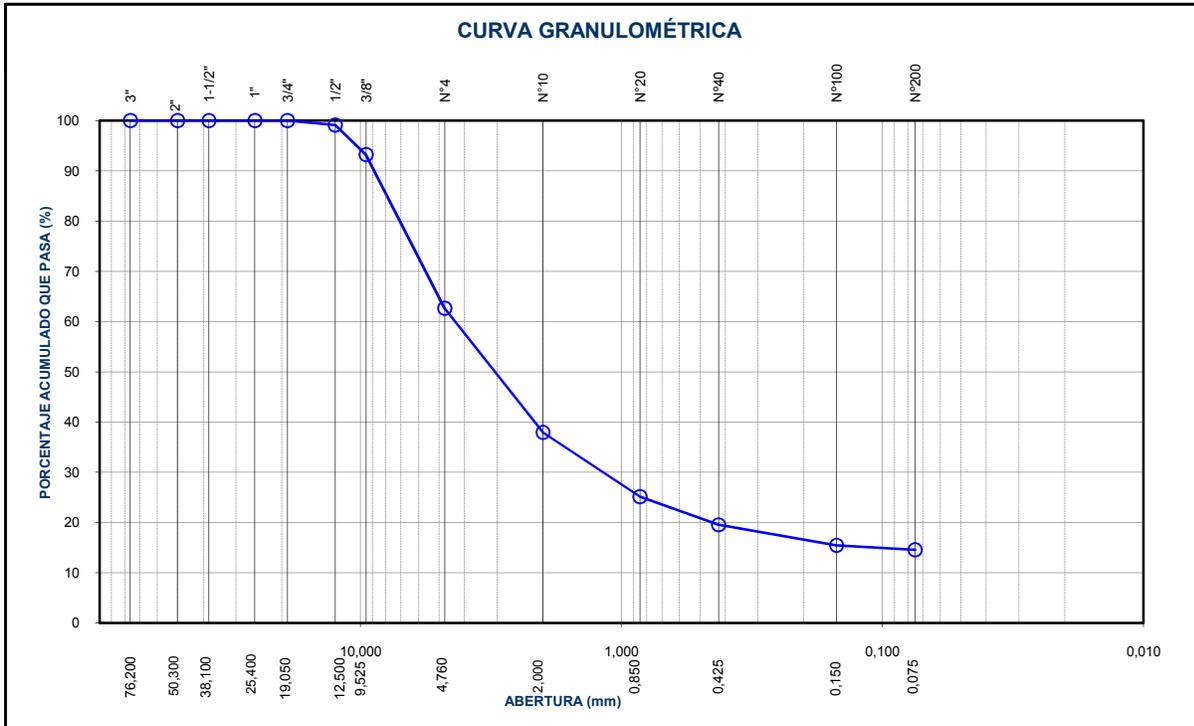
LL (%) : 27,3  
LP (%) : 18,0  
IP (%) : 9,3

**Humedad (%) :** 5,1

**Clasificación SUCS : SC**

Arena arcillosa con grava

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	100,0
1 1/2"	38,100	100,0
1"	25,400	100,0
3/4"	19,050	100,0
1/2"	12,500	99,1
3/8"	9,525	93,2
Nº4	4,760	62,6
Nº10	2,000	37,9
Nº20	0,850	25,1
Nº40	0,425	19,5
Nº100	0,150	15,4
Nº200	0,075	14,5



# LÍMITES DE ATTERBERG

ASTM - D4318

Nombre del Proyecto: **Ingeniería de Detalle Pozo DW-26**

Ubicación: **Jangas - Huaraz**

Nº de muestra / Prof. (m): **M2 / 43.00- 85.00**

Fecha: **Nov-14**

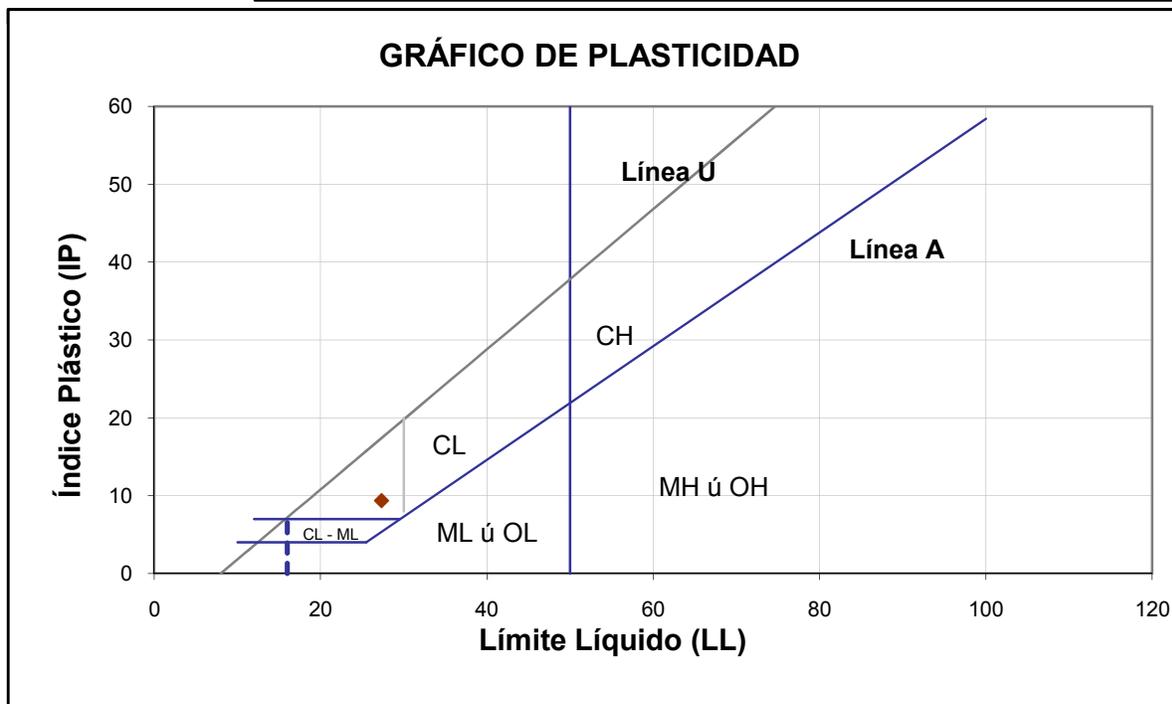
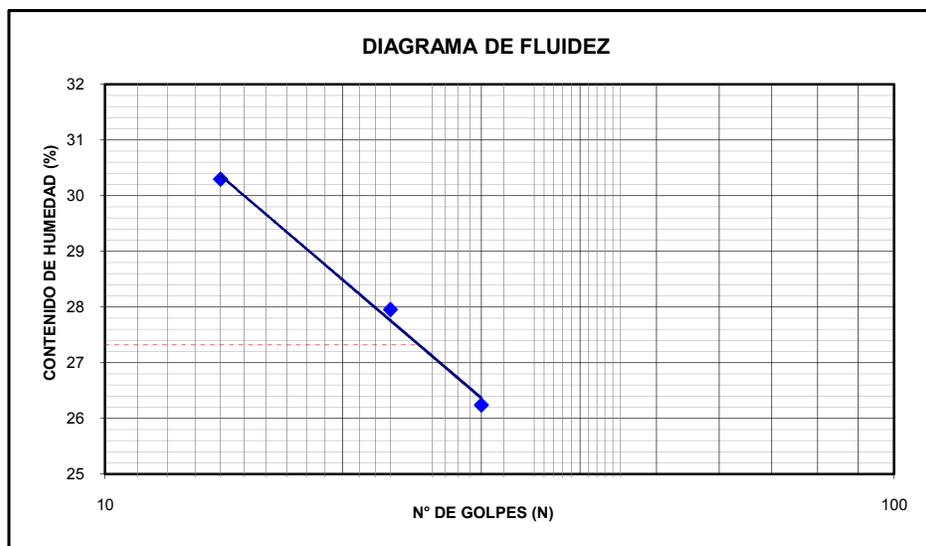
Descripción / Zona: **Roca / Pozo DW-26**

## Límites de Atterberg

LL (%): **27,3**

LP (%): **18**

IP (%): **9,3**



# Carga Puntual

## ASTM D-5731

Nombre del Proyecto: **Ingeniería de Detalle Pozo DW-26**

Ubicación: **Jangas - Huaraz**

Nº de muestra / Prof. (m): **M3 / 86.00 - 128.00**

Fecha: **Nov-14**

Descripción / Zona: **Roca / Pozo DW-26**

Nro	Tipo falla	W (mm)	D (mm)	Fuerza (N)	De <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> )	De (mm)	Is	F	Is(50) (MPa)	σc (MPa)	ISRM	
1	c	35,52	30,60	2.300	1.383,90	37,20	1,66	0,88	1,45	35	R3	
2	c	75,40	30,45	1.304	2.923,27	54,07	0,45	1,04	0,46	11	R2	
3	c	45,45	40,00	2.804	2.314,75	48,11	1,21	0,98	1,19	29	R3	
4	c	50,60	50,30	1.759	3.240,62	56,93	0,54	1,06	0,58	14	R2	
5	c	60,36	50,60	3.272	3.888,75	62,36	0,84	1,10	0,93	22	R2	
6	c	45,52	30,60	4.686	1.773,51	42,11	2,64	0,93	2,45	59	R4	
7												
8												
9												
10												
									<b>Mean (MPa)</b>	<b>1,18</b>	<b>28</b>	<b>R3</b>

**Is<sub>(50)</sub>:** Índice de Carga Puntual Corregido

**σc:** Resistencia a la compresión No Confinada

**Tipo de falla :**

Resistencia ISRM	Descripción
R0	Roca Extremadamente Frágil (blanda)
R1	Roca muy Frágil (Blanda)
R2	Roca Frágil
R3	Roca medianamente Resistente
R4	Roca Resistente
R5	Roca muy Resistente
R6	Roca Extremadamente Resistente

- (a) Ensayo diametral válido
- (b) Ensayo axial válido
- (c) Ensayo de bloque válido
- (d) Ensayo diametral inválido
- (e) Ensayo axial inválido
- (f) Falla diametral/axial a través de una fractura curada

# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM - D422

Nombre del Proyecto: **Ingeniería de Detalle Pozo DW-26**

Ubicación: **Jangas - Huaraz**

Nº de muestra / Prof. (m): **M3 / 86.00 - 128.00**

Fecha: **Nov-14**

Descripción / Zona: **Roca / Pozo DW-26**

**Partículas >3" (%) :** ---

D10 :  
D30: 1,11  
D60: 3,92  
Cu:  
Cc:

**Grava (%) :** 34,0

**Arena (%) :** 51,4

**Limos y Arcillas (%) :** 14,6

**Límites de Atterberg:**

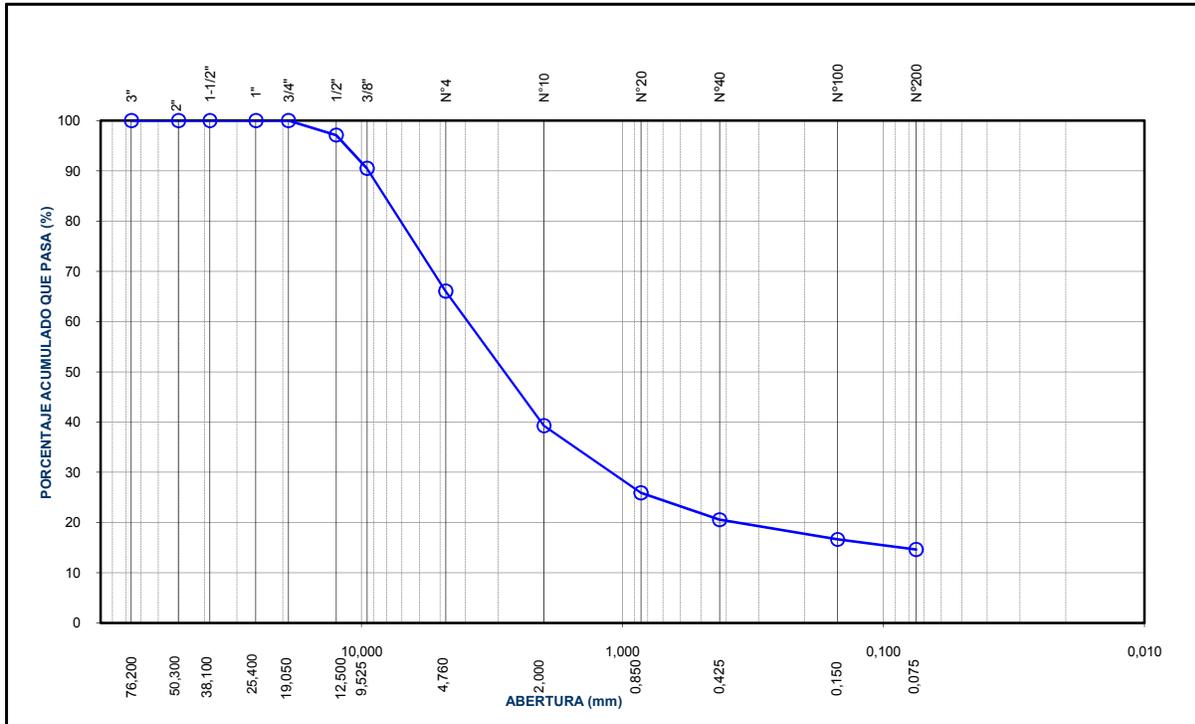
LL (%) : 34,2  
LP (%) : 16,0  
IP (%) : 18,2

**Humedad (%) :** 7,4

**Clasificación SUCS : SC**

Arena arcillosa con grava

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	100,0
1 1/2"	38,100	100,0
1"	25,400	100,0
3/4"	19,050	100,0
1/2"	12,500	97,1
3/8"	9,525	90,5
Nº4	4,760	66,0
Nº10	2,000	39,2
Nº20	0,850	25,9
Nº40	0,425	20,5
Nº100	0,150	16,6
Nº200	0,075	14,6



# LÍMITES DE ATTERBERG

ASTM - D4318

Nombre del Proyecto:

Ingeniería de Detalle Pozo DW-26

Ubicación:

Jangas - Huaraz

Nº de muestra / Prof. (m):

M3 / 86.00 - 128.00

Fecha:

Nov-14

Descripción / Zona:

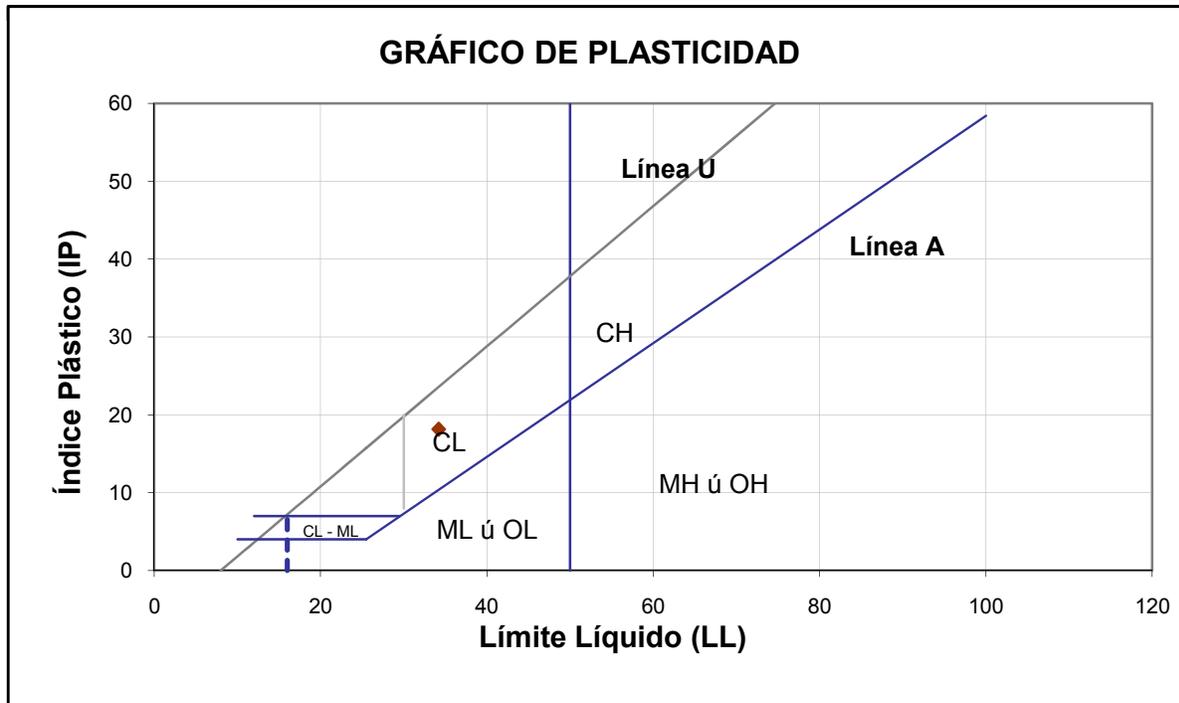
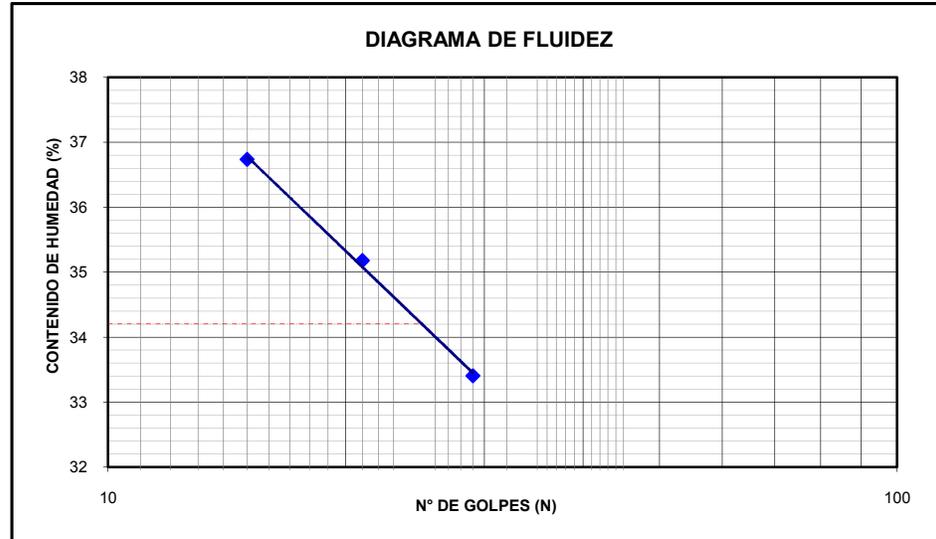
Roca / Pozo DW-26

## Límites de Atterberg

LL (%): 34,2

LP (%): 16

IP (%): 18,2



# Carga Puntual

## ASTM D-5731

Nombre del Proyecto: **Ingeniería de Detalle Pozo DW-26**

Ubicación: **Jangas - Huaraz**

Nº de muestra / Prof. (m): **M4 / 129.00 - 171.00**

Fecha: **Nov-14**

Descripción / Zona: **Roca / Pozo DW-26**

Nro	Tipo falla	W (mm)	D (mm)	Fuerza (N)	De <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> )	De (mm)	Is	F	Is(50) (MPa)	σc (MPa)	ISRM
1	c	80,35	40,58	836	4.151,53	64,43	0,20	1,12	0,23	5	R2
2	c	65,38	30,70	910	2.555,60	50,55	0,36	1,00	0,36	9	R2
3	c	80,45	30,25	1.316	3.098,57	55,66	0,42	1,05	0,45	11	R2
4	c	55,65	20,75	492	1.470,26	38,34	0,33	0,89	0,30	7	R2
5	c	50,25	40,50	431	2.591,20	50,90	0,17	1,01	0,17	4	R1
6	c	60,72	40,85	1.574	3.158,16	56,20	0,50	1,05	0,53	13	R2
7	c	55,83	40,38	1.070	2.870,41	53,58	0,37	1,03	0,38	9	R2
8											
9											
10											
<b>Mean (MPa)</b>									<b>0,34</b>	<b>8</b>	<b>R2</b>

**Is<sub>(50)</sub>:** Índice de Carga Puntual Corregido

**σc:** Resistencia a la compresión No Confinada

**Tipo de falla :**

Resistencia ISRM	Descripción
R0	Roca Extremadamente Frágil (blanda)
R1	Roca muy Frágil (Blanda)
R2	Roca Frágil
R3	Roca medianamente Resistente
R4	Roca Resistente
R5	Roca muy Resistente
R6	Roca Extremadamente Resistente

- (a) Ensayo diametral válido
- (b) Ensayo axial válido
- (c) Ensayo de bloque válido
- (d) Ensayo diametral inválido
- (e) Ensayo axial inválido
- (f) Falla diametral/axial a través de una fractura curada

# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM - D422

Nombre del Proyecto: **Ingeniería de Detalle Pozo DW-26**

Ubicación: **Jangas - Huaraz**

Nº de muestra / Prof. (m): **M4 / 129.00 - 171.00**

Fecha: **Nov-14**

Descripción / Zona: **Roca / Pozo DW-26**

**Partículas >3" (%) :** ---

**Grava (%) :** 15,1

**Arena (%) :** 27,7

**Limos y Arcillas (%) :** 57,2

D10 :  
D30:  
D60: 0,09  
Cu:  
Cc:

**Límites de Atterberg:**

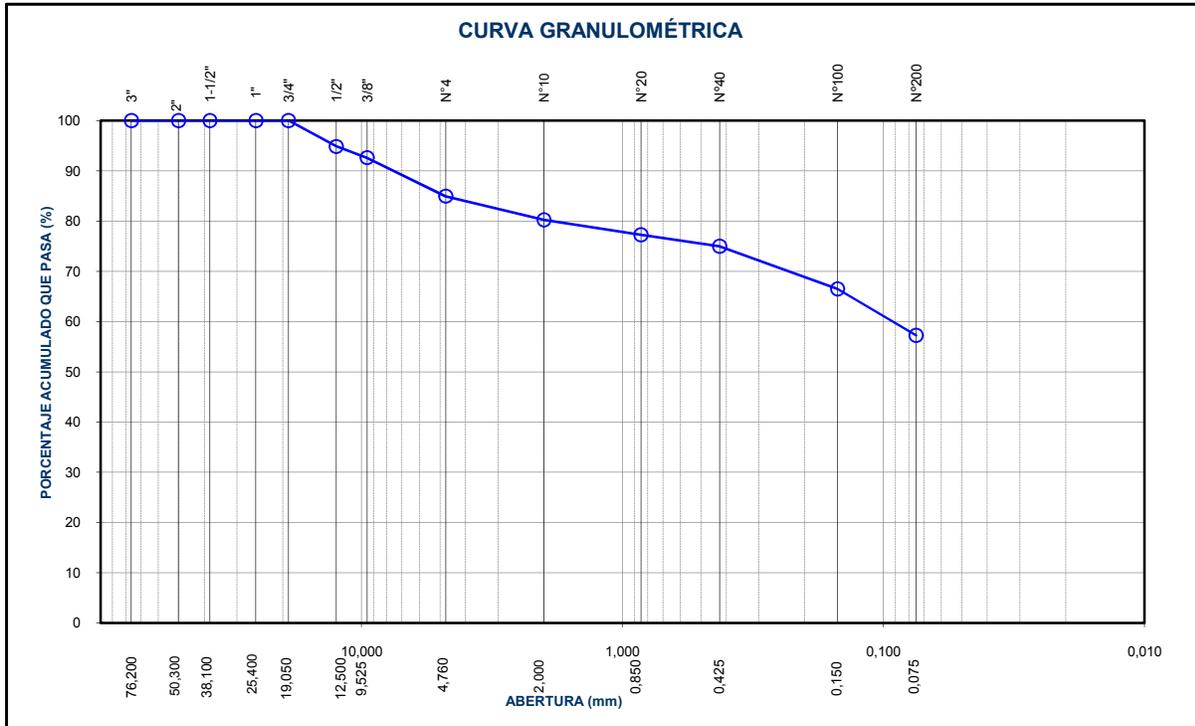
LL (%) : 38,8  
LP (%) : 15,9  
IP (%) : 22,9

**Humedad (%) :** 11,0

**Clasificación SUCS : CL**

Arcilla arenosa con grava

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	100,0
1 1/2"	38,100	100,0
1"	25,400	100,0
3/4"	19,050	100,0
1/2"	12,500	94,8
3/8"	9,525	92,6
Nº4	4,760	84,9
Nº10	2,000	80,2
Nº20	0,850	77,3
Nº40	0,425	75,0
Nº100	0,150	66,5
Nº200	0,075	57,3



# LÍMITES DE ATTERBERG

ASTM - D4318

Nombre del Proyecto: Ingeniería de Detalle Pozo DW-26

Ubicación: Jangas - Huaraz

Nº de muestra / Prof. (m): M4 / 129.00 - 171.00

Fecha: Nov-14

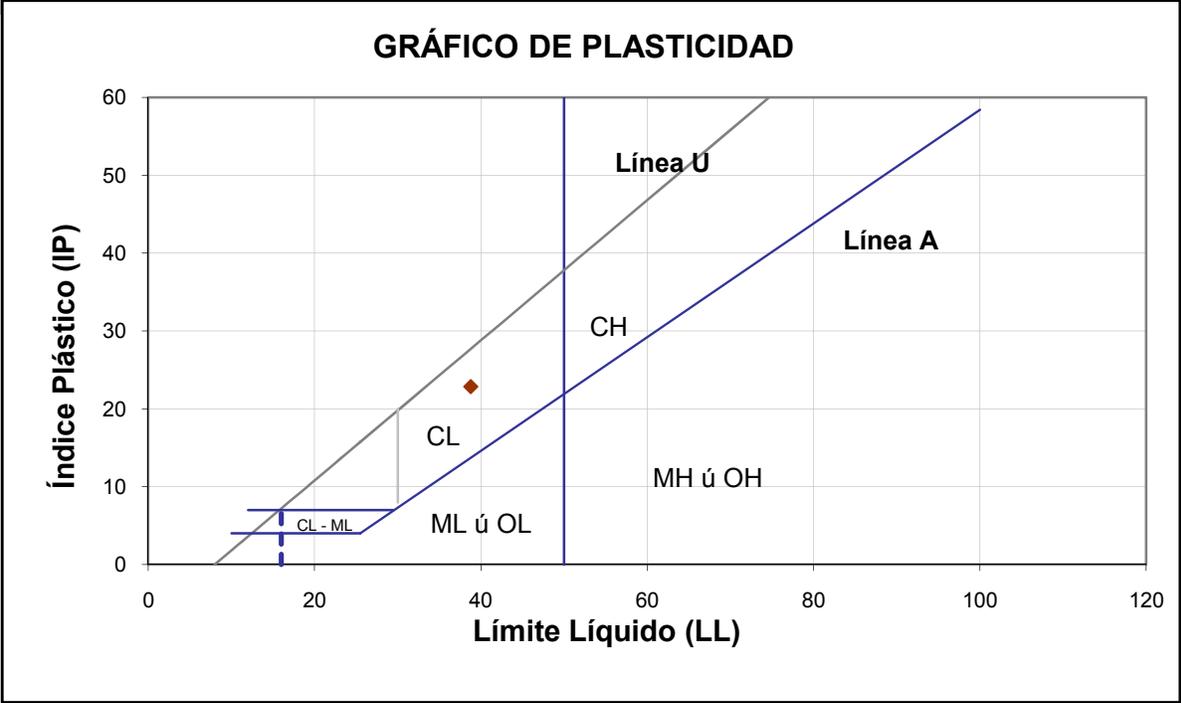
Descripción / Zona: Roca / Pozo DW-26

### Límites de Atterberg

LL (%): 38,8

LP (%): 15,9

IP (%): 22,9



# Carga Puntual

## ASTM D-5731

Nombre del Proyecto: **Ingeniería de Detalle Pozo DW-26**

Ubicación: **Jangas - Huaraz**

Nº de muestra / Prof. (m): **M5 / 172.00 - 214.00**

Fecha: **Nov-14**

Descripción / Zona: **Roca / Pozo DW-26**

Nro	Tipo falla	W (mm)	D (mm)	Fuerza (N)	De <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> )	De (mm)	Is	F	Is(50) (MPa)	σc (MPa)	ISRM
1	c	45,80	60,16	6.458	3.508,19	59,23	1,84	1,08	1,99	48	R3
2	c	65,90	50,89	1.402	4.270,00	65,35	0,33	1,13	0,37	9	R2
3	c	85,70	40,05	4.071	4.370,12	66,11	0,93	1,13	1,06	25	R3
4	c	85,32	20,90	2.608	2.270,43	47,65	1,15	0,98	1,12	27	R3
5	c	40,33	10,70	541	549,44	23,44	0,98	0,71	0,70	17	R2
6	c	70,45	30,12	1.193	2.701,76	51,98	0,44	1,02	0,45	11	R2
7											
8											
9											
10											
<b>Mean (MPa)</b>									<b>0,95</b>	<b>23</b>	<b>R2</b>

**Is<sub>(50)</sub>:** Índice de Carga Puntual Corregido

**σc:** Resistencia a la compresión No Confinada

**Tipo de falla :**

Resistencia ISRM	Descripción
R0	Roca Extremadamente Frágil (blanda)
R1	Roca muy Frágil (Blanda)
R2	Roca Frágil
R3	Roca medianamente Resistente
R4	Roca Resistente
R5	Roca muy Resistente
R6	Roca Extremadamente Resistente

- (a) Ensayo diametral válido
- (b) Ensayo axial válido
- (c) Ensayo de bloque válido
- (d) Ensayo diametral inválido
- (e) Ensayo axial inválido
- (f) Falla diametral/axial a través de una fractura curada

# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM - D422

Nombre del Proyecto: **Ingeniería de Detalle Pozo DW-26**

Ubicación: **Jangas - Huaraz**

Nº de muestra / Prof. (m): **M5 / 172.00 - 214.00**

Fecha: **Nov-14**

Descripción / Zona: **Roca / Pozo DW-26**

Partículas >3" (%): ---

Grava (%): 57,2

Arena (%): 29,7

Limos y Arcillas (%): 13,1

D10: ---  
D30: 1,19  
D60: 10,88  
Cu: ---  
Cc: ---

Límites de Atterberg:

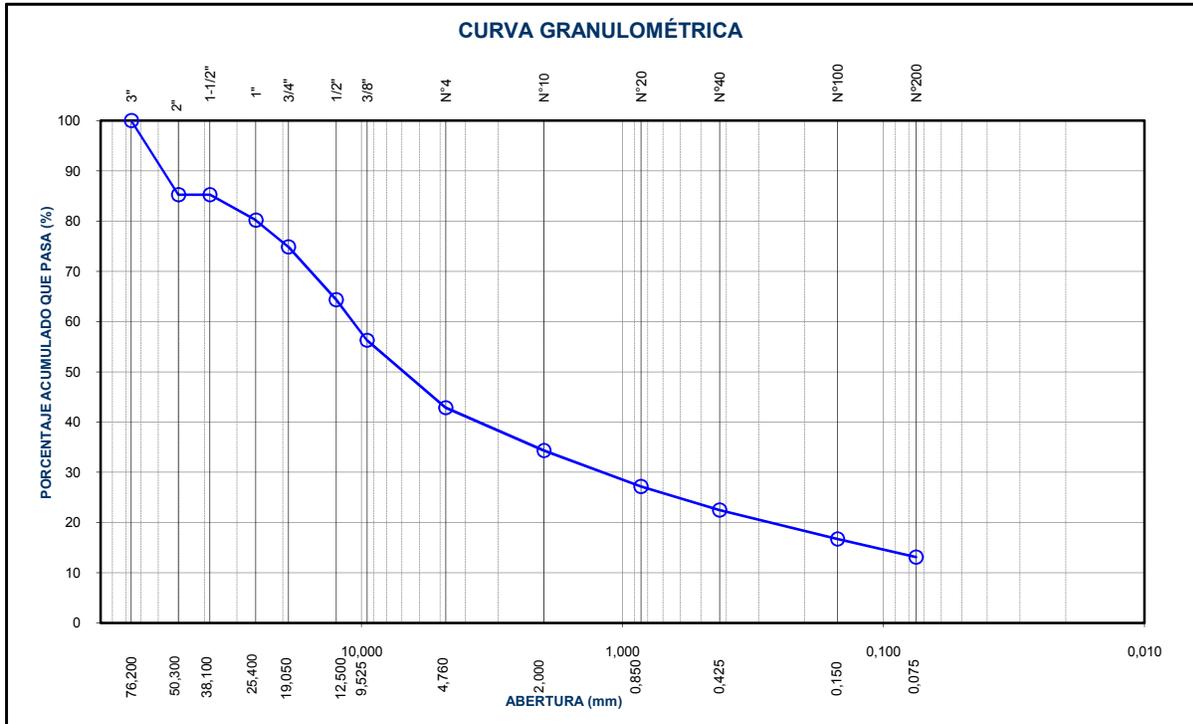
LL (%): 33,3  
LP (%): 17,4  
IP (%): 15,9

Humedad (%): 2,1

Clasificación SUCS: **GC**

Grava arcillosa con arena

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	85,2
1 1/2"	38,100	85,2
1"	25,400	80,2
3/4"	19,050	74,8
1/2"	12,500	64,3
3/8"	9,525	56,3
Nº4	4,760	42,8
Nº10	2,000	34,3
Nº20	0,850	27,2
Nº40	0,425	22,5
Nº100	0,150	16,7
Nº200	0,075	13,1



# LÍMITES DE ATTERBERG

ASTM - D4318

Nombre del Proyecto: **Ingeniería de Detalle Pozo DW-26**

Ubicación: **Jangas - Huaraz**

Nº de muestra / Prof. (m): **M5 / 172.00 - 214.00**

Fecha: **Nov-14**

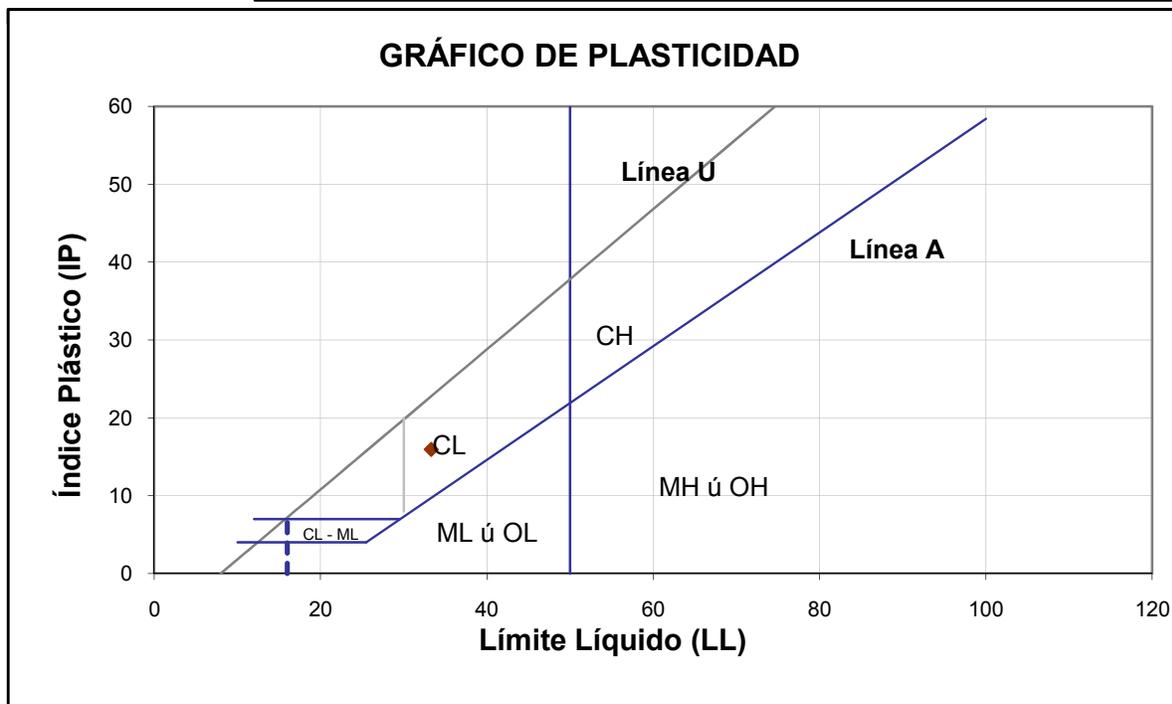
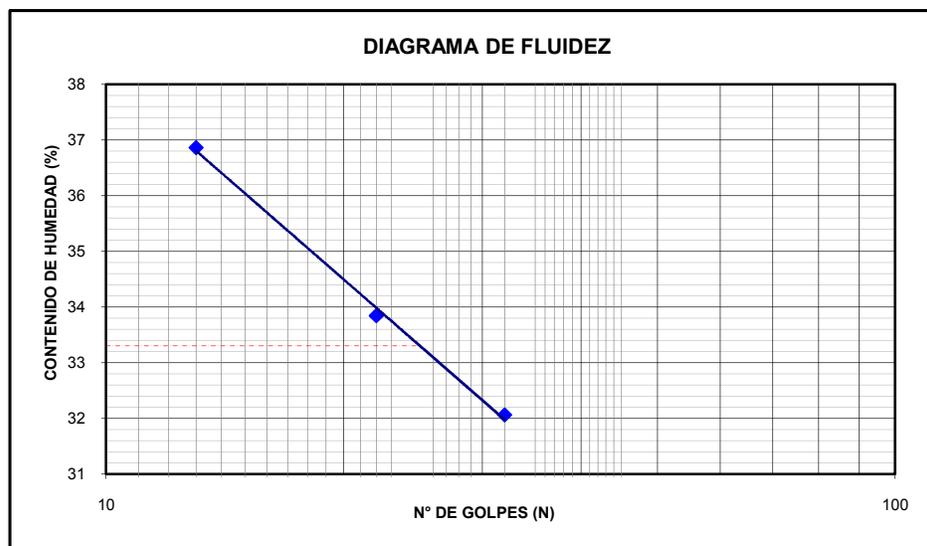
Descripción / Zona: **Roca / Pozo DW-26**

## Límites de Atterberg

LL (%): **33,3**

LP (%): **17,4**

IP (%): **15,9**



# Carga Puntual

## ASTM D-5731

Nombre del Proyecto: **Ingeniería de Detalle Pozo DW-26**

Ubicación: **Jangas - Huaraz**

Nº de muestra / Prof. (m): **M6 / 215.00 - 250.00**

Fecha: **Nov-14**

Descripción / Zona: **Roca / Pozo DW-26**

Nro	Tipo falla	W (mm)	D (mm)	Fuerza (N)	De <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> )	De (mm)	Is	F	Is(50) (MPa)	σc (MPa)	ISRM
1	c	55,45	20,53	6.888	1.449,44	38,07	4,75	0,88	4,20	101	R5
2	c	60,33	40,10	9.114	3.080,26	55,50	2,96	1,05	3,10	74	R4
3	c	35,81	50,00	2.325	2.279,42	47,74	1,02	0,98	1,00	24	R2
4	c	80,16	40,82	11.279	4.165,95	64,54	2,71	1,12	3,04	73	R4
5	c	60,47	50,20	2.608	3.865,04	62,17	0,67	1,10	0,74	18	R2
6	c	40,33	50,30	2.952	2.582,89	50,82	1,14	1,01	1,15	28	R3
7											
8											
9											
10											
<b>Mean (MPa)</b>									<b>2,21</b>	<b>53</b>	<b>R4</b>

**Is<sub>(50)</sub>:** Índice de Carga Puntual Corregido

**σc:** Resistencia a la compresión No Confinada

**Tipo de falla :**

Resistencia ISRM	Descripción
R0	Roca Extremadamente Frágil (blanda)
R1	Roca muy Frágil (Blanda)
R2	Roca Frágil
R3	Roca medianamente Resistente
R4	Roca Resistente
R5	Roca muy Resistente
R6	Roca Extremadamente Resistente

- (a) Ensayo diametral válido
- (b) Ensayo axial válido
- (c) Ensayo de bloque válido
- (d) Ensayo diametral inválido
- (e) Ensayo axial inválido
- (f) Falla diametral/axial a través de una fractura curada

# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM - D422

Nombre del Proyecto: **Ingeniería de Detalle Pozo DW-26**

Ubicación: **Jangas - Huaraz**

Nº de muestra / Prof. (m): **M6 / 215.00 - 250.00**

Fecha: **Nov-14**

Descripción / Zona: **Roca / Pozo DW-26**

**Partículas >3" (%) :** ---

**Grava (%) :** 15,0

**Arena (%) :** 36,9

**Limos y Arcillas (%) :** 48,1

D10 :  
D30 :  
D60 : 0,34  
Cu :  
Cc :

**Límites de Atterberg:**

LL (%) : 50,9

LP (%) : 24,4

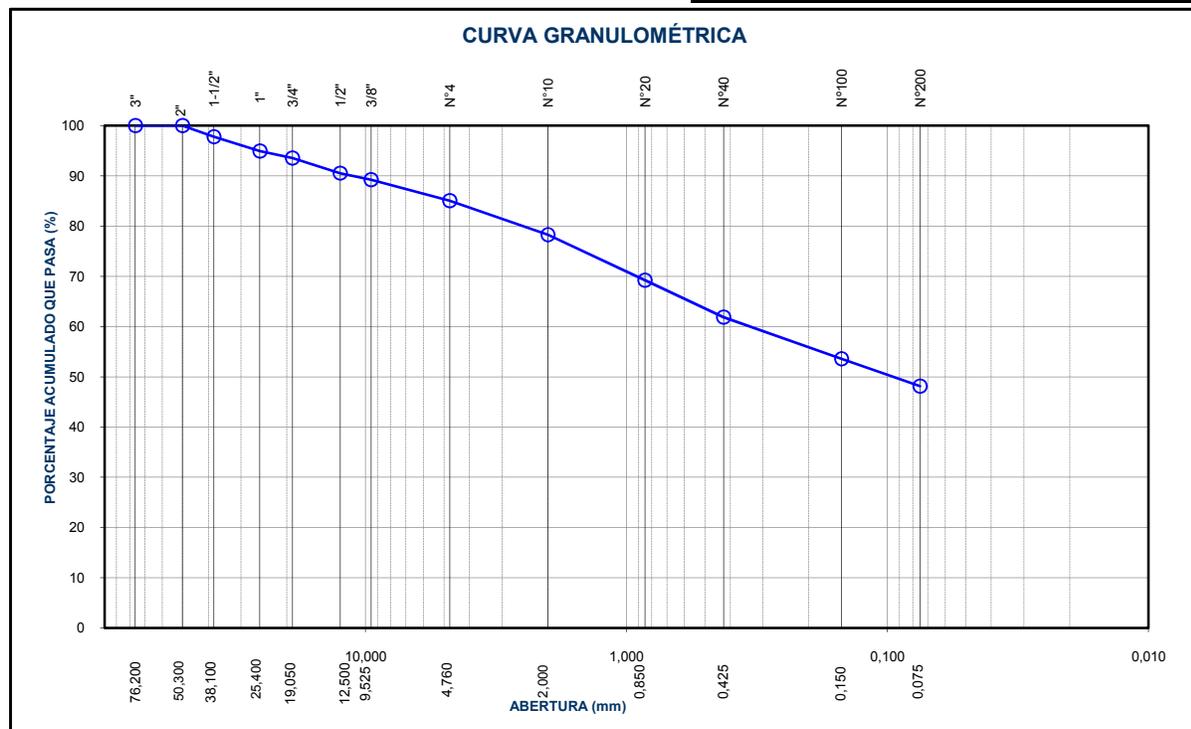
IP (%) : 26,5

**Humedad (%) :** 17,3

**Clasificación SUCS : SC**

Arena arcillosa con grava

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	100,0
1 1/2"	38,100	97,8
1"	25,400	94,9
3/4"	19,050	93,5
1/2"	12,500	90,5
3/8"	9,525	89,2
Nº4	4,760	85,0
Nº10	2,000	78,3
Nº20	0,850	69,2
Nº40	0,425	61,9
Nº100	0,150	53,6
Nº200	0,075	48,1



# LÍMITES DE ATTERBERG

ASTM - D4318

Nombre del Proyecto: **Ingeniería de Detalle Pozo DW-26**

Ubicación: **Jangas - Huaraz**

Nº de muestra / Prof. (m): **M6 / 215.00 - 250.00**

Fecha: **Nov-14**

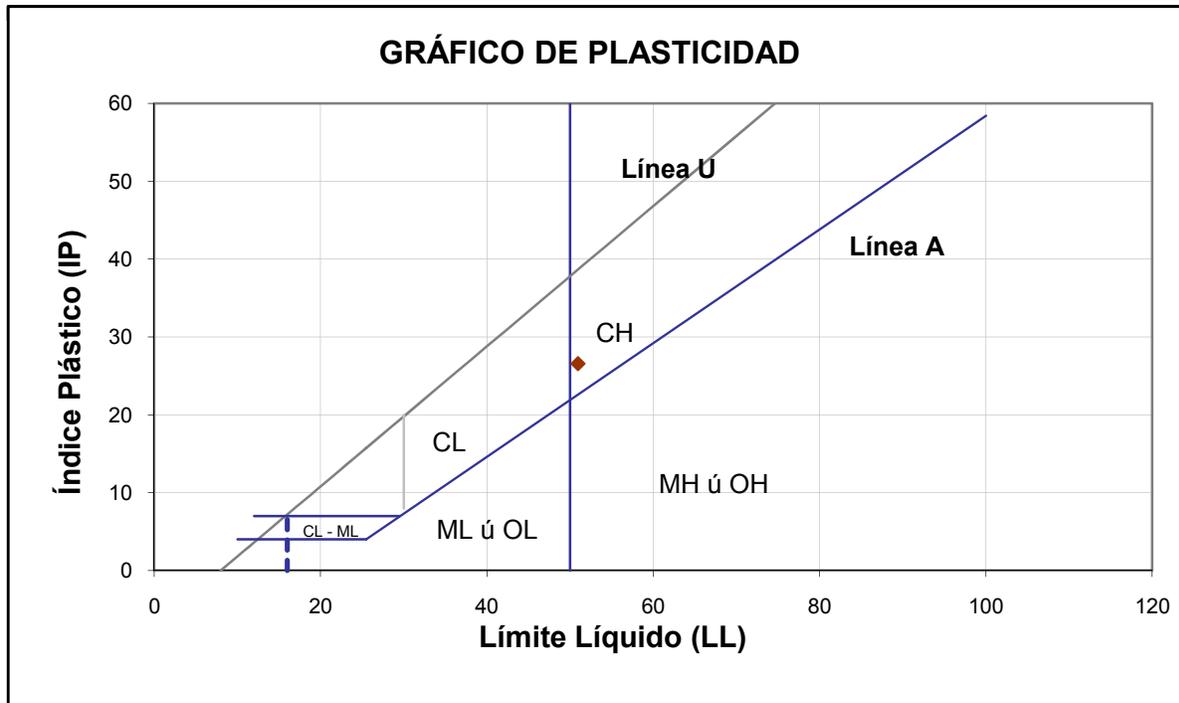
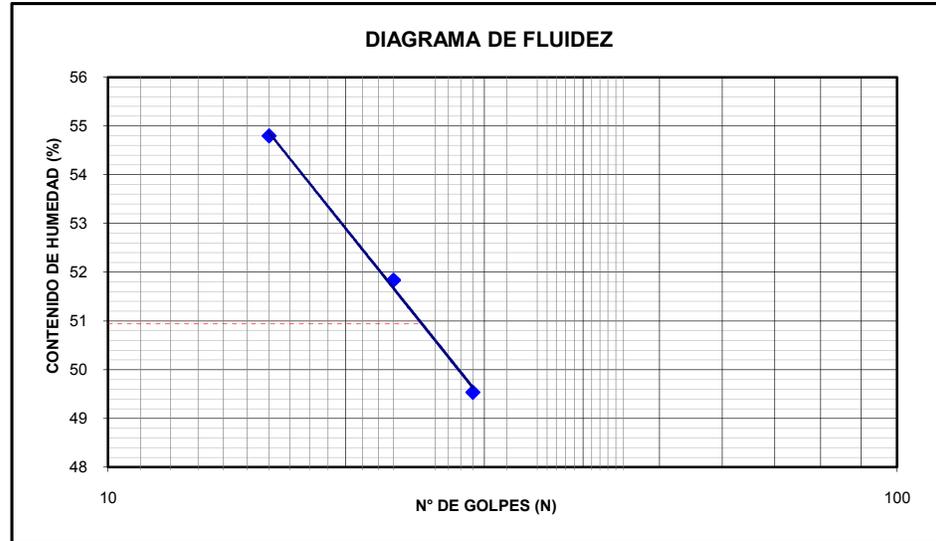
Descripción / Zona: **Roca / Pozo DW-26**

## Límites de Atterberg

LL (%): **50,9**

LP (%): **24,4**

IP (%): **26,5**





## **ANEXO 06:**

# **RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA**

**TABLA DE REPORTE DE ENSAYO N° 20599 - 20530**

Solicitante: MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.-U.E.A. PIERINA. AREA DE MEDIO AMBIENTE

Información general requerida de la muestra					Descripción de información de la muestra y codificación
Código					P-1
Fecha de muestreo				12/11/2014	
Hora de muestreo				13:23	
Tipo de muestra				Agua subterránea	
Frecuencia de muestreo				U	
Matriz de la muestra				9.41	
ID laboratorio				INSPECT	
Número de muestra de laboratorio				24910-13620000	
Suite				12.41	
Código de parámetro	Nombre de parámetro	Método de análisis	Unidad	Fecha de análisis	Resultados
pH-lab	pH	EPA 150.1	Unidad de pH	12/11/2014	3.41
Ca-tot	Calcio	EPA 200.8	mg/L	12/11/2014	0.0044
Cu-tot	Cobre	EPA 200.8	mg/L	12/11/2014	0.0727
Fe-tot	Hierro	EPA 200.8	mg/L	12/11/2014	0.1731
Mn-Tot	Manganeso	EPA 200.8	mg/L	12/11/2014	0.8592
Hg-tot	Mercurio	EPA 200.8	mg/L	12/11/2014	<0.0001
Pb-tot	Plomo	EPA 200.8	mg/L	12/11/2014	0.0141

**TABLA DE REPORTE DE ENSAYO N° 20599 - 20530**

SOLICITANTE: MINERA BARRICK MISAQUICHILCA S.A. U.E.A. PIENOA. ÁREA DE MEDIO AMBIENTE

Información general requerida de la muestra					Descripción de información de la muestra y codificación
Código					P-2
Fecha de muestreo					12/11/2014
Hora de muestreo					13:32
Tipo de muestra					Agua subterránea-DW-26
Frecuencia de muestreo					U
Matriz de la muestra					9.41
ID Laboratorio					INSPECT
Número de muestra de laboratorio					24910-13620000
Suite					12.41
Código de parámetro	Nombre de parámetro	Método de análisis	Unidad	Fecha de análisis	Resultados
pH-lab	pH	EPA 150.1	Unidad de pH	12/11/2014	4.03
Cd-tot	Cadmio	EPA 200.8	mg/L	12/11/2014	0.0077
Cu-tot	Cobre	EPA 200.8	mg/L	12/11/2014	0.0023
Fe-tot	Hierro	EPA 200.8	mg/L	12/11/2014	2.1083
Mn-tot	Manganeso	EPA 200.8	mg/L	12/11/2014	2.7277
Hg-tot	Mercurio	EPA 200.8	mg/L	12/11/2014	<0.0001
Pb-tot	Plomo	EPA 200.8	mg/L	12/11/2014	0.1619



## **ANEXO 07:**

# **INFORMACIÓN REFERENCIAL**

*Publicada: Caracas; Miércoles, 24 de Septiembre de 1997.*

**Nº 36.298**

24 de Septiembre de 1997.

**Decreto Nº 2.048.**

**Rafael Caldera  
Presidente de la República.**

**REPÚBLICA DE VENEZUELA  
MINISTERIO DE SANIDAD Y ASISTENCIA SOCIAL**

**Nº SG 691**

**Caracas, 08 de Septiembre de 1.997**

Por disposición del ciudadano Presidente de la República y de conformidad con lo establecido en el Artículo 30 Ordinal 7º, de la Ley Orgánica de la Administración Central en concordancia con el Artículo 10º de la Ley de Sanidad Nacional.

**POR CUANTO**

Se requiere el establecimiento de disposiciones jurídicas que permitan el control y la vigilancia de las obras que conforman los sistemas de obras de captación de agua, destinada al suministro de agua potable.

**POR CUANTO**

Los pozos perforados constituyen obras de captación de las aguas de origen subterráneo y es deber del Estado controlar y vigilar las obras de captación de agua destinadas al abastecimiento de agua potable.

**POR CUANTO**

Las aguas subterráneas se han constituido en una fuente de abastecimiento de agua potable muy utilizada en los últimos años, proliferando la perforación de pozos profundos.

**RESUELVE**

Publicada: Caracas; Miércoles, 24 de Septiembre de 1997.

Nº 36.298

Se dictan las NORMAS PARA LA UBICACIÓN, CONSTRUCCIÓN, PROTECCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE POZOS PERFORADOS DESTINADOS AL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.

## CAPÍTULO I

### DISPOCISIONES GENERALES

**Artículo 1º:** La ubicación, sondeos de pruebas, construcción, protección, operación y mantenimiento de pozos profundos destinados al abastecimiento de agua para el consumo humano, y el uso del agua proveniente de dichos pozos quedan sujetos a la vigilancia del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, a través de las dependencias responsables de las funciones de Ingeniería Sanitaria, de acuerdo a las disposiciones contenidas en las presentes Normas.

**Artículo 2º:** A los efectos de estas Normas, se definen los términos siguientes:

**AGUA POTABLE:** Estado del agua en que ningún elemento se encuentra presente en concentraciones suficientes que impidan su uso para el consumo humano.

**CONTAMINANTES:** Elemento o agente de cualquier naturaleza que afecte y haga nocivo el uso del agua para consumo humano.

**POZO PERFORADO:** Obra de ingeniería destinada a captar las aguas sub-superficiales o subterráneas para ser elevadas total o parcialmente al sitio de utilización.

**AGUA DE ABASTECIMIENTO:** Agua proveniente de una fuente que será destinada al suministro y el uso queda determinado por su calidad.

**Artículo 3º:** No se permitirá el uso de pozos cuyas aguas se destinen para consumo humano. En aquellas poblaciones, áreas o lugares que se encuentren servidos por abastecimiento público de agua con capacidad y demás características que, a juicio de la autoridad sanitaria, permitan el suministro de agua requerido en calidad y cantidad adecuada.

## CAPÍTULO II

### DE LA CONFORMIDAD SANITARIA DE PERFORACIÓN DE POZOS

Publicada: Caracas; Miércoles, 24 de Septiembre de 1997.

Nº 36.298

**Artículo 4º:** Para obtener la conformidad sanitaria para la perforación de pozos, o para la realización de sondeos o de perforaciones de prueba, el interesado (propietario o responsable), deberá dirigir a la autoridad sanitaria competente una solicitud escrita (anexo Nº 1) acompañada de la información, documentos y planos que se indican a continuación, firmada por el propietario o representante legal de la empresa responsable de la misma:

- a. Identificación previa de la ubicación del terreno donde se proyecta perforar el pozo: Entidad Federal, Municipal o Departamento, Sector o Vía de Acceso.
- b. Uso o destino que se pretende dar a las aguas.
- c. Autorización del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables para la perforación del pozo.
- d. Constancia expedida por la empresa responsable del abastecimiento público de agua potable de que no se encuentra en condiciones de prestar dicho servicio.
- e. Plano topográfico de situación, a escala conveniente, de los terrenos donde se ejecutará la perforación, donde se marcará el sitio escogido para la misma, señalándolo con toda precisión y exactitud en la hoja para plano de ubicación de un pozo.  
(Anexo Nº 2 )

**Artículo 5º:** No se permitirá para el uso humano, las aguas provenientes de pozos existentes, perforados sin la previa aprobación del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, hasta tanto se compruebe, a satisfacción de dicha autoridad, que el pozo cumple con los requisitos señalados en estas Normas.

**Artículo 6º:** Una vez recibida la solicitud, la autoridad sanitaria competente practicará una inspección al sitio propuesto para la perforación, en la cual se verificará la información suministrada por el interesado y que el sitio seleccionado cumple con los requisitos exigidos en las presentes Normas.

**Artículo 7º:** De la inspección realizada se dejará constancia en acta levantada en el sitio, que será firmado por el interesado o quien lo represente y el funcionario sanitario autorizado para ejecutar la inspección.

**Artículo 8º:** La conformidad que otorga la autoridad sanitaria competente para la perforación del pozo será por escrito, y en ella se hará constar la ubicación de la perforación y demás características que correspondan, así como los requisitos que para dicha perforación deberá cumplir, tanto la empresa encargada de la perforación como su propietario.

La autorización otorgada tendrá vigencia de seis (06 ) meses contados a partir de la fecha de la notificación. Vencido este plazo, la aprobación otorgada caducará, pudiendo los interesados solicitar la renovación correspondiente, la cual podrá ser otorgada si se mantienen las condiciones que permitieron la aprobación inicial.

Publicada: Caracas; Miércoles, 24 de Septiembre de 1997.

Nº 36.298

**Artículo 9º:** A los fines de identificación, al pozo aprobado se le asignará un número, el cual permitirá su adecuado control sanitario posterior.

Junto con la conformidad sanitaria correspondiente a la perforación del pozo se suministrará la “Tarjeta de Control de Inspección de la Perforación de Pozo”, la cual deberá ser firmada por el interesada o representante de la empresa perforadora y el funcionario sanitario autorizado.

**Artículo 10º:** Si durante la vigencia de la conformidad otorgada, el propietario del pozo decidiera cambiar o sustituir a la empresa perforadora o al personal responsable de la obra, deberá participarlo de inmediato por escrito a la autoridad sanitaria competente, indicando la fecha a partir de la cual hará efectivo dicho cambio.

**Artículo 11º:** La autoridad Sanitaria inspeccionará cuantas veces crea conveniente las obras de perforación con la finalidad de verificar que su construcción se ejecuta en un todo de acuerdo con las presentes Normas. A este fin el propietario o su representante, la empresa encargada de la perforación o el profesional responsable, permitirán a los funcionarios sanitarios autorizados la inspección correspondiente y le suministrarán la información y documentos que le fueren solicitados.

**Artículo 12º:** La autoridad sanitaria competente ordenará la paralización de los trabajos de perforación del pozos, so durante la inspección de la obra comprueba cambios o modificaciones en la ubicación, en la construcción o en la protección del pozo, sin que para ello se haya obtenido la aprobación correspondiente. A este fin se procederá al levantamiento del acta respectiva de acuerdo a lo establecido en el Artículo 7º.

### **CAPITULO III DEL CONTROL Y FUNCIONAMIENTO DE LOS POZOS PERFORADOS**

**Artículo 13º:** El propietario de pozo o el encargado de su explotación, será responsable ante la autoridad sanitaria competente de las aguas que de él suministran cumplan permanentemente con las Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable, así como de la cantidad de agua suministrada a los usuarios. A tal fin, deberá practicar periódicamente aforos del pozo, captar las muestras necesarias para hacer exámenes bacteriológicos y análisis físico- químicos y enviar copia de los resultados a la autoridad sanitaria competente.

**Artículo 14º:** La autoridad sanitaria competente determinará de acuerdo con los resultados obtenidos en los exámenes bacteriológicos y análisis físico- químicos de las aguas provenientes del pozo, el tipo y grado del tratamiento requerido y ordenará, de ser el caso, la elaboración del proyecto de las modificaciones a que hubiere lugar.

Publicada: Caracas; Miércoles, 24 de Septiembre de 1997.

Nº 36.298

A los fines de su explotación, el propietario o encargado, será responsable tanto de las instalaciones del tratamiento requerido, como de su operación y mantenimiento.

**Artículo 15º:** El propietario del pozo o el encargado de su explotación, deberá llevar permanentemente en la Hoja para Registro de la Operación, Funcionamiento y Mantenimiento de Pozo Perforado, el registro de la operación y funcionamiento del mismo, y de sus instalaciones y equipos, donde figure: Horas de bombeo por día, interrupciones en el servicio por cualquier causa, reparaciones y equipos, así como otra información que considere conveniente. Este registro será presentado a la autoridad sanitaria competente cuando ésta lo solicite. ( Ver anexo Nº 3 ).

**Artículo 16º:** Mientras el pozo se encuentre en servicio, su propietario o el encargado de su explotación, quedará obligado a mantener sus instalaciones satisfactorias de operación de acuerdo con lo establecido en las presentes Normas.

**Artículo 17º:** En cualquier tiempo la autoridad sanitaria competente podrá realizar actividades de vigilancia y control sobre los pozos activos de acuerdo a lo establecido con el Artículo 11 de estas Normas.

#### **CAPÍTULO IV DE LOS SITIOS PARA LA UBICACIÓN DE POZOS PERFORADOS DESTINADOS AL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE**

**Artículo 18º:** Los sitios seleccionados para la ubicación de pozos perforados, cuyas aguas se pretendan utilizar para consumo humano, deberán ser libres de toda fuente de contaminación, bien sea real o potencial. El sitio de ubicación del pozo deberá ser previamente aprobado por la autoridad sanitaria competente y cumplir con los requisitos exigidos en las presentes Normas.

**Artículo 19º:** Los sitios para la perforación, deben estar ubicados en áreas o zonas no inundables. A este fin, el sitio de la perforación deberá quedar a una altura no menor de 60 cms por encima de la marca de agua más alta conocida de los alrededores.

**Artículo 20º:** El terreno en el sitio de la perforación y en sus alrededores, no deberá presentar fisuras, grietas, fallas o cavernas que permitan el paso de agua superficial o subterránea que pueda contaminar los acuíferos que sean captados por el pozo.

**Artículo 21º:** El terreno en el sitio de la perforación, deberá ser protegido para impedir la acumulación de aguas superficiales y otros residuos líquidos.

**Artículo 22º:** Las distancias mínimas a mantener entre el sitio de la perforación y las fuentes existentes o potenciales de contaminación serán las siguientes:

Publicada: Caracas; Miércoles, 24 de Septiembre de 1997.

Nº 36.298

- a) A plantas industriales, y de cualquiera de las unidades de que consta las plantas de tratamiento de aguas servidas: 30 metros.
- b) A calles, linderos de propiedad de terreno, fundaciones y sótanos de edificaciones : 10 mts, cuando se trate de pozos para abastecimiento público de agua y a 5 mts, cuando se trate de pozos para abastecimiento particular.
- c) A otros pozos existentes de uso particular: 50 metros, la distancia podría ser mayor a juicio de la autoridad sanitaria competente, cuando por interferencia de los conos de depresión se afecte la productividad del acuífero.
- d) A granjas avícolas o porcinas, establos, caballerizas, estercoleros y otras destinadas a la cría y/o al cuidado de animales: 100 metros.

Los casos no contemplados en los apartes anteriores, serán resueltos por la autoridad sanitaria competente.

**Artículo 23º:** Los sitios en los alrededores del pozo perforado deberán estar cercados, con malla metálica de 1.80 metros de altura como mínimo, dotada de puerta de acceso de 4 metros de ancho, con la protección conveniente para que se mantenga cerrada para impedir el libre acceso de personas y animales.

Dentro del área cercada no se permitirá construcción de obra alguna que no sea la caseta del pozo u otras instalaciones de abastecimiento de agua.

Los terrenos, así delimitados, deberán tener fácil acceso por vía terrestre para permitir el mantenimiento, operación y reparaciones.

(Anexo 4 y 5)

**Artículo 24º:** No se permitirá la perforación de nuevos pozos en sitios donde la interferencia de conos de depresión afecte la producción de pozos autorizados y en explotación. La autoridad sanitaria competente, podrá permitir la perforación de pozos nuevos cercanos a pozos existentes autorizados y en explotación, cuando el interesado presente la documentación comprobatoria de que no se presentará interferencia, consistente en los respectivos estudios y pruebas de campo realizados por un profesional de la Ingeniería.

## **CAPITULO V DE LA PERFORACIÓN, ACONDICIONAMIENTO, PROTECCIÓN Y LIMPIEZA DE LOS POZOS PERFORADOS DESTINADOS AL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE**

**Artículo 25º:** El diámetro de la tubería de revestimiento se seleccionará en función de la productividad y demás características del acuífero y del equipo de bombeo.

**Artículo 26º:** La longitud ciega de la tubería de revestimiento dependerá del perfil geológico correspondiente, a juicio de la autoridad sanitaria, pero en ningún caso será menor de diez (10) metros medidos a partir de la superficie del terreno.

Publicada: Caracas; Miércoles, 24 de Septiembre de 1997.

Nº 36.298

**Artículo 27º:** La tubería de revestimiento deberá ser nueva, resistente a la acción corrosiva del agua y del terreno y especialmente fabricada para tal uso, debiendo prolongarse hasta el acuífero. En los casos de formaciones porosas consolidadas, tales como arenisca, dolomita y similares, la autoridad sanitaria competente podrá permitir la eliminación de la tubería de revestimiento.

**Artículo 28º:** La tubería de revestimiento será de un material capaz de satisfacer las especificaciones o normas nacionales vigentes y en su defecto las internacionales, como las de la ASTM, a juicio de las autoridades sanitarias competentes.

**Artículo 29º:** La totalidad de la tubería de revestimiento deberá ser colocada dentro de la perforación, sin golpes, presiones, ni tensiones que no sean las ocasionadas por el peso propio de la tubería. Deberá tenerse especial cuidado de que la tubería esté centrada en la perforación.

Las uniones entre los tubos serán del tipo de rosca y anillo o del tipo biselado para soldar o de otro tipo que satisfaga las especificaciones correspondientes al material empleado. La unión debe ser realizada sin dejar espacios abiertos que puedan producir fallas o colapsos en las mismas.

**Artículo 30º:** El propietario o responsable del pozo y el alineamiento de la tubería de revestimiento. La tolerancia máxima en las desviaciones de la verticalidad del pozo será de 7 cms, por cada 10 metros hasta la máxima profundidad prevista para la colocación de la bomba. El alineamiento del pozo debe ser tal que permita la libre colocación del equipo de bombeo, sin golpes, presiones, ni tensiones que no sean ocasionadas por el peso propio del equipo.

**Artículo 31º:** El pozo deberá engranzonarse sólo cuando el tamaño del material del acuífero correspondiente al 40% retenido sea menor de 0,025 cms ó 0,010”.

**Artículo 32º:** La empaadura de grasa deberá seleccionarse en función de la granulometría del acuífero, tomando como base el tamaño correspondiente al 70% del material retenido. Este tamaño deberá ser de 4 a 6 veces mayor que el correspondiente al 70% retenido del material acuífero. El coeficiente de uniformidad de la grava seleccionada deberá ser menor o igual a 2,5.

**Artículo 33º:** Cuando se requiere empaadura de grava, su espesor no deberá ser menor de cinco (5) centímetros, y deberá llevarse desde el fondo de la perforación hasta el extremo superior de los tubos alimentadores de grava.

**Artículo 34º:** En los pozos donde se emplee empaque de grava, ésta será limpia, redonda, esférica con contenido de sílice o cuarzo en un 95%, con granos de superficie lisa y sin fractura, sin partículas aplanadas, o alargadas, no más de 10% en

Publicada: Caracas; Miércoles, 24 de Septiembre de 1997.

Nº 36.298

peso. La grava no debe tener partículas de arcilla, mica, arena, suciedades, ni impurezas orgánicas de ningún tipo y no debe contener hierro o manganeso en cantidad o forma que pueda afectar la calidad de agua.

**Artículo 35º:** La grava será vaciada por gravedad, dentro del espacio anular entre las paredes de la perforación y la tubería de revestimiento en toda su profundidad y hasta el anillo de protección del mortero de cemento, con mucho cuidado, utilizando un proceso continuo, uniforme y controlado. Se cuidará que la tubería de revestimiento se encuentre vertical y centrada en la perforación durante el vaciado de la grava.

**Artículo 36º:** El espacio anular entre la tubería de revestimiento y la perforación, comprendido entre la superficie del terreno hasta una profundidad de seis (06) metros deberá sellarse en un anillo de protección de mortero de cemento en la proporción: 50 kilos de cemento por 20 litros de agua. A esta mezcla se le podrá añadir otros agregados cuando sean requeridos de acuerdo a las características del trabajo a realizar, teniendo cuidado que se garantice completa impermeabilidad. El espesor mínimo de este anillo deberá ser de cinco (05) centímetros. El vaciado del anillo de protección se hará bajo supervisión de la Autoridad Sanitaria.

**Artículo 37º:** Cuando se presenten formaciones inestables en el subsuelo, como en el caso de rellenos no consolidados, el anillo de protección deberá extenderse por debajo de los 6,00 metros hasta incluir dichas formaciones en toda su extensión

**Artículo 38º:** Cuando existan acuíferos cuyas aguas no deban ser captadas por razones sanitarias, dichos acuíferos serán sellados con carato de cemento inyectado a presión, de acuerdo con las instrucciones de la autoridad sanitaria competente.

**Artículo 39º:** Para la captación de las aguas de los acuíferos, podrá utilizarse tubería de revestimiento ranurada, rejillas o filtros especiales.

**Artículo 40º:** Las rejillas o filtros a utilizarse, deberán ser de fabricación y material adecuado a las características químicas del agua. Las aberturas de estas rejillas o filtros, deberán ser seleccionadas en base a la granulometría del acuífero o del empaque de grava.

**Artículo 41º:** Cuando la granulometría del acuífero no requiere engranzonamiento del pozo, las aberturas de la rejilla o de la tubería de revestimiento ranurada no deben permitir el paso de más del 60% del material del acuífero

**Artículo 42º:** Cuando la granulometría del acuífero requiera engranzonado, las aberturas de las rejillas y filtro de la tubería de revestimiento deben retener como mínimo el 90% del empaque de la grava de filtro.

Publicada: Caracas; Miércoles, 24 de Septiembre de 1997.

Nº 36.298

**Artículo 43º:** Para evitar la entrada de aguas superficiales a los pozos deberán tomarse las siguientes precauciones:

- a) Construir una placa de concreto alrededor del pozos, de dimensiones adecuadas, que permita la instalación de los equipos con que dotarse al pozo de ochenta por ochenta (80 x 80 ) centímetros como mínimo. Esta placa tendrá un espesor mínimo de cuarenta (40) centímetros, de los cuales veinte (20 ) centímetros sobresaldrán de la superficie natural del terreno y veinte centímetros penetrarán por debajo del mismo nivel. La superficie de la placa tendrá pendiente del 2% hacia la periferia de la misma. Los equipos deben protegerse de la intemperie y del acceso de personas y animales de acuerdo a lo establecido en el Artículo 23 de estas Normas. Las juntas entre la placa y las tuberías de revestimiento, la de alimentación de grava y otras, deberán sellarse herméticamente.
- b) El terreno circundante a la placa de concreto deberá condicionarse compactándolo debidamente y dándole pendiente hacia afuera para protegerla de la acumulación de las aguas superficiales y otros residuos líquidos.

**Artículo 44º:** Con el objeto de eliminar cualquier residuo de lodo u otros materiales utilizados en el proceso de perforación, el propietario o responsable del pozo efectuará una limpieza completa al mismo, bombeando hasta eliminar la presencia de las partículas que afecten los equipos.

## **CAPITULO VI DEL AFORO Y PRUEBAS DE BOMBEO**

**Artículo 45º:** Una vez concluida la perforación del pozo, el propietario o responsable del pozo procederá a la determinación de su producción o gasto (afora); a los fines de la presentación ante la autoridad sanitaria competente de un informe elaborado de acuerdo a las especificaciones establecidas en el anexo Nº 6.

**Artículo 46º:** Para determinar la producción del pozo, se bombeará previamente durante un tiempo no menor de 72 horas; pasado este tiempo se bombeará a caudal variable, determinándose para cada roto de bombeo, el nivel que mantenga el acuífero. La curva de aforos se establecerá con no menos de cinco (05) puntos, definidos por los niveles de bombeo estables contra los correspondientes gastos aforados. en el anexos Nº 7 y 8 se indica ejemplo del trazado de curva de aforo.

**Artículo 47º:** De acuerdo con el artículo anterior la producción del pozo, se tomará igual o menor al 70% de las máxima producción determinada de acuerdo al artículo 46.

**Artículo 48º:** Cuando se requiere determinar el gasto disponible del pozo en forma más exacta a la indicada en el artículo 47, el pozo deberá bombearse a un caudal

Publicada: Caracas; Miércoles, 24 de Septiembre de 1997.

Nº 36.298

constante, determinando a intervalos regulares el nivel de agua en el mismo y en uno o varios pozos de observación. Las predicciones acerca del gasto disponible para el período de diseño se harán en base a las fórmulas de equilibrio o por el Método Gráfico de Theís u otro similar según sea el caso.

## **CAPÍTULO VII DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA LOS POZOS PROFUNDOS**

**Artículo 49º:** La capacidad de bomba y la potencia del motor deberán ser suficientes para elevar el gasto de bombeo requerido, contra la carga dinámica máxima calculada.

**Artículo 50º:** La eficiencia de la bomba no deberá ser menor del 65%, salvo en casos justificados.

**Artículo 51º:** Las bombas deberán instalarse a una profundidad que asegure una sumergencia total de la bota de succión para el máximo descenso del nivel de bombeo.

**Artículo 52º:** Cuando el suministro de energía eléctrica presente fallas frecuentes, el propietario o responsable del pozo instalará una placa eléctrica de emergencia o un motor de combustión interna de capacidad y características adecuadas.

**Artículo 53º:** La capacidad del motor deberá calcularse para suministrar la potencia requerida por la bomba, más una potencia adicional del 15% para motores eléctricos y del 25% para motores de combustión interna, de acuerdo con el análisis de la curva de potencia de la bomba.

## **CAPÍTULO VIII DE LAS INSTALACIONES ADICIONALES REQUERIDAS EN LOS POZOS PERFORADOS**

**Artículo 54º:** Para el correcto funcionamiento de operación de los pozos y de las bombas respectivas se deberán instalar como mínimo, los siguientes dispositivos (ver anexo N° 9):

Publicada: Caracas; Miércoles, 24 de Septiembre de 1997.

Nº 36.298

- a) Manómetro en la tubería de descarga.
- b) Tubería para limpieza y aforo con su correspondiente llave de paso.
- c) Válvula de retención y llave de paso en la línea de descarga y válvula de retención en el extremo de la tubería de succión en caso de bombas centrífugas.
- d) Dispositivo adecuado para aliviar el exceso de presión del golpe de ariete, cuando ello este justificado.
- e) Junta flexible en la línea de descarga, instalada antes de la tubería de limpieza.
- f) Llave de ½" de diámetro para la captación de muestras, instalada sobre la tubería de descarga de la bomba.
- g) Dos (2) tuberías de 2" de diámetro, como mínimo c/u, para la recarga de grava, dotadas con tapón.
- h) Tubería de ¼" de diámetro y manómetro con accesorios para la determinación de los niveles de bombeo durante el aforo del pozo, o en su defecto un orificio de ½" de diámetro como mínimo dotado de tapón enroscado, ubicado en la boca del fondo del pozo para introducir sonda eléctrica.
- i) Tubería de ½" de diámetro para ventilación de la tubería de revestimiento, protegida con malla metálica de 16 hilos por pulgada cuadrada.
- j) Tablero de control manual y automático para arranque y paradas del motor de la bomba en el caso de bombas con accionamiento de motor eléctrico.
- k) Instalación eléctrica completa para iluminación interior y exterior de la caseta del pozo.

## CAPÍTULO IX DE LA DESINFECCIÓN DE LOS POZOS PERORADOS

**Artículo 55º:** Los pozos perforados destinados al abastecimiento de agua potable, deberán someterse a desinfección en los casos siguientes:

- a) Una vez terminada la construcción del pozo y después de instalados los equipos y las instalaciones adicionales requeridas, antes de usar las aguas provenientes del mismo.
- b) Cuando se hayan afectado reparaciones, modificaciones o cambios en al perforación, en el equipo o en las instalaciones correspondientes.
- c) Cuando los resultados de los exámenes bacteriológicos practicados a las muestras de agua captadas del pozo, indiquen contaminación por organismos coliformes.

**Artículo 56º:** La desinfección de un pozo deberá practicarse utilizando cloro u otros desinfectantes de efecto residual.

**Artículo 57º:** La solución de cloro utilizada para la desinfección de un pozo perforado deberá tener una concentración no menor de 50 miligramos por litro. La concentración indicada, deberá mantenerse después de un período de contacto no menor de 30 minutos.

Publicada: Caracas; Miércoles, 24 de Septiembre de 1997.

Nº 36.298

**Artículo 58º:** La solución desinfectante deberá aplicarse cuidadosamente, asegurando su contacto con todas y cada una de las partes del pozo y de sus instalaciones, incluyendo las tuberías y conexiones.

**Artículo 59º:** El período de contacto a mantener entre la solución desinfectante, el pozo y sus instalaciones deberá ser de 24 horas como mínimo.

**Artículo 60º:** Una vez transcurrido el período de contacto requerido, se bombeará el pozo en forma continua hasta que el agua prácticamente no contenga cloro residual. Después de garantizar esto, se procederá a la captación de muestras para : examen bacteriológico, con el fin de verificar la efectividad del tratamiento de desinfección. Los resultados de los exámenes bacteriológicos practicados, no deberán indicar la presencia de organismos coliformes. Si esto sucediera el propietario del pozo deberá investigar la existencia de alguna fuente de contaminación con la finalidad de eliminarla, o bien practicar una nueva desinfección.

#### **CAPÍTULO X DEL PERMISO DEL USO DEL AGUA PROVENIENTE DEL POZO PERFORADO**

**Artículo 61º:** Una vez concluida la perforación del pozo, instalada la bomba y completadas las instalaciones adicionales necesarias, el propietario o responsable del pozo deberá presentar a la autoridad sanitaria competente, a los efectos del otorgamiento del Permiso de Uso del Agua Proveniente del Pozo la información técnica correspondiente al pozo perforado, la cual constituirá en los siguiente:

- a) Curva de aforos tomados a cinco (5) niveles como mínimo.(ver anexos Nros 7 y 8).
- b) Perfiles geológicos acotados de las formaciones encontradas, indicando la posición y tamaño de la rejilla y de la tubería de revestimiento ciega y la perforada. (ver anexos Nros 10 y 11).
- c) Curvas características de la bomba instalada.
- d) Dibujo esquemático de la instalación del pozo, indicando la posición de rejillas o de las ranuras de tubería de revestimiento; del equipo de bombeo y de las instalaciones adicionales requeridas a escala conveniente, indicando las medidas de protección adoptadas: placa de concreto, drenaje de pisos, pendiente, drenaje de los alrededores, caseta de protección, área de terreno para la ubicación del pozo, cerca, puerta de protección, acceso y otros.
- e) Planilla con los datos técnicos del pozo, completada con la información indicada en los anexos Nros 12 y 13.
- f) Planos acotados indicando el sistema de bombeo y sus etapas respectivas.

Publicada: Caracas; Miércoles, 24 de Septiembre de 1997.

Nº 36.298

**Artículo 62º:** El propietario o responsable de la explotación del pozo perforado, solicitará por escrito ante la autoridad sanitaria competente el Permiso de Uso del Agua Proveniente del Pozo Perforado.

**Artículo 63º:** La Jefatura Regional de Malaria y Saneamiento Ambiental a través del Servicio de Ingeniería Sanitaria, otorgará el Permiso de Uso de Agua Proveniente del Pozo Perforado previo cumplimiento del interesado de los requisitos establecidos en las presentes Normas y la consignación de los resultados de los exámenes bacteriológicos practicados por laboratorios de análisis de agua reconocidos, a las muestras captadas del pozo, donde se indique que estas aguas satisfacen los requerimientos exigidos en las Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable.

**Artículo 64º:** El permiso para el Uso del Agua Proveniente del Pozo Perforado podrá ser revocado cuando la autoridad sanitaria competente detecte cualquier cambio o deficiencia en las instalaciones del pozo y en la calidad del agua proveniente del mismo.

Previamente al otorgamiento de un nuevo permiso solicitado por el interesado, la autoridad sanitaria competente verificará las condiciones de protección del pozo y su aforación. Así mismo, captará muestras para determinar la potabilidad del agua proveniente del pozo.

## **CAPÍTULO XI DE LA CLAUSURA Y SELLADO DE LAS PERFORACIONES DE PRUEBAS, SONDEOS Y POZOS PERFORADOS ABANDONADOS**

**Artículo 65º:** Toda perforación de prueba o sondeo que haya sido realizada, debe ser sellada en toda su profundidad con mortero de cemento de acuerdo a lo establecido en el Artículo 38 de estas Normas.

**Artículo 66º:** Todo pozo perforado que por cualquier motivo deje de prestar servicio o sea abandonado, será sellado con una tapa acondicionada que permita realizar actividades de monitoreo, de aguas subterráneas por las autoridades sanitarias competentes.

**Artículo 67º:** El sellado de las perforaciones de prueba, de los sondeos y de los pozos perforados abandonados se realizará en presencia de funcionarios autorizados del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, notificado previamente al propietario. Deberá dejarse una marca en el sitio ocupado por la perforación de prueba, de sondeo o del pozo perforado sellado.

## **CAPÍTULO XII**

Publicada: Caracas; Miércoles, 24 de Septiembre de 1997.

Nº 36.298

### DISPOSICIONES FINALES.

**Artículo 68º:** El Ministerio de Sanidad y Asistencia Social establecerá los plazos dentro de los cuales el propietario o responsable del pozo perforado, deberá instalar los sistemas o procedimientos que se requiera para el el tratamiento de las aguas de abastecimiento.

**Artículo 69º:** Los infractores a las disposiciones contenidas en las presentes Normas serán sancionadas de conformidad con lo establecido en la Ley de Sanidad Nacional y la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Salud.

**Artículo 70º:** En los Estados de la República donde el Servicio de Ingeniería Sanitaria haya sido descentralizado administrativamente la función de control prevista en esta resolución corresponderá a la Dirección Regional de la correspondiente entidad federal a la que se encuentra adscrita el Servicio de Ingeniería Sanitaria.

**Artículo 71º:** Se derogan las disposiciones contenidas en resoluciones, providencias o instructivos que colindan con la presente resolución.

**Artículo 72º:** Las presentes Normas entrarán en vigencia a los 30 días siguientes a la fecha de su publicación en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela y se someterá a revisión cada tres años, manteniéndose hasta tanto se hagan las modificaciones correspondientes.

Comuníquese y Publíquese,

JOSE FELIX OLETTA  
Ministro de Sanidad y Asistencia Social.

Publicada: Caracas; Miércoles, 24 de Septiembre de 1997.

Nº 36.298

ANEXO Nº 1

MINISTERIO DE SANIDAD Y ASISTENCIA SOCIAL  
DIRECCIÓN GENERAL SECTORIAL DE MALARIOLOGIA  
Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

SOLICITUD DE APROBACION SANITARIA  
PARA LA PERFORACIÓN DE UN POZO

Ciudadano

De conformidad con lo dispuesto en el Artículo 14 de la Ley de Sanidad Nacional, solicito aprobación sanitaria para la perforación de un pozo terrenos propiedad de \_\_\_\_\_, Municipio \_\_\_\_\_ Distrito \_\_\_\_\_ del Estado \_\_\_\_\_, para ser usado como fuente de abastecimiento de agua para: acueducto público ( ) ( 1 ); acueducto particular ( ) (2); fines industriales ( ); piscinas ( ); riego ( ) otros usos \_\_\_\_\_.

Este pozo estará a una distancia mínima de \_\_\_\_\_ m de la parcela más próxima: \_\_\_\_\_ m, del lindero ( ), la construcción ( ), vía de tránsito ( ), más próxima \_\_\_\_\_ m de la vaquera ( ), cochinería ( ) más práctica \_\_\_\_\_ m. del pozo más próximo( ), propiedad de \_\_\_\_\_.

La zona circundante, hasta la distancia radial mínima de \_\_\_\_\_ m será destinada exclusivamente para \_\_\_\_\_ .

(1 ) Poblaciones, urbanizaciones, clubes, colegios, hoteles, hospitales, bares-restaurantes, etc.

(2 ) Viviendas.

El anillo de protección de concreto será de 6 cm de espesor como mínimo y se llevará hasta una profundidad mínima de 6,0 m por debajo de la superficie natural del terreno.

Publicada: Caracas; Miércoles, 24 de Septiembre de 1997.

Nº 36.298

A fin de que se haga la inspección debida, me comprometo a dar aviso a ese Servicio cuando el pozo este listo para el vaciado del anillo de concreto.

Una vez que haya sido acondicionado el pozo, se hará un aforo y se captarán muestras para exámenes bacteriológicos y para análisis físico- químicos de las aguas, con el fin de determinar el tratamiento requerido, para el uso propuesto.

Para los efectos de aprobación definitiva para el uso del pozo se presentarán los recaudos y documentos requeridos y los trabajos construcción y acondicionamiento serán encomendados a \_\_\_\_\_, bajo el compromiso de cumplir todos los requisitos sanitarios exigidos por las **NORMAS SANITARIAS PARA LA UBICACIÓN, CONSTRUCCIÓN, PROTECCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE POZOS PERFORADOS DESTINADOS AL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.**

\_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 1.99

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
Nombre y Firma del propietario  
del pozo.

Nombre y firma del  
profesional responsable.

Dirección y teléfono del propietario

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Dirección y teléfono del profesional responsable

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Publicada: Caracas; Miércoles, 24 de Septiembre de 1997.

Nº 36.298

Nombre y firma del representante  
la empresa perforadora.

Teléfono de la Empresa de  
Perforadora.

ANEXO Nº 2

### HOJA PARA PLANO DE UBICACIÓN DE UN POZO

Localidad. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Municipio. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Distrito. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Estado. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Descripción del sitio de ubicación del pozo

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

PLANO DE UBICACIÓN

Publicada: Caracas; Miércoles, 24 de Septiembre de 1997.

Nº 36.298

ANEXO Nº 3

HOJA PARA REGISTRO DE LA OPERACIÓN,  
FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE UN POZO PERFORADO

Fecha	Horas de bombeo por día	Producción del pozo (L. P. H )	Interrupciones en el servicio (ver observaciones)	Reparaciones y mantenimiento efectuado (ver observaciones)

Observaciones

---

---

---

---

Publicada: Caracas; Miércoles, 24 de Septiembre de 1997.

Nº 36.298

Observaciones:

1. Descripción de las interrupciones, Habidas:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

2. Descripción de las reparaciones efectuadas: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

3. Mantenimiento efectuado :

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

4. Muestra Bacteriológica captada: fecha:

Resultado:

5. Muestra Físico- química captada: fecha:

Resultado:

ANEXO Nº 7

### INFORME DE LA CONSTRUCCION Y EXPLOTACION DE UN POZO

FECHA: \_\_\_\_\_.

NOMBRE DE LA EMPRESA CONTRATISTA

\_\_\_\_\_.

DIRECCIÓN

\_\_\_\_\_.

TELEFONO

\_\_\_\_\_.

NOMBRE DEL CONTRATANTE

\_\_\_\_\_.

DIRECCIÓN DEL CONTRATANTE

\_\_\_\_\_.

### DATOS DEL POZO

Publicada: Caracas; Miércoles, 24 de Septiembre de 1997.

Nº 36.298

NÚMERO DEL POZO: \_\_\_\_\_ USO DEL POZO  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ .

PROFUNDIDAD PERFORADA (m): INICIAL : \_\_\_\_\_ AMPLIACIÓN: \_\_\_\_\_  
.

DIÁMETRO PERFORADO (cm ) INICIAL \_\_\_\_\_ AMPLIACIÓN:  
\_\_\_\_\_ .

DIÁMETRO DEL ENTUBADO: \_\_\_\_\_ cm. \_\_\_\_\_ pulgadas.

PROFUNDIDAD ENTUBADA: \_\_\_\_\_ m. LONG. TUBERÍA CIEGA: \_\_\_\_\_  
m.

CLASE DE TUBERÍA DE CAPTACIÓN:  
\_\_\_\_\_ .

LONGITUD DE TUBERÍA DE CAPTACIÓN: \_\_\_\_\_ m. PORCENTAJE DE

AREA EFECTIVA LIBRE: \_\_\_\_\_ %.

Nº DE CENTRALIZADORES: \_\_\_\_\_ TIPO DE GRAVA: \_\_\_\_\_

VOLUMEN DE GRAVA: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

METODO DE PERFORACION: \_\_\_\_\_

FECHA DE INICIO: \_\_\_\_\_ FECHA DE TERMINACION: \_\_\_\_\_  
PROTECCION SANITARIA

PROFUNDIDAD CEMENTADA: \_\_\_\_\_ m. ESPESOR DEL ANILLO \_\_\_\_\_ cm.

PLATA FORMA O BROCAL DE CONCRETO: LONGITUD: \_\_\_\_\_ m.  
ANCHO: \_\_\_\_\_ m.  
ESPESOR: \_\_\_\_\_ m.

#### TUBOS ALIMENTADORES DE GRAVA

Nº DE TUBOS COLOCADOS: \_\_\_\_\_ LONGITUD: \_\_\_\_\_ m. DIAMETRO \_\_\_\_\_ m.

*Publicada: Caracas; Miércoles, 24 de Septiembre de 1997.*

**N° 36.298**

**ANEXO N° 8**

**LIMPIEZA Y DESARROLLO**

**METODO UTILIZADO:**

\_\_\_\_\_

**FECHA DE INICIO: \_\_\_\_\_ FECHA DE TERMINACION:**

\_\_\_\_\_

Publicada: Caracas; Miércoles, 24 de Septiembre de 1997.

Nº 36.298

TIEMPO EFECTIVO EMPLEADO: \_\_\_\_\_

AFORO

METODO UTILIZADO:

\_\_\_\_\_

SISTEMA DE MEDICION DEL GASTO: \_\_\_\_\_

NIVEL ESTATICO: \_\_\_\_\_ m.


CAUDALES AFORADOS (L. P. S )

NIVELES DE BOMBEO (m.)

CAUDAL MAXIMO RECOMENDADO: \_\_\_\_\_ L. P. S.

NIVEL DE BOMBEO AL CAUDAL RECOMENDADO: \_\_\_\_\_ m.

CONTENIDO DE ARENA: \_\_\_\_\_ p.p.m.

NIVELES MEDIDOS CON:

\_\_\_\_\_

FECHA DE INICIO: \_\_\_\_\_ FECHA DE TERMINACION: \_\_\_\_\_

TIEMPO EFECTIVO TOTAL: \_\_\_\_\_ .

OBSERVACIONES

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ .

RESPONSABLE : NOMBRE: \_\_\_\_\_

FIRMA: \_\_\_\_\_

Publicada: Caracas; Miércoles, 24 de Septiembre de 1997.

Nº 36.298

- ANEXOS:
- REGISTRO ELECTRICO
  - ANALISIS FISICO- QUIMICO
  - ANALISIS BACTERIOLOGICO
  - PRUEBA DE BOMBEO
  - ANALISIS GRANULOMETRICO
  - OTROS.