UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA

FACULTAD DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS APLICADAS

Dpto: INGENIERÍA DE MINAS

TRABAJO FINAL

"EXPLOTACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO MEDIANTE UNA PERFORACIÓN Y DISEÑO DEL EQUIPO DE BOMBEO EN EL DEPARTAMENTO CAPAYAN, PROVINCIA DE CATAMARCA"

ALUMNO: Agustín Emiliano Carrazana Constán

M.U.Nº 00909

DIRECTOR: Mgter. Ing. Arturo Lorenzo Ferreyra

AÑO: 2022

Agradecimientos

A mis padres Luis y Graciela, por darme todo su amor, otorgarme la oportunidad de estudiar y apoyarme en el camino que elegí para mi futuro.

A mi abuela Valle, que siempre está para escucharme y me alienta a continuar. Fue mi incentivo en cada examen a rendir.

A la familia de mi hermano Ángel y su pareja Sofía por darme una sobrina hermosa que fortaleció mis deseos por terminar.

A mis hermanas Paula y Roció que siempre felicitaron mis logros y consolándome en los malos momentos. Ellas siempre aportaron con buenas energías todo mi crecimiento.

A mi novia Marina por nunca permitir que me dé por vencido, apoyarme siempre y ser uno de los pilares fundamentales para lograr mi gran meta.

A la familia Rubí Soria, que me transmitieron todo su amor y energía siempre. Me hicieron sentir como uno más dentro de su hogar a lo largo de mi camino.

A mi director Ing. Arturo Ferreyra, por apoyarme y asesorarme en toda la evolución del trabajo final.

A Carlos Moreno y su equipo de la empresa Instalaciones Catamarca S.R.L. que siempre estuvieron dispuestos a brindarme con toda la atención, información, herramientas y conocimientos para poder realizar el trabajo.

A mis profesores y en especial a la Ing. Claudia Caletti, Ing. Gerardo Fuentes e Ing. Fernando Torres que siempre aportaron comentarios constructivos en todo mi crecimiento académico, fueron los pilares de mis conocimientos y me ayudaron a formar mis propios criterios.

Al Ing. Carlos Herrera y su equipo de algebra que permitieron darme la oportunidad de dar los primeros pasos hacia la docencia.

A mis compañeros de la facultad Diego, Héctor, Enzo, Joaquín, Facundo, Martin, Nicolás, Braian y todos aquellos que tuve la suerte de conocer durante el avance de la carrera. A la Agrupación de Estudiantes de Ing. de Minas que siempre estuvo presente desde el inicio.

Y a mis amigos, que tuve la suerte de encontrarme en la vida, los que tuve que postergar por largas horas y semanas de estudio.

Muchas Gracias por ser parte de todo mi crecimiento.

Indice

Resumen 5
Conclusiones 5
Introducción 6
Fundamentación 6
Objetivo general: 7
Objetivos específicos: 7
Alcance y limitaciones 7
Capítulo 1 – Marco teórico 8
1. Conceptos fundamentales de hidrología 8
1.1. Clasificación de las formaciones geológicas según su comportamiento hidrológico: 8
1.2. Tipos de acuíferos y su comportamiento 8
1.3. Parámetros hidrológicos. 10
2. Máquina de perforación 13
2.1. Componentes básicos de una máquina de perforación rotatoria 14
3. Fluido de inyección 20
3.1. Lodo de perforación 21
4. Granulometría de las muestras 22
4.1. Curvas granulométricas 23
4.2. Parámetros granulométricos 25
5. Características y diseño de los filtros 26
5.1. Abertura de la ranura de la rejilla 27
5.2 Necesidad de prefiltro y diseño de la abertura de los filtros 31
6. Métodos de resistividad eléctrica. 34
6.1. Resistividad y Conductividad 34
6.2. Perfilaje eléctrico de pozos de agua 36
7. Rellenos de Gravas o Prefiltros 38
8. Desarrollo de pozos de agua 39
8.1. Chorro de alta velocidad o jet 40
9. Terminación superior del pozo 41
10. Selección del equipo de bombeo 42
10.1. Grupo moto – bomba 43
10.2. Velocidad específica de una bomba centrifuga 43

11. Ensayo de bombeo 44
11.1. Tipos de ensayos de bombeo 46
11.2. Concepto de régimen no permanente y permanente 46
Capítulo 2 - Descripción general del ambiente 48
1. Ubicación geográfica 48
2. Geología y geomorfología 49
2.1. Principales unidades geomorfológicas 49
2.2. Descripción estratigráfica 49
3. Generalidades 50
3.1. Precipitaciones y vientos 50
3.2. Clima 51
4. Situación minera en el departamento Capayán 51
4.1. Proyectos a futuro en el departamento Capayán 51
Capítulo 3 - Diseño y construcción de pozo 53
1. Diagnóstico del área, análisis de antecedentes y recorrida expeditiva de campo 53
1.1. Sondeo eléctrico vertical (SEV) 53
1.2. Pozos en zona adyacente. 53
1.3. Profundidad estimada de perforación. 54
1.4. Justificación del pozo 55
2. Ejecución de pozo piloto para determinar características de las superficies atravesadas 55
2.1. Condicionada selección de equipo de perforación 55
2.2. Ubicación de la perforación. 55
2.3. Construcción de pileta de inyección y canaletas 57
2.4. Construcción del pozo exploratorio 62
3. Diseño de la construcción del pozo 66
3.1. Necesidad de prefiltro 66
3.2. Perfilaje geoelectrico 66
3.3. Diseño del perfil de entubación en base a las muestras y el perfilaje 69
3.4. Solicitud de gravas, tubos y filtros 69
4. Construcción del pozo de captación 68
4.1. Ensanche del pozo. 70
Capítulo 4 - Instalación y elección de la bomba 78
1. Instalación de la bomba 78

2. Ensayo de bombeo 79
3. Caudal específico: 80
4. Transmisibilidad 81
5. Permeabilidad 82
Capítulo 5 – Estudios complementarios. 83
1. Tiempos empleados para la perforación. 83
1.1. Tiempo total de la construcción del pozo. 83
1.2. Tiempos efectivos y no efectivos gestionables y no gestionables. 83
1.3. Recomendaciones para las actividades 86
1.4. Velocidad de perforación pozo exploratorio 87
1.5. Velocidad de perforación pozo ensanche 88
2. Costos 88
3. Medidas de protección ambiental 90
3.1. Desarrollo de la protección ambiental 91
Capítulo 6 - Referencias bibliográfica 93
Trabajos citados 94
Capítulo 7 – Anexos 95
Anexo 1 - Estudio geoeléctrico de referencia a cargo de Lic. Sergio Iramain 95
Anexo 2 - Geoeléctrica de referencia a cargo de Lic. Sergio Iramain 101
Anexo 3 - Análisis granulométricos 103
Anexo 4 - Dimensiones elementos de perforación 120
Anexo 5 - Tiempos de perforación 129
Anexo 6 - Ensayo de bombeo 135
Anexo 7 - Circuito de inyección 136
Anexo 8 - Inhibidor de arcillas 137
Anexos 9 - Bentonita 141
Anexo 10 - Posición de filtros 142
Anexo 11 - Tubería y Filtros 143
Anexo 12 - Tubería flexible 145
Anexo 13 - Perfilaje geoelectrico 149
Anexo 14 - Bomba sumergible 150

Resumen

El presente trabajo desarrolla la metodología a seguir para construir una perforación hídrica y una instalación de bombeo óptima para obtener el agua necesaria para el consumo agrícola, industrial y urbano.

La misma se ejecutó en el predio del Sr. Oscar De La Barrera, Ingeniero Agrónomo, ubicado en Colonia del Valle, departamento Capayán, en la provincia de Catamarca, Argentina.

Los datos de pozos vecinos a los que se tuvo acceso sugieren una profundidad máxima para la formación acuífera de 130 m. Se realizó una perforación de exploración de 8 ½'' de diámetro, con toma de muestras de las formaciones atravesadas cada 2 m, determinándose por perfilaje geofísico la profundidad del nivel estático en 32,8 m y la existencia de 8 capas acuíferas, de las cuales pudieron aprovecharse un total de 7 acuíferos.

El pozo fue ensanchado a un diámetro de 12 ¼ '', fue entubado con cañería de hierro negro de 8'' y filtros de acero galvanizado. Se instaló una bomba con motor eléctrico sumergible de 30 HP de 6'' de diámetro y una tubería flexible de extracción (sistema RYLBRUN TP).

Los acuíferos fueron desarrollados en 2 fases que consisten en:

1. La remoción de la costra de bentonita y las partículas finas mediante la aplicación de chorros de agua a alta velocidad.
2. Bombeo del pozo a un caudal superior al de explotación, es decir "sobrebombeo".

Mediante un ensayo de bombeo a caudal constante y aplicando el método de recuperación de Theis se estimó la transmisibilidad y permeabilidad de la zona en: T: 66,59 m^3/día/m; K = 2,08 m/día.

Conclusiones

Mediante la metodología utilizada en el trabajo se ubicó la perforación teniendo en cuenta los valores obtenidos en los SEV, el nivel estático estimado, topografía del terreno y condiciones favorables para el riego.

El procedimiento utilizado en la ejecución de esta perforación, logro minimizar el costo de la demanda de agua para este emprendimiento, ya que la alternativa superficial (uso del canal de riego) se tiene previsto utilizar para otras necesidades del establecimiento.

El diseño del pozo cumple satisfactoriamente la demanda proyectada de un caudal de 47 m^3/h para abastecer un sistema de riego por inundación de sus zonas actuales con posibilidad de expansión.

El diseño final de la bomba fue definido en base al ensayo de bombeo a caudal variable en 3 escalones. La profundidad de bombeo fue fijada en 50 m.

El estudio del acuífero como las propiedades hidrológicas, la selección de los métodos usados y materiales empleados, está orientado a lograr una mayor vida útil de servicio de la perforación al menor costo económico posible.

La toma de tiempos logro identificar los momentos menos productivos de la obra, permitiendo hacer foco en el planteamiento de opciones para mejorar o mitigar los mismos y disminuir los costos.

Introducción

El agua es un recurso natural, que se renueva a través del ciclo hidrológico y tiene un valor social, ambiental y estratégico para el desarrollo económico y social del país. Entre sus usos en minería se destacan el procesamiento de minerales, perforación y limpieza en labores subterráneas, servicios generales de campamento, etc.

En el mundo hay solo dos fuentes de agua a disposición del hombre, las de la superficie, que comprenden los lagos, ríos, áreas de drenaje que envían el agua hacia los embalses y los procedimientos que permiten captar y retener el agua de lluvia; y las subterráneas, que incluyen a los acuíferos, manantiales y galerías horizontales. La extracción de estas últimas se lleva a cabo por medio de procesos de perforación o sondeo mediante un trabajo denominado obra de captación.

Comparativamente, el agua contenida en lagos, lagunas, ríos y arroyos constituye una fracción muy pequeña en relación a los enormes volúmenes de agua subterránea contenida en los poros y grietas del subsuelo, con profundidades que varían entre unos pocos centímetros hasta centenares de metros bajo la superficie. Siendo entonces, el lugar donde se acumula la mayor cantidad de agua apta para los diferentes usos, siendo imprescindible para el desarrollo de las actividades del hombre.

Con la finalidad de captar agua subterránea, con el máximo rendimiento y su menor costo, se utilizan máquinas perforadoras generalmente de grandes dimensiones, que tienen un castillete y las herramientas necesarias para la perforación.

Fundamentación

A través de este trabajo, se ejecutó una metodología lógica considerado todos los aspectos técnicos necesarios para lograr una perforación eficiente maximizando el volumen extraído y minimizando el costo por metro cubico.

El análisis de costos de la ejecución de la perforación, nos permitio fundamentar la toma de decisiones y elección de cada componente, de acuerdo a los cálculos realizados comparando con los de la empresa, para lograr la optimización en la construcción y operación del pozo.

De esta manera, la perforación a realizar, es similar para un proyecto de un campamento minero, teniendo en cuenta las actividades propias de esta actividad, como ser, la demanda de agua para la planta, el sector de explotación, el riego de huellas y caminos, y como agua potable para el personal.

Cabe aclarar que, en el proyecto, la extracción del caudal para riego es diferente al que se necesita en un campamento minero, pero las tareas a considerar son las mismas desde el punto de vista técnico.

Objetivo general:

El objetivo general del proyecto es realizar el diseño, construcción, desarrollo y elección de un equipo de bombeo de una perforación de pozo de agua para riego agrícola en Colonia del Valle, localidad del Departamento Capayán, en la provincia argentina de Catamarca por la empresa Instalaciones Catamarca S.R.L.

Objetivos específicos:

- Diseño, construcción y desarrollo de un pozo de agua por medio de una perforación
- Identificación y selección de los acuíferos, para diseñar adecuadamente los sectores de filtración en la perforación.
- Diseño de la tubería, filtros y engravado de la perforación.
- Seleccionar equipo de bombeo adecuado en la perforación de Colonia del Valle.
- Establecer los Costos fijos y variable que incurrirán en el proyecto.
- Control de tiempos de ejecución.
- Proponer alternativas para mejorar la productividad laboral.

Alcance y limitaciones

- Para el análisis se tuvo en cuenta la información real tomada en el campo y como así también las características geoestructurales cuantitativas y cualitativas utilizadas para determinar la profundidad a perforar.
- La empresa aportara información de datos precedentes para la realización del presente proyecto.
- Los turnos de trabajos, tiempos operativos, infraestructura y equipos disponibles son los que actualmente dispone la empresa pero pueden variar en función de las necesidades del proyecto.
- El procesamiento de la información servirá para ser proyectada a otros obras ingenieriles con similares características.

Capítulo 1 – Marco teórico

1. Conceptos fundamentales de hidrología

1.1. Clasificación de las formaciones geológicas según su comportamiento hidrológico:

Acuífero: (del latín fero, llevar) Formación geológica que contiene agua en cantidad apreciable y que permite que circule a través de ella con facilidad. Ejemplos: Arenas, gravas. También granito u otra roca compacta con una fracturación importante.

Acuicludo: (del latín cludo, encerrar) Formación geológica que contiene agua en cantidad apreciable y que no permite que el agua circule a través de ella. Ejemplo: Limos, arcillas. Un m^3 de arcillas contiene más agua que el mismo volumen de arenas, pero el agua está atrapada, no puede salir por gravedad, y por tanto no podrá circular en el subsuelo ni en condiciones naturales ni hacia un pozo que esté bombeando.

Acuitardo: (del latín tardo, retardar, impedir) Formación geológica que contiene agua en cantidad apreciable pero que el agua circula a través de ella con dificultad. Evidentemente se trata de un concepto intermedio entre los dos anteriores. Ejemplos: Arenas arcillosas, areniscas, rocas compactas con alteración y/o fracturación moderadas.

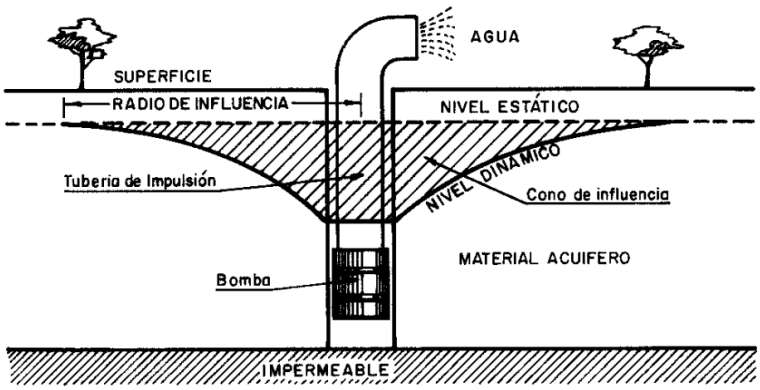
Acuífugo: (del latín fugo, rechazar, ahuyentar) Formación geológica que no contiene agua porque no permite que circule a través de ella. Ejemplo: granito o esquisto inalterados y no fracturados

De estas cuatro denominaciones la última es la menos utilizada, sin embargo, no se trata del sentido estricto de las definiciones, ya que no tienen límites conceptuales precisos que permitan determinar si una formación concreta entra o no en la definición, pero son términos utilizados constantemente en la bibliografía hidrologicas (el primero de ellos usado en el lenguaje común). En una región sin mejores recursos, una formación que proporcionara 0,5 l/s. se denominaría “acuífero”, y su explotación sería interesante. En cambio, en una zona con buenos acuíferos, esa formación se denominaría “mal acuífero” o “acuífero pobre” o “acuitardo”, y probablemente una perforación con ese caudal se cerraría. [Sanchez (2014). Apuntes de hidrogeología e hidrogeología][5]

1.2. Tipos de acuíferos y su comportamiento

Ante todo conviene indicar que cuando se bombea un pozo, baja el nivel de agua en el mismo, y en toda la porción de acuífero circundante a él. El descenso de nivel es más pronunciado en el pozo, y aminora a medida que aumenta la distancia al mismo. La distancia existente entre el pozo de bombeo y la zona del acuífero, en la que la influencia puede considerarse nula, es el llamado radio de influencia. En la figura 1 se esquematiza gráficamente. [Villanueva Martínez. Pozos y acuíferos][7]

Figura 1. Cono de influencia al bombear un pozo de captación



Fuente: [Villanueva Martínez. Pozos y acuíferos][7]

En definitiva, se forma en torno al pozo, un gran cono de bombeo cuya superficie es la superficie piezométrica dinámica, y el valor del nivel de agua en un punto de dicha superficie es el llamado nivel dinámico. El nivel estático es el que existía en el acuífero antes de empezar el bombeo. Hechas estas consideraciones iniciales, se pasa a comentar los tipos de acuíferos que existen en la naturaleza, su modo de reaccionar en los diferentes casos hidráulicos y estructurales, y su comportamiento frente al bombeo.

Desde el punto de vista de su textura, existen fundamentalmente tres tipos de materiales acuíferos:

a) Aquellos cuya permeabilidad es debida a grietas y fisuras, tanto de origen mecánico como de disolución. Forman en conjunto los acuíferos kársticos y fisurados, y se encuentran entre ellos, las calizas, dolomías, granitos y basaltos, etc., siendo los dos primeros los tipos más importantes.
b) Aquellos cuya permeabilidad es debida a su porosidad intergranular. Son los denominados acuíferos porosos y se encuentran entre ellos, las gravas, arenas, arcosas, etc. y, en general, todos los materiales detríticos con tamaño de grano de arena como mínimo.
c) Por último, están los acuíferos, cuya permeabilidad es debida a un conjunto de las dos anteriores causas, y se tienen así los acuíferos kársticos y porosos. Son típicas las calcarenitas.

En general, los porosos son más homogéneos, aún dentro de la heterogeneidad que hay que admitir a todos los acuíferos. Tanto éstos como los kárstico-porosos son capaces de almacenar gran cantidad de agua por unidad de volumen de acuífero y, por tanto, son en general acuíferos lentos que reaccionan con inercia a los bombeos. Los radios de influencia suelen ser más cortos que en los kársticos. Los kársticos, sin embargo, son menos homogéneos y suelen ser más dispares los resultados de los ensayos. Tienen menor capacidad para almacenar agua y pueden ser considerados, por ello, acuíferos rápidos, en los que los radios de influencia son más altos que en los restantes acuíferos.
De otra parte, estos acuíferos, según sus circunstancias hidráulicas y estructurales, pueden reaccionar de tres distintas formas:

a) Acuíferos libres. Son aquellos en los que el nivel de agua se encuentra por debajo del techo de la formación permeable. El agua que ceden es el agua que tienen almacenada en

sus poros. Este volumen de agua es alto en comparación con los acuíferos que se comentan a continuación, y por ello tienen bastante inercia. Los conos de bombeos suelen ser esbeltos, es decir, con elevados descensos de nivel en el pozo y corto radio de influencia.

b) Acuíferos cautivos o confinados. Son aquellos que están absolutamente aislados en el subsuelo, es decir, rodeados de materiales impermeables por todos sus lados. El nivel de agua en los acuíferos cautivos está por encima del techo de dicho material acuífero. En realidad, están a presión o en carga, debido al peso de los materiales superiores. El agua que ceden procede de la descompresión de estas capas superiores, cuando se produce la depresión en el acuífero. En rigor, no existen en la naturaleza acuíferos cautivos puros, dado que no existen materiales absolutamente impermeables capaces de aislarlos, aunque a efectos prácticos muchos podrán considerarse como tales, entre otros, aquellas formaciones permeables que permanecen cautivas en una gran extensión y afloran en superficie por alguno de sus extremos. Los conos de bombeo suelen ser de menor altura que en los libres, pero con radios de influencia largos.

c) Acuíferos semiconfinados. En ellos los materiales que los rodean no son todos impermeables. Así, el paquete superior o semiconfinante lo constituyen formaciones semipermeables, que permiten el paso del agua de otros acuíferos superiores al inferior semiconfinado. Consecuentemente, la velocidad de reacción de estos acuíferos ante un bombeo es más moderada que en los cautivos y los radios de influencia tienen valores medios entre libres y cautivos.

De acuerdo con esto, se puede tener una idea cualitativa de la forma de los conos de influencia y de la velocidad de reacción de los diversos acuíferos ante un bombeo. Por ejemplo, los acuíferos más lentos, es decir, los que transmiten con menor velocidad las influencias de los bombeos y que además tendrán conos de influencia profundos, pero de radios cortos, serán aquellos de textura porosa granular cuando trabajan como libres. Recíprocamente, los acuíferos que acusarán con mayor velocidad los efectos de un bombeo puntual, con conos de bombeo poco profundos y radios de influencia largos, serán los kársticos, cuando trabajan como cautivos.

1.3. Parámetros hidrológicos.

Los parámetros hidrológicos de un acuífero son:

- Permeabilidad (K)

- Transmisibilidad (T)

- Coeficiente de almacenamiento (S)

La permeabilidad es el flujo de agua que atraviesa una sección unitaria de acuífero, bajo la influencia de un gradiente unitario, a temperatura de campo.

$$\mathrm{K} = \frac{c d^2 \gamma}{\mu}$$

Donde:

c = Constante adimensional

d^2 = Factor que depende de la superficie intergranular

γ = Peso específico del líquido.

μ = Viscosidad del liquido a la temperatura tº

El término $cd^2 = k$, se conoce como permeabilidad específica o intrínseca y depende únicamente de las características del terreno.

$$K = LT^{-1}$$

La transmisividad es el volumen de agua que atraviesa una banda de acuífero de ancho unitario en la unidad de tiempo y bajo la carga de un metro. Es representativa de la capacidad que tiene el acuífero para ceder agua. Partiendo de la definición, sus dimensiones son las siguientes:

$$T = 0{,}183 * \frac{Q}{s_2 - s_1} = \ m^2/dia$$

Q = Caudal del ensayo

s_2 = Depresión final

s_1 = Depresión Inicial

Lo más común es que la transmisividad se mida en m^2/dia, $m^2/hora$ o $m^2/segundo$. Sin embargo, la unidad que da cifras mas manejables es el m^2/dia, por lo que se aconseja sea usada en todos los ensayos. Se dan los valores de la tabla 1.

Tabla 1 - Valores de la transmisividad

T(m^2/dia)	Clasificación estimada	Posibilidad del acuífero
T<10	Muy baja	Pozos de menos de 1 l/s con 10 m de depresión teórica.
10<T<100	Baja	Pozos entre 1 y 10 l/s con 10 m de depresión teórica
100<T<500	Media a alta	Pozos entre 10 y 50 l/s con 10 m de depresión teórica
500<T<1000	Alta	Pozos entre 50 y 100 l/s con 10 m de depresión teórica
T>1000	Muy alta	Pozos superiores a 100 l/s con 10m de depresión teórica

Fuente: [Villanueva Martínez. Pozos y acuíferos][7]

La permeabilidad K se obtiene como cociente entre la transmisividad T y el espesor del acuífero h. Sus dimensiones, por tanto, serán:

$$K = T/h = (L^2/T)/L = L/T$$

Y se usa como unidad el m/dia.

La permeabilidad es una medida muy característica de la textura del acuífero; pero no representa como la transmisividad las posibilidades de ceder agua. Un acuífero muy permeable, pero de poco espesor, puede ser poco transmisivo y, como consecuencia, los pozos que en el mismo se construyan, no serán muy caudalosos.

Una calificación cualitativa de los valores de la permeabilidad puede verse en la tabla 2.

Tabla 2 - Valores de la permeabilidad

K(m/dia)	**Calificación estimativa**
$K<10^{-2}$	Muy Baja
$10<K<1$	Baja
$1<K<10$	Media
$10<K<100$	Alta
$K>100$	Muy Alta

Fuente: [Villanueva Martínez. Pozos y acuíferos][7]

A efectos de trabajar con acuíferos semiconfinados, conviene tener en cuenta los valores de la permeabilidad de los materiales semipermeables (limo arenoso, limo, arcilla limosa, y arcillas algo arenosas). En estos, la K suele estar comprendida entre 10^{-4} y 10^{-3} m/día, siendo 10^{-3} un valor medio representativo que se suele usar con mucha frecuencia. Los terrenos impermeables tienen valores de K inferiores a los 10^{-4} m/día. Por último, el coeficiente de almacenamiento S puede definirse como la cantidad de agua que cede un prisma de acuífero de base cuadrada unitaria cuando se le deprime la unidad. Consecuentemente, no tiene dimensiones. En el caso de que el acuífero trabaje como libre, el coeficiente de almacenamiento representa el volumen de agua que puede ceder un volumen unitario de acuífero; se puede representar en tanto por ciento y coincide con la porosidad eficaz.

Los valores más significativos de coeficientes de almacenamiento, a efectos prácticos y según datos obtenidos de más de 500 ensayos de bombeo realizados por el Instituto Geológico y Minero de España, se observa el resumen en la tabla 3.

Tabla 3 - Valores del coeficiente de almacenamiento

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

Fuente: [Villanueva Martínez. Pozos y acuíferos][7]

Estos valores son los que parecen ser más adecuados para introducir por tanteo en los ensayos de bombeo, cuando las circunstancias particulares de la prueba no hayan permitido el cálculo directo.

Los valores de **S** que no guarden un orden de magnitud con los reseñados deben, en principio, ser tomados con cuidado. Queda, por último, indicar que para el caso de la permeabilidad en acuíferos detríticos existe la posibilidad de tantearla con las muestras de los terrenos, comparando sus curvas granulométricas con otras estandarizadas en los ábacos. [Villanueva Martínez. Pozos y acuíferos][7]

2. Máquina de perforación

En la perforación de sondeos se realizan fundamentalmente los siguientes cometidos: la destrucción de la roca en el fondo del taladro, en trozos más o menos pequeños denominados detritus, la elevación de estos detritus a la superficie y el mantenimiento de las paredes del sondeo. Este último se consigue temporalmente mediante la presión hidrostática de la columna de fluido de perforación y con la formación de la costra cuando se utilizan lodos, y de forma definitiva mediante la colocación de una columna de revestimiento o entubación. [López Jimeno (2000).Manual de sondeos][6]

Equipamiento empleado

Perforadora Rotary con capacidad máxima de perforación de 400 m y trepano de 14'' de diámetro, a continuación se detallan los componentes de la misma:

Se observa en la figura 2 un Tráiler diseñado para perforación Rotary, que cuenta con 2 motores de 6 cilindros con potencia de 120 HP en vacío para 60 rpm con 2 tanques de gasoil

de 150 lts. Uno de ellos acciona la bomba hidráulica, la elevación de la torre y de las patas delanteras, y el otro ejecuta la rotación y maneja los 2 guinches.

Figura 2. Tráiler diseñado para perforación Rotary

2.1. Componentes básicos de una máquina de perforación rotatoria

Torre de perforación: posee una altura de 13 m (figura 3) compuesta por una viga de perfil "I" o "Rectangular" que tiene la función de encarrilar el collarín deslizante que soporta el cabeza de rotación cuando realiza un movimiento descendente o ascendente. También se utiliza para soportar el sistema de deslizadores de la perforadora.

Figura 3 – Torre de perforación

Bomba de lodo: tiene la función de realizar la recirculación del lodo o fluido de perforación. Se empleó una Bomba de lodo (Figura 4) con doble embolo con diámetro de 4 ½'' y de carrera con 8'' que equivale a un volumen de 7 litros por embolada, que trabaja con un sistema de válvula de bolas (Figura 5).

Figura 4 – Bomba de lodo

Figura 5 – Bola para el sistema de válvulas

Compuesta por una manguera de lodo de 10 m de longitud, con un diámetro de salida de 3'' (Figura 6) y de succión de 4'' (Figura 7).

Figura 6 – Salida de manguera 3”

Figura 7 – Succión de 4”

Motor de la bomba: Pone en funcionamiento la bomba hidráulica, la elevación de la torre y patas de apoyo delanteras. (Figura 8)

Motor de accionamiento: De la mesa rotatoria y guinches (figura 8).

Figura 8 – Motores de control de bomba, patas, torre, guinches y mesa rotatoria

Herramientas auxiliares

Tren de herramientas de perforación: Consiste en una serie de barras flexibles de acero tubulares interconectadas entre sí mediante uniones roscadas. Este conjunto, además de transmitir sentido de rotación a la broca, ubicada en el extremo inferior de la columna, permite además la circulación de los fluidos de perforación o lodo.

Barras de perforación: 14 (catorce) barras de perforación con cuplas integradas (Figura 9) que reúnen las siguientes características: diámetro externo 3 ½'', diámetro interno 3'', longitud aproximada 9 m (±50 cm), peso aproximado 300 kg, diámetro externo 5'', largo total 25 cm, largo de la rosca 10 cm.

Figura 9 – Barras de perforación

Portamecha: Un componente de una sarta de perforación que provee peso sobre la barra. El portamecha (Figura 10 y 11) es una pieza tubular de grueso espesor, compuesto por una unidad con rosca 4 IF con las siguientes características: Diámetro externo 6'', diámetro interno 3'', longitud aproximada de 8 m, peso aproximado 600 kg.

Contiene cuplas integradas con un diámetro externo de 5'', una longitud de rosca macho de 10 cm y una longitud de rosca hembra que la une al trepano de 12,5 cm.

Figura 10 y 11 – Portamecha.

Trepano: es una herramienta de corte que permite perforar. Su diseño es continuamente modificado a fin de obtener la geometría y el material adecuados para vencer a las distintas y complejas formaciones del terreno (arenas, arcillas, yesos, calizas, basaltos, etc.).

La unidad posee un Trepano PLC diamante policristalino con diámetro de perforación 8 ½'' (figura 12 y 13) y un peso aproximado de 50 kg.

Figura 12 y 13 – Trepano de 8 ½''

Tricono: El trabajo de un tricono se basa en la combinación de dos acciones; indentación, los dientes o insertos del tricono penetran en la roca debido al empuje sobre la boca, este mecanismo equivale a la trituración de la roca; y corte, los fragmentos de roca se forman debido al movimiento lateral de desgarre de los conos al girar sobre el fondo del barreno, la acción de corte sólo se produce, como tal, en rocas blandas, ya que en realidad es una compleja combinación de trituración y cizalladura debido al movimiento del tricono.

El inventario contiene un tricono de indentación y corte, con un diámetro 12 ¼'' (figura 14 y 15) y un peso aproximado de 160 kg.

Figura 14 y 15 – Tricono de 12 ¼''

Rectificador o Estabilizador: Va colocado encima de la broca de perforación y tiene la misión de hacer que el tricono gire correctamente según el eje del barreno e impida que se produzca oscilación y pandeo del varillaje de perforación. Este logra menores desviaciones de los barreno, mayor duración del tricono y aumento de la velocidad de penetración debido a un

mejor aprovechamiento del empuje, menor desgaste de los faldones y de la hilera periférica de insertos.

Para el presente trabajo se utiliza un rectificador o estabilizador con un diámetro 8'' (figura 16), longitud de 1 m y un peso aproximado de 200 kg.

Figura 16 – Rectificador de 8"

Elevadores y guinche: Los elevadores sirven para manipular las barras. Tienen la misma rosca que ellas. Los guinches trabajan en conjunto con los elevadores. Estos también cumplen la función de realizar maniobras con lingas o sogas para levantar otros útiles de gran peso, como la mesa rotatoria, rectificados, etc.

Componen al equipo 2 elevadores con ganchos de 1'' de diámetro, longitud de paso de 15 cm, longitud de rosca de 10 cm y una longitud total de 50 cm (Figura 17 y 18) , con una capacidad de fuerza mecánica de 25 tn.

Figuras 17 y 18 – Elevadores y guinches complementándose

Soportes: Cumplen la función de sostener las barras (figura 19) y el portamecha (Figura 20) entre maniobras de extraer o colocar barras en la perforación.

Se utilizan dos soportes con un ancho de 25 cm y un largo de 25 cm con correspondientes manijas para su manipulación.

Figura 19 – Soporte para barras

Figura 20 – Soporte para portamecha

Mesa giratoria con cuadrante para vástago: El sistema de rotación está compuesto por un motor diésel y un cabezal de rotación que genera el movimiento circular en la tubería de perforación. El giro del cabezal puede ser horario o antihorario. La altura medida desde la parte superior de la mesa giratoria donde es apoyado el vástago hasta la boca del pozo es de 1.20 m.

Vástago: Una barra de acero larga, cuadrada o hexagonal, con un orificio perforado en el centro para proveer un trayecto de fluido. El vástago de perforación se utiliza para transmitir el movimiento rotativo desde la mesa rotativa o el buje del vástago a la sarta de perforación, a la vez que se puede bajar o subir la sarta de perforación durante la rotación. El vástago de perforación pasa por el buje del vástago de perforación, que es accionado por la mesa rotativa. El buje del vástago de perforación tiene un perfil interno que se ajusta al perfil externo del vástago (ya sea cuadrado o hexagonal), pero con dimensiones levemente más grandes de modo que el vástago puede desplazarse libremente en su interior, hacia arriba y hacia abajo.

La torre posee un Vástago de 4'' (Figura 21 y 22) de ancho, rosca IF de 3 ½'' de diámetro y 10 m de recorrido, que consiste en una barra de acero larga, de forma cuadrada, con un orificio perforado en el centro para proveer un trayecto de fluido.

Figura 21 y 22 - Vástago

Cables: De acero con un diámetro de 1'' y longitud de 100 m a 80 m, cada uno en su correspondiente carretel (figura 22, 23 y 24). Son utilizados para desplazar el equipo de

perforación pequeño y los componentes de la sarta de perforación y proveer tracción a las llaves para el ajuste o el aflojamiento de las conexiones roscadas.

Figura 22 – Carreteles con cables

Figura 23 - Cable para el vástago

Figura 24 - Cable para maniobras

3. Fluido de inyección

La función principal del fluido de inyección es la de elevar las partículas de roca triturada por el trépano, a medida que se desprenden por la acción abrasiva de la broca y asciendan por el espacio anular. Es absolutamente indispensable que no se produzcan asentamientos de las partículas, pues si esto ocurre, el trépano pronto se encontrará atascado y la circulación del fluido se detiene.

Funciones de la inyección

Las funciones de un fluido de inyección adecuado son:

- Levantar el material cortado por el trépano y decantarlo en la superficie o mantenerlo en suspensión.
- Sostener las paredes del pozo.
- Revoque permanente de las paredes del pozo
- Refrigerar barras y trépano.
- Lubricar trépanos.
- Facilitar las cementaciones.

<u>Circuito de inyección</u>

La bomba de inyección produce la circulación del fluido a partir del tubo de succión, bomba, tubo flexible de presión, cabeza o conexión giratoria, vástago, barra y trepano hasta la boca

del pozo, en ese orden y luego, por gravedad, a canaletas, pozo de decantación y pozo de alimentación.

3.1. Lodo de perforación

El lodo más común que se utiliza, es el de arcillas coloidales (bentonita) diluidas en agua. De las arcillas más conocidas, cálcicas y sódica, la más apropiada es la sódica. Esta arcilla forma una costra no demasiada gruesa, tiene un mayor hinchamiento por el agua y un estado coloidal adecuado. Si el estado coloidal no es el apropiado, se puede mejorar con ciertos coloides orgánicos.

Parámetros de un lodo de perforación

Agua libre y espesor de costra

La formación sobre las paredes de una costra que la sostenga, es el motivo que justifica el uso del lodo como fluido de inyección. Dicha costra es el resultado de la absorción del agua libre del lodo por las paredes y es necesario que sea delgada y resistente para permitir el paso de la herramienta y a la vez asegurar la estabilidad de las paredes.

La circulación del lodo tiene efectos directos en la textura y espesor de la costra:

- Produce un erosión en la costra
- Efectúa una acción de clasificación de las partículas del lodo según su diámetro.
- La costra formada en reposo es homogénea. Su permeabilidad es independiente del espesor.
- La costra puede ser muy gruesa frente a un horizonte permeable si la circulación del lodo se detiene.

La determinación del agua libre y el espesor de la costra se realizan utilizando un filtro prensa de Baroid.

Densidad: esta característica tiene máxima importancia en el lodo, pues interviene en la contra presión sobre las paredes del pozo, mantienen las formaciones en su sitio e impiden la entrada de mantos cautivos.

Viscosidad: Se define como la resistencia interna de un líquido a fluir. Su principal función en el lodo es facilitar el transporte del detritus a la superficie. La salida del detritus a la superficie es el resultado de dos movimientos contrarios. Uno ascendente por la velocidad del fluido y el otro, descendente, por la caída impedida del detrito debido a la gravedad. Sí el lodo no circula, la caída depende de la viscosidad y densidad del mismo. Durante la perforación, velocidad y densidad son casi constantes. Entonces la eliminación del detritus depende la viscosidad y de la velocidad de circulación. La viscosidad y la tixotropía están tan ligadas, que las medidas de estas se funden en las de aquellas. Se efectúa una medida de la viscosidad y luego otra a los 10 minutos. Para la medición del mismo se utiliza un embudo de Mars.

Tixotropía: es la propiedad de un líquido por la que se convierte en un gel cuando no circula Es una propiedad muy apreciada en los lodos de perforación por su acción de detención del detritus. Valores de tixotropía mayores a 7 segundos, se consideran altos. Valores altos impiden el restablecimiento de la circulación del lodo. El gel formado cuando se para la circulación impide que el ripio caiga al fondo del pozo y bloquee la herramienta. No obstante

la tixotropía no debe ser demasiado grande para que no impida el restablecimiento de la circulación cuando se pongan en funcionamiento las bombas.

pH: El pH ideal (en una inyección nueva) está entre 7 y 9,5. Fuera de este entorno el lodo flocula, afectando la viscosidad y el agua libre.

Contenido de arena: Se llama arena a todo lo que pasa del tamiz # 200 (malla de 0,074 mm). Arena contribuye a la formación del revoque grueso y provoca desgaste y daños a los equipos de bombeo.

Características medias de un lodo de perforación:

- Densidad: próxima a 1,2 kg/m^3
- Viscosidad Marsh: 40 a 120 seg (30 a 70 cp.)
- Gel en el minuto 0: 0 a 10 gr.
- Gel en el minuto 10: 10 a 50 gr (Stormer)
- Costra: menor a 6/32" (5 mm)
- Contenido de arena: 2% a 3%
- pH: 7 a 9

[Factor, Adolf. Aguas subterráneas 1][2]

4. Granulometría de las muestras

El estudio de la fase sólida de un sedimento granular se hace principalmente por su granulometría. La composición granulométrica de un acuífero se determina mediante un análisis de laboratorio o campaña

Análisis granulométrico de las muestras analizadas

El principio es la separación de los granos de las muestras de sedimento previamente pesadas, en fases de diámetros determinados. La muestra a estudiar es pasada sucesivamente por tamices de mallas normalizadas, de más en más finas. [Factor, Adolf. Aguas subterráneas 1][2]

La escala más usada en América es la serie Tyler, cuyas aberturas comienzan con 0,074 mm y continúan según una progresión geométrica de razón ^2 con la nomenclatura indicada en la Tabla 4.

Tabla 4 – Progresión geométrica de la serie de tamices Tyler

Malla nº	Abertura (mm)	Progresión geométrica (mm)	$\frac{\log 0.073 \,.\, \sqrt{2^n}}{n}$
200	0.074	$0.074\ (\sqrt{2})^1$	0
100	0.147	$0.074\ (\sqrt{2})^1$	1
65	0.208	$0.074(\sqrt{2})^2$	2
48	0.295	$0.074\ (\sqrt{2})^3$	3
35	0.417	$0.074\ (\sqrt{2})^4$	4
28	0.589	$0.074\ (\sqrt{2})^5$	5
20	0.833	$0.074\ (\sqrt{2})^6$	6
14	1.168	$0.074\ (\sqrt{2})^7$	7
8	2.362	$0.074\ (\sqrt{2})^8$	8
6	3.320	$0.074\ (\sqrt{2})^9$	9
4	4.690	$0.074\ (\sqrt{2})^{10}$	10

Fuente: [Factor, Adolf. Aguas subterráneas 1][2]

4.1. Curvas granulométricas

La interpretación del análisis granulométrico se obtiene a partir de las curvas acumulativas en las que los pesos se expresan en porcentajes del peso total acumulado y se llevan a las ordenadas y los diámetros de los granos o abertura de mallas de los tamices, en mm, se llevan a las abscisas.

Se usan distintas formas de representación que se detallan a continuación

Curva semilogarítmica

Los porcentajes acumulados de pesos se llevan a ordenadas aritméticas y los diámetros de los granos en abscisas logarítmicas de valores decrecientes a partir del origen o en valores recientes a partir de origen. Este tipo de representación gráfica es el más usado en hidrologia. Se pueden tener dos tipos de representación: curva creciente y curva decreciente.

Curva acumulativa creciente

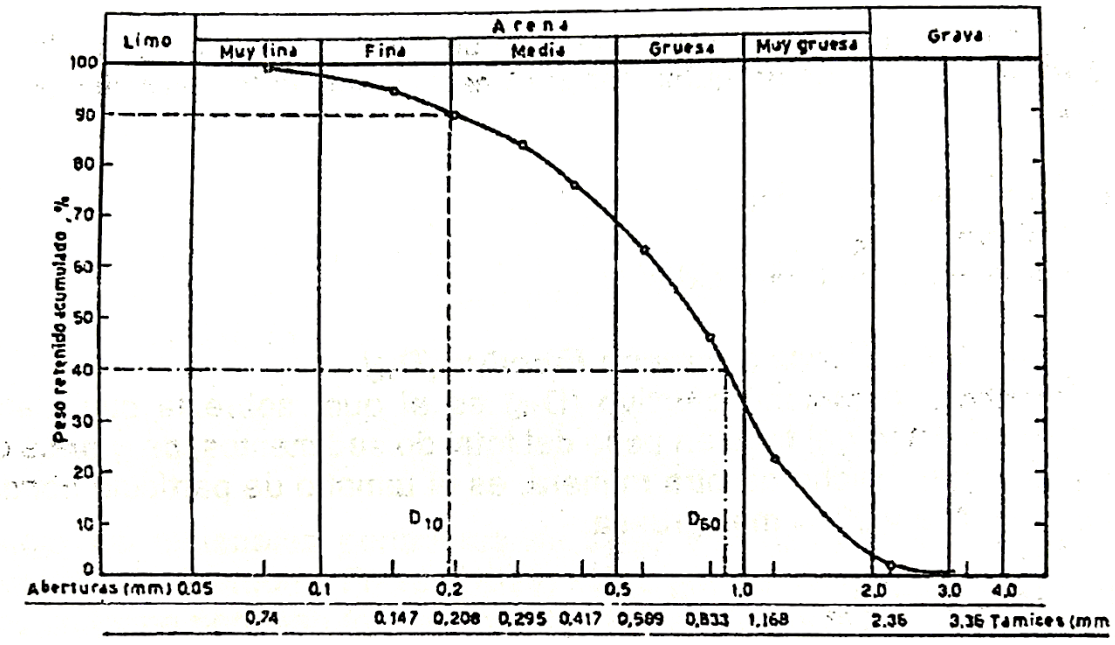
Los pesos de sedimentos retenidos en cada tamiz, expresados en porcentajes acumulados y las aberturas en sentidos creciente, da una curva granulométrica creciente (figura 25).

Tabla 5 – Analisis granulometrico (material mas fino que pasa)

Tamiz Tyler N	Abertura (mm)	Retenido sobre tamiz (gr)	Peso % acumulado	
			Creciente	Decreciente
4	4.690	-	-	-
6	3.320	-	-	-
8	2.362	3.5	3.5	96.5
14	1.168	4.6	8.1	91.9
20	0.833	5.0	13.0	87.0
28	0589	8.4	21.4	78.6
35	0.417	12.5	33.9	66.1
48	0295	16.00	49.9	50.1
65	0.208	22.0	71.9	28.7
100	0.147	18.0	89.9	10.1
200	0.074	9.1	99.0	1.0
-200	-0.074	1.0	100.0	-

Fuente: [Factor, Adolf. Aguas subterráneas 1][2]

Figura 25 – Curva granulometrica Acumulativa de pesos retenidos (Curva Creciente)



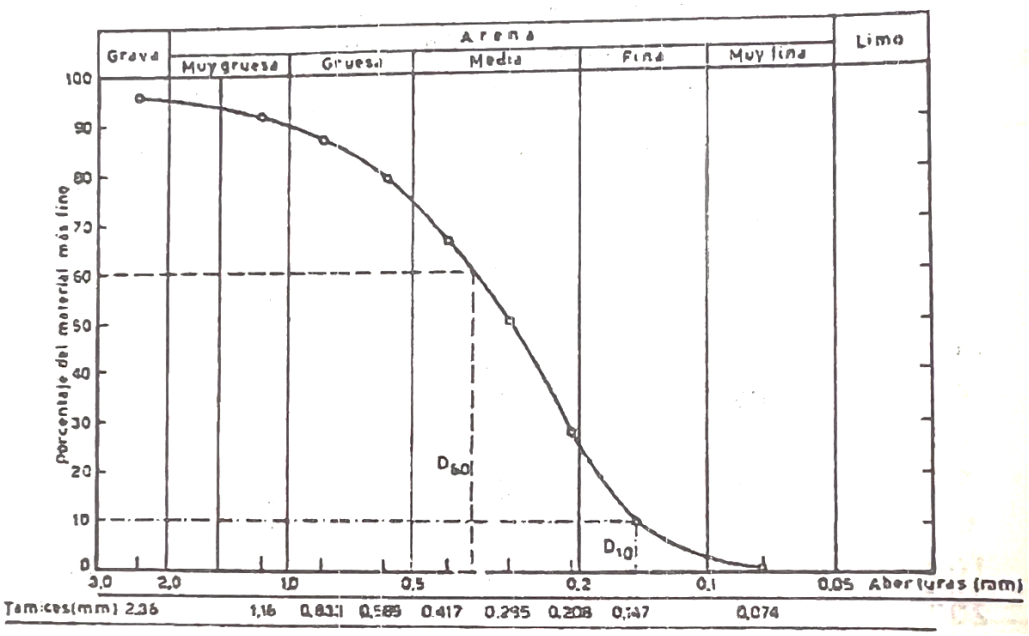
Fuente: [Factor, Adolf. Aguas subterráneas 1][2]

Curva acumulativa decreciente

Las curvas granulométricas decrecientes se obtienen graficando los porcentajes en peso acumulado de las fracciones que pasan a través del tamiz, o material más fino, en las ordenadas aritméticas y los tamaños de granos en la escala decreciente desde el mayor en la escala logarítmica.

De esta curva se obtiene directamente los parámetros granulométricos. En tabla 5 y figura 26 se aclaran los cómputos y la gráfica de las curvas.

Figura 26 – Curva granulométrica acumulativa de material que pasa (curva decreciente)



Fuente: [Factor, Adolf. Aguas subterráneas 1][2]

4.2. Parámetros granulométricos

Es posible caracterizar la posición de una curva en una escala granulométrica y la homogeneidad de un material granular por parámetros calculados empíricamente a partir de esas curvas.

a. Diámetro eficaz, D_{10}

b. Diámetro D_{60}

c. Coeficiente de uniformidad U

Diámetro Eficaz o tamaño Efectivo (D_{10})

Diámetro eficaz o tamaño efectivo (D_{10}) es el que, sobre la curva acumulativa decreciente, tiene el 10 % del total en peso del total de sedimentos, de granos de tamaño inferior a ese diámetro. Dicho de otra manera, es el tamaño de partícula donde el 10 % de la arena es más fina y 90 % más gruesa.

Diámetro D_{60}

Se obtiene por el mismo método que el diámetro D_{10}

En la Figura (Curva decreciente), D_{60} corresponde a la ordenada 60%

$$D_{60} = 0,36$$

En la fig. 3.1 (curva creciente), D_{60} corresponde a la ordenada 40%

$$D_{60} = 0,84$$

Coeficiente de uniformidad (U) o coeficiente de Hazen

Está dado por la relación

$$U = D_{60} / D_{10}$$

Su interpretación es como sigue:

1<U<2 granulometría uniforme

U>2 granulometría variada o heterométrica

U = 1 recta vertical porosidad máxima

Porosidad

La porosidad de una roca o suelo es la relación entre el volumen de su espacio intersticial y su volumen total, expresado en porcentaje de volumen total.

$$p = 100\ Ve/V$$

Donde:

p: porosidad en tanto por ciento

Ve: volumen de espacio intersticial

V: volumen total de material ensayado

5. Características y diseño de los filtros

Si la formación es no consolidada, semiconsolidada o la roca de la formación portadora posee minerales alterables, es necesario colocar filtros para evitar que los sedimentos penetren junto con el agua, además de soportarla a formación en ese sector.

Se debe determinar la posición, largo, diámetro, tamaño de las aberturas, porcentaje de área libre, requerimiento o no de prefiltro y grado de desarrollo a efectuar de cada filtro; adecuándose a las dimensiones y calidades típicas existentes en el mercado.

Los filtros deben colocarse donde exista la mayor conductividad hídrica de la formación y el largo óptimo depende de varios factores o condiciones hidrológicas diferentes: pero en si por factores puramente económicos- se desea obtener la menor pérdida hidráulica con la mínima longitud de filtro.

Un resumen de las características constructivas principales a tener en cuenta, en la elección del filtro son:

- Porcentaje óptimo de área libre
- Ranuras que no se atasquen
- Resistencia a la corrosión
- Resistencia a las tensiones (compresión tracción - aplastamiento)
- Mínima tendencia a incrustaciones
- Mínima pérdida hidráulica
- Facilidad para efectuar el desarrollo

- Control efectivo de la arena en todos acuíferos.

El análisis granulométrico de las muestras de la formación sirve para conocer la distribución granulométrica del sedimento de la formación muestreada, lo que es necesario para calcular la abertura de los filtros y la necesidad de prefiltro. Además, también permite determinar las zonas más permeables.

La forma más común de realizar los análisis es por tamizado y para los tamaños más finos de los sedimentos de emplea la velocidad de sedimentación.

Con los resultados obtenidos se realiza la curva de porcentajes en peso acumulados pasantes en función del tamaño medio de las arenas para cada tamiz utilizado y de esta curva interesa conocer 3 parámetros esenciales:

- Tamaño característico de las arenas
- Pendiente de la curva
- Forma de la curva

Es necesario determinar independientemente cada uno de les tres términos. Debido a que no existe correlación entre ellos.

1. El primer parámetro define el grado de finura de los sedimentos especificándose, por ejemplo en arena gruesa o fina.
2. La pendiente de la curva, sirve para conocer la distribución de tamaños del sedimento, indicando si dicho sedimento posee una distribución homogénea o tiene gran porcentaje de finos o gruesos.
3. La curva típicamente posee forma de "S" y que esté más levantada o achatada indica la uniformidad de la distribución. su vez los extremos de la curva muestran como varían los extremos del sedimento de lo que se puede hacer muchas inferencias prácticas.

Con los 3 parámetros determinados es posible conocer las características granulométricas de un sedimento dado y/o compararlos entre si -para un fin específico- [Factor, Adolf. Aguas subterráneas 1][2]

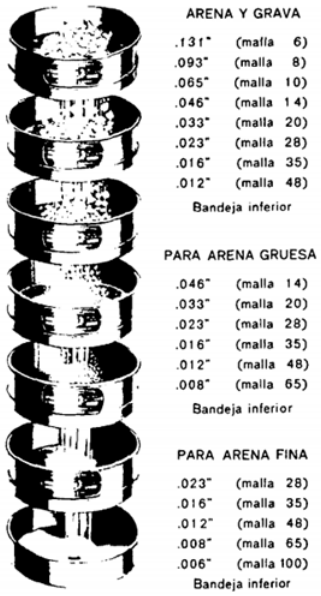
5.1. Abertura de la ranura de la rejilla:

El material fino ocupa parte de los espacios de poro, que de otra manera serían más grandes, de las formaciones que contienen agua, aumentando así las pérdidas de carga debidas a la fricción y reduciendo la cantidad de agua suministrada por unidad de aspiración en un pozo (capacidad específica). El objeto del desarrollo del pozo es retirar el material más fino en la mayor cantidad posible, de una zona alrededor del pozo, para mejorar la capacidad específica y la eficiencia del mismo. Existen diversos métodos que se usan para inducir el flujo de este material fino a través de la rejilla del pozo y, después, extraerlo por bombeo o achicando.

Por lo tanto, el tamaño limitante del material que se retira determina el tamaño de las aberturas de la ranura de la rejilla. Para determinar este tamaño limitante, primero debe llevarse a cabo un análisis del tamaño de la partícula del material de la capa acuífera. Aproximadamente una taza de material seco y bien mezclado de la capa acuífera se pasa a través de un juego normal de tamices (Figura 27) y se anota el peso de las fracciones retenidas en cada uno. Estos pesos se expresan, entonces, como porcentajes del peso total de la muestra, y se traza una

gráfica del porcentaje acumulativo de la muestra retenido en una malla determinada y en los demás tamices superiores, en relación con el tamaño del tamiz dado expresado en milésimas de pulgada (Figura 28). Se dibuja una curva continua a través de los puntos de la gráfica. Esta curva muestra en una ojeada qué cantidad del material es más pequeño o más grande que un tamaño dado de partícula. Por ejemplo, la curva de la figura 28 indica que el 90% de la muestra consiste en granos de arena mayores de 10 milésimas de pulgada o que el 10% es más pequeño que este tamaño. [Ulric (1969). Manual de pozos pequeños][4]

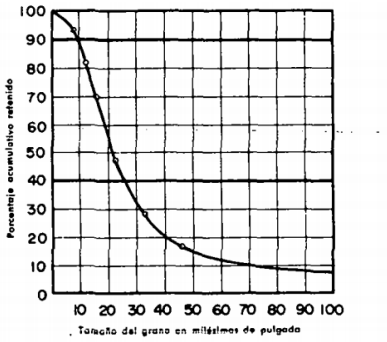
Figura 27 - Juego normal de tamices



Fuente: [Ulric (1.969). Manual de pozos pequeños][4]

Expresado en otra forma podemos decir que el 90% de la arena es de 10 milésimas de pulgada. Antes de describir el uso de estas curvas de análisis por tamices para la selección de las aberturas de ranura de rejilla, conviene señalar otro empleo importante al cual se destinan. En este caso, se refiere al uso de la forma y localización de la curva para determinar la uniformidad en el tamaño del material y la clasificación de éste en tipos tales como arenas finas, arenas gruesas y gravas. Por ejemplo, una curva ampliamente extendida, casi vertical, indica un tipo uniforme de material. Si esta curva ocupa el lado izquierdo de la gráfica (Figura 29 A) en la región de los tamaños pequeños de tamiz, entonces representa una arena fina uniforme. Por otra parte, una curva ampliamente extendida a través de la gráfica, como en la figura 29 B, indica una mezcla de arena y grava que contiene muy poca arena fina. Una capa acuífera de ese material tendrá una permeabilidad más alta y debe ser mejor productora de agua que la que contenga arena fina de la figura 29 A.

Figura 28 – La curva típica de análisis por tamiz muestra la distribución por tamaños del grano en porcentaje por peso.



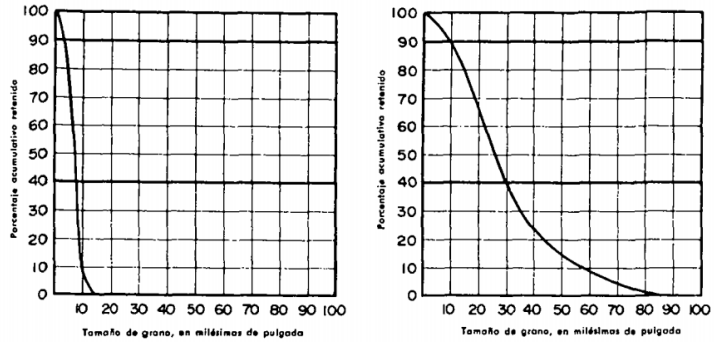
Tamaño de abertura del tamiz	Pesos acumulativos retenidos	Porcentaje acumulativo retenido
0.046"	65 gramos	17%
0.033"	106 gramos	28%
0.023"	179 gramos	47%
0.016"	266 gramos	70%
0.012"	312 gramos	82%
0.008"	357 gramos	94%
Bandeja	380 gramos	100%

Peso original = 382 gramos

Fuente: [Ulric (1.969). Manual de pozos pequeños][4]

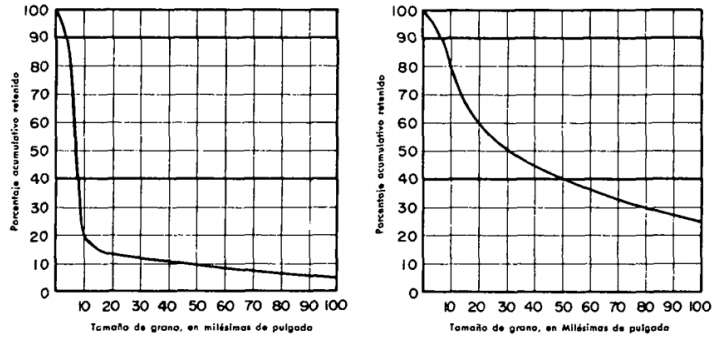
Generalmente, las aberturas de ranura del pozo se diseñan para retener de 30% a 50% del material de la formación, según las condiciones de la capa acuífera.

Figura 29 A (izq.).B (der) - Arena fina uniforme que suministra agua a velocidades limitadas. Mezcla de arena mediana y gruesa con buena permeabilidad



Fuente: [Ulric (1.969). Manual de pozos pequeños][4]

Figura 29 C (izq.). D (der) - Arena con 10 a 20% de partículas gruesas. Mezcla de arenas y grava con buena permeabilidad



Fuente: [Ulric (1.969). Manual de pozos pequeños][4]

La selección de un tamaño de ranura de 30% significa que el 70% de la formación en la proximidad del pozo se retirará en el proceso de desarrollo. Igualmente, el 60% de la formación se remueve con una abertura de ranura del tamaño de 40%. Seleccionando el tamaño de 30% contra el de 50% significa que se retira más material, causando el desarrollo

de una zona más grande en el material que rodea la rejilla. Usualmente, esto aumenta la capacidad específica del pozo y, por lo tanto, su eficiencia en proporción suficiente para compensar el costo adicional de desarrollo. Esto solamente es factible si las condiciones de la formación son tales que requieran el uso del tamaño mayor de abertura de ranura (30%). Una selección más conservadora de tamaño de ranura se recomienda siempre que exista duda acerca de la confiabilidad de las muestras suministradas para el análisis.

La mayor parte de las formaciones geológicas son estratificadas, con capas cuyo tamaño de partícula varía en la distribución. En estos casos, deben seleccionarse aberturas de ranura para secciones diferentes de la rejilla, según convenga a la distribución del tamaño de partícula de los diferentes estratos.

Deben seguirse dos reglas más en las capas acuíferas donde yace una arena fina sobre material grueso.

1. La rejilla con el tamaño de ranura diseñada para el material más fino debe extenderse por lo menos 2 pies (61 cm) en el material grueso.

2. El tamaño de ranura de la rejilla diseñada para el material grueso nunca debe ser mayor que el doble del tamaño de ranura para el material más fino de la capa superior. Estas reglas están encaminadas a reducir la posibilidad de que el pozo continuamente extraiga arena procedente de la capa fina superior

Bajo tales condiciones, el diseñador de pozos pequeños justificaría la selección de aberturas de ranura basadas en experiencias anteriores con pozos existentes en la misma capa acuífera, aun antes de iniciar las operaciones de perforación. También sería aconsejable escoger un tamaño normal de abertura de ranura para un programa múltiple de pozos en la misma capa acuífera a fin de aprovechar los costos reducidos resultantes y el ahorro de tiempo. Generalmente, las ventajas de la estandarización de las aberturas de ranura de los pozos pequeños bajo las condiciones antes citadas superarían sus desventajas.

La velocidad de entrada se determina dividiendo el rendimiento esperado o deseado del pozo, expresado en pies cúbicos por segundo, por el área total de las aberturas de la rejilla, expresada en pies cuadrados.

El área total de las aberturas de la rejilla es la superficie de las aberturas practicadas, por pie de rejilla, multiplicada por la longitud escogida de la rejilla, expresada en pies. La mayoría de los fabricantes proporcionan tablas que indican el área abierta por pie de rejilla para cada tamaño de diámetro de ella y para diferentes anchuras de aberturas de ranura. La tabla 6 es un ejemplo de una de ellas. Por medio de esta tabla se ve que una ranura del número 40, de 3'' de diámetro, telescópico, contiene 42'' cuadradas de área abierta por pie de longitud de la rejilla. Por lo tanto, una sección de 10 pies de esa rejilla contendría 420'' cuadradas de área abierta total.

El diseño estándar para la velocidad de entrada se escoge de tal manera que las pérdidas por fricción en las aberturas de las rejillas serán despreciables y el grado de incrustación y corrosión será mínimo. Las pruebas de laboratorio y la experiencia práctica han demostrado que estos objetivos se alcanzan si la velocidad de entrada en la rejilla es igual, o inferior a 0,1 pie por segundo. De preferencia, la longitud de la rejilla, o el diámetro cuando sea factible, debe aumentarse si esta velocidad es mayor que 0,1 pie por segundo. Por otra parte, si la

velocidad de entrada es apreciablemente menor que 0,10 pies por segundo —digamos 0,05 pies por segundo— la longitud de la rejilla debe reducirse hasta que la velocidad de entrada casi coincida con la normal de 0,10 pies por segundo. [Ulric (1.969). Manual de pozos pequeños][4]

Tabla 6 - Áreas de Admisión para anchuras seleccionadas de aberturas de ranura. (Pulgadas cuadradas por pie lineal de rejilla)

Tamaño nominal de rejilla	Diámetro exterior real de la rejilla	Ranura No. 10 (0.010") (0.25 mm)	Ranura No. 20 (0.020") (0.50 mm)	Ranura No. 40 (0.040") (1.00 mm)	Ranura No. 60 (0.060") (1.50 mm)
2" TS	1-3/4"	10	16	26	32
1½" PS	2-3/8"	13	22	36	45
2" PS	2-5/8"	14	25	41	50
3" TS	2-3/4"	15	26	42	52
2½" PS	3-1/8"	17	30	48	59
3" PS	3-5/8"	20	34	54	68
4" TS	3-3/4"	21	35	56	71
4" PS	4-5/8"	25	44	68	86

(Cortesia de UOP - Johnson Division, Universal Oil Products Company, St. Paul, Minnesota.)

Notas: TS significa rejilla de pozo de tamaño telescopio.
PS significa rejilla de pozo tamaño de tubería.

Fuente: [Ulric (1.969). Manual de pozos pequeños][4]

5.2 Necesidad de prefiltro y diseño de la abertura de los filtros

Se ha establecido empíricamente que hay necesidad de prefiltro cuando:

$$D_{10} \leq 0{,}25\text{mm y } U \leq 2{,}5 \text{ (figura 30 y 31)}$$

Y que no hay necesidad de prefiltro cuando:

$$D_{10} \geq 0{,}25\text{mm y } U \geq 2{,}5 \text{ (figura 32)}$$

$$D_{10} \leq 0{,}25\text{mm y } U \geq 2{,}5 \text{ (figura 33)}$$

Siendo:

D = Diámetro eficaz (D_{10}) de la arena o tamaño de la abertura que deja pasar el 10% del material.
U= Coeficiente de uniformidad de la arena = D_{60}/D_{10}

5.2.1. Criterios de selección

1) Criterio I (E.E. Johnson, 1963) es:

$$4\,Da_{-30} \leq Dg_{-30} < 6\,Da_{-30}$$

$$\text{Abertura del filtro} \leq Da_{-50-70}$$

$$\leq Dg_{-10}$$

Donde:

Da: diámetro de granos del acuífero en la curva granulométrica

Dg: diámetro de granos del prefiltro

D_{30}: diámetro de granos correspondiente al 30% más fino (que pasa)

D_{50}: diámetro de granos correspondiente al 50% más fino

D_{70}: diámetro de granos correspondiente al 70% más fino

Da_{-30}: diámetro de granos acuífero correspondiente al 30% más fino

Criterio II (Cuerpo de Ings. del Ejercito U.S. A. J. Johnson, 1.966)

Propone un criterio adicional para asegurar la estabilidad del prefiltro de grava:

$$Dg_{-15} < 20$$

Con el siguiente criterio general para la selección de grava y filtro

$$4\ Da_{-15} \leq Dg_{-15} < 20\ Da_{-15}$$

$$Dg_{-50} < 25\ Da_{-50}$$

$$\text{Abertura del filtro} \leq Da_{-85}$$

$$\leq Dg_{-10}$$

Donde:

Da_{-15}: diámetro de granos del acuífero correspondiente al 15 % más fino.

Dg_{-15}: diámetro de granos del prefiltro correspondiente al 15 % más fino.

Dg_{-85}: diámetro de granos del acuífero correspondiente al 85 % más fino.

Dg_{-10}: diámetro de granos de la grava del prefiltro correspondiente al 85% más fino.

Criterio III (Orozco, 1.971)

Propone la siguiente combinación de criterios

$$4\ Da_{-30} \leq Dg_{-30} < 6\ Da_{-60}$$

$$4\ Da_{-50} \leq Dg_{-50} < 5\ Da_{-50}$$

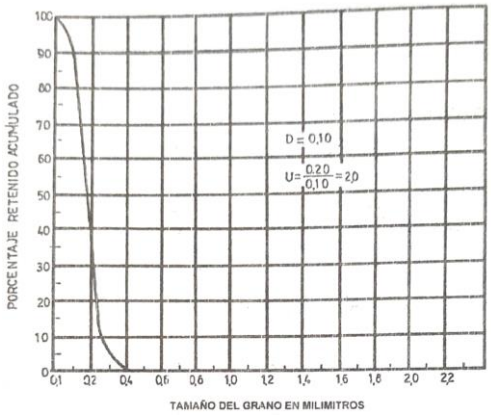
$$U \leq 2{,}5$$

$$\text{Abertura del filtro} \leq Dg_{-10}$$

Donde:

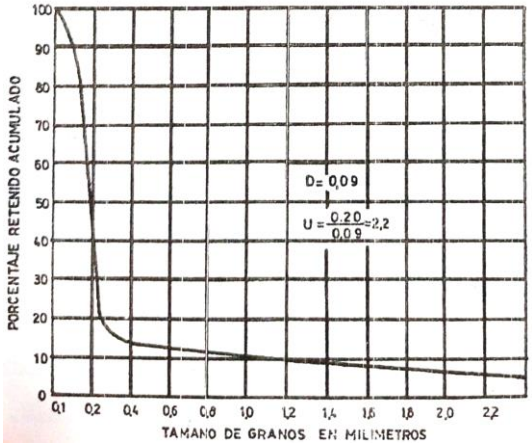
Ug: coeficiente de uniformidad de la grava del prefiltro = Dg_{-60}/Dg_{-10}

Figura 30 - Curva clase A: Arena fina, uniforme. Requiere prefiltro de gravilla. Rendimiento limitado de agua



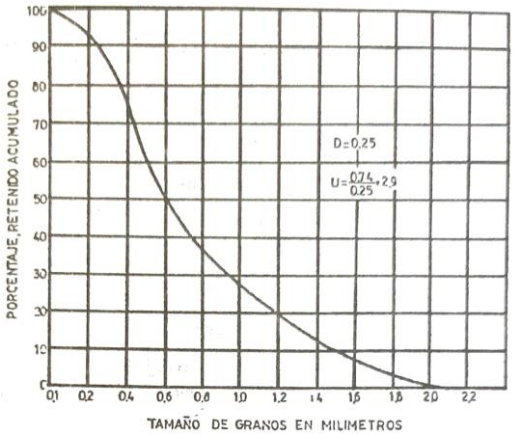
Fuente: [Ulric (1.969). Manual de pozos pequeños][4]

Figura 31 - Curva clase B: Arena fina con 10-20 % de partículas gruesas. Requiere prefiltro de gravilla



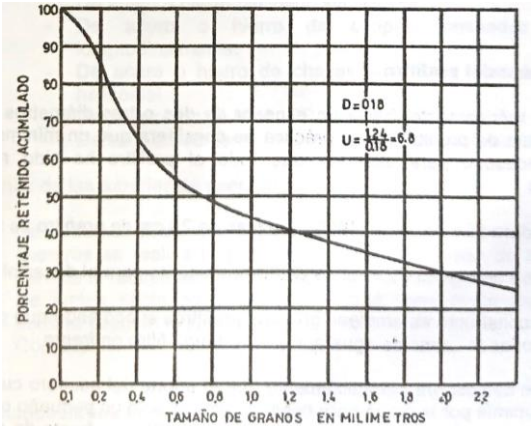
Fuente: [Ulric (1.969). Manual de pozos pequeños][4]

Figura 32 - Curva clase C: Mezcla típica de Arena y grava de buena permeabilidad. Puede desarrollarse naturalmente, sin prefiltro de grava.



Fuente: [Ulric (1.969). Manual de pozos pequeños][4]

Figura 33 - Curva clase D: Mezcla típica de Arena y Grava de buena permeabilidad. Puede desarrollarse naturalmente sin prefiltro de grava.



Fuente: [Ulric (1.969). Manual de pozos pequeños][4]

6. Métodos de resistividad eléctrica.

El principio que constituye el fundamento de casi todos los métodos modernos de prospección eléctrica, consiste en comparar la distribución del potencial producido por el envío de una corriente continua al suelo con su valor teórico en un medio homogéneo y extraer, de las diferencias observadas, conclusiones sobre la naturaleza del suelo.

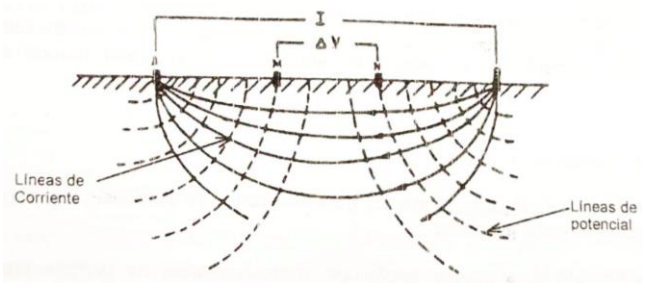
6.1. Resistividad y Conductividad

El dispositivo para efectuar mediciones comprende, generalmente, dos circuitos: un circuito de emisión entre dos puntos A B llamados polos y un circuito de recepción entre dos puntos M N llamados electrodos (Figura 34).

En la práctica se envía a tierra una corriente continua, midiendo la intensidad I entre A y B. El pasaje de corriente a través del suelo produce, por calda óhmica una diferencia de potencial V entre M N que se lee en un potenciómetro. Esta técnica de mediciones se llama método de resistividad, por ser la resistividad el principal parámetro que caracteriza un cuerpo desde un punto de vista eléctrico. Como unidad se utiliza el ohr - metro y se lo representa con la letra griega p.

La inversa de la resistividad se llama conductividad y su unidad es el mho.

Figura 34 – Método de Resistividad



Fuente: [Factor, Adolf. Aguas subterráneas 1][2]

Principios y técnicas de prospección

En la prospección eléctrica por el método de resistividad lo que en realidad se mide es un parámetro llamado Resistividad Aparente, que es función de las resistividades verdaderas y de los espesores de las distintas capas del subsuelo atravesadas por la corriente eléctrica.

La forma de operar con un cuadripolo AMNB consiste en dejar fijo el centro del dispositivo, efectuando en el mismo punto una serie de medidas de resistividad aparente para alargamientos progresivos de las dimensiones entre los polos. Esta técnica se llama Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) y se aplica principalmente en regiones cuya estructura geológica puede considerarse formada por estratos horizontales y su finalidad es estudiar las variaciones de la resistividad aparente en sentido vertical, para determinar las profundidades de las capas del subsuelo y las resistividades verdaderas de las mismas.

Limitaciones del método

Los mayores éxitos en la aplicación del método de resistividad a la hidrología se han logrado con problemas de dos estratos. Hay tres limitaciones básicas al método de resistividad que deben tenerse en cuenta en la hidrología:

a) tuberías metálicas, rieles, cables, y estructuras civiles que, en contacto con el suelo, forman un flujo de electricidad por lo que el método no es aplicable en zonas urbanas;

b) sin la información suplementaria de perforaciones u otros métodos geofísicos solo pueden interpretarse rasgos geológicos relativamente simples con resistividad;

c) la profundidad de penetración de la mayoría de los instrumentos portátiles es menor de 500m.

Representación de los resultados obtenidos en un sondeo eléctrico

Los resultados obtenidos en un sondeo eléctrico se representan en un par de ejes coordenados, en el que las abscisas corresponden a AB/2 y las ordenadas a la resistividad aparente, con lo cual se obtiene una curva de resistividades aparentes (Figura 35).

La escala usada en los ejes coordenados es logarítmica y de igual módulo que los utilizados en los ábacos teóricos con los que luego se comparan los sondeos eléctricos.

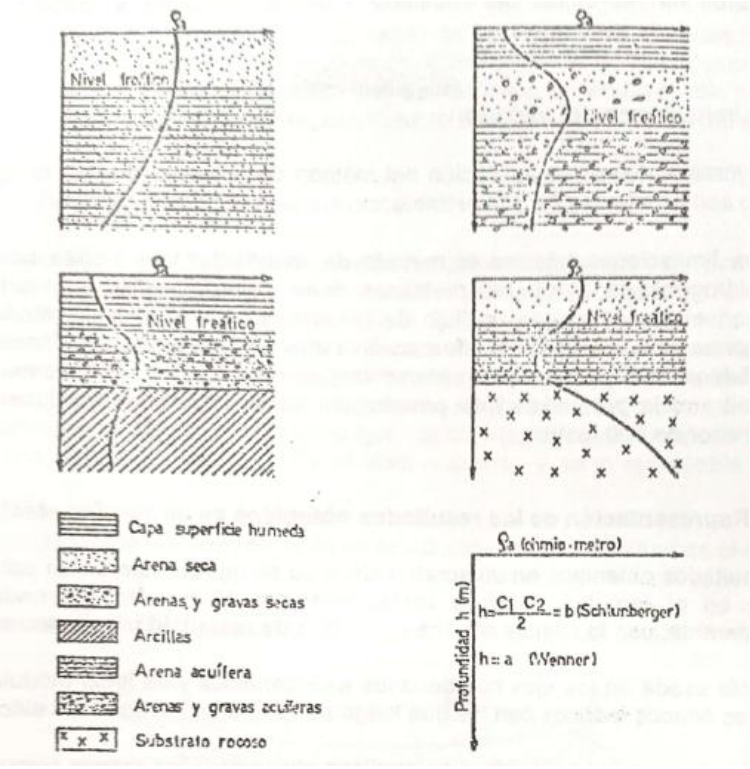
Obtenidos los sondeos eléctricos se analizan observando los rasgos comunes que permitan agruparlos en familias, estableciendo la sucesión más probable de terreno, es decir si corresponden 2, 3, 4 o más capas de características eléctricas diferentes. Recién entonces se podrá elegir la familia de ábacos correspondiente a esa sucesión y proceder a su comparación.

Los ábacos contienen curvas teóricas de sondeos eléctricos calculadas por métodos exactos a partir de una sucesión dada de terrenos, construida en escala bilogarítmica, considerando como igual a la unidad el espesor de la primera capa. Esto permite, por comparación, establecer directamente el espesor y resistividad del primer terreno contenido en el sondeo eléctrico a interpretar. Los valores correspondientes a las capas restantes se dan en relación a la primera.

Si bien cada capa determinada por un corte geo eléctrico queda determinada por su espesor y resistividad, debemos considerar en la interpretación de los sondeos eléctricos dos parámetros que combinan ambos efectos y que muchas veces constituyen los únicos valores cuantitativos a los que se puede llegar en una interpretación. Son ellos la resistencia transversal y la conductancia longitudinal.

Una capa resistente comprendida entre dos terrenos conductores se manifiesta esencialmente por su resistencia transversal, producto de su espesor por su resistividad, mientras que el terreno conductor comprendido entre dos terrenos resistentes se manifiesta por su conductancia longitudinal, igual al cociente entre su espesor y su resistividad. [Factor, Adolf. Aguas subterráneas 1][2]

Figura 35 – Curvas típicas de SEV que muestran a profundidad y espesor de los acuíferos.



Fuente: [Factor, Adolf. Aguas subterráneas 1][2]

6.2. Perfilaje eléctrico de pozos de agua

Un perfilaje es una operación en la cual se registran datos característicos de las formaciones atravesadas por una perforación. Este registro es denominado perfil de un pozo (Figura 36). Un tipo de perfilaje muy utilizado es el eléctrico, en el que se registran las resistividades de las formaciones geológicas del subsuelo y los potenciales espontáneos generados en las perforaciones. [Zelaya (2.011). Perfilador eléctrico de pozos de agua][8]

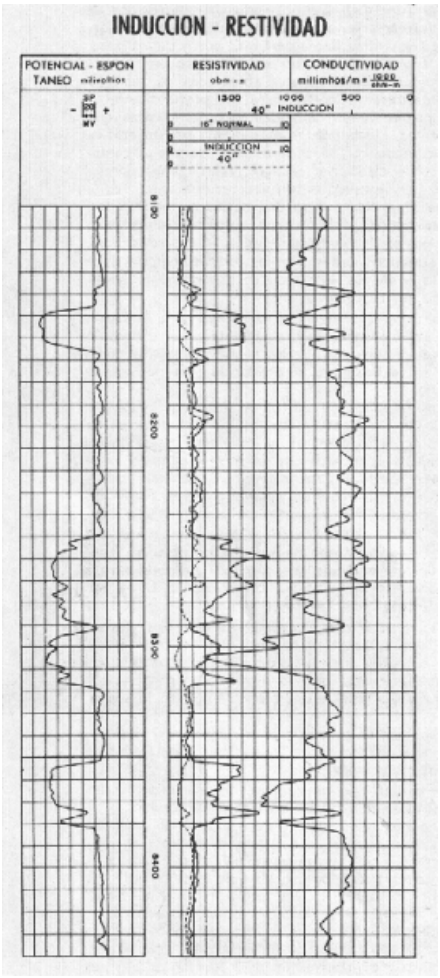
Los perfilajes, luego de su obtención, son analizados por el geólogo y brindan esencialmente la siguiente información:

- Diferenciación entre arcillas, rocas duras y capas permeables.
- Definición cuantitativa de porosidad y saturación del agua (salinidad).
- Discriminación cualitativa entre capas petrolíferas, gasíferas y acuíferas.

- Determinación de la construcción del pozo.

El aspecto típico de un perfilaje de un pozo puede verse en la siguiente figura.

Figura 36 - Aspecto típico de un perfil eléctrico.



Fuente: [Zelaya (2.011). Perfilador eléctrico de pozos de agua][8]

En el gráfico se observa un perfil eléctrico. La parte izquierda del perfil eléctrico contiene la curva de potencial espontáneo SP, a la derecha, están registradas las curvas de conductividad y resistividad. En este caso el perfil eléctrico es utilizado por la empresa perforadora para realizar el entubado del pozo.

Cuando se finaliza la perforación de un pozo, el volumen de suelo que fue retirado, es reemplazado por un lodo especial, el más utilizado es bentonita. Este lodo es utilizado por dos motivos: uno para que las paredes del pozo no se desmoronen y otra, para poder medir en forma correcta el perfil eléctrico ya que este lodo es conductivo, lo cual facilita el contacto de los electrodos de la sonda con las paredes del pozo.

El perfilaje debe ser realizado al poco tiempo de haber sido terminada la perforación del pozo. Si el perfilaje es demorado, la medición del pozo no será la más precisa porque el lodo conductivo contamina las paredes del pozo y la toma de datos no es la que se pretende obtener. También, el pozo corre el riesgo de desmoronarse.

Partes constitutivas de un perfilador eléctrico

En líneas generales un perfilador puede ser subdividido en las siguientes partes constitutivas:

- Sonda
- Cable y carretel (incluyendo sistema de lectura de profundidad)
- Módulo de control
- Módulo de grabación.

La sonda de un perfilador eléctrico es básicamente una varilla con electrodos de acero inoxidable, plomo o cualquier otro metal resistente a la corrosión. En el extremo inferior se coloca un bloque de plomo para dar peso a la misma y para que pueda descender con facilidad dentro del pozo. En el extremo superior de la sonda se encuentra un conector especial en donde se conecta el cable a la sonda.

El cable de un perfilador eléctrico de pozos de agua es por lo general de tipo trifilar mallado y con cable acero portante en el interior para que pueda soportar el peso de la sonda y del cable mismo.

El carretel sirve para poder utilizar y transportar el cable con facilidad y seguridad. Pueden ser manuales o automáticos. En los manuales es el operador el que tiene que desenrollar el cable mediante una manija. Estos solo son aptos hasta profundidades de 200 metros con una sonda liviana. En cambio, los automáticos poseen un motor que realiza esta tarea y pueden llegar a profundidades mayores que las manuales y soportar el peso de sondas más pesadas.
El módulo de control está conformado por los circuitos de medición de los parámetros eléctricos del pozo, lectura de profundidad, fuentes de alimentación, etc. Aquí es donde se realizan la mayoría de los ajustes para la realización de un perfilaje, desde ajustes de ganancia de amplificadores a ajustes de las fuentes de tensión y corriente.
El módulo de graficación es el encargado de trazar en papel, o algún otro medio, el perfilaje realizado al pozo.
Los módulos de graficación de un perfilador eléctrico deben tener por lo menos 2 canales para que puedan ser graficados en forma simultánea el potencial espontáneo y resistencia puntual. Cuatro canales permiten dos registros de resistividad normal, un registro de potencial espontáneo y un registro de radiación gamma en forma simultánea si la sonda es apropiadamente diseñada. Cada canal puede tener su propio ajuste de ganancia o atenuación y posicionamiento de la pluma. La ganancia permite al operador ajustar la amplitud de la deflexión de la pluma para una señal entregada por la sonda. El control de posición permite el desplazamiento manual de la pluma en el gráfico sin modificar la ganancia.

7. Rellenos de Gravas o Prefiltros

La colocación de material prefiltrante es un procedimiento que consiste en colocar grava o arena seleccionada entre el filtro y la pared del pozo frente al acuífero, aumentando el área de ingreso y obteniendo mayor eficiencia. Para hacer este prefiltro deberá perforarse con un diámetro mayor al del filtro a instalar, e introducir en el espacio anular el relleno.
El material prefiltrante sólo se coloca en acuíferos compuestos de materiales inconsolidados, pues, colocados enfrente de formaciones consolidadas no tiene sentido, porque se introduce una pérdida de carga adicional. Es preciso aclarar, que no en todos los casos de acuíferos porosos es necesario colocar un prefiltro, las ventajas y desventajas han sido motivo de

interminables discusiones. Se ha observado que dichos rellenos se justifican únicamente en los siguientes casos:

a) En acuíferos pobres, constituidos por materiales de grano fino, de los que se requiere el máximo caudal.
b) Para estabilizar acuíferos muy heterogéneos.
c) En acuíferos de areniscas pobremente cementadas con importante permeabilidad por fisuración.
d) En acuíferos de pobre espesor (lentes) incluidos dentro de un fuerte espesor de materiales impermeables.
e) Casos en que sea necesario dar mayor pasó al filtro por problemas de aguas incrustantes.
f) En ausencia de filtros adecuados.

Cuando la granulometría del acuífero permite diseñar un pozo sin prefiltro, la práctica indica que las aberturas del filtro deben retener el 60 % del material acuífero dejando pasar el resto durante el desarrollo y creando, de esta manera, un entorno de gran permeabilidad en los alrededores del pozo.

Los principales problemas que pueden presentarse durante la colocación del material son:

a) segregación del material

b) formación de puentes

Ambos problemas pueden provocar que el pozo una vez finalizado, bombee arena. La segregación tiene lugar cuando el relleno cae libremente y por diferencia de peso se alternan capas de materiales finos y gruesos.

Un sistema práctico, en pozos de escasa a moderada profundidad, es el uso de una tolva por el cual se hace bajar la grava junto a una buena cantidad de agua, evitando la formación de puentes dentro del tubo. A medida que el material baja por el tubo, se retira éste unos 60 cm, cada vez. Para colocar el empaque de gravas en pozos profundos, se lleva el relleno al fondo mediante la circulación inversa del fluido. Para aplicar este método, se debe tener el sondeo lleno, mientras se bombea fluido hacia afuera por la parte inferior del entubado. A medida que la grava va llenando el espacio anular alrededor del filtro, el agua pasa a través de las aberturas y circula hacia arriba por el entubado.

8. Desarrollo de pozos de agua

Limpieza y desarrollo del pozo

La limpieza y fundamentalmente el desarrollo, son prácticas esenciales para el correcto funcionamiento del pozo.

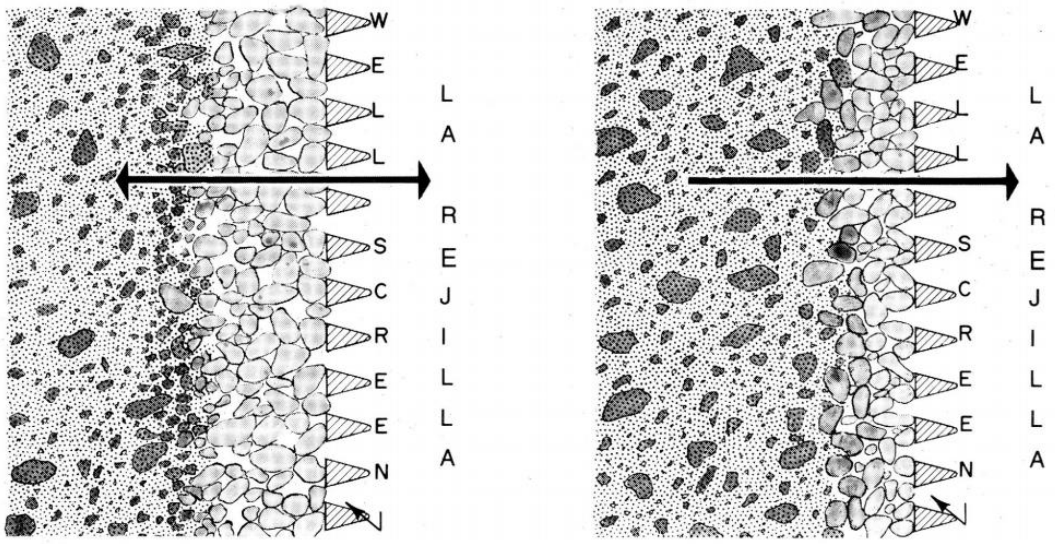
La limpieza consiste en extraer los materiales ingresados a la perforación durante su ejecución, como los finos incorporados a la inyección al atravesar estratos limosos y/o arcillosos, o aquellos agregados artificialmente como la bentonita.
Los finos pueden eliminarse mediante la circulación con agua limpia, luego del entubado y engravado, o también mediante bombeo, con equipos provisorios, que posteriormente serán reemplazados por la bomba definitiva. Los tamaños medianos (arena) suelen extraerse cuchareando.

El trabajo de desarrollo es la operación esencial en la terminación de un pozo de agua con filtro. El desarrollo trae consigo el máximo rendimiento del pozo y los siguientes resultados:

1. Corrige cualquier peligro de obturación del acuífero que ocurra como efecto colateral de la perforación.
2. Incrementa la porosidad y la permeabilidad de la formación natural en la vecindad del pozo
3. Estabiliza la formación arenosa alrededor de un pozo con filtro, de modo que el pozo rinde agua libre de arena

Cuando el agua del acuífero fluye en un solo sentido se estabilizan puentes de los granos finos apoyados en los pocos granos gruesos o en las paredes del filtro. El flujo reversible provocado por el desarrollo rompe tales puentes y elimina el material fino.

Figura 37 – Flujo hacia afuera y hacia adentro del filtro para lograr un correcto desarrollo del pozo.



Fuente: [Auge, M. (2.009). Perforaciones hidrogeológicas][1]

En los pozos con prefiltro de grava, la torta de barro que revocó las paredes del pozo queda como un sándwich entre la grava y la cara de la formación natural. El principal objeto del desarrollo será romper ese material que puede estar impidiendo el libre flujo del agua. Pero para que ello ocurra, el espesor de la pared de la grava no debe ser mayor que 75 mm.

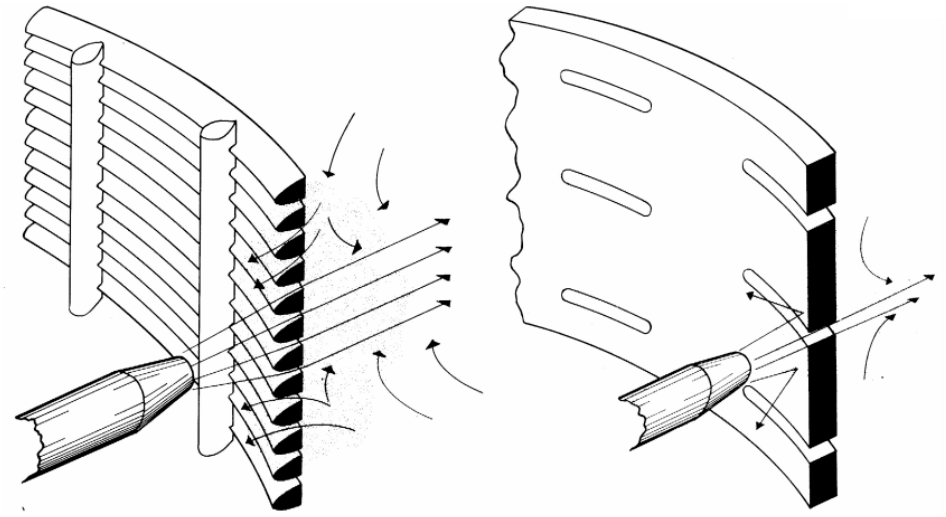
La finalidad del desarrollo es incrementar la permeabilidad en la vecindad del filtro, para lograr que el pozo funcione con un elevado rendimiento. El método empleado para el desarrollo es el jet

8.1. Chorro de alta velocidad o jet

Es uno de los métodos más eficientes para el desarrollo, pues concentra el flujo de agua en una superficie reducida, lo que permite la movilización del limo, arcilla y arena fina, en el prefiltro y la formación productiva, y el ingreso de los mismos a través de las rejillas ubicadas por debajo y por encima del sitio donde se aplica el chorro. El dispositivo consta de un eyector de dos o más boquillas, bomba y manguera para alta presión, sarta de tubería para la inyección y recipiente para abastecimiento del agua. El procedimiento consiste en eyectar

agua limpia por las boquillas para que el chorro atraviese la rejilla a una velocidad de alrededor de 50 m/s; los orificios más empleados para las boquillas van de 5 a 13 mm. En la Figura 38 se esquematiza el funcionamiento del eyector en un filtro de ranura continua y en otro con ranuras discontinuas. En este último caso, se aprecia la pérdida de efectividad del chorro debido a la escasa superficie filtrante. El eyector se hace girar con una manivela acoplada a la tubería de inyección y se levanta y baja lentamente para lograr un efectivo barrido del filtro.

Figura 38 – Pasaje del chorro a través de las rejillas. El filtro con ranuras discontinuas le queta efectividad al jet.



Fuente: [Auge, M. (2.009). Perforaciones hidrogeológicas][1]

Las tuberías de inyección más empleadas van de 1,5 a 3'' y las presiones son del orden de 35 kg/cm^2. Para lograr una alta efectividad, las boquillas deben estar lo más cerca posible a la pared del filtro; en este sentido un distanciamiento de 1" es más que suficiente, pero debe operarse con mucho cuidado para no dañar el filtro, especialmente si es de ranura continua, por lo expuestas que están las nervaduras axiales.

Durante la aplicación del chorro, si el diámetro del entubamiento lo permite, es conveniente bombear con un equipo que extraiga aproximadamente el mismo caudal que se inyecta, para favorecer el ingreso y la extracción de los finos removidos por el jet. Respecto a los caudales de inyección varían entre 3.500 l/h para un orificio de 5 mm y una velocidad de 36 m/s y 23.000 l/h para 13 mm y 57 m/s. [Auge, M. (2.009). Perforaciones hidrogeológicas][1]

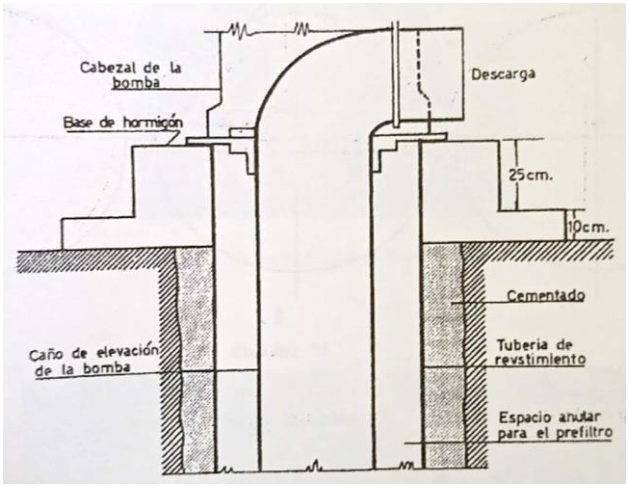
9. Terminación superior del pozo

En cualquier pozo, la tubería de revestimiento debe sobresalir entre 20 a 25 cm por encima del piso de la casilla de bomba o a 35 cm del nivel del suelo.

Cuando se instala la bomba directamente sobre la tubería de revestimiento, esta debe coincidir con una ranura adecuada de la base la bomba, para que la bomba cierre herméticamente el pozo. [Factor, Adolf. Aguas subterráneas 1][2]

Cuando la bomba no está instalada directamente sobre el pozo, la tubería de admisión de agua desde el pozo hasta la bomba debe sellarse con la tubería de revestimiento por medio de un sello hermético de expansión (Figura 39).

Figura 39 - Terminación superior de un pozo de abastecimiento de agua con bomba instalada.



Fuente: [Factor, Adolf. Aguas subterráneas 1][2]

10. Selección del equipo de bombeo

Las bombas son elementos modernos que se utilizan para elevar agua mediante la energía eléctrica, petróleo o eólica para transformarla en energía cinética que mueve grandes cantidades a una velocidad tal que logra la energía convencional.
En el caso de la bomba a seleccionar para el emprendimiento que se realizó la perforación, es una bomba para riego, comúnmente usada en captaciones de aguas, en el mercado existen diferentes tipos, pero en esta actividad, como la agrícola o minera, se pueden clasificar de acuerdo a la categoría del impulsor en:

1. Radiales: son aquellos impulsores en que el agua suele salir en un ángulo de 90° al eje de rotación.
2. Axiales o helicoidales: son aquellas que impulsan el agua análogamente a un ventilador que impulsa aire. O sea, el fluido sale paralelo al eje de rotación.
3. Mixtos; son aquellos que el ángulo de impulsión esta en 0° y 90° con respecto al eje.

Para este caso, se utilizará una bomba centrífuga, que son aquellas que emplean la fuerza centrífuga para bombear líquidos.

Curvas características: Una bomba centrifuga a velocidad constante varia su capacidad desde cero hasta un valor máximo, dependiendo del tamaño, diseño y condiciones de succión de la bomba. La carga o elevación total desarrollada, la potencia absorbida y la eficiencia varían con la capacidad. La interrelación de capacidad, carga, potencia y eficiencia se muestran mejor gráficamente en las curvas llamadas curvas características de la bomba.

A continuación los elementos principales calculados para la selección del equipo de bombeo, que fue una electrobomba con motor sumergible:

a.- Grupo moto – bomba

b.- Selección del cable eléctrico

c.- Selección del transformador o generador

d.- Material complementario

Existen factores a tener en cuenta, para que el sistema trabaje en forma armoniosa y eficiente, que son:

- Caudal que se pretende extraer.
- Altura de elevación máxima prevista.
- Diámetro del entubado del pozo.

10.1. Grupo moto – bomba

Para extraer agua de un pozo, se adoptó una bomba que se adecue a las condiciones específicas que requiere como ser en nuestro caso, para la actividad agrícola y posiblemente industrial e urbana. Están las alternativas de embolo o pistón, las rotativas y las centrifugas. El grupo elegido es el de las centrifugas, como se describe en párrafo anteriormente citado. Estas bombas tienen más ventajas con respecto a las otras, ya que se utilizan en instalaciones elevadoras de agua en pozos profundos. Este tipo de máquinas se pueden clasificar en dos grandes grupos:

a) Bomba vertical sumergida con motor eléctrico en superficie.

b) Grupo moto-bomba sumergible, donde tanto el motor eléctrico como los cuerpos de bomba trabajan conjuntamente por debajo del nivel del agua.

Las bomba eléctricas con motor sumergible, son alimentados mediante corriente eléctrica través de un cable conductor que va unido directamente a los terminales del motor, con los debidos aislamientos y protecciones para este tipo de condiciones de trabajo. Estas bombas suelen funcionar a 2.900 r.p.m., frente a las 1.450 r.p.m. de las de eje vertical. Debido a su menor número de vueltas por minuto, las bombas de eje vertical sufren un menor desgaste en sus rodetes que las sumergibles, cuando existen arrastres de arenas u otros materiales abrasivos, siendo más ventajoso el uso de estas últimas en sondeos profundos con agua limpia por su menor costo de adquisición, así como por el tiempo empleado para su instalación y desmontaje. Hechas estas consideraciones previas, se exponen a continuación los conceptos básicos para la elección del grupo de bombeo adecuado.

10.2. Velocidad específica de una bomba centrifuga

La velocidad especifica de bomba centrifuga es la velocidad de rotación teórica necesaria para bombear un caudal unitario a una altura manométrica unidad.

$$Ve = \frac{4 * n * \sqrt{Q}}{3 * H}$$

Donde:

Ve = Velocidad especifica.

Q = Caudal

H = Carga o altura de elevación.

n = Velocidad de rotación (r.p.m.)

Esta fórmula mide la relación entre el caudal y la altura.

10.3. Potencia

La potencia necesaria para elevar un determinado caudal de agua a una altura geométrica dada, puede ser calculada a partir de la fórmula:

$$P = \frac{H * Q}{Rm * Re * 75}$$

Donde:

P = Potencia en CV.

H = Altura geométrica de elevación (m)

Rm = Rendimiento mecánico (≈ 0,7)

Re = Rendimiento eléctrico (≈ 0,9)

11. Ensayo de Bombeo

Un pozo es una estructura hidráulica que debidamente diseñada y construida permite efectuar la extracción económica de agua de una formación acuífera. El logro de este propósito depende de:

1. Una aplicación inteligente de los principios de la hidráulica en el análisis del pozo y del comportamiento del acuífero.

2. La destreza al perforar y construir pozos, lo que permite tomar ventaja de las condiciones geológicas.

3. Una selección tal de los materiales que asegure una larga duración a la estructura.

Los objetivos de un ensayo de bombeo pueden sintetizarse en dos partes fundamentales: por un lado, conocer las características hidráulicas del pozo que se está ensayando y/o para determinar las características hidráulicas del acuífero al cuál se le extrae el agua.

La mayoría de los ensayos que se llevan a cabo tienen como objetivo determinar la hidráulica del pozo. Esta se refiere a todos los parámetros que caracterizan a la obra de perforación que se está ensayando. Con un ensayo de bombeo es posible determinar el caudal específico del pozo, su eficiencia, su caudal óptimo de explotación.

Conocidos estos parámetros, generalmente se construyen gráficos que en su conjunto se denominan curvas características del pozo. Con éstas es posible diseñar el sistema de explotación técnico y económicamente más acorde al pozo ensayado.

Y por el otro, la hidráulica del acuífero explotado, se refiere a determinar sus propiedades: transmisividad (T) y coeficiente de almacenamiento (S), que son conocidos en su conjunto

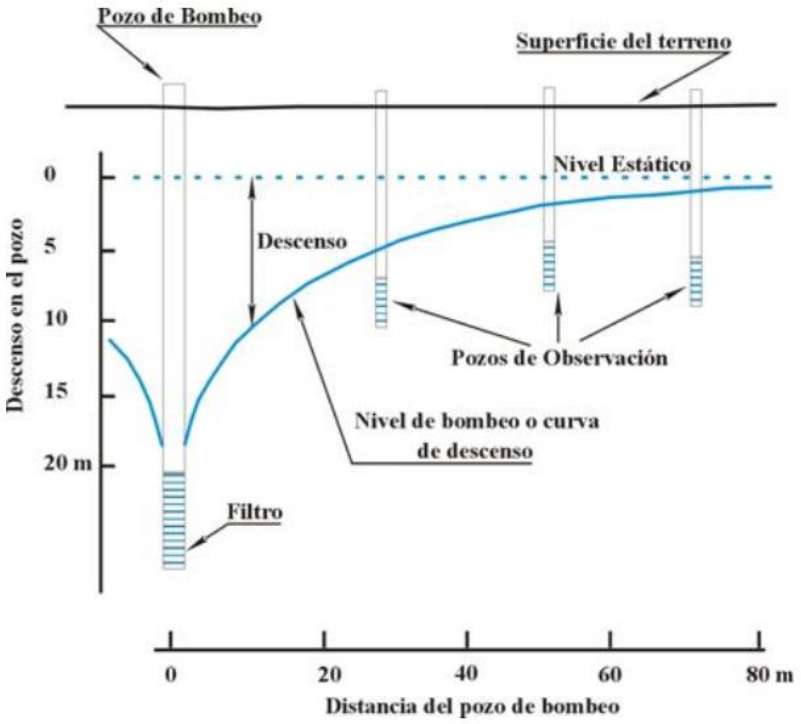
como los parámetros hidráulicos del acuífero. Determinando estos parámetros se puede conocer el mecanismo y características hidráulicas del acuífero y expresarlos numéricamente. De este modo es posible calcular el radio de influencia del pozo, diseñar la ubicación de otras perforaciones con o sin interferencia o de otras obras que utilicen este recurso, estimar el impacto que ocasionará el pozo en la hidrología del área, determinar su zona de protección, realizar modelaciones numéricas y, actualmente, son parámetros imprescindibles para la evaluación y saneamiento en regiones que presentan problemas de contaminación del recurso hídrico subterráneo. [García, (2.018). Apuntes captación de aguas subterráneas][3]

Objetivo de un ensayo de bombeo

Un ensayo de bombeo consiste en extraer o inyectar agua a un pozo realizando mediciones en el tiempo, de la variación que ésta acción provoca sobre el nivel estático original. Al estudiar las reacciones de un acuífero a la excitación producida por el bombeo de un pozo (descarga del acuífero) o la carga producida naturalmente al cesar el bombeo en el pozo (recarga del acuífero), es posible determinar los parámetros hidráulicos del pozo y del acuífero. Al producirse el bombeo en un pozo se forma un cono de depresión con su ápice en el centro del pozo bombeado. En un acuífero libre, el cono se produce en el mismo reservorio, por debajo de su techo. En un acuífero confinado, la depresión está situada sobre el límite superior del acuífero. (Figura 40)

En un ensayo de bombeo, la observación y registro de los cambios que se producen en los niveles de agua se realizan en el pozo y/o en pozos de observación denominados piezómetros. Los efectos que se producen en el nivel hidrostático de un pozo de bombeo y en los pozos de observación pueden apreciarse en el esquema siguiente.

Figura 40 - Variación del nivel de agua en un pozo y piezómetros como consecuencia de un bombeo.



Fuente: [García, (2.018). Apuntes captación de aguas subterráneas][3]

11.1. Tipos de ensayos de bombeo

Existen numerosas y diversas clases de ensayos de bombeo, la elección del tipo de ensayo a llevar a cabo depende del objetivo perseguido, de la infraestructura con la que se cuenta, de las características hidrológicas del acuífero a ensayar y de la clase de pozo. De esta forma se tiene ensayos diferentes según se trate de establecer las curvas características del pozo y/o los parámetros hidráulicos del acuífero, según se realicen las mediciones en el pozo de bombeo y/o en los piezómetros, según se trabaje con los datos recogidos durante el régimen de no-equilibrio y/o durante el régimen de equilibrio, según se realicen a caudal constante, variable o en forma escalonada, según se trate de un pozo penetrante o parcialmente penetrante, según sea un acuífero libre, confinado o semiconfinado, según exista o no influencia del almacenamiento en el pozo y según se traten los datos durante el tiempo de bombeo y/o recuperación. Como se advierte, son muchas las variables que definen el tipo de ensayo a llevar a cabo.

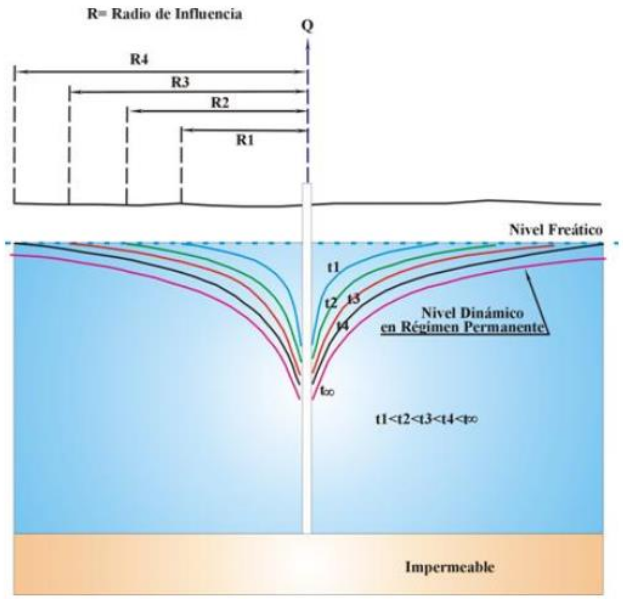
Dado el objetivo de este trabajo solo aplicaremos los casos más sencillos y comunes.

11.2. Concepto de régimen no permanente y permanente

Cuando se inicia el bombeo a caudal constante en un pozo, y en general en cualquier tipo de captación, en los primeros instantes se extrae agua del almacenamiento en los alrededores del pozo, gracias al descenso del nivel producido. El período durante el cual los descensos, van aumentando, se llama de régimen no permanente o variable. En acuíferos que no pueden recibir agua del exterior tal como sucede en un acuífero perfectamente cautivo o en un acuífero libre en ausencia de aportes de agua de lluvia o superficial, todo el caudal extraído por el pozo debe proceder del almacenamiento y por lo tanto el régimen es siempre no permanente.

Sin embargo, y debido a la superficie creciente del cono de influencia, si el acuífero es muy extenso, la velocidad de descenso va disminuyendo paulatinamente hasta que llega el momento en que es tan lento, que se puede aceptar, a efectos prácticos, que los descensos se han estabilizado y se alcanza un régimen casi permanente o estacionario. Los acuíferos semiconfinados reciben una recarga, y cuando la misma iguala al caudal bombeado, se establece un verdadero régimen estacionario o permanente. La característica fundamental del régimen permanente es que no se toma agua del almacenamiento del acuífero, este es un mero transmisor de la recarga, en cambio, en régimen variable, el acuífero no sólo transmite agua sino que la proporciona, al menos en parte, entrando en juego el coeficiente de almacenamiento (figura 41). [García, (2.018). Apuntes captación de aguas subterráneas][3]

Figura 41 – Variación del cono de influencia en función del tiempo de bombeo.



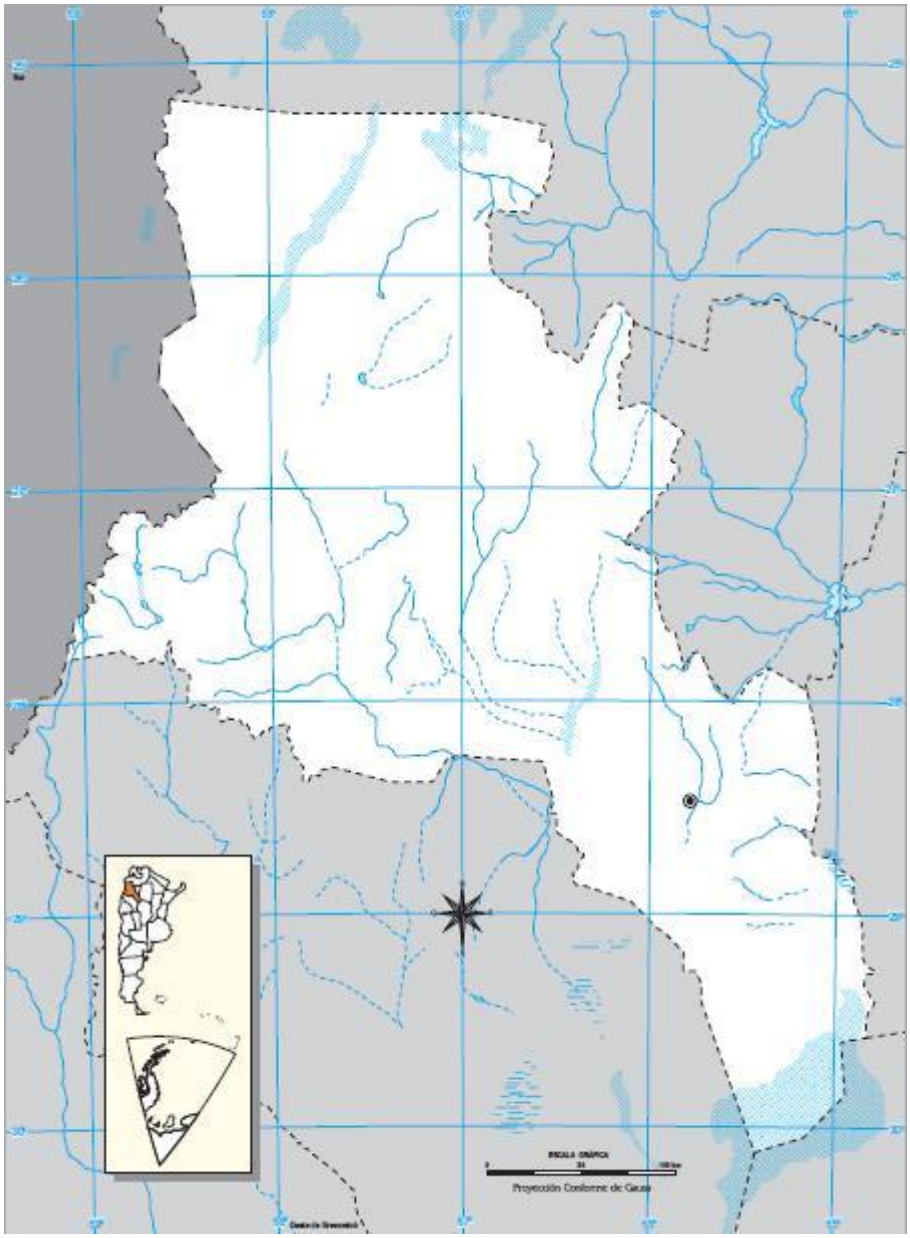
Fuente: [García, (2.018). Apuntes captación de aguas subterráneas][3]

Capítulo 2 - Descripción general del ambiente

1. Ubicación geográfica

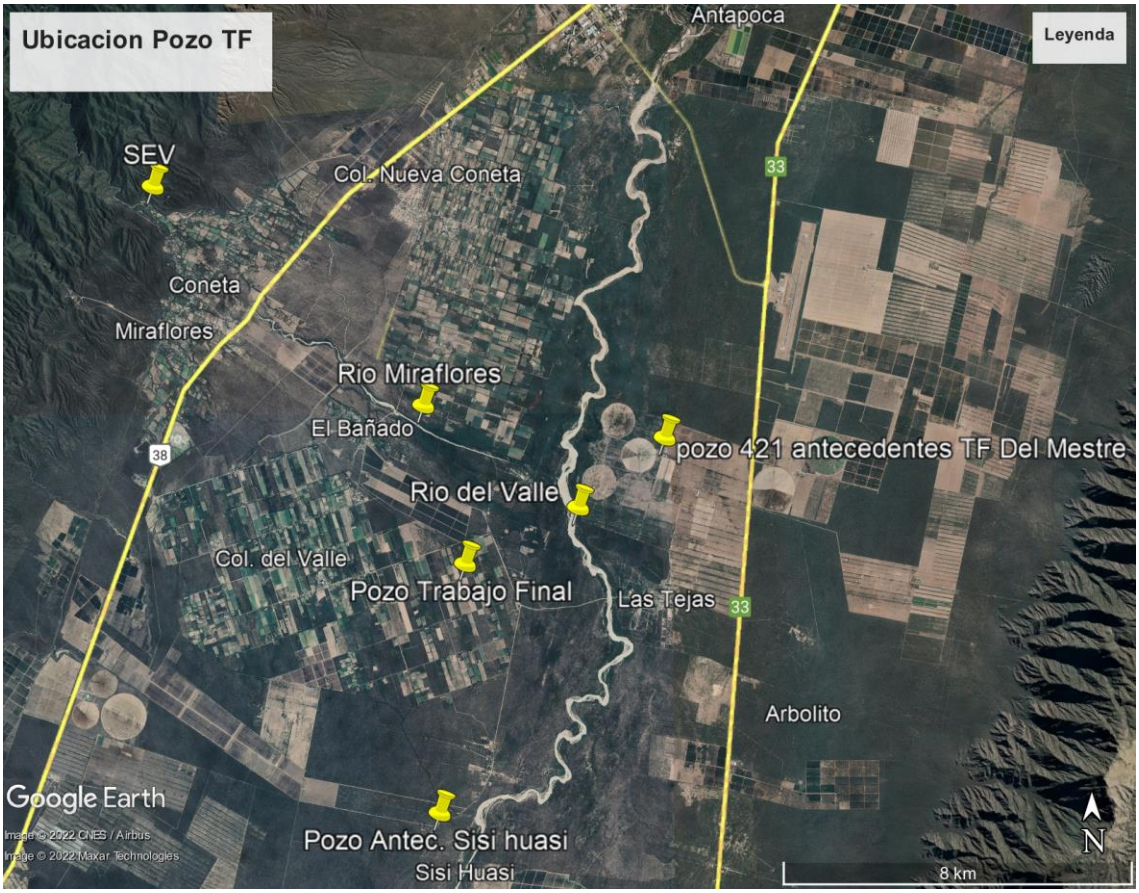
La colonia del Valle se encuentra ubicada en el Departamento Capayán, Provincia de Catamarca, Argentina (Figura 42) a unos 20 km de la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca, capital de la provincia. Esta cubre una extensión de 4.248 km^2. Las coordenadas geográficas del proyecto de trabajo final son S 28º39’17,1’’ Y W 065º50’03,2’’

Figura 42 – Ubicación de perforación en provincia de Catamarca”.



La colonia del valle, se encuentra en una cuenca subterránea prácticamente cerrada, por el oeste con la sierra de Ambato, por norte con la sierra de Gracián, y por el este con la sierra de Ancasti. (Figura 43)

Figura 43 – Ubicación de pozos, ríos y SEV en valle central de Catamarca.



2. Geología y Geomorfología

2.1. Principales unidades geomorfológicas

Las Sierras Pampeanas noroccidentales integradas por las Cumbres Calchaquíes, las Sierras del Cajón o de Quilmes, los Nevados del Aconquija, Chango Real, Las Cuevas, Hualfin, Capillitas Belén, Ambato y Ancasti, entre otras, presentan una fisonomía particular, caracterizándose por conformar bloques de montaña compuestos por una secuencia de rocas del basamento metamórfico – granítico intrusivo de edad Pre cámbrico superior – Paleozoico inferior, elevados tectónicamente y separados entre sí por cuencas alongadas en sentido sub meridiano y ocupadas por potentes depósitos sedimentarios. Predominan las fallas inversas de alto ángulo que delimitan estos grandes bloques montañosos.

2.2. Descripción estratigráfica

Según los estudios de Oblitas y otros, año 1.968, el precámbrico constituye el tronco montañoso de Ambato y Ancasti y probablemente se extiende bajo la cubierta Cuartaria del Valle, constituyendo los límites de la cubeta sedimentaria acuífera. Se compone de esquistos inyectados de material magmático acido. Las plutónicas se presentan en forma de diques graníticos. La migmatizacion es frecuente sobre todo en la zona sur de la Sierra de Ambato donde es frecuente la presencia de rocas de mezcla. Las rocas del basamento, presentan un sistema de diaclasas con tres inclinaciones diferentes que conjuntamente con la

esquistosidad, favorecen la infiltración del agua, determinando una importante zona de permeabilidad secundaria.

Según Hidalgo y Oblitas, los diferentes niveles caracterizados en el Cuartario son:

1) Entre las cotas de 500 y 700 metros, sobre la falda oriental de la sierra de Ambato, se conservan remanentes de un primer nivel de pie de monte, Coneta, Capayán, y al oeste de la ciudad de Catamarca, bordeando el dique El Jumeal. En su composición petrográfica, predominan los bloques hasta gravas de rocas metamórficas y diques graníticos; la matriz es arena mediana a fina con abundante mica y óxidos de hierro.

2) Los elementos producidos por la destrucción del primer nivel y aquellos acarreados en un ciclo erosivo posterior, ha constituido un segundo nivel de constitución litológica heterogénea; conglomerados con rodados de rocas graníticas y esquistosas, presentándose el conjunto cortado por la erosión actual de los arroyos.

3) El tercer nivel de pie de monte, corresponde a la actual planicie aluvial; su composición sedimentológica responde a elementos aportados por la modelación del actual relieve orográfico, sobre él, los ríos y arroyos han elaborado su cauce por donde llegan los materiales que sumados a los de origen eólico, remodelan la planicie aluvial. La gradación actual va sepultando los viejos relieves que adquieren gran importancia hidrológica.

De acuerdo a estudios posteriores en el área, desde el punto de vista hidrológico presentan especial significación las acumulaciones sedimentarias de edad cuartaría que rellenan la depresión tectónica del llamado Valle de Catamarca.
Las rocas del Basamento Cristalino, presentan como se ha indicado permeabilidad secundaria por fracturación; el agua es conducida de esta forma a recargar los acuíferos del valle. La influencia de las sedimentitas terciarias no puede todavía determinarse con precisión, no obstante, hacia la parte Sur del Valle fuera de la zona de trabajo, su acción parece indicarse en una mayor salinización de las aguas subterráneas hacia profundidades mayores.
Las capas cuartarías portadoras de aguas, se han agrupado en dos complejos acuíferos separados por un nivel impermeable que constituye el piso y el techo respectivamente de los complejos mencionados, siendo su espesor variable y su profundidad se ubica entre los 93,50 metros en la perforación Miraflores N° 1 y a los 109 m en la perforación El Milagro N° 1.

3. Generalidades

Las características climáticas de los valles inter montanos del Noroeste argentino, responden en general a los efectos de “barrera climática” ejercida por las elevaciones de rumbo sub meridional que la limitan al Este. De esta forma las laderas Orientales se comportan como condensadores de la humedad, aportada por los vientos del Este. Para el caso particular del Valle de Catamarca, los vientos húmedos provenientes del Este que logran sobrepasar la sierra de Ancasti, condensan su humedad sobre la sierra de Ambato, favoreciendo la acumulación de humedad en sus cabeceras, es decir hacia las alturas mayores.

3.1. Precipitaciones y vientos

Las lluvias son de distribución lineal a lo largo de los altos cordones de la sierra de Ambato, en forma de lluvias frontales a lo largo de unos 100 Km de longitud por 25 Km de ancho, a partir de la humedad aportada por los vientos del N.E. En la región Norte del Valle, donde las

diferencias de altura son menores, las precipitaciones tienden a ser regionales con influencia de vientos de los cuatro cuadrantes. El tipo de lluvias convectivas, se producen en la parte Centro – Sur del Valle, sobre el área ocupada por la planicie aluvial.

3.2. Clima

Se han distinguido en el Valle dos regiones climáticas; una ubicada al Norte del meridiano de la ciudad de Catamarca y que abarca también la zona de las sierras de Ancasti y Ambato por sobre la cota de 600 m, corresponde a clima “muy seco templado” 14,9°C en los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre; “seco templado” 16,5°C en los meses de Abril y Mayo; “seco húmedo cálido” 22,2°C en Marzo, Noviembre y Diciembre y “cálido intenso” en Enero y Febrero. La segunda zona se ubica en el sector Sur del Valle por debajo de la cota de 600 m, de acuerdo con la clasificación de Knoche sería: de Julio a Septiembre “muy seco y templado”, los meses restantes del año “seco cálido”. (1)

4. Situación minera en el Departamento Capayán

El departamento Capayán, tiene una actividad agrícola ganadera muy incipiente, ya que un gran número de hectáreas está ocupada por el sector agrícola y otro menor por ganado bovino, ovino y caprino, lo cual hace necesario el uso racional del agua demandada, cuya fuente son de dos tipos, la superficial, proporcionada por el canal de riego que proviene del Dique Las Pirquitas, y el otro del proveniente de las perforaciones en el área. La gran mayoría de las perforaciones se encuentran ubicadas en la Colonia Nueva Coneta y Colonia del Valle. Otro sector menos explotado pero no significa que, en algún momento cubra las necesidades del mercado local con el aporte de materia prima, es la minería de rocas de aplicación y canteras de áridos. La explotación de las canteras de áridos y arenas en los ríos y arroyos del departamento Capayán tiene un gran aporte al mercado local de los corralones y empresas que se dedican al rubro de la construcción.

Según datos proporcionados por la Dirección Provincial de Minería, los minerales en el departamento Capayán denunciados son: Bauxita, Berilo, Feldespato, Manganeso, Mica, además de Lajas y áridos.

4.1 Proyectos a futuro en el Departamento Capayán

Es notable que, todos los departamentos de la provincia de Catamarca, tienen importantes reservas de muchos minerales cuyos proyectos de explotación pueden aportar a un creciente desarrollo minero por los próximos cien años. El departamento Capayán debería tener también dentro de sus políticas económicas, los planes de inversión minera en el futuro; la explotación de los minerales mencionados anteriormente, hace necesario realizar proyectos de exploración para calcular las reservas y tener la información concreta para la construcción de la infraestructura de los servicios necesarios en un proyecto minero. Sabemos que, el agua es necesaria tanto para el consumo humano dentro del proyecto, como para el uso de maquinarias, riego de caminos y planta de tratamiento.

La única fuente de abastecimiento para lograr la extracción de minerales, es el agua subterránea, ya que el departamento Capayán no tiene ríos de agua permanente, sino arroyos que son utilizados para el consumo humano, riego de algunas parcelas y bebida para

animales, sobre todo en las localidades montañosas y las que se ubican al pie de la Sierra de Ambato.

Es por ello que, la perforación que se realizara para este trabajo final, nos brindara información que será de vital importancia para el futuro del área tanto a nivel agrícola, como ganadero y minero.

Capítulo 3 - Diseño y construcción de pozo

La prospección de los recursos hídricos subterráneos de una determinada área debe tener en cuenta el nivel de estudio que se proyecta realizar. Estos pueden ser los siguientes:

1) Diagnóstico del área, análisis de antecedentes y recorrida expeditiva de campo.
2) Ejecución de pozo piloto para determinar características de las superficies atravesadas.
3) Diseño de la construcción del pozo a partir del perfilaje y análisis granulométrico.
4) Construcción del pozo de captación.

A continuación el desarrollo de las mismas:

1. Diagnóstico del área, análisis de antecedentes y recorrida expeditiva de campo

Diagnóstico: La zona donde se realizara la perforación ya tiene en sus proximidades perforaciones y sondeos eléctricos verticales, lo cual permite utilizar esos datos para poder determinar la presencia de acuíferos a cierta profundidad en la zona. Esto nos permite evitar en realizar un nuevo estudio geoeléctrico y disminuir costos. Se presentan los estudios previos realizados en cercanías de la zona de interés.

1.1. Sondeo eléctrico vertical (SEV)

La información obtenida por medio de sondeos eléctricos verticales (SEV) de empresa privada:

El principal objetivo, es la caracterización geológica e hidrológica del subsuelo mediante la ejecución de Sondeos eléctricos verticales (SEV). De esta manera recomendar la ubicación de futuras perforaciones para captación de agua para uso de agua potable y riego.

1.1.1. Zona de interés hidrológico

Esta unidad de estudio corresponde a depósitos aluviales actuales, que se extienden por debajo de la anterior, siendo detectada en todos los sondeos, caracterizándose por presentar valores de resistividad altos a medios que varían entre los 324 Ohm.m y 23 Ohm.m (en el SEV 1 y 3), que indicarían la presencia de sedimentos, conformados por una alternancia de niveles arenosos, gravillosos, rodados y bloques, y escasa participación de intercalaciones finas (limos y arcillas), saturados con agua de formación dulce. El espesor de esta unidad es variable desde 115 m (en el SEV 2), y 188 m (en el SEV 1). Esta unidad constituye el principal nivel productivo, objeto de esta prospección geofísica, presentando las mayores expectativas desde el punto de vista Hidrológico.

1.2. Pozos en zona adyacente.

Existen establecimientos cercanos que poseen pozos productores de agua, cuyas características son posibles de conseguir en archivos de entes gubernamentales o privados. Con esta información se conoce el tipo de agua, caudales específicos de bombeo, posición de los acuíferos, detalles constructivos y de operación, etc.

Según un informe del Plan de Evaluación de Aguas Subterráneas (1968-1969) de Laszcz y Ubaldini de Giménez se realizaron ensayos de bombeo dentro del departamento Capayán, cuyos resultados se resumen en el siguiente apartado:

Establecimiento San Javier

Ubicado en **Sisi-Huasi**, un pozo de 98 metros de profundidad, entubado en 12" y 10", explota los tres primeros acuíferos, con bajo régimen de bombeo se extrajo 110-120 m^3/h, con una depresión de 2,5 m y cuyo final de bombeo se recuperó íntegramente en 8 segundos.

Empresa agrícola PACLIN S.A

Otra perforación a tener en cuenta, como información previa al proyecto, fue la realizada por **la empresa agrícola PACLIN S.A**., ubicada sobre ruta nacional 33 a varios kilómetros del rio Santa Cruz, hacia el sur del Aeropuerto Internacional Catamarca, los datos brindados del análisis del agua fueron, según laboratorio de Obras sanitarias Catamarca, el informe fue elaborado el 22/02/1.996, el agua extraída de la perforación es límpida, inodora de ph igual a 6,95, dureza en carbonatos de 4,30; cloruros de 20 mg/lt; nitratos de 24,2, flúor de 0,50 mg/lt; conductividad igual 1.273 ym/cm, sodio a 184 mg/lt y potasio a 7,8 mg/lt. Se realizó una prueba de detección de las bacterias por el método del Potencial reductor biológico, para observar la actividad biológica en el pozo, y el resultado fue, que hubo presencia de material insoluble de color anaranjado-marrón, confirmando la presencia de las bacterias precipitantes del hierro.

Finca "Tres Quebrachos"

En el distrito Huillapima, Dpto. Capayán, la Finca "Tres Quebrachos" tenía varias perforaciones que eran utilizadas para el riego de cultivos como algodón, melón y sandias. Luego en el año 1.986 construyo dos perforaciones, la última de ese año, a continuación se detallan los siguientes datos: perforación T.Q. N° 9, ubicada a escasos metros de la ruta nacional N° 38, dirección Este, sobre las progresivas 549 y 550. El informe de Ferreyra, A. (1.986) proporciono los siguientes datos.

Nivel estático en 52,28 metros, entubación de 14" tramo superior y 8" tramo inferior; nivel dinámico a 56,97 metros con una depresión de 4,69 metros; con 39 metros de filtros ocupando los acuíferos entre los 55 y 122 m y una profundidad total de 125 m. El laboratorio de análisis de Obras Sanitarias Catamarca, arrojo un líquido límpido, inodoro, sin valores en nitritos, hierro, amoniaco, carbonatos; cloruros 16 mg/lt, sulfatos 34 mg/lt, con un ph de 7,67. Los niveles medidos a distintas velocidades de la bomba, turbina eje vertical, usada para el aforo, arrojo un caudal de 255 m^3/h y una depresión de 5,17 m, y a 1.620 r.p.m., nivel dinámico a 57,70 m, con un caudal de 306 m^3/h y un caudal especifico de 56,45 m^3/h/m.

La Añorada

Según esta información tenemos antecedentes que se realizó un pozo llamado la Añorada con una profundidad de 105 metros con un nivel dinámico de 64 m y caudal del explotación de 12 m^3/h. aprox. a 11,5 km aprox. al Noreste de la ubicación del pozo a construir.

1.3. Profundidad estimada de perforación.

La perforación debe atravesar a los acuíferos que generan la cantidad de agua deseada.

Los datos obtenidos de los pozos e información existentes alrededor del sitio de perforación (bibliografía) indican una profundidad máxima de las formaciones acuíferas de aproximadamente 130 m, lo que se correlaciona con los datos de la hidrología de la zona, la cual indica que no existen acuíferos a más profundidad. Encontrándose un estrato arcilloso que llega hasta los 600 m aprox.

1.4. Justificación del pozo

Al observar y analizar la información recolectada sobre antecedentes históricos sobre pozos, la presencia de ríos en cercanías, estudios de SEV realizados por empresas privadas, se logra justificar la realización del pozo en la zona de estudio, debido a que las evidencias hidrológicas son los suficientemente aceptables.

2. Ejecución de pozo piloto para determinar características de las superficies atravesadas

2.1. Condicionada selección de equipo de perforación

La perforadora a utilizar está condicionado con el tipo de trabajo a realizar. Cuando hablamos de una perforación de gran diámetro y mucha profundidad se suele utilizar una Rotary pero son más lentas. Para diámetros pequeños, bajas profundidades y alta velocidad de ejecución se utiliza la perforación a rotopercusión. Si el problema suele ser el presupuesto se utiliza una de percusión. La necesidad del solicitante decidirá la técnica a utilizar.

En nuestro caso se utilizó la técnica de perforación con maquina Rotary con perforación de 12” para una entubación de 10” (Figura 44).

Figura 44 – Maquina de Perforación

2.2. Ubicación de la perforación.

Para determinar la ubicación de la perforación se tiene en cuenta los límites del terreno, si el suministro de agua será por riego o inundación, distancia a la Instalación de abastecimiento eléctrico para la bomba.

Preparación del terreno para la instalación del campamento y maquinaria.

El dueño del campo se encargó de realizar una limpieza, desmalezado y nivelado del terreno. Por lo general la empresa se puede encargar de realizar dichas actividades, pero el dueño del pozo prefirió optar por sus propios medios para lograr el mismo. Este abarca una superficie de 2.000 m^2 (20 m x 10 m) (Figura 45).

Figura 45 – Terreno acondicionado donde se realizara la perforación.

Instalación del campamento y maquinaria.

El campamento se ubicó a 50 m de la máquina de perforación. El mismo cuenta con una casilla (Figura 46) de dimensiones de 8 m x 2,5 m x 2,5 m con rodado que sirve para su traslado, en su interior tiene 3 literas, cocina abastecida con gas envasado, heladera, mesa, sillas, bañera, aire acondicionado, tanque de 100 lts de agua para uso personal. La misma poseía un toldo que servía como techo para resguardarse de la lluvia y el sol.

Figura 46 – Casilla de operarios.

Para la instalación de la máquina perforadora, se procedió a ubicarla entre la plantación de olivos y el estanque de riego en retroceso, para que luego que termine la actividad de perforar se puede acoplar al camión de transporte (figura 47) y salir sin dificultad. De manera que si ingresaba el camión de arrastre de forma frontal el mismo no podría salir por estar obstruido por la casilla de depósito que se encontraba en el terreno.

Una vez ubicado el tráiler que compone la perforadora, se procede a nivelarla para su correcto funcionamiento.

Figura 47 – Ubicación de la máquina perforadora para el inicio del pozo.

Cabe destacar que el suelo debe tener la dureza adecuada para que pueda soportar el peso de la máquina y así no sufrir hundimientos a lo largo del trabajo y provocar desviaciones en la perforación.

Se formó una base con tablones de madera para que los gatos a fricción puedan apoyarse en estos, se giran los rodillos hasta lograr el nivel deseado y así quedar nivelada la máquina.

Se enciende uno de los motores que tiene como uno de los objetivos rebatir la torre por medio de unos cilindros hidráulicos hasta quedar de forma perpendicular a la base. La torre se la asegura con ganchos adaptados para lograr una mayor seguridad.

Seguidamente se coloca la mesa rotatoria en la base de la torre con ayuda de los cables y la grúa que forman parte del sistema de elevación de la torre. A continuación se engrasa y acopla todos los elementos que se encargan de transmitir la energía mecánica desde el motor a la mesa.

2.3. Construcción de pileta de inyección y canaletas

Previo a la construcción se realizó un croquis de la ubicación de las canaletas y piletas de limpieza. La combinación de las mismas obtuvo el nombre de circuito de limpieza. (Anexo 7)

La tarea consiste en delimitar la zona en que estarán ubicadas las piletas y las canaletas de conexión, estas últimas presentan dimensiones de 32 cm de ancho aproximadamente y una profundidad de 15 cm. Posteriormente las piletas serán excavadas según las dimensiones especificadas en la tabla N° 1, de modo que el fluido de inyección circule por gravedad.

Figura 48. a.b. – (izq.) pileta de 9 m^3 y (der.) pileta de 6 m^3

Tabla 7 - Dimensiones de las piletas y canaletas

Pozo nº	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Volumen(m^3)
3	3	2	1,5	9
2	2	2	1,5	6
1	1	1	1	1
Total				16

Fuente: Elaboración propia

En el punto donde se generó la boca del pozo se ejecutó una barrera de contención alrededor del mismo con una pala y material terraseo cercano. Esta logro contener al fluido inyectado y direccionarlo al caño liso que se encontró como única salida de la barrera generada en la boca del pozo (figura 49). Este posee 4'' de diámetro y 1,8 m de longitud para dirigir el fluido de perforación a las canaletas y piletas del circuito.

Figura 49 – caño colocado en la boca del pozo.

El sector de muestreo (figura 50) se encontró entre la terminación del caño liso y la primera pileta de decantación.

Figura 50 – Zona de muestreo

2.3.1. Fluido de inyección

Los componentes que se encargan de conformar el fluido de inyección son:

- Agua
- Bentonita (Figura 51.a.b.) (Características – Anexo 9)

Figura 51.a.b. – Izq. Bentonita en bolsa de 25 kg. Der. Bentonita en bolsón equivalente a 1m^3.

- Inhibidor de arcilla (figura 52) (Características – Anexo 8)

Figura 52 – Inhibidor de arcillas. Envase de 20 lts.

2.3.2. Abastecimiento de agua para el circuito

La pileta de preparación de lodo es abastecida por una bomba sumergible de 1 HP que permite la presencia de solidos hasta 35 mm, que está ubicada dentro de un balde acondicionado para que permanezca sumergida bajo el agua en la laguna del lugar durante el procedimiento. (Figura 53.a.b.)

Figura 53.a.b. – Izq. bomba sumergida – Der. Manguera con dirección a la pileta nº3

2.3.3. Preparación del fluido de inyección

La preparación del fluido de inyección se realiza agregando los componentes en un dosificador en forma de embudo.

La descarga de la bentonita en la boca del mismo se efectúa en forma manual, volcando directamente el producto desde las bolsas, o por medio de paladas y en forma gradual a medida que la arcilla pasa a formar parte del fluido (Figura 54).

Figura 54 – Descarga manual de bentonita

El embudo está conectado a la bomba que inyecta agua a presión por una manguera de 2'' que baja hacia él, éste trabaja en circuito cerrado con el chupador para realizar la mezcla en la pileta nº 3, donde posteriormente se agrega la bentonita y el dispersante. El agitador del chorro en el pozo se ejecuta violentamente, logrando la disgregación de los terrones de arcilla que se forman en el agua (Figura 55)

Figura 55 – Pileta nº 3

La preparación del fluido termina cuando el encargado de la perforación determina que es el óptimo para la perforación utilizando su experiencia de pozos anteriores.

2.3.4. Objetivo del circuito

El circuito tiene como objetivo transportar todo el material producido por la perforación y este es depositado en las diferentes piletas a lo largo que circula el material. El circuito posee 3 piletas, la primera posee dimensiones inferiores a las posteriores donde se ira depositando los primeros detritus a continuación de la boca del pozo. Luego lo que no alcance a depositarse en la pileta nº 1 se transportaran e irán depositándose por efecto de la gravedad en menor proporción sobre las canaletas y luego a las pileta nº 2. Ahí su tiempo de permanencia será mayor que en la primera pileta, por lo que permitirá depositarse mayor cantidad de material lo que provocara una menor presencia de material en el circuito. Por ultimo seguirá trasladándose por el circuito en menos proporción de material a la última pileta del circuito, la nº 3. En esta se agregan los materiales adicionales que formaran el lodo de perforación. Los cuales son la bentonita y agua, además de aditivos que se deban agregar en cual se vayan necesitando en la perforación.

2.4. Construcción del pozo exploratorio

2.4.1. Preparación del tren de herramientas.

Se enumeran y se observar los elementos que componen el tren de herramientas junto con sus accesorios para la perforación en el anexo 4.

Se colocan las barras de perforación sobre dos caballetes de metal de forma conveniente para sus posteriores maniobras. Estas se miden para llevar un control sobre la perforación. Se coloca un mortero de metal en las cercanías del caballete más alejado a la boca del futuro pozo. A este mortero se le adapta un cable que está unido a la torre. Este posee un gancho con una roldana que se encargara de trasladar las barras hacia la torre y poder posicionarla de forma vertical y así poder acoplarse con las siguientes barras para poder formar el tren de herramientas que será controlado por el vástago. En cada acoplamiento de barras se debe engrasar las uniones para no tener inconvenientes al momento de desacoplar unas con otras. Se acopla en primera instancia el trepano de 8 ½'' junto con el rectificador al vástago, este será el primer contacto del trepano con el terreno a atravesar.

2.4.2. Perforación del pozo piloto.

La jornada laboral se ejecuta en un turno de 12 hs por día donde el personal está compuesto por 1 maquinista y 2 ayudantes.

Una vez generado el fluido de perforación deseado, se procede a circularlo hasta llenar todo el circuito con el mismo. Llenado los canales y las piletas de decantación se procede a dejar caer de forma controlada el tren de herramientas junto con el efecto de rotación sobre el terreno a atravesar provocando la acción de perforar.

Cuando el vástago desciende por la torre, tiene un recorrido óptimo de 9 m con posibilidades de recorrer hasta 9,5 m en los últimos metros.

Cuando el vástago recorre su trayectoria útil, significa que se ha perforado el terreno.

2.4.3. Actividades en simultáneo de la construcción del pozo exploratorio

Mientras se está desarrollando en proceso de perforado (Figura 56), los ayudantes se encargan de las siguientes tareas:

- Toma de muestras para análisis
- Limpieza de las piletas y canal de lodo de residuos de la perforación
- Control de características del lodo
- Agregar combustible a los motores
- Reponer agua y dispersante a la pileta de lodo
- Acondicionar el terreno para mejorar el ambiente de trabajo.
- Preparación de barras para colocación
- Engrasar el embolo de la bomba

Figura 56 – Proceso de perforación.

2.4.3.1. Toma de muestras de las formaciones atravesadas

La toma de muestra se lleva a cabo en simultáneo con el proceso de perforación en el sector de muestreo mencionado anteriormente en la Figura 56, cuando se perfora cada 2 m a la formación geológica. La recolección se realiza por medio de un dispositivo formado por una varilla de madera unida a un colador de malla #10, que permite escurrir el líquido de la misma (Figura 57 a.b.). Las muestras posteriormente se colocan en bandejas, se rotulan, se dejan secar, se coloca en bolsas y se envían al laboratorio para su análisis al finalizar la perforación. (Figura 58 a.b.)

Figura 57 a.b. – Recolección de muestra

Figura 58 a.b. – Disposición y rotulado de muestras en bandejas

2.4.3.2. Limpieza de las piletas y canal de lodo de residuos de la perforación

La limpieza de las canaletas se lleva cabo con una gran frecuencia. Debido a la deposición del material que va generándose con tal avanza la perforación. Este se deposita en las canaletas y piletas lo cual al irse depositándose se irán llenando estos mismos. Los detritus suelen quedarse depositados en la salida del pozo que es donde se encuentra la canaleta de toma de muestras. Se debe tener limpia esa zona para evitar realizar un levantamiento de muestras contaminada con detritus de otros metros perforados y evitar errores en la lectura de muestras.

2.4.3.3. Control de características del lodo

Se controló la cantidad de agua y bentonita en el lodo de perforación de manera subjetiva. El operario encargado de la perforación en función del tiempo de avance del tren de herramientas determinaba si el fluido de perforación necesitaba mayor o menor cantidad de agua al igual que bentonita.

2.4.3.4. Consumo de agua en la perforación del pozo piloto

En los primeros 80 m de avance en el terreno se agregó agua aproximadamente cada 10 m. Luego se agregó agua a los 100 m y hasta llegar a la profundidad deseada se agregó agua cada 5 m de avance. La cantidad era diferente a medida que se profundizaba. Tabla 8

Tabla 8 – Consumo de agua

Agua (lts)	Fecha	Actividades
9.000	9/9/2021	10 m
5.100	9/9/2021	20 m
4.200	9/9/2021	30 m
1.714	10/9/2021	40 m
1.286	11/9/2021	58 m
429	12/9/2021	68 m
857	12/9/2021	76 m
1.286	13/9/2021	105 m
857	14/9/2021	109 m
857	14/9/2021	115 m
857	14/9/2021	118 m
857	15/9/2021	135 m
857	16/9/2021	Ensanche
429	17/9/2021	Ensanche
4.286	17/9/2021	Ensanche
3.429	17/9/2021	Ensanche
429	18/9/2021	Ensanche
3.429	18/9/2021	Ensanche
2.571	18/9/2021	Ensanche
3.429	19/9/2021	Limpieza
7.714	19/9/2021	Limpieza
6.857	20/9/2021	Engravado
9.000	21/9/2021	Jet
69.729	Total	

Fuente: Elaboración propia

Los primeros 10 m se agregó unos 9.000 lts. de agua hasta que se estabilizo el circuito. Luego en los 20 m y 30 m se continuó con 5.000 lts. aproximadamente para cada profundidad. A los 40 m se agregó 1.700 lts. En los siguientes metros hasta el final del pozo piloto se agregó agua comprendida entre rangos de 1.200 lts. y 800 lts. respectivamente en cada instancia aclarada en el párrafo anterior. Obteniendo un valor de 69.729 lts

2.4.3.5. Incorporación de bentonita

Se agregó 2,2 m^3, los cuales se agregaban en función del operario. Este observo la necesidad de viscosidad del lodo por criterio subjetivo. Se los obtenía en forma de bolsas de 25 kg, 50 kg y empaquetados en bolsones de 1 m^3.

2.4.3.6. Inhibidor de arcillas

El inhibidor se adiciono luego de los 10 m de profundidad y cuando la perforación avanzaba de manera reducida. Se agregó una cantidad de 40 lts. Los cuales estaban contenidos en 2 bidones de 20 lts.

3. Diseño de la construcción del pozo

3.1. Necesidad de prefiltro

De las muestras obtenidas de la formación se conoce la compasión granulométrica de los distintos estratos lo que se ve en Anexo 3, siendo los valores representativos de las formaciones permeables los presentados en la siguiente tabla (Tabla 9).

Tabla 9 – Análisis de formaciones permeables

Acuífero	Prof. Sup.(m)	Prof. Inf. (m)	Espesor (m)	Muestra	d10	d50	U
1	64	70	6	68	0,16	1,23	9,79
2	77	79	2	78	0,16	0,83	7,68
3	82	86	4	84	0,14	0,68	6,77
4	92	104	12	98	0,16	0,84	6,11
5	111	114	3	112	0,14	1	10,17
6	125	127	2	126	0,15	0,76	5,84
7	132	135	3	134	0,13	1,24	12,52

Fuente: Elaboración propia

Observándose una tendencia marcada a la granulometría heterogenea, lo cual hace alusión a colocar una granulometría específica para cada prefiltro de grava.

3.2. Perfilaje Geoelectrico

Una vez perforado el pozo de exploración y sin extraer de él el lodo de inyección, se le realiza un perfilaje geofísico por resistividad y potencial espontaneo.

3.2.1 Procedimiento observado

Una vez que se llegó a la profundidad final estimada, previo al ensanche. Se extrae todo el tren de herramientas, se sujeta el vástago contra la torre (Figura 59) para que el geólogo pueda trabajar seguro.

Figura 59 – Operario sujetando vástago

El encargado del perfilaje debe estar preparado para ingresar con su equipo lo antes posible para realizar el mismo. El motivo de ingresar la sonda al pozo lo antes posible se debe al hinchamiento de las arcillas en el pozo, provocando la disminución en el interior de él y no podrá ingresar la sonda y no se podrá hacer el trabajo. Acondicionado el lodo de perforación, se procedió a realizar el perfilaje eléctrico tipo: combinado resistividad – potencial espontaneo.

3.2.2. Composición del equipo

- Sonda (Figura 60)
- Carril con su motor de accionamiento y cable de registro (figura 61)
- Computadora con software de lectura
- Batería de 12 Volts y capacidad de 65 Ampere incorporada en la camioneta

Figura 60 – Sonda

Figura 61 – Carril con cable de registro

3.2.3. Preparación

Se colocó el electrodo de potencial constante en la canaleta pozo – pileta de inyección (haciendo masa) y se bajó el otro electrodo (sonda eléctrica con electrodos de emisión) por el centro del pozo hasta el final del mismo, de esta manera observamos el valor exacto que nos proporciona el indicador de profundidad.
Luego conectamos en la batería, que envía la energía desde la superficie a la sonda y esta a su vez transmite una señal por medio del cable de registro a la PC.
A medida que la sonda va subiendo, en el software se van marcando las señales desde el pozo, hasta que la sonda llegue a boca de pozo.
La planilla de resultados se adjunta en Anexo 13.

3.2.4. Ubicación de los acuíferos.

De las interpretaciones que realizo el geólogo del perfilaje eléctrico, se obtuvo las siguientes ubicaciones de los acuíferos. (Tabla 10)

Tabla 10 – Espesor acuíferos.

Acuífero nº	Prof. Sup.(m)	Prof. Inf.(m)	Espesor(m)
1	56	60	4
2	64	70	6
3	77	79	2
4	82	86	4
5	92	104	12
6	111	114	3
7	125	127	2
8	132	135	3

Fuente: Elaboración propia

3.2.5. Interpretación del perfilaje

Las posiciones de los acuíferos se corresponden con las muestras provenientes de las formaciones que macroscópicamente se presumen permeables, debido a la granulometría gruesa de su sedimento.

El análisis de la conductividad del agua en las muestras presenta valores muy similares a los obtenidos por las geofísica; mostrando los sectores óptimos en donde las formaciones del subsuelo permiten el flujo de agua.

El análisis de los tiempos de perforación se correlacionan con las distintas formaciones atravesadas y aparénteme la disminución de las velocidad de perforación correspondería a la variaciones en el sedimento atravesado o a la dureza de este.

En el pozo estudiado el nivel estático se encuentra a los 30-32 m aprox. se puede interpretar como el primer acuífero interceptado por la lectura a la profundidad entre las cotas 56 y 60, el cual no se tendrá en cuenta para la colocación de filtros, se optara por la opción de anularlo al mismo debido a que es el más próximo a la superficie y su aporte al pozo podría traer

contaminantes al mismo. Lo cual el primer acuífero a considerarlo como aporte al mismo será el siguiente el cual se encontró a entre las cotas 64 y 70, y así sucesivamente.

3.3 Diseño del perfil de entubación en base a las muestras y el perfilaje

Analizando la información recolectada del perfilaje, las muestras obtenidas en la perforación del pozo de exploración se logra interpolar la información y lograr delimitar la ubicación de los filtros. Se logra observar en el anexo 10 el perfilaje geoeléctrico junto con la entubación y la ubicación de los filtros.

3.4. Solicitud de gravas, tubos y filtros

En el diseño de la instalación se determinó las características de los insumos a necesitar. En base a ello se solicita a los distribuidores o fabricantes los distintos materiales que se dan a continuación:

3.4.1. Tubería

Se solicitó 105,5 m de cañería ciega (Figura 63). Cañería de 6,3 mm de espesor y diámetro de 8 pulgadas. Las características se encuentran en el anexo 11. Se considera 50 cm de más, el cual sobresalen del terreno.

Figura 63 – Tuberías previas a ingresar al pozo

3.4.2. Filtros - abertura

Los datos obtenidos del muestreo fueron procesados por el geólogo. El mismo determino que la abertura del filtro a utilizar es de 1mm, este será el mismo tamaño para disponer en todos los acuíferos. Anexo 11

El utilizado es un caño filtro “tipo Johnson” ranura continua de acero inoxidable (Figura 64.a.b.).

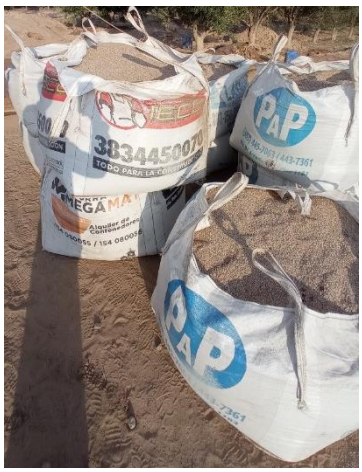
- El Caño filtro tiene un diámetro de 8”
- Posee una ranura de 1 mm
- Capacidad de transmisión de 22,6 m^3/h/m

Figura 64 a.b. – Filtros tipo Johnson de ranura continua

3.4.3. Grava

Se utilizara grava de 2 a 4 mm según las muestras obtenidas. (Figura 65 a.b.)

Figura 65 a.b. – (izq.) Vista cercana a la grava. (Der) grava en bolsones de 1 m^3.



Al tener un pozo de 139 m de profundidad de 12 ¼ de diámetro y una entubación de 137 m de 8 pulgadas. El espacio anular entre ellos será un volumen de 5,86 m^3. Se solicitó 9 bolsones de grava para asegurarse que no escasee en el proceso, Cada uno contiene 1 m^3.

Se calcula el volumen total del pozo con el diámetro de 12 ¼” y se resta el volumen del diámetro de entubación de 8” para obtener el Volumen del espacio anular formado entre ellos. Sera este donde ingresara la grava. (anexo 4)

4. Construcción del pozo de captación

4.1. Ensanche del pozo.

Con los datos obtenidos se realiza el diseño final de la instalación, del cual dependerán las profundidades y el diámetro de perforación, longitud y diámetro de la tubería a colocar y la longitud, posición, diámetro y abertura de los filtros.

Una vez concluido el diseño del pozo, es necesario el ensanche de la perforación a 12 ¼” hasta los 137 m.

Se solicitó llegar más profundo debido a la presencia de acuíferos luego del perfilaje.

Para obtener estos diámetros se perfora con un trepano de 12 ¼“, usando la perforación anterior como guía. Se coloca una placa de metal que pueda soportar el peso del tricono para ser enroscado al vástago. (Figura 66).

Figura 66 - Tricono

Se procede a perforar con la misma técnica que se realizó la perforación del pozo exploratorio. En esta instancia ya no es necesario tomar muestras cada 2 m. Se perforo 139 m para asegurar el entubado.

4.2. Tareas previas a la entubación

Terminado el ensanche del pozo y con el tren de herramientas en el pozo, se debe coordinar las tareas posteriores de forma más eficaz posible.

Esto es necesario para evitar que cuando se extraiga el tren de herramientas y se proceda a ingresar la tubería tramo a tramo, esta pueda ingresar sin ninguna complicación, debido a que si permanece el pozo abierto ocurrirá lo mismo que se explicó en el inciso 3.3.1 donde se mencionan las tareas previas al perfilaje.

Las tareas a considerarse previas a la entubación son:

- Coordinar días previos en función de los metros avanzados hasta llegar al final del pozo.
- Al realizar las uniones de la tubería por medio de una soldadora de arco se debe tener una fuente de alimentación adecuada, para ello se debe tener en cuenta las diferentes posibilidades de uso de ella. Una de ellas es la de un grupo electrógeno con la capacidad suficiente para alimentar la maquina soldadora.
- Verificar que se encuentre en óptimas condiciones unos días antes para poder solucionar los problemas de la misma con tiempo. Otra opción es verificar si hay fuentes de alimentación de un tendido eléctrico y analizar si esta puede alimentar la soldadora y tener los permisos previos solicitados para el uso del mismo.

- La tubería con sus respectivas rejillas ya instaladas por la misma empresa y dispuestas en el orden en el que ingresaran al pozo. Deberán estar en cercanías del pozo y listas para poder manipularlas.
- El personal debe ser el calificado y adecuado para poder manipular las herramientas y las maniobras para la misma actividad, logrando disminuir al mínimo los errores y asegurar una instalación correcta de la cañería.
- Por ultimo recordar realizar la instalación de la forma más rápida y eficaz posible. Esta urgencia se debe a las posibilidades que el pozo se desmorone en su interior y la tubería no puede ingresar.

4.3. Entubación

El entubado de un pozo debe cumplir los siguientes requisitos

- Fortificación del pozo
- Permitir el flujo a través del filtro
- Aislar el agua indeseable
- Resistir la tracción y el impacto durante la entubación

4.3.1 Trabajos preliminares

Concluido el ensanche del pozo, se colocan los caños y filtros frente al pozo, numerados de acuerdo al orden que se encuentra en el programa de entubación, para evitar errores durante la entubación.

Debe tenerse en cuenta que la máxima longitud de un caño o filtro no debe ser mayor que la altura de trabajo de la torre (13 m)

En la torre de perforación se desplaza hacia un lado el vástago y se lo asegura para evitar que interfiera en las maniobras de los caños y filtros cuando estén suspendidos.

También se debe asegurar la provisión de los siguientes elementos:

- Dos elevadoras para caños de 8”.(figura 67)
- Soldadora
- Gran cantidad de electrodos para soldar los caños

Figura 67 – Elevadores de cañería

4.3.2. Control de alineación de tubería

Al emplear filtros y caños sin rosca es necesario una buena alineación en la unión de los tramos entre sí, evitando de esta manera la desviación de los tubos de su verticalidad.

A este efecto se emplea un nivel burbuja que el ayudante tendrá en la boca del pozo en la zona donde se unirán los tubos (Figura 68). Con la ayuda de otro ayudante que estará ubicado en la parte superior de la torre a la altura del extremo del tubo, mantendrán la verticalidad de la unión de ellos. Esta técnica citada se emplea en todas las uniones.

Figura 68 – Operarios controlando verticalidad de la tubería

4.3.3. Unión de tuberías por medio de soldadura

Los distintos tramos, tanto de tubos como de filtros, se proveen con un aro de 6 mm de espesor soldado en el extremo superior y que sobresale en 2 a 3 cm del tubo, generando un rápido montaje de un tramo sobre el otro (Figura 69).

Posteriormente el tubo superior se une mediante soldadura eléctrica en toda la circunferencia del aro, previa colocación manteniendo la verticalidad.

Figura 69 – Tuberías unidas por medio de soldadura.

4.3.4. Secuencia de entubación.

Se realiza para mantener un control del descenso de las tuberías y filtros. Cada elemento debe cumplir diferentes funciones, por ello es la importancia de su ubicación en

A modo de que cada tubería corresponda

Tabla 11 – Secuencia de entubación

longitud (m)	diámetro (pulgadas)	abertura (mm)	elemento empleado
2	8	-	punta lápiz
3	8	1	filtro
5	8	-	tubería
2	8	1	filtro
11	8	-	tubería
3	8	1	filtro
7	8	-	tubería
12	8	1	filtro
6	8	-	tubería
4	8	1	filtro
3	8	-	tubería
2	8	1	filtro
7	8	-	tubería
6	8	1	filtro
64,5	8	-	tubería

Fuente: Elaboración propia

Figura 70 – Ultima tubería ingresada al pozo sostenido por hierros

En total ingreso en el pozo de captación de agua 137,5 m de cañería.

4.4. Engravado

4.4.1. Preparación

Una vez terminada la operación de entubado, se colocaron nuevamente las barras, sin el portamechas. La sarta de herramientas está conformada en un extremo por el Jet, las barras y se colocó un tapón de acero con aro de goma en la parte superior de la entubación. (Figura 71.a.b.)

Figura 71.a.b.- (izq.) Jett. (Der.) Tapón en boca de tuberia

4.4.2. Ejecución

Se hizo circular lentamente la inyección nueva alivianada hasta que el fluido que emergía de la boca del pozo sea menos denso e incolora (Figura 72).

El fluido ingresa por la tubería, atraviesa los filtros y sube por el espacio anular que será ocupado por la grava, ejecutándose en contra corriente, para disminuir la velocidad de caída de las partículas. La alimentación de grava se efectuó lentamente, a baldes, para evitar atascamiento (Figura 73).

Figura 72 – Fluido alivianado

Figura 73 – Engravado

Al finalizar este proceso, una porción de la grava prevista quedo como remanente; pero durante el desarrollo del pozo, esta fue descendiendo y llenando espacios lentamente a medida que se fueron limpiando los filtros de bentonita frente a los acuíferos, utilizándose la restante.

4.5. Limpieza del pozo

El desarrollo y limpieza de un pozo tiene por finalidad eliminar la costra de lodo y los materiales finos del acuífero vecinos a la entubación, de manera que el agua pueda entrar al pozo más libremente.

4.5.1. Preparación

Una vez concluida la operación de engravado, se quita el tapón y se procede a la limpieza del mismo. En nuestro caso haremos primeramente un lavado con agua limpia y luego un lavado con dispersante de bentonita.

Para ello se prepararon los siguientes elementos.

- Pileta de inyección
- Provisión de agua continúa a la pileta donde se extraerá para la limpieza.
- Dispersante
- Preparación del jet.

4.5.2. Lavado con agua limpia.

Utilizando el Jet Hidráulico, se ingresó una bola de acero (Figura 74) que tapara el orificio final y aumentara la presión en los orificios laterales para realizar la limpieza de los filtros.

Figura 74 – Bola de acero

Se procedió a realizar una destrucción de la costra de bentonita inyectando agua a elevada presión. El jet utilizado es de 6'' de diámetro, con 3 boquillas de salida de 6 mm de diámetro separados a 120º. La velocidad de salida del agua, está comprendida entre 30 a 45 m/s con una presión de 7 kg/cm^2.

La distancia que debe quedar entre la salida de las boquillas y la pared interior del filtro no debe ser mayor a 1”. Se colocaron las barras junto con el jet hasta el fondo del pozo, luego se introdujo el chupador de la bomba en la pileta con agua limpia y se comenzó a bombear.

4.5.3. Remoción de las partículas finas

Para que la permeabilidad del acuífero sea aumentada cerca de la instalación, es necesario construir una buena graduación de las arenas, removiendo las partículas finas que constituyen la formación, destruyendo los puentes de arena que se forman debido al flujo de agua que ingresa a los filtros.

A estos efectos se emplea la inyección de agua a alta presión por medio del útil de inyección. El desarrollo se realiza en forma manual por ascenso, descenso y rotación del inyector por el filtro hasta medio metro por encima y debajo de cada filtro. Se observa como sigue aumentando la claridad del agua a medida que se continúa con los filtros más alejados del fondo del pozo (Figura 75). Cuando se realiza estas técnicas la grava tiende a acomodarse y descender aún más, lo cual debe rellenarse con más grava en el espacio anular que se libere. Todos los acuíferos explotables tuvieron un total de 20 minutos de desarrollo. Se quitan los soportes y se deja el pozo listo para realizar los ensayos para la elección de la bomba.

Figura 75 – desarrollo del pozo

Figura 76 – Pozo finalizado

Capítulo 4 – Instalación y elección de la bomba

1 .Instalación de la bomba

Se procede a instalar la bomba seleccionada para cubrir las necesidades del cliente. Para realizar la actividad se utiliza:

- Agarraderas para tubería flexible
- Tubería flexible de 4'' con longitud de 50 m (Catalogo – anexo 12)
- Agarraderas para quitar tubería de bomba de ensayo
- Torre para manipulación de bombas. (Figura 76)

Figura 76 – Torre para manejo de bombas

El proceso de instalación de la bomba inicia con la extracción de la cañería junto con la bomba del ensayo. Luego, se estira la tubería flexible a lo largo del terreno para verificar su estado, si se encuentra en adecuadas condiciones, se coloca el acople en la bomba (Figura 77). Seguidamente se agarran cables a la tubería flexible con cordones plásticos (Figura 78).

Figura 77 – Acople tubería flexible con bomba sumergible

Figura 78 – Cables en tubería

A continuación la bomba se manipula con la torre hasta que se apoye la abrazadera en la tubería (Figura 79.a.b.). Esta acción se repite hasta que se incorpore toda la tubería continua en el pozo. Se agregan los accesorios faltantes a la cañería en la boca del pozo Logrando instalar por completo la bomba sumergible de eje vertical en el pozo. (Figura 80.a.b.).

Figura 79.a.b.- Descenso de tubería flexible en el pozo.

Figura 80.a.b.- Terminación de la instalación con una cañería de 90º con diámetro de 6” con válvula de salida regulable.

2. Ensayo de bombeo

En esta ocasión se emplea la técnica de ensayos escalonados, para lo cual se instala un caño piezómetro junto a una bomba de turbina de eje vertical accionada por una corriente proveniente del tendido eléctrico.

La bomba que se utilizó para el ensayo, se mantuvo en funcionamiento por 24 hs. Pasado este tiempo se toma una muestra de agua en un recipiente de vidrio para comprobar visualmente si hay partículas en suspensión y garantizar condiciones de limpieza.

Posteriormente se procede a realizar la medición de caudal bombeado; para ello se coloca un caño de 6’’ a la salida de la válvula exclusa que contiene un caudalimetro (Figura 81). Además, se emplea una sonda eléctrica con alarma sónica y lumínica introducida dentro del piezómetro junto a un cronometro, para medir antes de iniciar el bombeo (Figura 82), el nivel estático y luego de iniciado el bombeo, el nivel dinámico. Permitiendo el registro en una planilla los siguientes datos: nivel estático, nivel dinámico, caudal y tiempos de los mismos.

Figura 81 – Caudalimetro

Figura 82 – Sonda eléctrica con alarma sónica

Se inició el ensayo de bombeo con un nivel estático de 32,80 m bajo la superficie. El caudal obtenido fue de 31 m^3/h para una depresión de 3 m obteniendo un nivel dinámico de 35,8m luego de transcurrir 12 min. Desde que se abrió la válvula a 1/4 de su capacidad. En la 2da instancia se abre la válvula 1/2 de su máxima capacidad los cual nos da un aumento de la depresión a 5,80 m con respecto al nivel estático a un caudal de 45 m^3/h luego de transcurrir 21 m desde el inicio del bombeo, logrando un nivel dinámico de 38,60 m. en la última instancia se abre la válvula completamente y se espera a que el nivel dinámico permanezca constante, esto se logra pasado los 68 min desde el comienzo del ensayo. Obteniendo una depresión de 6,10 m aumentando el nivel dinámico a 38,90 m, el cual permaneció constante para finalizar el ensayo, logrando un caudal de 47 m^3/h.

En la tabla 12 se resumen los datos hidráulicos sobre el ensayo de bombeo.

Tabla 12 – Datos hidráulicos

Nivel Estático 32.80

	DATOS HIDRAULICOS S/ENSAYO DE BOMBEO			ESTIMADOS POR PROYECCIÓN		
Caudal de ensayo (m^3/h)	**31**	**45**	**47**	**50**	**75**	**100**
Nivél dinámico (m)	35.80	38.60	38.90	39.47	43.07	46.69
Depresión (m)	3.00	5.80	6.10	6.67	10.27	13.89
Caudal específico (m^3/h/m)	10.34	7.76	7.70	7.50	7.30	7.20

Fuente: Elaboración propia

3. **Caudal específico:**

El caudal específico se obtiene dividiendo el caudal de ensayo (m^3/h) en la depresión (m). El cual para un caudal de 47 (m^3/h) y una depresión de 6,10 m obtendremos un caudal específico de 7,70 m^3/h/m. Este valor nos dice que por cada hora que pase se bombeara 7,70 m^3 de agua y nos deprimirá 1 m.

Estos valores pueden ser proyectados y permitirnos estimar las depresiones en funciones de los caudales, lo cual si yo quiero aumentar el caudal de bombeo 50 m^3/h tendré una depresión de 6,67 m llegando a un nivel dinámico de 39,47 m. Para llegar a un caudal de 100 m^3/h se deprimirá 13,89 m llegando a un nivel dinámico 46,69 m.

Este análisis nos permite conocer los posibles escenarios con la bomba colocada a 50 m de la superficie.

La bomba seleccionada para cumplir con esta demanda es la sumergible de eje vertical UC 60/12 de 30 HP (Catalogo – Anexo 14) de 8” la cual se ubicara a 50 m de la superficie. (Figura 83)

Esta será comunicada con el terrenos superficial por un sistema de tubería flexible también conocido como Sistema “RYLBRUN TP” (Anexo 13).

Figura 83 – Bomba seleccionada.

4. Transmisibilidad

Para calcular la transmisibilidad se utilizaron los datos del ensayo del bombeo y la fórmula del capítulo 1.3. Los datos utilizados son los siguientes:

Q = 47 m^3/h = 1.128 m^3/día
S_2 = 6,1 m
S_1 = 3 m

$$T = 0{,}183 * \frac{1.128 \frac{m^2}{dia}}{6{,}1\ m - 3\ m} = \ 66{,}59\ m^2/dia$$

El valor de T = 66,59 m^3/día nos representa la capacidad que tiene el acuífero para ceder agua. Con este valor y guiándonos de la tabla 1 podemos decir que el acuífero califica como uno de capacidad baja.

5. Permeabilidad

A efectos del cálculo, consideraremos a los diferentes acuíferos que conforman al pozo como uno solo, sumando los espesores de todos ellos. De modo que el caudal obtenido del ensayo hace participar a todos los acuíferos para la obtención del resultado.
La fórmula a utilizar es la del capítulo 1.3. Los datos utilizados son los siguientes.

T = 66,59 m^3/día

H = 32 m

$$K = \frac{66{,}59\ m^2/dia}{32\ m} = 2{,}08\ m/dia$$

Con el valor obtenido de K = $2{,}08\ m/dia$ podemos basarnos en la tabla 2 y decir que los acuíferos poseen una permeabilidad baja.

Capítulo 5 – Estudios complementarios.

1. Tiempos empleados para la perforación.

Durante el proyecto se controló el tiempo de ejecución del mismo. En el cual se pudo tomar el tiempo global del proyecto, así como también los tiempos respectivos a las diferentes actividades.

1.1. Tiempo total de la construcción del pozo.

El proceso que contempla todas las actividades involucradas en la construcción del pozo tuvo una duración de 15 días con un promedio de 15 turnos de 10 horas y 30 minutos cada uno aproximadamente. (Tabla 13)

Tabla 13 – Promedio de horas por turno

Resumen	
Cantidad de turnos	15
Total de Hs, min., seg.	169:39:53
Promedio de Horas/Turno	10:31:17

Fuente: Elaboración propia

1.2. Tiempos efectivos y no efectivos gestionables y no gestionables.

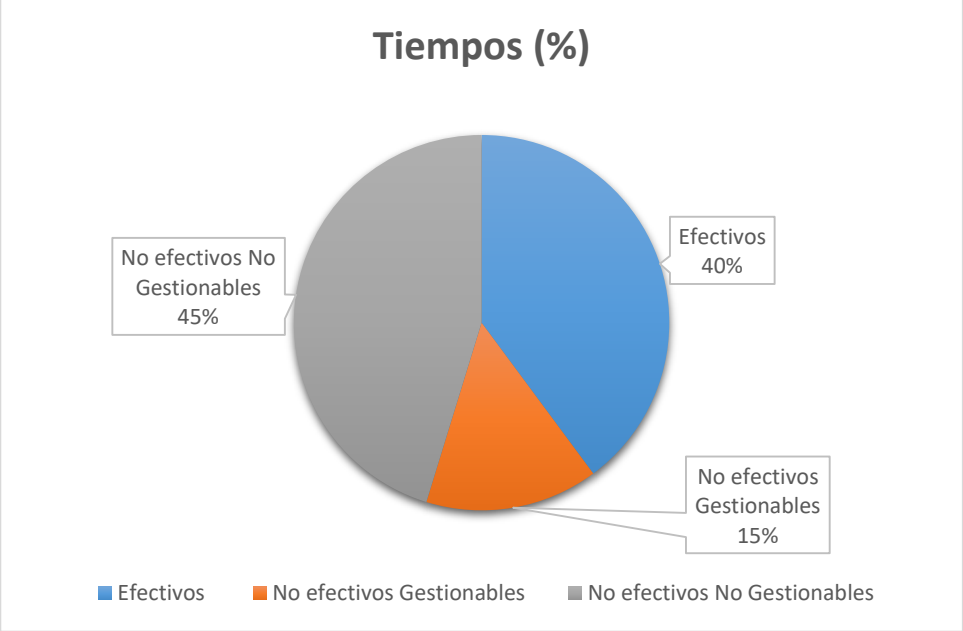
Los tiempos tomados son discriminados en tiempos efectivos y tiempos no efectivos, que a su vez este último es dividido en tiempos no efectivos gestionables y los no gestionables (Tabla 14). Se generaron tablas (Tabla 14) y gráficos (figura 84) que nos permitirán observar el impacto de las actividades que demoren a la operación, permitiendo tomar acciones correctivas, haciendo uso de las sugerencias que- surjan de su análisis.
El tiempo efectivo: es el tiempo donde el equipo se encuentra en plena actividad, esto representa un total de 40%.
Los tiempos no efectivos: representan un total del 60 % del tiempo, de los cuales podemos clasificarlos en:
Tiempos gestionables: son aquellos que deben reducirse al eliminar o disminuir la incidencia de los factores que causan estas pérdidas de productividad, los cuales representan un 15 % del tiempo, lo cual se traduce en una necesidad de mejora para disminuir este porcentaje.
Tiempos no gestionables: son aquellos que por protocolos y estándares disminuyen la productividad, representando un 45 %.

Tabla 14 – Tiempo efectivos y no efectivos.

	Tiempo (hh:mm:ss)			
	Efectivos	No efectivos		Total
		Gestionables	No Gestionables	
	67:37:50	25:15:05	76:46:08	169:39:53
Porcentaje (%)	**40**	**15**	**45**	**100**

Fuente: Elaboración propia

Figura 84 – Grafico de torta sobre los tiempos.



Fuente: Elaboración propia

Se observa como los tiempos no efectivos gestionables afectan en un 15% a la construcción del pozo. Estas son 25 horas que equivalen aproximadamente a un poco más de 2 turnos del proyecto. Se detallan actividades a tener en cuenta junto con su forma de actuar de parte de la empresa, con sus respectivos tiempos los cuales conforman estos tiempos no efectivos gestionables (Tabla 15).

Tabla 15 – Actividades a tener en cuenta

Duración de Actividad (Hh:mm)	Situación	Forma de actuar
02:10	Roscas atascadas de proyectos anteriores	Forzaron las roscas con diferentes técnicas
05:30	Construcción de piletas	Los mismos trabajadores elaboraron las mismas con palas
01:30	Problemas de la bomba de lodo	La purgaron dos veces, lo cual implica la apertura de la tapa de la bomba que tienen 16 tornillos. Sistema de válvulas con bolas.
00:20	Control de metros de perforación	Perforaron metros para compensar la profundidad faltante
02:15	Obstrucción de la salida del fluido de perforación en el trepano	Extrajeron todo el tren de herramientas para limpiar trepano en superficie.
00:45	el vástago no descendió lo suficiente para acoplarse con la mesa rotatoria	Quitaron la barra de mayor longitud y se colocó una de menor.
01:45	Demoro en llegar la empresa encargada del perfilaje	El pozo se cerró y por lo tanto el perfilaje no fue representativo
05:00	Perforación para abrir pozo	Agregaron las barras, se perforo, extraen las misma y se procede con el perfilaje
01:40	Falla de energía para soldar tubería y filtros	El generador estaba averiado y se optó por buscar una nueva fuente de alimentación
00:20	Tubería no logra adaptarse entre si	Golpearon los aros que permiten el acople para aumentar el área de contacto
01:00	Tubería con exceso de longitud	Cortaron el remanente de cañería
01:40	Demora de personal encargada de retirar la casilla, barras y equipo	Esperaron en el sitio
01:30	Control de características del lodo	tomaron decisiones a partir del criterio subjetivo del perforista

Fuente: Elaboración propia

Algunas actividades se repitieron y se optó por colocar la suma de los mismos en la casilla de tiempos.

1.3. Recomendaciones para las actividades

Se realizó un cuadro con recomendaciones para disminuir y en algunos casos eliminar algunas actividades que incurran a la demora del proyecto (Tabla 16).

Tablas 16 – Recomendaciones

Duración de Actividad (Hh:mm)	Situación	Recomendaciones
02:10	Roscas atascadas de proyectos anteriores	Al finalizar cada proyecto desacoplar y evitar guardar los elementos de perforación en la intemperie
05:30	Construcción de piletas	Considerar el alquiler de una pequeña retroexcavadora para realizar las piletas. Considerar el uso de piletas de lona
01:30	Problemas de la bomba de lodo	Realizar mantenimientos periódicos. Cambio de bolas para el sistema de valvulas.
00:20	Control de metros de perforación	Tener un método estandarizado para el control de avance de los metros.
02:15	Obstrucción de la salida del fluido de perforación en el trepano	Agregar inhibidor de arcillas al comienzo de la perforación. Aumentar presión de fluido. Utilizar otro tipo de trepano.
00:45	el vástago no descendió lo suficiente para acoplarse con la mesa rotatoria	Tener un control estricto de las barras a agregar. Tener medidas y ordenadas las barras.
01:45	Demoro en llegar la empresa encargada del perfilaje	Coordinar con suma importancia la llegada de la empresa. Estar en el lugar del proyecto horas previas a la extracción de las herramientas.
05:00	Perforación para abrir pozo	
01:40	Falla de energía para soldar tubería y filtros	Realizar mantenimientos periódicos al generador que se usara en el proyecto y a los de respaldo.

Fuente: Elaboración propia

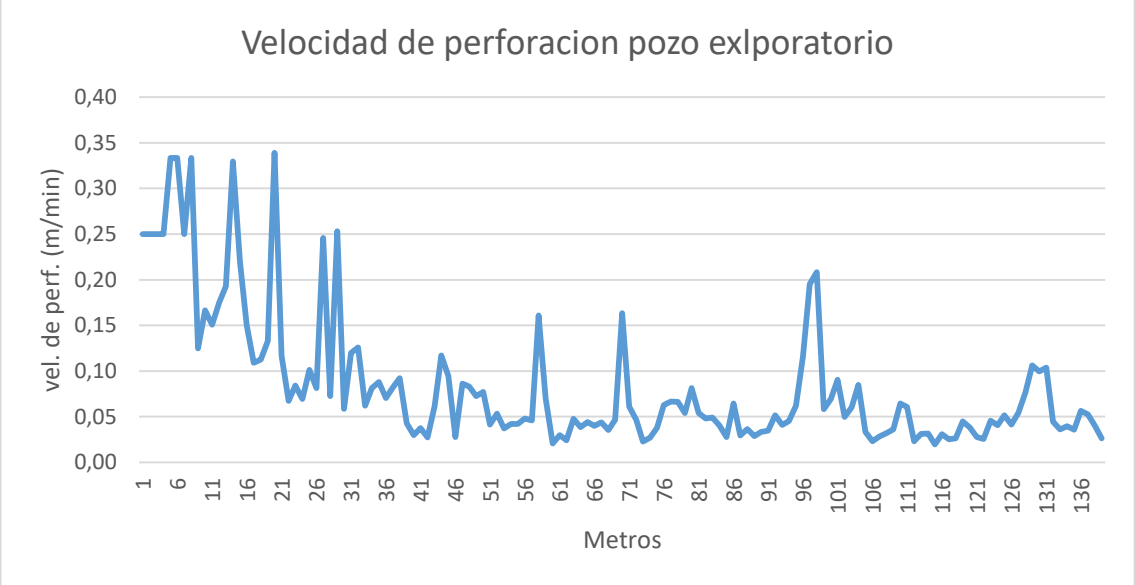
Duración de Actividad (Hh:mm)	Situación	Recomendaciones
00:20	Tubería no logra adaptarse entre si	Verificar el perfecto acoplamiento de las mismas en el taller.
01:00	Tubería con exceso de longitud	Verificar la correcta longitud de las mismas en el taller.
01:40	Demora de personal encargada de retirar la casilla, barras y equipo	Coordinar la llegada del personal.
01:30	Control de características del lodo	Adquirir un embudo de mars que permita conocer las características del fluido de perforación.

Fuente: Elaboración propia

1.4. Velocidad de perforación pozo exploratorio

Se realizó la toma de tiempo por cada metro de perforación, el cual se puede observar en el anexo 5. Con los datos tomados se procedió a realizar un gráfico de velocidad de perforación (figura 85).

Figura 85 – Velocidad de perforación pozo exploratorio.



Fuente: Elaboración propia

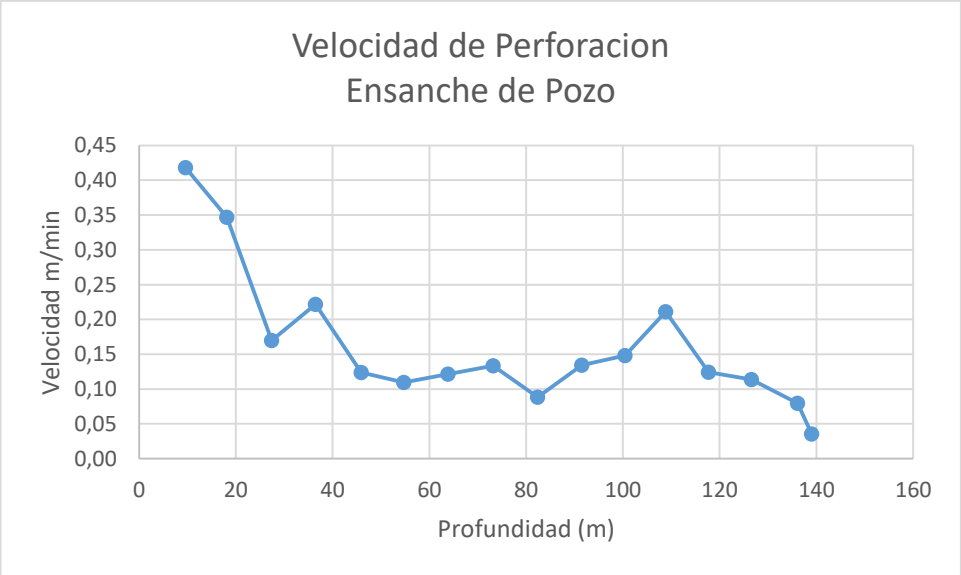
Se puede observar en el gráfico, como aumenta la velocidad de perforación en los primeros metros. Pero a medida que empieza a aumentar la profundidad, la velocidad empieza a disminuir. Además se puede observar los saltos de velocidades en ciertos momentos del trabajo. Esto coincide en algunas ocasiones con la ubicación de algunos acuíferos

respectivamente. En otros momentos se debe a terreno no consolidados. En las bajas velocidades se puede deber a la presencia de arcilla.

1.5. Velocidad de perforación pozo ensanche

El cuadro observado en el anexo 5 representa el tiempo que demoro en descender las diferentes barras y combinación de elementos para lograr el ensanche del pozo.
En el siguiente cuadro (figura 86) podemos observar las velocidades en las que fueron desciendo la sarta de perforación.

Figura 86 – Velocidad de perforación ensanche.



Fuente: Elaboración propia

Se observa una tendencia bien marcada a la disminución de la velocidad en cual profundidad aumenta. Este comportamiento es similar a las velocidades del pozo exploratorio. En este caso no tenemos muchos saltos a comparación del anterior. Pero si se observa un aumento considerable de velocidad entre las profundidades 82 m y 100 m el cual nos vuelve a resaltar las propiedades hidrológicas del terreno.

2. Costos

Los costos fijos y variables son respectivamente los gastos que no varían y que son necesarios para el funcionamiento básico de la empresa, y los gastos que van en función del volumen de actividad. Es decir, los costos fijos por una parte hay que asumirlo sin cambios significativos en el montante. Y, por otra parte, los costos variables son proporcionales a la cantidad de producto fabricado.

En nuestro caso tendremos como costo fijos (Tabla 14) aquellos que no cambien en función de los diferentes proyectos. A pesar que cambien los diámetros, los metros a perforar, la cantidad de agua a extraer. Estos siempre serán los mismos.

Tabla 17 – Costos fijos

Costos Fijos
Transporte De Materiales Y Equipo
Trépanos
Dirección Técnica
Desarrollo Y Aforo
Maquinistas
Ayudantes

Fuente: Elaboración propia

Como costos variables (Tabla 15) tendremos aquellos que cambiaran en función de los metros a perforar, tipo de caudal a extraer, presencia de imprevistos. Estos siempre variaran entre los diferentes proyectos.

Tabla 18 – Costos Variables

Costos Variables
Cañería De Acero
FRC Hºgº (Filtros)
Grava Seleccionada
Bentonita
Dispersante Bentonitico (Glensol K-658)
Combustible (Gas Oil)
Lubricantes
Materiales Para Soldar
Preparación De Cañería
Comida

Fuente: Elaboración propia

En primer lugar si conseguimos la cuantía de ambos costos, tendremos automáticamente el valor del total de costes que se dan en la empresa.

Se observa en el cuadro resumen el precio, el tipo y la cantidad de cada componente que son necesario y forman parte de la obra. Se utiliza el valor del Dólar Oficial de la fecha del proyecto el cual es de $158 Pesos Argentinos (Tabla 19).

Tabla 19 – Costos

DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	P.UNITARIO	TOTAL ($)	Total (Usd)
CAÑERIA DE ACERO 8'' DE DIAMETRO	METRO	107	$ 8.878	$ 949.919	$ 6.012
FRC HºGº DE 8'' DE DIAMETRO	METRO	30	$ 9.345	$ 280.350	$ 1.774
GRAVA SELECCIONADA	M3	8	$ 18.750	$ 150.000	$ 949
BENTONITA	M3	2,2	$ 1.125	$ 2.475	$ 16
DESPERSANTE BENTONITICO(GLENSOL K-658)	KG	40	$ 525	$ 21.000	$ 133
COMBUSTIBLE(GAS OIL)	LITROS	800	$ 120	$ 96.000	$ 608
LUBRICANTES	GLOBAL	1	$ 18.750	$ 18.750	$ 119
MATERIALES PARA SOLDAR	GLOBAL	1	$ 18.750	$ 18.750	$ 119
PREPARACION DE CAÑERIA	METRO	137	$ 225	$ 30.825	$ 195
TRANSPORTE DE MATERIALES Y EQUIPO	GLOBAL	1	$ 232.500	$ 232.500	$ 1.472
TREPANOS	GLOBAL	1	$ 52.500	$ 52.500	$ 332
DIRECCION TECNICA	GLOBAL	1	$ 205.697	$ 205.697	$ 1.302
DESARROLLO Y AFORO	GLOBAL	1	$ 172.500	$ 172.500	$ 1.092
MAQUINISTAS	METRO	139	$ 1.725	$ 239.775	$ 1.518
AYUDANTES	METRO	139	$ 1.478	$ 205.373	$ 1.300
COMIDA	DIAS	15	$ 5.250	$ 78.750	$ 498
PRETOTAL				$ 2.755.164	$ 17.438
IMPREVISTOS		5%		$ 137.758	$ 872
BENEFICIO		40%		$ 1.102.066	$ 6.975
SUBTOTAL				$ 3.994.988	$ 25.285
IVA 21%				$ 838.947	$ 5.310
TOTAL				$ 4.833.935	$ 30.595

Fuente: Elaboración propia

Además la empresa agrega un porcentaje del 5% de imprevistos, un 40% de Beneficio el cual dan un Subtotal de $3.994.988 de pesos el cual al aplicarle el IVA 21% queda un total del valor del proyecto en $4.833.935 pesos argentinos, Expresados en dólares nos da un valor de $30.595 Dólares estadounidenses.

3. Medidas de protección ambiental

Los impactos que provoca la realización de una perforación sobre el ambiente surgen como irrelevantes a moderados. Para ello se han elaborado medidas de prevención y/o mitigación para la geomorfología, el suelo, la flora, la fauna incluso para los impactos calificados como irrelevantes. En el componente ámbito socioeconómico, se obtienen impactos positivos moderados.

A continuación el listado de acciones a tener en cuenta en el modelo teórico practico para la construcción de una perforación:

a) Mejora de caminos. Huellas
b) Construcción de plataformas de perforación. Movimiento de suelos.
c) Perforaciones.
d) Excavación de calicatas (poza de inyección). Movimiento de suelos.
e) Geofísica.
f) Almacenamiento de combustibles y otros.
g) Campamento. Construcción y operación.
h) Generación y disposición de residuos.

i) Movimiento de vehículos y equipos. Tránsito vehicular.
j) Compra de Insumos y contratación de mano de obra local.

3.1. Desarrollo de la protección ambiental

De acuerdo a las consideraciones realizadas para el modelo teórico práctico, se llevaron las siguientes acciones antes, durante y posterior a la perforación:

a) Mejora de caminos. Huellas. La mejora de caminos existentes no implico grandes movimiento de suelo, solo al ingreso del área de perforación y la generación de polvo fue puntual y circunscripta al área de trabajo.
b) Construcción de plataformas de perforación. Movimiento de suelos. La construcción de la plataforma de perforación implico un movimiento de suelos que realizada por los operarios en forma manual. Finalizada la perforación la plataforma se nivelo y se dejó el terreno en las condiciones originales.
c) Perforación. La perforación habilitada como pozo de extracción o de producción, le será construida un brocal alrededor del mismo, será de hormigón armado, cubriendo un área suficiente, como para que cualquier derrame de material sobre la losa, no ingrese por el costado del pozo. El consumo de agua durante la perforación fue transitorio y abastecida de otro pozo cercano en una finca adyacente.
d) Excavación de calicatas (poza de inyección). Movimiento de suelos. Se realizó una pileta de 3 m x 3 m y 1,8 m de profundidad, fue tapada y se nivelo el terreno. No se produjo ninguna alteración con la flora ni la fauna del sector.
e) Geofísica. El trabajo geofísico realizado por el operador contratado, no afecto los componentes ambientales, solo se midió dentro del pozo abierto realizado en la construcción del pozo piloto.
f) Almacenamiento de Combustibles y operación. Los depósitos para combustibles, aceites y aditivos, se colocaron sobre una plataforma con bandejas anti derrames. En caso de producirse un derrame accidental, el suelo con hidrocarburos se lo hubiera enviado a un recipiente y luego a un sitio para su disposición final autorizado. Todos los vehículos y maquinas tenían un matafuegos, los cuales no fueron utilizados en ningún momento. Tampoco hubo derrames.
g) Campamento. Construcción y operación. Se produjeron residuos sólidos y líquidos (biodegradables) los que se dispusieron en tachos o contenedores de plástico para tal fin. Se evitó el contacto del agua utilizada en la construcción del pozo y posterior en el ensayo de bombeo, con los alrededores, la cual estuvo contenida en la poza de inyección y luego se canalizo el agua del desarrollo y ensayo, enviada a varios metros de la perforación.
h) Generación y disposición de Residuos. Los residuos peligrosos (manchas de aceite, plásticos, etc.) se retiraron del sitio y fueron enviados a un sitio de deposición final que la empresa posee en el área industrial del Pantanillo.
i) Movimiento de vehículos y equipos. Tránsito vehicular. Para el movimiento de vehículos, tanto de la empresa como del concesionario, genero polvo pero era atenuado por el riego que se realizaba con una manguera y una bomba de 1 HP, de tal manera que no se alteraba el desarrollo normal del trabajo. Tampoco se afectaba a la fauna ya que es un campo agrícola y no tiene animales.

j) Compra de Insumos y contratación de mano de obra local. Para las actividades indicadas se emplearon mano obra directa de la empresa perforadora y la colaboración de empleados de la empresa agrícola, y para el abastecimiento de la actividad como del campamento y vehículos, se compraron insumos en localidades cercanas, Miraflores, Capayán y Nueva Coneta.

Capítulo 6 - Referencias bibliográfica

"HIDRAULICA" - Trueba Coronel, S. - Edit. Continental – Año: 1.966

"CAPTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS." - Benítez, Alberto. - Dossat. – año 1.972.

"MANUAL DE POZOS PEQUEÑOS."- Gibson, Ulric; Singer. - Limusa S.A. - Año 1.979.

"PROSPECCION, EXPLORACION Y EVALUACION." - Novitzky, Alejandro. – Univ.Tecn.Oruro. - Año 1.978

"HIDROLOGIA SUBTERRANEA." - Custodio. Llamas. - Omega. - Año 1.976.

"PROSPECCION GEOELECTRICA." - Orellana, Ernesto. - Edit. Paraninfo. - Año 1.972.

"HIDROLOGÍA." - Davis y Wiest. - Edit. Ariel. - Año 1.978.

"HIDROLOGÍA PRACTICA." - Pulido, José Luis. - Edit. Urmo S.A. – Año 1.965.

"PROSPECCION Y EXPLOTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS." - Castany G. - Omega. - Año 1.976.

"VENTILACION DE MINAS." - Novitzky, Alejandro. - Univ. Tec. Oruro. - Año 1.971.

"TRATADO DE LABOREO DE MINAS." - Fritzche, Hellmut. - Labor. S.A. - Año 1.959.

"DESARROLLO DE AGUAS SUBTERRANEAS." - Univ. Central Venezuela. - Año 1.962.

"TRATADO PRACTICO DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS." - Castany, G. - Edit. Omega. - Año 1.988

"GROUND WATER HIDROLOGY." - Todd, David. -Edic. 2.005

"PERFORACIONES Y SONDEOS" - Cambefort, Henry. - Omega. - Año 1.999

"DISEÑO, CONSTRUCCION Y DESARROLLO DE UNA PERFORACION HIDRICA." - Ferreyra, Arturo L... - Univ. Nac. de Catamarca. - Año 1.999

"MODELACIÓN DE UN SISTEMA DE ACUÍFERO Y TRANSPORTE DE CONTAMINANTES." – Regalado, Olga Teresita - Univ. Nac. de Catamarca. - Año 1.999

"DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS HIDROLOGICOS MEDIANTE ENSAYOS DE BOMBEO. VALLE DE CATAMARCA." - Torres, Fernando - Univ. Nac. de Catamarca. - Año 1.988

"ZELAYA PERFORACIONES"– LA RIOJA – AÑO 2.011 - http://zelayaperforaciones.blogspot.com/2011/05/perfilador-electrico-digital.html

"COMO ELABORAR UNA MONOGRAFIA Y UN INFORME TECNICO." - Ferreyra, Arturo L. - Univ. Nac. De Catamarca. - Año 1.999

"SONDEOS CON CORONAS."- Ferreyra, Arturo L. - Univ. Nac. De Catamarca. - Año 2.004

"EL AGUA EN LA MINERIA." - Ferreyra, Arturo L. - Univ. Nac. De Catamarca... - Año 2.004

“VINCULACION CENTRO – ESTE DE LA PROV. DE CATAMARCA.” - Ferreyra, Arturo L. - Univ. Nac. De Catamarca. - Año 2.004

“METODOLOGÍA DE DISEÑO, CONTROL Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PERFORACIÓN PARA LA CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS” – Del Mestre, Rubén Leonardo - Univ. Nac. De Catamarca – Año 1.992

Trabajos citados

1. Auge, M. (2.009). *Perforaciones hidrogeologicas.* Buenos Aires.
2. Factor, I. A. (s.f.). *Aguas subterraneas I.* Catamarca (Argentina) .
3. Garcia, D. R. (2.018). *Apuntes Captacion de aguas subterraneas.* Buenos Aires.
4. Ing. Ulric P. Gibson, B. S. (1.969). *Manual de pozos pequeños.* Mexico: Publicidad Artística litografíe, S.A.
5. Javier Sánchez, S. R. (2.014). *Apuntes de hidrologia e hidrogeologia.* Salamanca (España): Dpto. Geología. Obtenido de https://www.academia.edu/35861495/Apuntes_de_hidrologia_e_hidrogeologia
6. Jimeno, C. L. (2.000). *Manual de sondeos.* Madrid (España).
7. Villanueva Martínez, M., & Iglesias López, A. (s.f.). *Pozos y acuiferos.*
8. Zelaya, C. (2.011). *PERFILADOR ELECTRICO DE POZOS DE AGUA.* Zelaya perforaciones. Obtenido de http://zelayaperforaciones.blogspot.com/2011/05/perfilador-electrico-digital.html

Capítulo 7 – Anexos

Anexo 1 - Estudio geoeléctrico de referencia a cargo de Lic. Sergio Iramain

Estudio geoeléctrico camping Coneta - Departamento Santa Rosa. Provincia de Catamarca

Introducción

El presente estudio, pretende interpretar las propiedades resistivas del subsuelo, en el Camping de Coneta.

Objetivos

El principal objetivo, es la caracterización geológica e hidrologicas del subsuelo mediante la ejecución de Sondeos eléctricos verticales (SEV). Para así recomendar la ubicación de futuras perforaciones para captación de agua para uso de agua potable y riego.

Metodología

Existen varios métodos de prospección geofísica para caracterizar un subsuelo, dependiendo que se desea caracterizar y cuál es la profundidad de investigación necesaria, será el método geofísico a utilizar. En este estudio en particular y debido a las características geoeléctricas de sus estratos el más apropiado a utilizar es el denominado Sondeo Eléctrico Vertical (SEV). La exigencia fundamental para la aplicación del SEV es que las capas que se desean distinguir presenten suficiente contraste de resistividad, que haga posible su diferenciación eléctrica.

El SEV es una metodología geofísica pasiva y pertenece a los métodos eléctricos, los cuales se basan en la obtención de campos potenciales eléctricos, de lo referente a lo naturalmente existentes en la corteza terrestre, como a los artificialmente provocados en la misma. Este método de prospección consiste en enviar corriente al terreno mediante un par de electrodos AB y medir las variaciones en el campo potencial originado con otro par de electrodos MN (Fig.87).

A través de las diferencias de potenciales medidas, se puede calcular la resistividad aparente del terreno, la cual está dada por:

$$\rho_a = 2\pi \frac{\Delta V}{IG}$$

Donde

$$G = \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}$$

ΔV = Diferencia de potencial I = Corriente introducida a la tierra

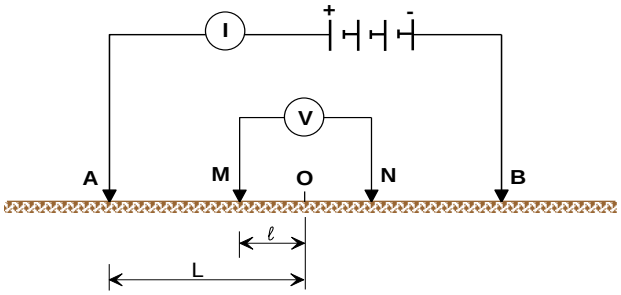


FIGURA 87: disposición de los electrodos en el terreno. AB electrodos de emisión y MN, electrodos de registro.

Tomando un punto del terreno como estación, se procede a realizar una serie de lecturas, a medida que se aumenta la apertura de AB, la información que se registra corresponde a profundidades mayores de investigación (Fig.88). De aquí el nombre de sondeo que lleva el método. A través del procesamiento de los datos registrados, en cada sondeo, se determina la distribución vertical de las resistividades del subsuelo bajo el punto del terreno estudiado. Relacionando los resultados de los SEV de un perfil, es posible establecer la existencia en el subsuelo de diferentes “capas geoeléctricas”, que representan estratos o formaciones geológicas, cuya naturaleza puede deducirse de la resistividad de cada una, siempre que se disponga de información geológica suficiente.

Los electrodos MN permanecieron fijos, simétricamente colocados respecto del centro del sondeo y se fueron efectuando lecturas de ΔV e I para distancias $\overline{AB}$ sucesivamente crecientes según una progresión geométrica.

Teniendo en cuenta que a medida que la distancia $\overline{AB}$ aumenta, ΔV disminuye, al hacerse demasiada pequeña, se cambió la distancia $\overline{MN}$ por una mayor. Esta operación se denomina empalme y se realizó de tal manera que las últimas lecturas con el $\overline{MN}$ pequeño se repitieron con el nuevo valor de $\overline{MN}$ y las mismas $\overline{AB}$.

A medida que progresaba la medición se fueron graficando los valores de resistividad aparente, calculados con los datos registrados, en función de la separación AB/2. De este modo se pudo ir testeando la posibilidad de errores y/o inconvenientes en los registros.

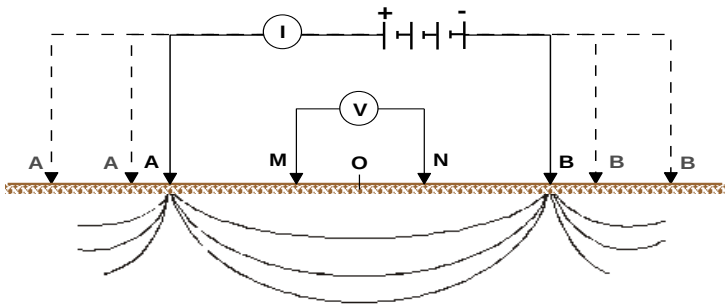


FIGURA 88: Diferentes aperturas de los electrodoselectrodos AB.

Área de estudio

Comprende el área ubicada al margen norte del Rio Coneta, en la localidad de Coneta, Departamento Capayán. Según Mapa de Ubicación.

(fig. 89) - Mapa de Ubicación. Distribución de SEV y línea de Perfiles Geoeléctricos E – O

Prospección geofísica

En el presente trabajo se realizaron tres (3) sondeos eléctricos verticales teniendo en cuenta el dispositivo tetrapolar simétrico de Schlumberger, para obtener la geometría del subsuelo, condiciones de saturación y calidad de agua.

Se realizó 1 Perfiles en sentido Este - Oeste (SEV 1, 2 y 3), el cual se describe a continuación:

- **En Anexo 1, se adjunta registro fotográfico de campo.**
- **En Anexo 2, se observan las curvas de los SEV realizados y sus interpretaciones según el modelo conceptual a través de software específico. Y Perfil Geofísico – Geológico.**

PERFILES GEOFÍSICO – GEOLÓGICO

Luego de analizar las distintas electrocapas detectadas en cada sondeo eléctrico vertical (SEV), y con el objetivo de representar las variaciones laterales y verticales de las facies sedimentarias, se confecciono un **perfil Geofísico – Geológico E - O.** Ver Plano de ubicación.

En el perfil se correlacionaron las unidades que presentan una respuesta similar desde el punto de vista de configuración de curva geoeléctrica. De esta manera, y luego de establecer el modelo más acorde a las condiciones geológicas y geomorfológicas de la zona de estudio, se individualizaron 4 unidades mayores que fueron denominadas, de arriba hacia abajo.

- ***Unidad 1* o *Zona Resistiva Superior***
- ***Unidad 2* o *Zona de interés Hidrologico***
- ***Unidad 3 o Zona Conductiva***
- ***Unidad 4 o Zona Resistiva Inferior***

Perfil Geoeléctrico - Geológico E - O

En el Perfil Este – Oeste, incluye los Sondeos 1, 2 y 3, de esta manera se pueden observar las variaciones que existen en un corte de rumbo general, incluyendo y correlacionando la información de antecedentes cercanas.

Unidad 1 o Zona Resistiva Superior

Esta unidad corresponde a depósitos aluviales actuales, presenta una potencia variable en sentido oeste - e**s**te entre 17 metros en el SEV 3, y 8 metros en el SEV 1. Esta unidad está compuesta por una sucesión de dos electrocapas, que varían entre los 302 Ohm.m (en el SEV 3) y 10.000 Ohm.m (en el SEV 2). Correspondiente a la **Zona No Saturada**, que estarían conformadas por rodados, bloques, arenas y arcillas, como se observa en el afloramiento al ingreso del camping.

Unidad 2 o Zona de interés Hidrológico

Esta unidad corresponde a depósitos aluviales actuales, que se extienden por debajo de la anterior, siendo detectada en todos los sondeos, caracterizándose por presentar valores de resistividad altos a medios que varían entre los 324 Ohm.m y 23 Ohm.m (en el SEV 1 y 3), que indicarían la presencia de sedimentos, conformados por una alternancia de niveles arenosos, gravillosos, rodados y bloques, y escasa participación de intercalaciones finas (limos y arcillas), **saturados con agua de formación dulce**. El espesor de esta unidad es variable desde 115 metros (en el SEV 2), y 188 metros (en el SEV 1). Esta unidad constituye el principal nivel productivo, objeto de esta prospección geofísica, presentando las mayores expectativas desde el punto de vista Hidrologico.

Unidad 3 o Zona Conductiva

Esta unidad es detectada en los SEV 1, 2 y 3, posee valores de resistividad muy bajos, que corresponderían a niveles arcillosos. La misma se identificó a los 28 metros en el SEV 3 y mayor 200 metros en el SEV 1 y 2, con espesores variables.

Unidad 4 o Zona Resistiva Inferior

Esta unidad, es detectada en el SEV 3, posee valores de resistividad muy altos, que corresponderían al basamento rocoso. La misma se identificó a los 28 metros en el SEV 3. Es posible que esta Unidad este alterada, meteorizada y fracturada, pudiendo producir aporte de agua por permeabilidad secundaria.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos, podemos determinar lo siguiente:

1_ Realizar 1 Perforación para la captación de agua dulce, al lado de la cisterna, en el SEV 1, donde se observan mejores condiciones de mayor desarrollo de espesor de acuíferos.

2_ Realizar dirección técnica de obra de perforación, para determinar el potencial hidrologico, y poder definir las mejores condiciones, para el rendimiento óptimo de los Pozos.

Se adjunta registro fotográfico de campo.

Fig.90 - SEV N° 1_ Al lado de la Cisterna

Fig.91 - SEV N° 2

Fig. 92 - SEV N° 3

Anexo 2 – Geoeléctrica de referencia a cargo de Lic. Sergio Iramain

AREA HUAYCAMA - Valle Viejo

En la localidad de Huaycama, se realizaron 5 Sondeos Eléctricos Verticales, distribuidos según mapa de ubicación.

Fig.93 - Mapa de ubicación SEV_ Huaycama_ Perfil B – B´ y C – C', línea amarilla.

ANTECEDENTES: Pozos Existentes en la Zona:
POZO FINCA LA AÑORADA (28°30'49.03'' S – 65°41'16.10'' O): Pozo de riego.
Profundidad: - 105 metros.
Nivel Dinámico: - 64 metros.
Caudal de Explotación: 12 m³/h.
Lamentablemente no se dispone de más datos constructivos del pozo.

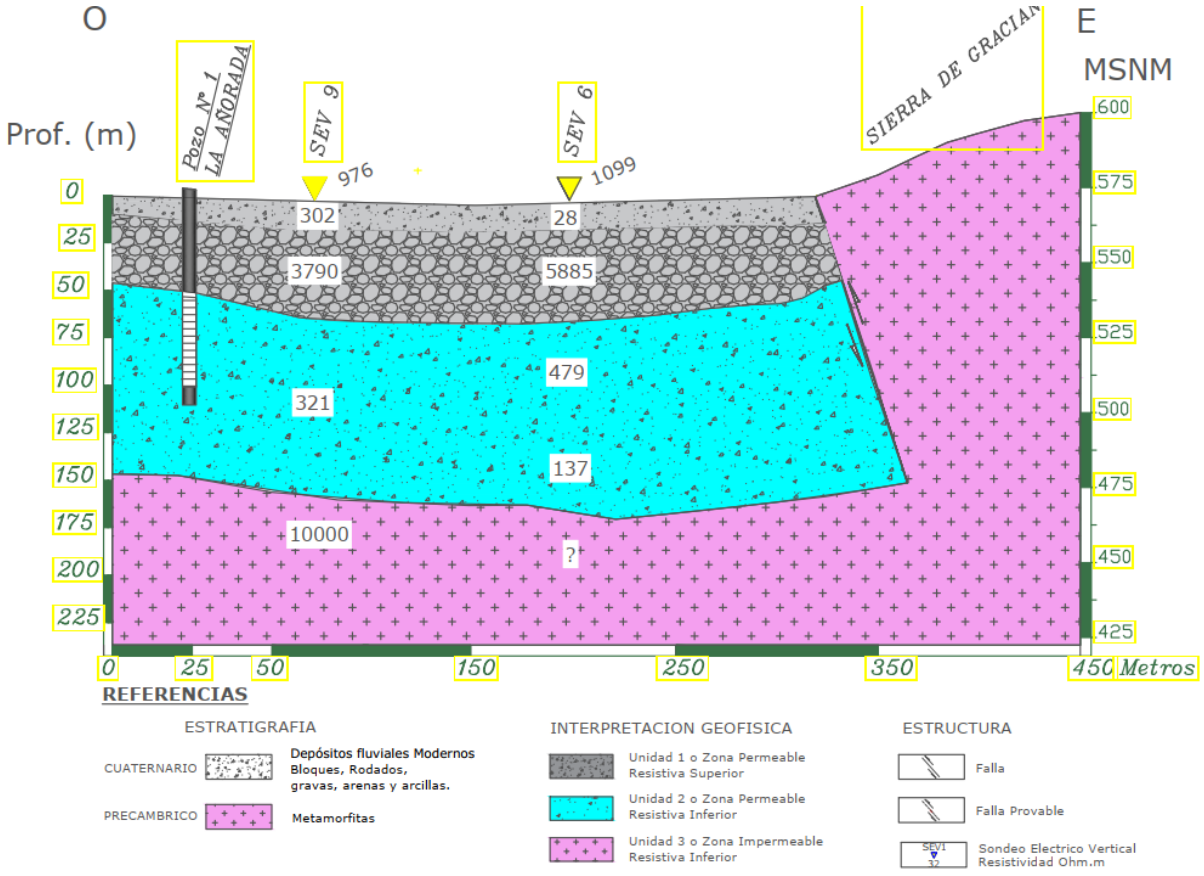


Fig.94 - Perfil Geológico – Geofísico C – C’

Anexo 3 - Análisis granulométricos

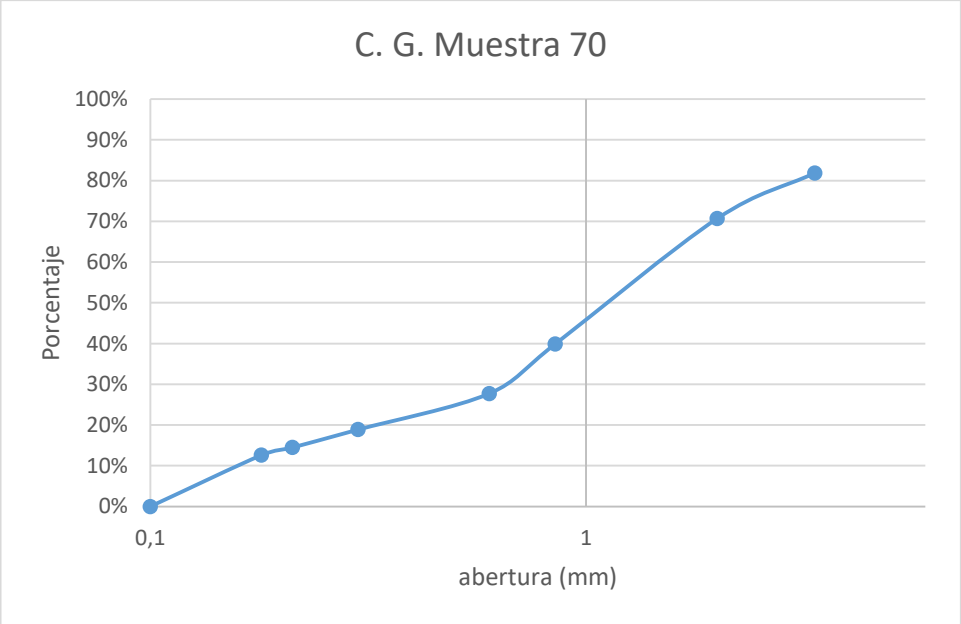
Análisis granulométricos de las muestras obtenidas en la perforación del pozo piloto.

Las muestras son analizadas granulométricamente por tamizado y así poder determinar los diferentes parámetros que nos definirán la necesidad de colocar un empaquetado de grava que actuara como prefiltro recubriendo los filtro el cual deberá contener una determinada granulometría y el tamaño de la abertura de los filtro a utilizar.

Para la determinar la necesidad del uso de un prefiltro de grava se utilizó el Criterio III (Orozco, 1971) y para determina el tamaño de la abertura de los filtros se utilizó el Criterio I (E.E. Johnson, 1963). Siendo los resultados respectivos los siguientes:

Curva granulométrica muestra 70 – acuífero Nº1

Fig. 95 – C.G. Muestra 70



Fuente: Elaboración propia

Profundidad: 70 m

Espesor= 3 m

Tara = 150 gr

Tabla 20 – muestra 70

malla	ABERTURA (mm)	Peso (tara)(g)	Retenido (g)	Retenido (%)	Retenido acu. (%)	Pasante Acumulado (%)
6	3,35	183,8	33,8	18,13%	18,13%	82%
10	2	170,8	20,8	11,16%	29,29%	71%
20	0,85	207,4	57,4	30,79%	60,09%	40%
30	0,6	172,7	22,7	12,18%	72,26%	28%
50	0,3	166,5	16,5	8,85%	81,12%	19%
70	0,212	158,2	8,2	4,40%	85,52%	14%
80	0,18	153,5	3,5	1,88%	87,39%	13%
base	0,1	173,5	23,5	12,61%	100,00%	0%
		1386,4	186,4	100,00%		

(Fuente: Elaboración propia)

Característica de muestra nª70

Tabla 21 – muestra 70 – Resumen de cálculos

D-10	0,16
D-30	0,65
D-50	1,23
D-60	1,60
U	9,79

D30 x 4	2,59
D30 x 6	3,88
D50 x 4	4,91
D50 x 5	6,13

(Fuente: Elaboración propia)

D_{10} < 0,16 U > 2,5

Abertura del filtro = $D_{a\text{-}50\ -\ 70}$=1,50 mm

CALCULO DE GRAVA

$$4\ D_{a\ 30} \leq D_{g\ 30} \leq 6\ D_{a\ 30}$$

$$4\ D_{a\ 50} \leq D_{g\ 50} \leq 5\ D_{a\ 50}$$

$$U_g \leq 2,5$$

Reemplazando:

$$4 * 0,65 \leq D_{g\ 30} \leq 6 * 0,65$$

$$\mathbf{2,59} \leq D_{g\ 30} \leq 3,88$$

$$4 * 1,23 \leq D_{g\ 50} \leq 5 * 1,23$$

$$4,91 \leq D_{g\ 50} \leq \mathbf{6,13}$$

Volumen de grava para filtro

Filtro Nº1

$$V_{f1} = ((D_e{}^2 - D_i{}^2) * \pi * L_1) / 4$$

Donde:

$D_{e=}$ Diámetro exterior = 12 ¼'' = 0,31 m

$D_{i=}$ Diámetro interno =8'' = 0,20 m

$L_{1=}$ Long del filtro = 3 m

$$V_{f1} = ((0{,}31\ m^2 - 0{,}20''^{\ 2}) * \pi * (3\ m) / 4$$

$$V_{f1} = 0{,}13\ m^3$$

Necesidad de prefiltro

Se ha establecido empíricamente que hay necesidad de prefiltro cuando:

$$D_{10} \leq 0{,}25 \quad y \quad U \leq 2{,}5$$

Y que no hay necesidad de prefiltro cuando:

$$D_{10} \geq 0{,}25 \quad y \quad U \geq 2{,}5$$

$$D_{10} \leq 0{,}25 \quad y \quad U \geq 2{,}5$$

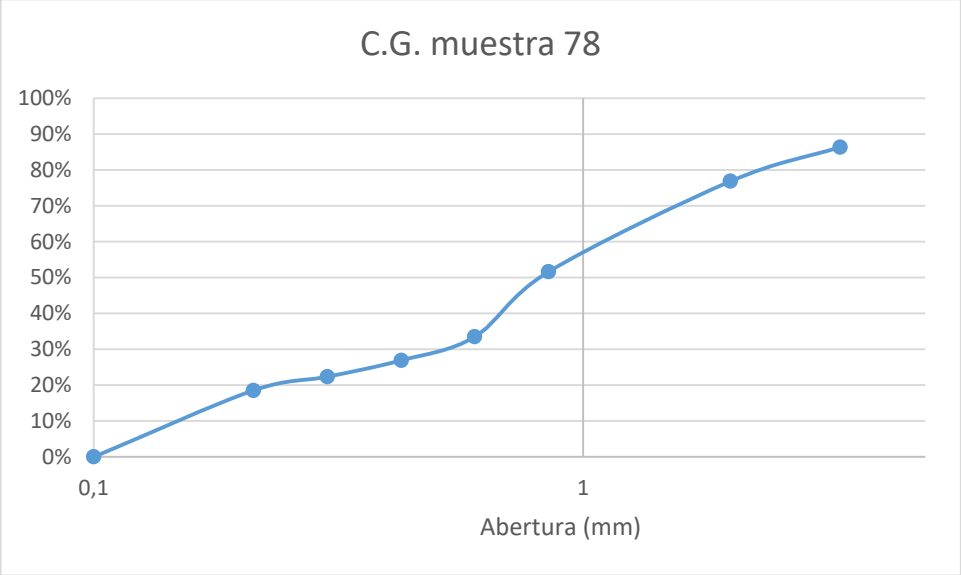
Siendo

D_{10} = diámetro eficaz de la arena o tamaño de la abertura que deja pasar el 10%

U = Coeficiente de uniformidad de la arena = D_{60}/D_{10}

Curva granulométrica muestra 78 – acuífero Nº2

Fig. 96 – C.G. Muestra 78



Fuente: Elaboración propia

Profundidad: 78 m

Espesor= 5 m

Tara = 100 gr

Tabla 22 – muestra 78

serie #	Abertura (mm)	Peso (tara) (g)	masa retenida (g)	Retenido (%)	Retenido acu. (%)	Pasante acu.(%)
6	3,35	143	43	13,65%	13,65%	86,35%
10	2	130	30	9,52%	23,17%	76,83%
20	0,85	179,4	79,4	25,21%	48,38%	51,62%
30	0,6	157,2	57,2	18,16%	66,54%	33,46%
40	0,425	120,6	20,6	6,54%	73,08%	26,92%
50	0,3	114,4	14,4	4,57%	77,65%	22,35%
70	0,212	112	12	3,81%	81,46%	18,54%
base	0,1	158,4	58,4	18,54%	100,00%	0,00%
			315	100,00%		

Fuente: Elaboración propia

Característica de muestra nª78

Tabla 23 – muestra 78 – Resumen de cálculos

D-10	0,16
D-30	0,51
D-50	0,83
D-60	1,23
U	7,68

D30 x 4	2,03
D30 x 6	3,04
D50 x 4	3,31
D50 x 5	4,14

(Fuente: Elaboración propia)

D_{10} < 0,25 U > 2,5

No hay necesidad de prefiltro

Abertura del filtro = $D_{a-50\ -\ 70}$ =1,25 mm

CALCULO DE GRAVA

$$4\ D_{a\ 30} \leq D_{g\ 30} \leq 6\ D_{a\ 30}$$

$$4\ D_{a\ 50} \leq D_{g\ 50} \leq 5\ D_{a\ 50}$$

$$U_g \leq 2,5$$

Reemplazando:

$$4 * 0,51 \leq D_{g\ 30} \leq 6 * 0,51$$

$$\mathbf{2,03} \leq D_{g\ 30} \leq 3,04$$

$$4 * 0,83 \leq D_{g\ 50} \leq 5 * 0,83$$

$$3,31 \leq D_{g\ 50} \leq \mathbf{4,14}$$

Volumen de grava para filtro

Filtro Nº2

$$V_{f1} = ((D_e{}^2 - D_i{}^2) * \pi * L_1) / 4$$

Donde:

$D_{e=}$ Diámetro exterior = 12 ¼'' = 0,31m

$D_{i=}$ Diámetro interno = 8'' = 0,20 m

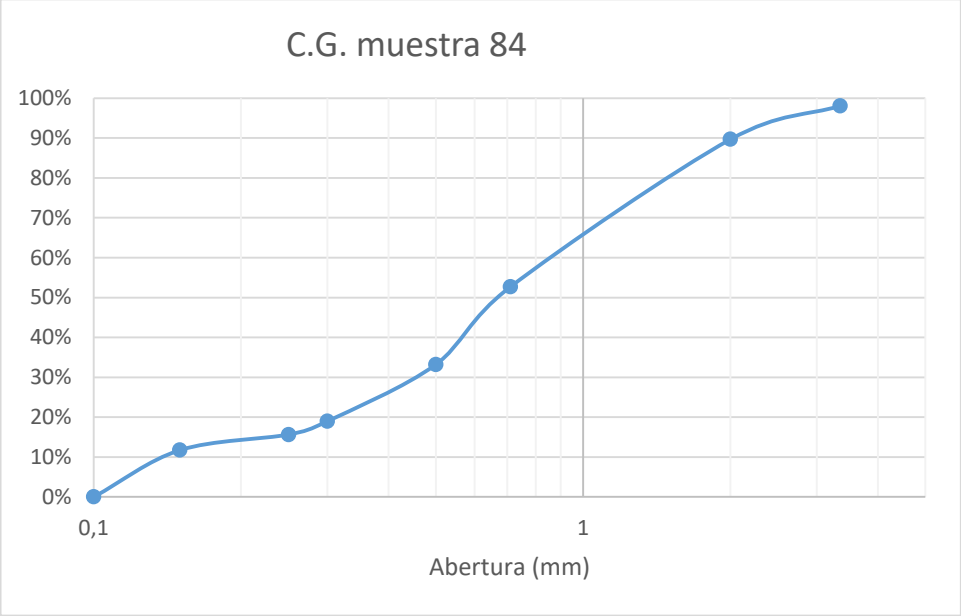
$L_{1=}$ Long del filtro = 5 m

$$V_{f2} = ((0,31\ m^2 - 0,20"^2) * \pi * (5m) / 4$$

$$V_{f1} = 0,22\ m^3$$

Curva granulométrica muestra 84 – acuífero Nº3

Fig. 97 – C.G. Muestra 84



(Fuente: Elaboración propia)

Profundidad: 84 m

Espesor = 3 m

Tara = 102,7 gr

Tabla 24 – muestra 84

serie #	ABERTURA (mm)	Peso (tara)(g)	masa retenida (g)	Retenido (%)	Retenido acu (%)	Pasante acu (%)
6	3,35	107	4,3	1,96%	1,96%	98,04%
10	2	121,1	18,4	8,37%	10,33%	89,67%
25	0,71	184	81,3	36,99%	47,32%	52,68%
35	0,5	145,5	42,8	19,47%	66,79%	33,21%
50	0,3	134	31,3	14,24%	81,03%	18,97%
60	0,25	110	7,3	3,32%	84,35%	15,65%
100	0,15	111,3	8,6	3,91%	88,26%	11,74%
Base	0,1	128,5	25,8	11,74%	100%	0%
			219,8	100%		

(Fuente: Elaboración propia)

Característica de muestra nª84

Tabla 25 – muestra 84 – Resumen de cálculos

D-10	0,14
D-30	0,45
D-50	0,68
D-60	0,97
U	6,77

D30 x 4	**1,82**
D30 x 6	2,73
D50 x 4	2,72
D50 x 5	**3,41**

(Fuente: Elaboración propia)

D_{10} < 0,25 U > 2,5

El cálculo del coeficiente U en función del criterio de Orozco. U > 2,5

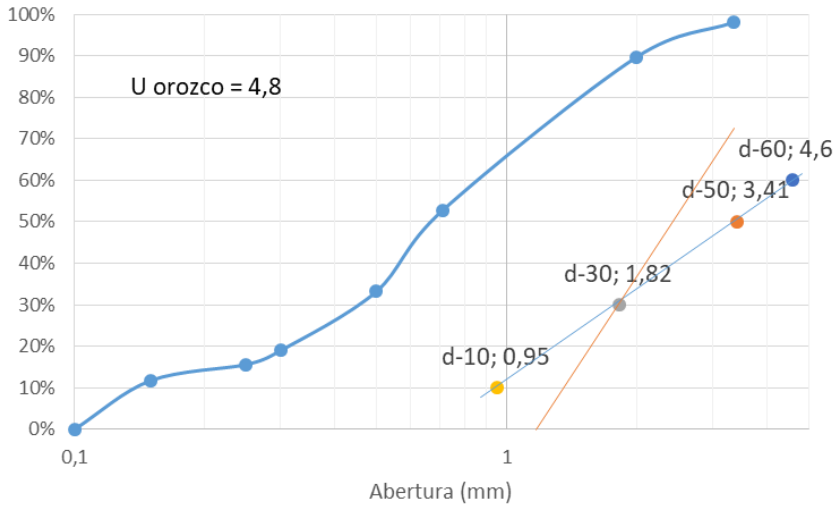


Fig. 97. A

Se pivotea en base al valor D-30 hasta lograr disminuir el valor de U < 2,5.

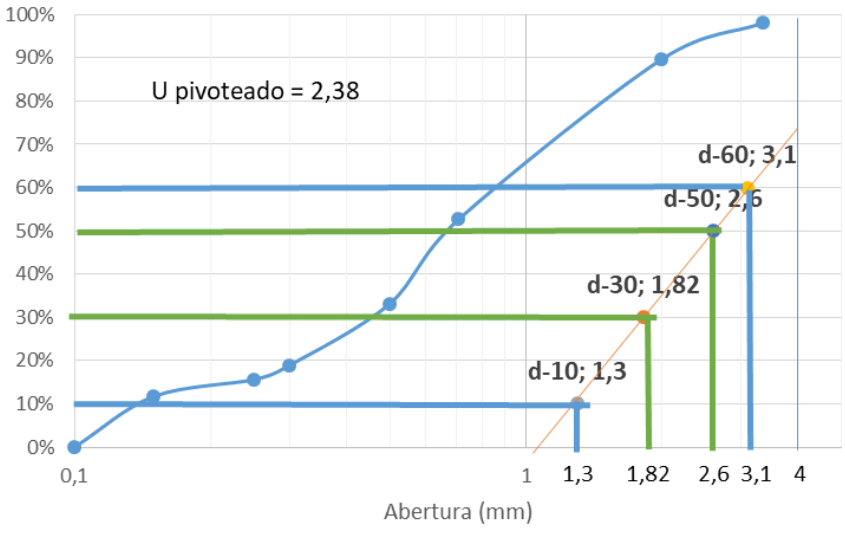


Fig. 97. B

Del menor tamaño de grava de la empresa se lo une con el d30. y luego a partir del d10 se intercepta con la recta solución obteniendo el tamaño de abertura.

Nos determinó un 60% de grava de 1 a 3 mm y el restante 40% será de 3 a 4 mm de grava.

Abertura del filtro = $D_{a\text{-}50\ -\ 70}$ =1 mm

CALCULO DE GRAVA

$$4\ D_{a\ 30} \leq D_{g\ 30} \leq 6\ D_{a\ 30}$$

$$4\ D_{a\ 50} \leq D_{g\ 50} \leq 5\ D_{a\ 50}$$

$$U_g \leq 2{,}5$$

Reemplazando:

$$4 * 0{,}65 \leq D_{g\ 30} \leq 6 * 0{,}65$$

$$\mathbf{2{,}59} \leq D_{g\ 30} \leq 3{,}88$$

$$4 * 1{,}23 \leq D_{g\ 50} \leq 5 * 1{,}23$$

$$4{,}91 \leq D_{g\ 50} \leq \mathbf{6{,}13}$$

Volumen de grava para filtro

Filtro Nº3

$$V_{f1} = ((D_e{}^2 - D_i{}^2) * \pi * L_1) / 4$$

Donde:

$D_{e=}$ Diámetro exterior = 12 ¼'' = 0,31m

$D_{i=}$ Diámetro interno = 8'' = 0,20 m

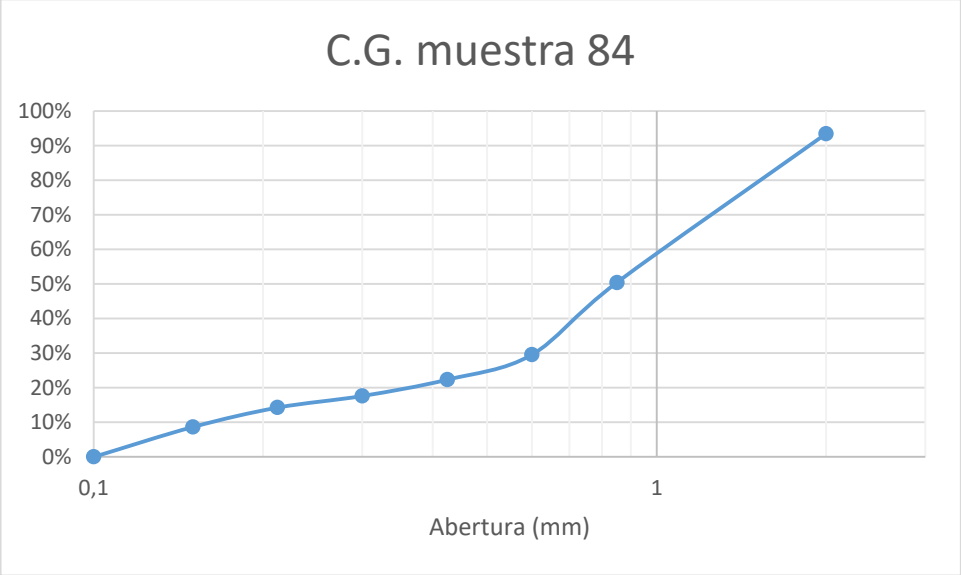
$L_{1=}$ Long del filtro = 3 m

$$V_{f1} = ((0{,}31\ m^2 - 0{,}20''^2) * \pi * (3m) / 4$$

$$V_{f1} = 0{,}13\ m^3$$

Curva granulométrica muestra 98 – acuífero Nº4

Fig. 98 – C.G. Muestra 98



(Fuente: Elaboración propia)

Profundidad: 98 m

Espesor= 12 m

Tara = 102,5 gr

Tabla 26 – muestra 98

serie #	abertura (mm)	Peso (tara)(g)	masa retenida (g)	Retenido (%)	Retenido acu (%)	Pasante acu (%)
10	2	122,6	20,1	6,51%	6,51%	93,49%
20	0,85	235,3	132,8	43,03%	49,55%	50,45%
30	0,6	167	64,5	20,90%	70,45%	29,55%
40	0,425	124,7	22,2	7,19%	77,64%	22,36%
50	0,3	117,1	14,6	4,73%	82,37%	17,63%
70	0,212	112,9	10,4	3,37%	85,74%	14,26%
100	0,15	119,8	17,3	5,61%	91,35%	8,65%
Base	0,1	129,2	26,7	8,65%	100,00%	0,00%
		1128,6	308,6	100,00%		

(Fuente: Elaboración propia)

Característica de muestra nª98

Tabla 27 – muestra 98 – Resumen de cálculos

D-10	0,16
D-30	0,61
D-50	0,84
D-60	0,96
U	6,11

D30 x 4	2,44
D30 x 6	3,67
D50 x 4	3,38
D50 x 5	4,22

(Fuente: Elaboración propia)

D_{10} < 0,25 U > 2,5

Abertura del filtro = $D_{a\text{-}50\ -\ 70}$ =1 mm

Reemplazando:

$$4 * 0{,}61 \leq D_{g\ 30} \leq 6 * 0{,}61$$

$$\mathbf{2{,}44} \leq D_{g\ 30} \leq 3{,}67$$

$$4 * 0{,}84 \leq D_{g\ 50} \leq 5 * 0{,}84$$

$$3{,}38 \leq D_{g\ 50} \leq \mathbf{4{,}22}$$

Volumen de grava para filtro

Filtro Nº4

$$V_{f1} = ((D_e{}^2 - D_i{}^2) * \pi * L_1) / 4$$

Donde:

$D_{e=}$ Diámetro exterior = 12 ¼'' = 0,31m

$D_{i=}$ Diámetro interno = 8'' = 0,20 m

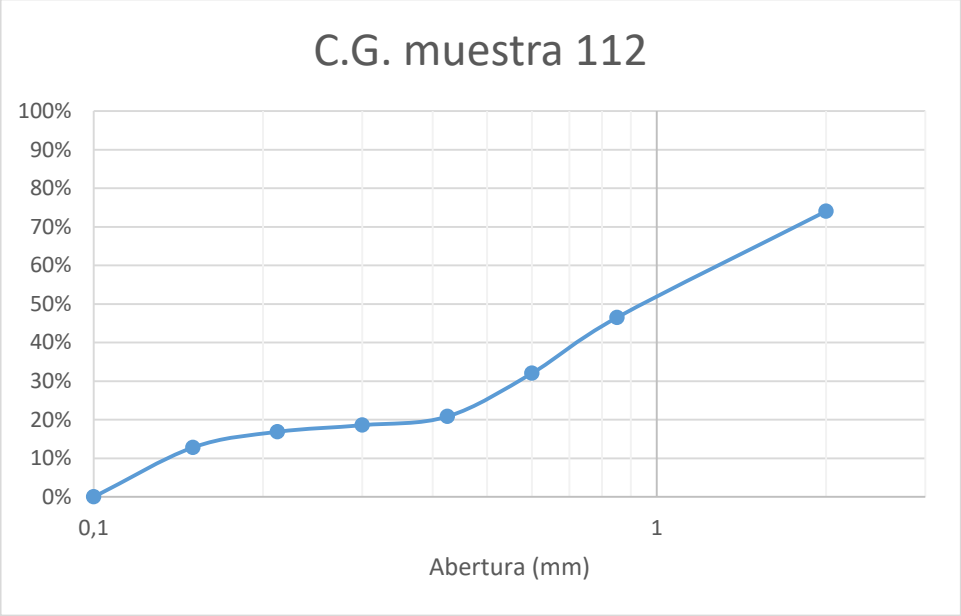
$L_{1=}$ Long del filtro = 12 m

$$V_{f1} = ((0{,}31\ m^2 - 0{,}20''^2) * \pi * (12\ m) / 4$$

$$V_{f4} = 0{,}53\ m^3$$

Curva granulométrica muestra 112 – acuífero Nº5

Fig. 99 – C.G. Muestra 112



(Fuente: Elaboración propia)

Profundidad: 112 m

Espesor = 4 m

Tara = 102,7 gr

Tabla 28 – muestra 112

serie #	abertura (mm)	Peso (tara) (g)	masa retenida (g)	Retenido (%)	Retenido acu (%)	Pasante acu (%)
10	2	166	63,3	25,93%	25,93%	74,07%
20	0,85	170	67,3	27,57%	53,50%	46,50%
30	0,6	138	35,3	14,46%	67,96%	32,04%
40	0,425	130	27,3	11,18%	79,15%	20,85%
50	0,3	108,2	5,5	2,25%	81,40%	18,60%
70	0,212	106,9	4,2	1,72%	83,12%	16,88%
100	0,15	112,6	9,9	4,06%	87,18%	12,82%
base	0,1	134	31,3	12,82%	100,00%	0,00%
		1065,7	244,1	100,00%		

(Fuente: Elaboración propia)

Característica de muestra nª112

Tabla 29 – muestra 112 – Resumen de cálculos

D-10	0,14
D-30	0,57
D-50	1,00
D-60	1,41
U	10,17

D30 x 4	2,27
D30 x 6	3,41
D50 x 4	3,98
D50 x 5	4,98

(Fuente: Elaboración propia)

D_{10} < 0,25 U > 2,5

No hay necesidad de prefiltro

Abertura del filtro = $D_{a-50\ -\ 70}$ =1,25 mm

Reemplazando:

$$4 * 0,57 \leq D_{g\ 30} \leq 6 * 0,57$$

$$\mathbf{2,27} \leq D_{g\ 30} \leq 3,41$$

$$4 * 1 \leq D_{g\ 50} \leq 5 * 1,0$$

$$3,98 \leq D_{g\ 50} \leq \mathbf{4,98}$$

Volumen de grava para filtro

Filtro Nº5

$$V_{f1} = ((D_e{}^2 - D_i{}^2) * \pi * L_1) / 4$$

Donde:

$D_{e=}$ Diámetro exterior = 12 ¼'' = 0,31m

$D_{i=}$ Diámetro interno =8'' = 0,20 m

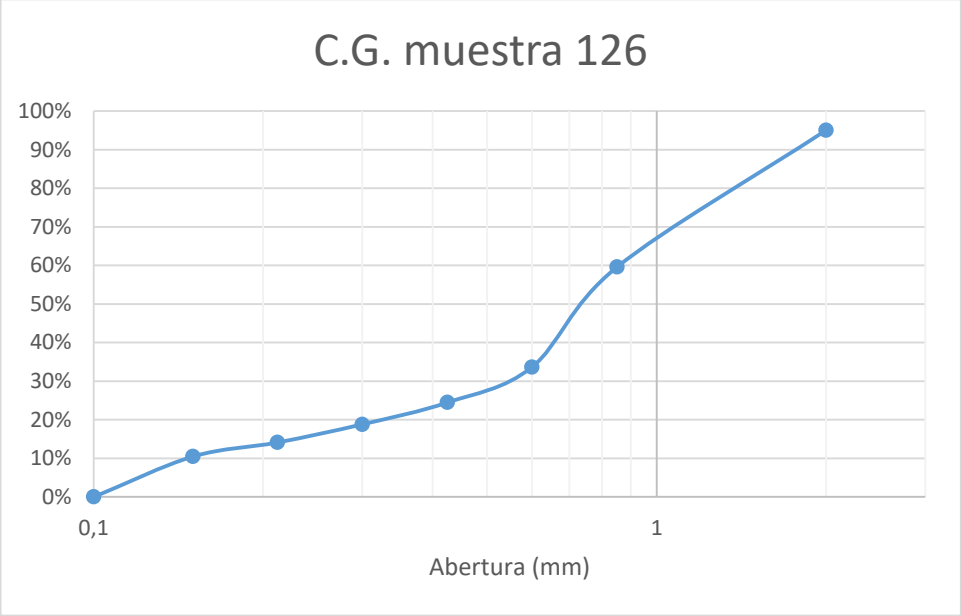
$L_{1=}$ Long del filtro = 4 m

$$V_{f1} = ((0,31\ m^2 - 0,20"^2) * \pi * (4\ m) / 4$$

$$V_{f5} = 0,17\ m^3$$

Curva granulométrica muestra 126 – acuífero Nº6

Fig. 100 – C.G. Muestra 126



(Fuente: Elaboración propia)

Profundidad: 126 m

Espesor = 2 m

Tara = 101,2 gr

Tabla 30 – muestra 126

serie #	abertura (mm)	Peso (tara)(g)	masa retenida (g)	Retenido (%)	Retenido acu (%)	Pasante acu (%)
10	2	116,2	15	4,94%	4,94%	95,06%
20	0,85	209	107,8	35,48%	40,42%	59,58%
30	0,6	180	78,8	25,94%	66,36%	33,64%
40	0,425	129	27,8	9,15%	75,51%	24,49%
50	0,3	118,4	17,2	5,66%	81,17%	18,83%
70	0,212	115,5	14,3	4,71%	85,88%	14,12%
100	0,15	112,3	11,1	3,65%	89,53%	10,47%
base	0,1	133	31,8	10,47%	100,00%	0,00%
		1113,4	303,8	100,00%		

(Fuente: Elaboración propia)

Característica de muestra nª126

Tabla 31 – muestra 126 – Resumen de cálculos

D-10	0,15
D-30	0,53
D-50	0,76
D-60	0,86
U	5,84

D30 x 4	2,12
D30 x 6	3,18
D50 x 4	3,03
D50 x 5	3,79

(Fuente: Elaboración propia)

D_{10} < 0,25 U > 2,5

No hay necesidad de prefiltro

Abertura del filtro = $D_{a\text{-}50\ -\ 70}$ =1 mm

Reemplazando:

$$4 * 0{,}53 \leq D_{g\ 30} \leq 6 * 0{,}53$$

$$\mathbf{2{,}12} \leq D_{g\ 30} \leq 3{,}18$$

$$4 * 0{,}76 \leq D_{g\ 50} \leq 5 * 0{,}76$$

$$3{,}03 \leq D_{g\ 50} \leq \mathbf{3{,}79}$$

Volumen de grava para filtro

Filtro Nº6

$$V_{f1} = ((D_e{}^2 - D_i{}^2) * \pi * L_1) / 4$$

Donde:

$D_{e=}$ Diámetro exterior = 12 ¼'' = 0,31 m

$D_{i=}$ Diámetro interno = 8'' = 0,20 m

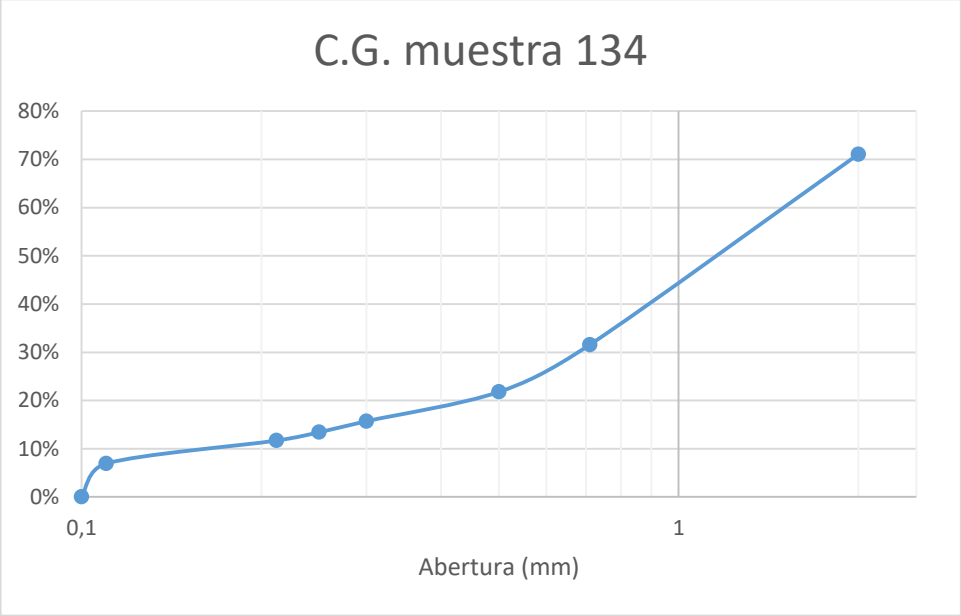
$L_{1=}$ Long del filtro = 2 m

$$V_{f1} = ((0{,}31\ m^2 - 0{,}20''^2) * \pi * (2\ m) / 4$$

$$V_{f6} = 0{,}09\ m^3$$

Curva granulométrica muestra 134 – acuífero Nº7

Fig. 101 – C.G. Muestra 134



(Fuente: Elaboración propia)

Profundidad: 134 m

Espesor = 6 m

Tara = 102,5 gr

Tabla 32 – muestra 134

serie #	abertura (mm)	Peso (tara)(g)	masa retenida (g)	Retenido (%)	Retenido acu (%)	Pasante acu (%)
10	2	198	95,5	28,67%	28,67%	71,33%
25	0,71	223,2	120,7	36,24%	64,91%	35,09%
35	0,5	140,2	37,7	11,32%	76,22%	23,78%
50	0,3	122	19,5	5,85%	82,08%	17,92%
60	0,25	107,8	5,3	1,59%	83,67%	16,33%
70	0,212	105,2	2,7	0,81%	84,48%	15,52%
140	0,11	124,7	22,2	6,66%	91,14%	8,86%
base	0,1	132	29,5	8,86%	100,00%	0,00%
		1153,1	333,1	100,00%		

(Fuente: Elaboración propia)

Característica de muestra nª134

Tabla 33 – muestra 134 – Resumen de cálculos

D-10	0,13
D-30	0,62
D-50	1,24
D-60	1,60
U	12,52

D30 x 4	2,46
D30 x 6	3,69
D50 x 4	4,96
D50 x 5	6,20

(Fuente: Elaboración propia)

D_{10} < 0,25 U > 2,5

No hay necesidad de prefiltro

Abertura del filtro = $D_{a-50\ -\ 70}$ =1,5 mm

Reemplazando:

$$4 * 0,62 \leq D_{g\ 30} \leq 6 * 0,62$$

$$\mathbf{2,46} \leq D_{g\ 30} \leq 3,69$$

$$4 * 1,24 \leq D_{g\ 50} \leq 5 * 1,24$$

$$4,96 \leq D_{g\ 50} \leq 6,20$$

Volumen de grava para filtro

Filtro Nº7

$$V_{f1} = ((D_e{}^2 - D_i{}^2) * \pi * L_1) / 4$$

Donde:

$D_{e=}$ Diámetro exterior = 12 ¼'' = 0,31m

$D_{i=}$ Diámetro interno =8'' = 0,20 m

$L_{1=}$ Long del filtro = 6 m

$$V_{f1} = ((0,31\ m^2 - 0,20"^2) * \pi * (6m) / 4$$

$$V_{f7} = 0,26\ m^3$$

Volumen total de grava para filtros

$$V_T = \sum V_T * 1,2$$

$$V_T = (0,13\ m^3 + 0,22\ m^3 + 0,13\ m^3 + 0,53\ m^3 + 0,17\ m^3 + 0,09\ m^3 + 0,26\ m^3) * 1,2$$

$$V_T = 1,56\ m^3$$

Abertura del filtro:

La abertura es la menor dimensión del orificio por donde pasa el agua.

Pero la función más importante del filtro es la de impedir la entrada de arena al pozo. Por lo tanto hay una estrecha relación entre la granulometría del acuífero y las aberturas del filtro.

Los datos obtenidos en el resumen en el CUADRO.

Tabla 34 – Resumen aberturas

Acuífero	Prof. Sup.(m)	Prof. Inf.(m)	Espesor(m)	Muestra nº	Abertura(m)
1	64	70	6	68	1,5
2	77	79	2	78	1,25
3	82	86	4	84	1
4	92	104	12	98	1
5	111	114	3	112	1,25
6	125	127	2	126	1
7	132	135	3	134	1,5

(Fuente: Elaboración propia)

Anexo 4 – Dimensiones elementos de perforación

Características de los elementos de perforación.

Barras utilizadas en las diferentes instancias del proyecto.

Tabla 35 – longitud de barras

N°	Denominación	Long. (m)
1	PM	8,01
2	B1	9,26
3	B2	9,09
4	B3	9,42
5	B4	8,83
6	B5	9,1
7	B6	9,34
8	B7	9,23
9	B8	9,15
10	B9	8,89
11	B10	8,41
12	B11	8,86
13	B12	8,89
14	B13	9,5
15	B14	9,36

(Fuente: Elaboración propia)

VASTAGO

- Diámetro de 4 pulgadas
- Longitud de 9,50 metros (efectivos 9)

RECTIFICADOR:

- Diámetro de 7’’
- Longitud de 1,07 m
- Reducción de 20 cm

TREPANO

- Diámetro de 8 ½ pulgadas
- Longitud de 32 cm

Secuencia de colocación de barras empleada en la perforación

Se midió la altura desde la parte superior de la mesa giratoria donde es apoyado el vástago hasta la boca del pozo es de 1,20 m.

Longitud total del tren de herramientas.

Trepano + rectificador + vástago = 0,32 m + 1,07 m + 9 m = 10,39 m

Longitud de operación:

Trepano + rectificador + vástago – altura de mesa giratoria = 9,19 m

Tabla 36 – Resumen de etapa 1

Etapa 1	Datos
Altura mesa(m)	1,2
trepano (m)	0,32
rectificador (m)	1,07
Vástago (m)	9
Longitud total (m)	9,19
Longitud perforada en esta etapa (m)	8,8
Profundidad de la operación (m)	8,8
Tiempo empleado en perforación (minutos)	00:43:00
Tiempo total empleado en esta etapa (minutos)	01:10:00
Velocidad de perforación (m/min)	0,20
Eficiencia (%)	61,43
Rendimiento del equipo (min/m)	4,89

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 37 – Resumen de etapa 2

Etapa 2	Datos
Altura mesa(m)	1,2
trepano (m)	0,32
rectificador (m)	1,07
Vástago (m)	9
Portamecha	8,01
Longitud total (m)	17,2
Longitud perforada en esta etapa (m)	9
Profundidad de la operación (m)	17,8
Tiempo empleado en perforación (horas)	00:57:22
Tiempo total empleado en esta etapa (horas)	01:28:46
Velocidad de perforación (m/min)	0,16
Eficiencia (%)	65,02
Rendimiento del equipo (min/m)	6,36

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 38 – Resumen de etapa 3

Etapa 3	Datos
Altura mesa(m)	1,2
trepano (m) + rectificador (m) + portamecha (m)	9,4
Vástago (m)	9
B1	9,26
Longitud total (m)	26,46
Longitud perforada en esta etapa (m)	9
Profundidad de la operación (m)	26,8
Tiempo empleado en perforación (horas)	01:32:40
Tiempo total empleado en esta etapa (horas)	02:18:25
Velocidad de perforación (m/min)	0,10
Eficiencia (%)	67,10
Rendimiento del equipo (min/m)	10,29

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 39 – Resumen de etapa 4

Etapa 4	Datos
Altura mesa(m)	1,2
trepano (m) + rectificador (m) + portamecha (m)	9,4
Vástago (m)	9
B1+B2	18,35
Longitud total (m)	35,55
Longitud perforada en esta etapa (m)	9
Profundidad de la operación (m)	35,8
Tiempo empleado en perforación (horas)	01:44:15
Tiempo total empleado en esta etapa (horas)	02:11:42
Velocidad de perforación (m/min)	0,09
Eficiencia (%)	79,16
Rendimiento del equipo (min/m)	11,58

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 40 – Resumen de etapa 5

Etapa 5	Datos
Altura mesa(m)	1,2
trepano (m) + rectificador (m) + portamecha (m)	9,4
Vástago (m)	9
B1+B2 + B3	27,77
Longitud total (m)	44,97
Longitud perforada en esta etapa (m)	9
Profundidad de la operación (m)	44,8
Tiempo empleado en perforación (horas)	03:22:24
Tiempo total empleado en esta etapa (horas)	04:49:43
Velocidad de perforación (m/min)	0,04
Eficiencia (%)	69,86
Rendimiento del equipo (min/m)	22,49

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 41 – Resumen de etapa 6

Etapa 6	Datos
Altura mesa(m)	1,2
trepano (m) + rectificador (m) + portamecha (m)	9,4
Vástago (m)	9
B1+B2 + B3 + B4	36,6
Longitud total (m)	53,8
Longitud perforada en esta etapa (m)	9
Profundidad de la operación (m)	53,8
Tiempo empleado en perforación (horas)	02:47:36
Tiempo total empleado en esta etapa (horas)	04:20:02
Velocidad de perforación (m/min)	0,05
Eficiencia (%)	64,45
Rendimiento del equipo (min/m)	18,62

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 42 – Resumen de etapa 7

Etapa 7	
Altura mesa(m)	1,2
trepano (m) + rectificador (m) + portamecha (m)	9,4
Vástago (m)	9
B1+B2 + B3 + B4 + B5	45,7
Longitud total (m)	62,9
Longitud perforada en esta etapa (m)	9
Profundidad de la operación (m)	62,8
Tiempo empleado en perforación (horas)	03:53:24
Tiempo total empleado en esta etapa (horas)	04:04:42
Velocidad de perforación (m/min)	0,04
Eficiencia (%)	95,38
Rendimiento del equipo (min/m)	25,93

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 43 – Resumen de etapa 8

Etapa 8	
Altura mesa(m)	1,2
trepano (m) + rectificador (m) + portamecha (m)	9,4
Vástago (m)	9
B1+B2 + B3 + B4 + B5+B6	55,04
Longitud total (m)	72,24
Longitud perforada en esta etapa (m)	9
Profundidad de la operación (m)	71,8
Tiempo empleado en perforación (horas)	03:41:22
Tiempo total empleado en esta etapa (horas)	03:55:32
Velocidad de perforación (m/min)	0,04
Eficiencia (%)	93,99
Rendimiento del equipo (min/m)	24,60

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 44 – Resumen de etapa 9

Etapa 9	Datos
Altura mesa(m)	1,2
trepano (m) + rectificador (m) + portamecha (m)	9,4
Vástago (m)	9
B1+B2 + B3 + B4 + B5+B6+ B7	64,27
Longitud total (m)	81,47
Longitud perforada en esta etapa (m)	9
Profundidad de la operación (m)	80,8
Tiempo empleado en perforación (horas)	02:57:39
Tiempo total empleado en esta etapa (horas)	03:09:48
Velocidad de perforación (m/min)	0,05
Eficiencia (%)	93,60
Rendimiento del equipo (min/m)	19,74

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 45 – Resumen de etapa 10

Etapa 10	Datos
Altura mesa(m)	1,2
trepano (m) + rectificador (m) + portamecha (m)	9,4
vástago (m)	9
B1+B2 + B3 + B4 + B5+B6+ B7 + B8	73,42
Longitud total (m)	90,62
Longitud perforada en esta etapa (m)	9
Profundidad de la operación (m)	89,8
Tiempo empleado en perforación (horas)	04:02:01
Tiempo total empleado en esta etapa (horas)	05:38:06
Velocidad de perforación (m/min)	0,04
Eficiencia (%)	71,58
Rendimiento del equipo (min/m)	26,89

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 46 – Resumen de etapa 11

Etapa 11	Datos
Altura mesa(m)	1,2
trepano (m) + rectificador (m) + portamecha (m)	9,4
Vástago (m)	9
B1+B2 + B3 + B4 + B5+B6+ B7 + B8+B9	82,31
Longitud total (m)	99,51
Longitud perforada en esta etapa (m)	9
Profundidad de la operación (m)	98,8
Tiempo empleado en perforación (horas)	02:20:35
Tiempo total empleado en esta etapa (horas)	02:49:14
Velocidad de perforación (m/min)	0,06
Eficiencia (%)	83,07
Rendimiento del equipo (min/m)	15,62

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 47 – Resumen de etapa 12

Etapa 12	Datos
Altura mesa(m)	1,2
trepano (m) + rectificador (m) + portamecha (m)	9,4
Vástago (m)	9
B1+B2 + B3 + B4 + B5+B6+ B7 + B8+B9+B10	90,72
Longitud total (m)	107,92
Longitud perforada en esta etapa (m)	9
Profundidad de la operación (m)	107,8
Tiempo empleado en perforación (horas)	03:38:36
Tiempo total empleado en esta etapa (horas)	05:00:07
Velocidad de perforación (m/min)	0,04
Eficiencia (%)	72,84
Rendimiento del equipo (min/m)	24,29

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 48 – Resumen de etapa 13

Etapa 13	
Altura mesa(m)	1,2
trepano (m) + rectificador (m) + portamecha (m)	9,4
Vástago (m)	9
B1+B2 + B3 + B4 + B5+B6+ B7 + B8+B9+B10+B11	99,58
Longitud total (m)	116,78
Longitud perforada en esta etapa (m)	9
Profundidad de la operación (m)	116,8
Tiempo empleado en perforación (horas)	04:58:42
Tiempo total empleado en esta etapa (horas)	05:27:15
Velocidad de perforación (m/min)	0,03
Eficiencia (%)	91,28
Rendimiento del equipo (min/m)	33,19

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 49 – Resumen de etapa 14

Etapa 14	Datos
Altura mesa(m)	1,2
trepano (m) + rectificador (m) + portamecha (m)	9,4
Vástago (m)	9,5
B1+B2 + B3 + B4 + B5+B6+ B7 + B8+B9+B10+B11+B12	108,47
Longitud total (m)	126,17
Longitud perforada en esta etapa (m)	9,5
Profundidad de la operación (m)	126,8
Tiempo empleado en perforación (horas)	04:05:07
Tiempo total empleado en esta etapa (horas)	04:45:07
Velocidad de perforación (m/min)	0,04
Eficiencia (%)	85,97
Rendimiento del equipo (min/m)	25,80

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 50 – Resumen de etapa 15

Etapa 15	Datos
Altura mesa(m)	1,2
trepano (m) + rectificador (m) + portamecha (m)	9,4
Vástago (m)	9,5
B1+B2 + B3 + B4 + B5+B6+ B7 + B8+B9+B10+B11+B12+B13	117,97
Longitud total (m)	135,67
Longitud perforada en esta etapa (m)	7
Profundidad de la operación (m)	133,8
Tiempo empleado en perforación (horas)	02:12:29
Tiempo total empleado en esta etapa (horas)	02:33:21
Velocidad de perforación (m/min)	0,05
Eficiencia (%)	86,39
Rendimiento del equipo (min/m)	18,93

(Fuente: Elaboración propia)

Anexo 5 - Tiempos de perforación

Análisis de datos obtenidos

El tiempo insumido en la perforación para la obtención de cada muestra de formación fue relacionada con la longitud perforada, de modo de obtener una velocidad de perforación relativa.

Los datos y resultados son los siguientes.

Tabla 51 – tiempo perforación pozo exploratorio

Metros	Tiempo hh:mm:ss	Tiempo acum. hh:mm:ss	Vel. de perf. (m/min)
1	00:04:00	00:04:00	0,25
2	00:04:00	00:08:00	0,25
3	00:04:00	00:12:00	0,25
4	00:04:00	00:16:00	0,25
5	00:03:00	00:19:00	0,33
6	00:03:00	00:22:00	0,33
7	00:04:00	00:26:00	0,25
8	00:03:00	00:29:00	0,33
9	00:08:00	00:37:00	0,13
10	00:06:00	00:43:00	0,17
11	00:06:38	00:49:38	0,15
12	00:05:43	00:55:21	0,17
13	00:05:11	01:00:32	0,19
14	00:03:02	01:03:34	0,33
15	00:04:33	01:08:07	0,22
16	00:06:39	01:14:46	0,15
17	00:09:11	01:23:57	0,11
18	00:08:53	01:32:50	0,11
19	00:07:32	01:40:22	0,13
20	00:02:57	01:43:19	0,34
21	00:08:34	01:51:53	0,12
22	00:14:52	02:06:45	0,07
23	00:11:54	02:18:39	0,08
24	00:14:25	02:33:04	0,07
25	00:09:52	02:42:56	0,10
26	00:12:16	02:55:12	0,08
27	00:04:04	02:59:16	0,25
28	00:13:46	03:13:02	0,07
29	00:03:57	03:16:59	0,25
30	00:17:04	03:34:03	0,06

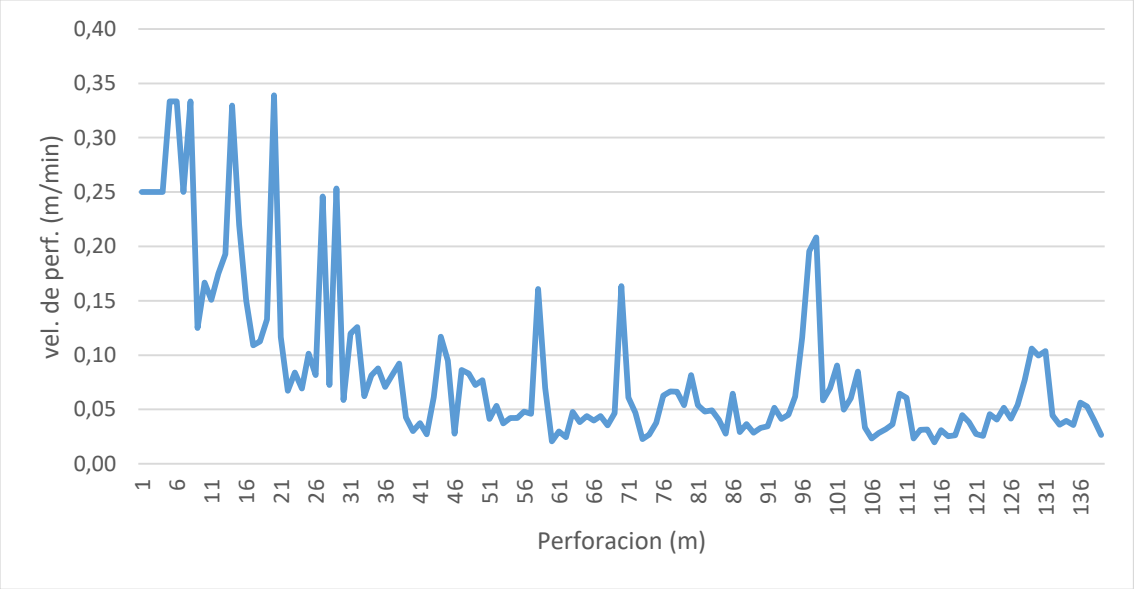
Metros	Tiempo hh:mm:ss	Tiempo acum. hh:mm:ss	Vel. de perf. (m/min)
31	00:08:20	03:42:23	0,12
32	00:07:57	03:50:20	0,13
33	00:16:07	04:06:27	0,06
34	00:12:18	04:18:45	0,08
35	00:11:23	04:30:08	0,09
36	00:14:10	04:44:18	0,07
37	00:12:15	04:56:33	0,08
38	00:10:51	05:07:24	0,09
39	00:23:25	05:30:49	0,04
40	00:33:22	06:04:11	0,03
41	00:26:39	06:30:50	0,04
42	00:36:40	07:07:30	0,03
43	00:16:20	07:23:50	0,06
44	00:08:33	07:32:23	0,12
45	00:10:33	07:42:56	0,09
46	00:36:01	08:18:57	0,03
47	00:11:35	08:30:32	0,09
48	00:12:02	08:42:34	0,08
49	00:13:46	08:56:20	0,07
50	00:12:59	09:09:19	0,08
51	00:24:12	09:33:31	0,04
52	00:18:45	09:52:16	0,05
53	00:26:52	10:19:08	0,04
54	00:23:40	10:42:48	0,04
55	00:23:45	11:06:33	0,04
56	00:20:49	11:27:22	0,05
57	00:21:45	11:49:07	0,05
58	00:06:13	11:55:20	0,16
59	00:14:19	12:09:39	0,07
60	00:48:32	12:58:11	0,02
61	00:33:43	13:31:54	0,03
62	00:41:03	14:12:57	0,02
63	00:21:00	14:33:57	0,05
64	00:26:00	14:59:57	0,04
65	00:22:43	15:22:40	0,04
66	00:25:05	15:47:45	0,04
67	00:22:44	16:10:29	0,04
68	00:28:21	16:38:50	0,04

Metros	Tiempo hh:mm:ss	Tiempo acum. hh:mm:ss	Vel. de perf. (m/min)
69	00:21:29	17:00:19	0,05
70	00:06:07	17:06:26	0,16
71	00:16:22	17:22:48	0,06
72	00:21:24	17:44:12	0,05
73	00:44:06	18:28:18	0,02
74	00:37:13	19:05:31	0,03
75	00:26:27	19:31:58	0,04
76	00:15:57	19:47:55	0,06
77	00:15:02	20:02:57	0,07
78	00:15:05	20:18:02	0,07
79	00:18:30	20:36:32	0,05
80	00:12:16	20:48:48	0,08
81	00:18:30	21:07:18	0,05
82	00:20:52	21:28:10	0,05
83	00:20:22	21:48:32	0,05
84	00:24:47	22:13:19	0,04
85	00:36:05	22:49:24	0,03
86	00:15:31	23:04:55	0,06
87	0:34:05	23:39:00	0,03
88	00:27:19	24:06:19	0,04
89	00:34:47	24:41:06	0,03
90	00:30:09	25:11:15	0,03
91	00:28:56	25:40:11	0,03
92	00:19:23	25:59:34	0,05
93	00:24:18	26:23:52	0,04
94	00:22:06	26:45:58	0,05
95	00:16:08	27:02:06	0,06
96	00:08:36	27:10:42	0,12
97	00:05:07	27:15:49	0,20
98	00:04:48	27:20:37	0,21
99	00:17:08	27:37:45	0,06
100	00:14:23	27:52:08	0,07
101	00:11:03	28:03:11	0,09
102	00:20:05	28:23:16	0,05
103	00:16:35	28:39:51	0,06
104	00:11:47	28:51:38	0,08

Metros	Tiempo hh:mm:ss	Tiempo acum. hh:mm:ss	Vel. de perf. (m/min)
105	00:30:07	29:21:45	0,03
106	00:42:52	30:04:37	0,02
107	00:35:15	30:39:52	0,03
108	00:31:19	31:11:11	0,03
109	00:27:33	31:38:44	0,04
110	00:15:29	31:54:13	0,06
111	00:16:29	32:10:42	0,06
112	00:42:52	32:53:34	0,02
113	00:31:54	33:25:28	0,03
114	00:31:49	33:57:17	0,03
115	00:50:28	34:47:45	0,02
116	00:32:18	35:20:03	0,03
117	00:39:20	35:59:23	0,03
118	00:38:03	36:37:26	0,03
119	00:22:17	36:59:43	0,04
120	00:26:05	37:25:48	0,04
121	00:36:16	38:02:04	0,03
122	00:39:09	38:41:13	0,03
123	00:21:51	39:03:04	0,05
124	00:24:31	39:27:35	0,04
125	00:19:24	39:46:59	0,05
126	00:24:08	40:11:07	0,04
127	00:18:26	40:29:33	0,05
128	00:13:00	40:42:33	0,08
129	00:09:25	40:51:58	0,11
130	00:10:02	41:02:00	0,10
131	00:09:39	41:11:39	0,10
132	00:22:26	41:34:05	0,04
133	00:27:42	42:01:47	0,04
134	00:25:13	42:27:00	0,04
135	00:28:02	42:55:02	0,04
136	00:17:43	43:12:45	0,06
137	00:18:58	43:31:43	0,05
138	00:25:01	43:56:44	0,04
139	00:37:49	44:34:33	0,03
Total	44:34:33		

(Fuente: Elaboración propia)

Fig. 102 – Velocidad en función de los metros perforados



(Fuente: Elaboración propia)

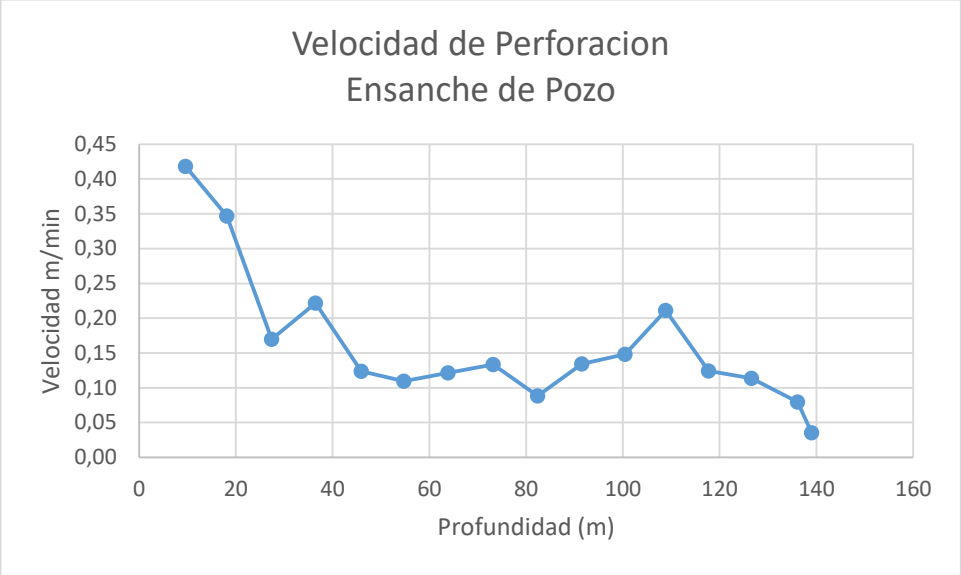
Secuencia de perforación de ensanche

Tabla 52 – resumen perforación pozo final

Etapa	Elemento empleado	Long. perforación (m)	Profundidad Acu (m)	Tiempo hh:mm:ss	Vel. De perf. (m/min)
1	Trepano+red.	9,62	9,62	00:23:00	0,42
2	Portamecha	8,51	18,13	00:24:33	0,35
3	B1	9,26	27,39	00:54:31	0,17
4	B2	9,09	36,48	00:41:01	0,22
5	B3	9,42	45,9	01:16:13	0,12
6	B4	8,83	54,73	01:20:30	0,11
7	B5	9,1	63,83	01:15:03	0,12
8	B6	9,34	73,17	01:10:05	0,13
9	B7	9,23	82,4	01:44:33	0,09
10	B8	9,15	91,55	01:08:01	0,13
11	B9	8,89	100,44	01:00:05	0,15
12	B10	8,41	108,85	00:39:50	0,21
13	B11	8,86	117,71	01:11:12	0,12
14	B12	8,89	126,6	01:18:06	0,11
15	B13	9,5	136,1	01:59:07	0,08
16	B14	2,9	139	01:21:48	0,04
TOTAL		139	139	17:47:38	0,13

(Fuente: Elaboración propia)

Fig. 103 – Velocidad en función de la Prof. Del pozo de ensanche



(Fuente: Elaboración propia)

Anexo 6 – Ensayo de bombeo

INSTALACIONES CATAMARCA SRL
Perforaciones y Electromecánica

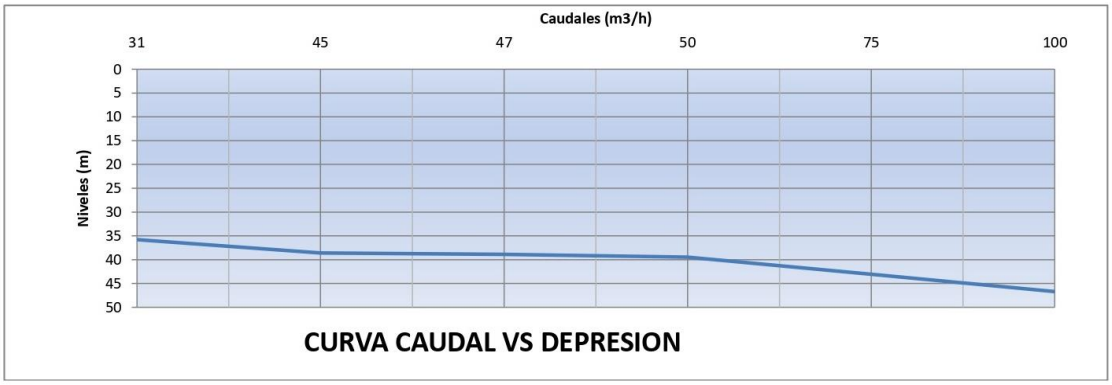
Av. Virgen del Valle 309 - K4700FFD
San Fernando del Valle de Catamarca
0383-4427210
instalacionescatamarca@gmail.com
www.instalacionescatamarca.com

ENSAYO DE BOMBEO POZO N° 01
OSCAR DE LA BARRERA - COLONIA DEL VALLE

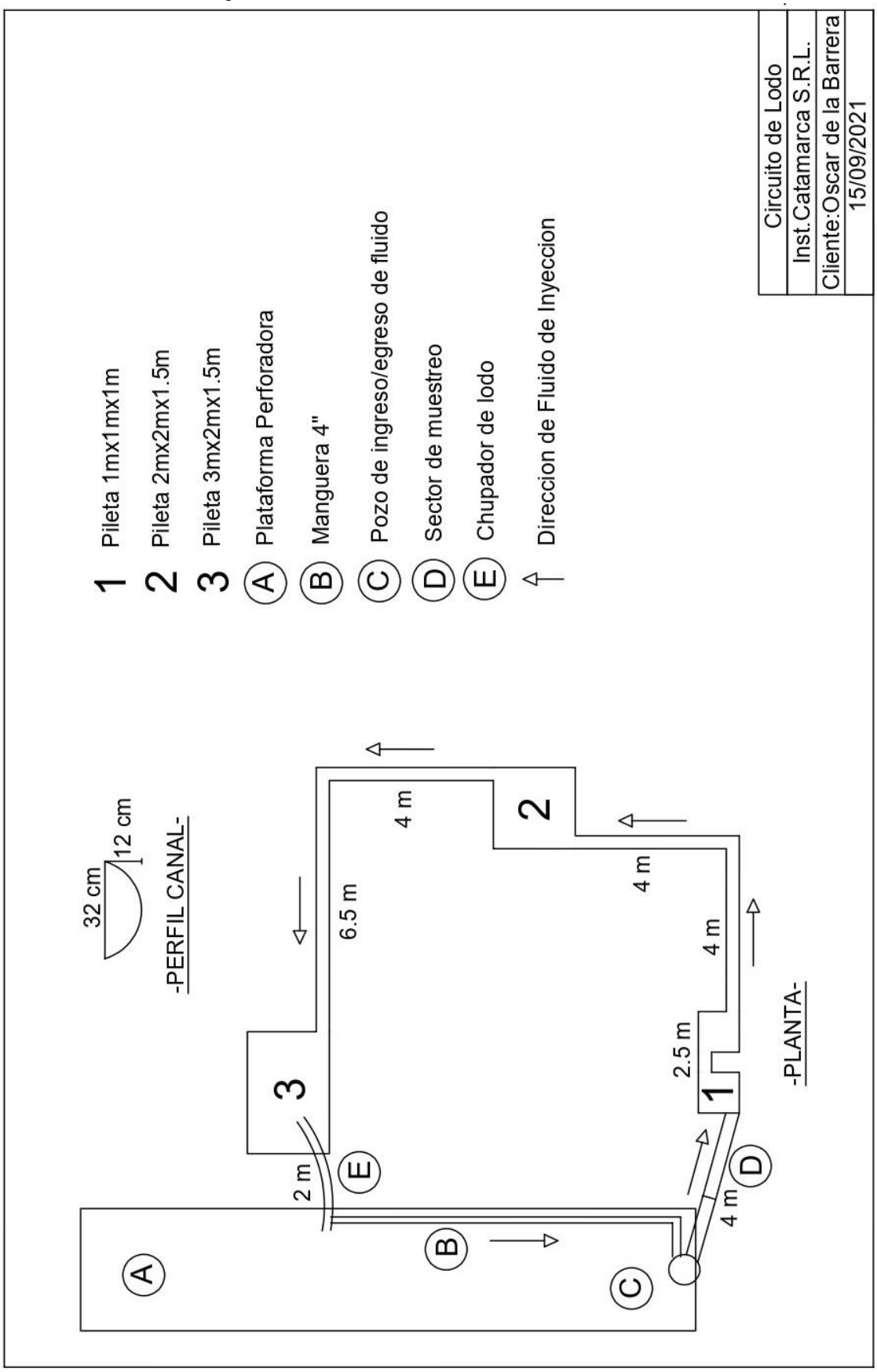
Fecha: 25/09/21 25/09/21
Cliente: OSCAR DE LA OSCAR DE LA BARRERA

Nivel Estático 32.80

	DATOS HIDRAULICOS S/ENSAYO DE BOMBEO			ESTIMADOS POR PROYECCIÓN		
Caudal de ensayo (m^3/h)	**31**	**45**	**47**	**50**	**75**	**100**
Nivél dinámico (m)	35.80	38.60	38.90	39.47	43.07	46.69
Depresión (m)	3.00	5.80	6.10	6.67	10.27	13.89
Caudal específico ($m^3/h/m$)	10.34	7.76	7.70	7.50	7.30	7.20
	8.60					



Anexo 7 – Circuito de inyección



Anexo 8 – Inhibidor de arcillas

ECO ARGENTINA GROUP S.A. – SOLUCIONES ECOLOGICAS

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD – MSDS -

Nombre del Producto: **ECOLUT**
Fecha de Revisión: Junio 2016. Revisión N°1

SECCION 1: IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA

PRODUCTO
Nombre: **ECOLUT** - Inhibidor de Lutitas ecológico
Número CAS: 67-48-1
Sinónimos : Inhibidor de arcillas ecológico

COMPAÑÍA: **ECO ARGENTINA GROUP S.A.**
Dirección: Magallanes 466 – Luján de Cuyo – Mendoza – Argentina
Cuit: 33-71484018-1 - **Tel**: 0054-261-4223232

Teléfonos de Emergencia
Argentina TOXICOLOGÍA - CENTRO NACIONAL DE INTOXICACIONES
Línea Gratuita Nacional: **0 800 333 0160**

SECCION 2 : COMPOSICION / INFORMACION SOBRE LOS INGREDIENTES

Derivado de un compuesto de de alquil-amonio. Contiene emulsionantes naturales.
Porcentaje P/P: 60 a 100

SECCION 3 : IDENTIFICACION DE PELIGROS

Clasificación ONU: NO Clasificado. **Clasificación NFPA:** Salud: 1-Inflamabilidad: 0-Reactividad: 0

EFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:
El producto no constituye riesgo para la salud o el medio ambiente.
Inhalación: Pueden causar irritación del tracto respiratorio.

Ingestión: La ingestion accidental puede provocar irritación del aparato digestivo, nauseas, vomitos y diarrea. No tiene efectos nocivos.

Contacto con los ojos: La exposición repetida a vapores o al líquido puede causar irritación.

Contacto con la piel: Contactos prolongados pueden causar irritación y dermatitis por la eliminación de las grasas naturals.

SECCION 4: PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación: Trasladar al afectado a una zona de aire fresco. Si la respiración es dificultosa practica respiración artificial o aplicar oxígeno. Solicitar asistencia médica.

Contacto Dérmico: Retirar la ropa contaminada. Lavar la piel con abundante agua y jabón.

Contacto Ocular: Lave los ojos inmediatamente durante 15 minutos, elevando los párpados superior e inferior. Solicite asistencia médica.

Ingestión: ¡No induzca el vómito!. Nunca administre nada por la boca a una persona inconsciente. Si el afectado está consciente, enjuague la boca con agua, y suministrele uno o dos vasos de carbon activado. Solicitar atención médica.

SECCION 5 : MEDIDAS PARA EXTINCION DE INCENDIOS

Agente de Extinción Fuegos de poca magnitud pueden ser combatidos con arena, espuma, polvo o dióxido de carbono. Espuma química o polvo pueden emplearse en grandes incendios.

Equipo de protección para la Emergencia: Prendas para lucha contra incendios resistentes al calor. Cuando exista alta concentración de vapores o humos, utilizar aparato de respiración autónomo. MSHA/NIOSH (aprobado o equivalente) y equipo de protección completo.

Peligros especiales: Bajo condiciones de fuego puede descomponerse en gases tóxicos e irritantes (i.e. cloruro de hidrógeno, óxidos de nitrógeno, amoniaco y óxidos de carbono)

SECCION 6: MEDIDAS PARA FUGAS ACCIDENTALES

Medidas de emergencia: Precauciones para el personal: Asegurar una adecuada ventilación en las áreas de trabajo. Utilizar ropa de seguridad adecuada para el manejo de sustancias químicas peligrosas.

Procedimientos de limpieza: Absorber los posibles derrames sobre tierras diatomeas, posteriormente, disponer de ellas en sitios habilitados para la disposición final de productos químicos.

SECCION 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Condiciones de almacenaje: Almacenar en un lugar ventilado y seco. Guardar el producto en recipientes etiquetados. Alejados del calor y Fuentes de ignición.

Manipulación: Evitar el contacto con el producto y la inhalación de vapores o nieblas. No comer, beber, en el area de manipulación del producto. En el trasvase se recomienda el empleo de guantes, visores o gafas para evitar salpicaduras. No cortar o soldar en zonas próximas a recipientes llenos del producto.

SECCION 8: CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL

Controles de Ingeniería: Asegurar una ventilación suficiente en el lugar de manipulación.

Las potenciales fuente de exposición deberán ser identificadas y reducidas al mínimo posible.
El departamento de ingeniería de procesos deberá dotar al área de trabajo de una adecuada ventilación para mantener niveles de exposición seguros.

Equipos de protección

Vías respiratorias: Utilizar máscara para vapores químicos cuando fuese necesario.

Ropas de seguridad: Tome todas las precauciones para prevenir el contacto con la piel. El uso de guantes, protectores impermeables para los brazos y delantal, es imprescindible para el manejo de este producto. Protección adicional, tal como un traje antiquímicos y botas, puede requerirse dependiendo de las condiciones de trabajo.

Protección ocular: Emplear antiparras de seguridad bien ajustadas y un visor plástico para la protección del rostro

Otros: Contar con estaciones para el lavado de ojos y duchas de emergencia próximas al sector de trabajo

ECO ARGENTINA GROUP S.A. – SOLUCIONES ECOLOGICAS

SECCION 9: PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Estado físico:	Líquido
Apariencia y color:	Incoloro ligeramente Amarillo
Olor:	Suave característicos de las aminas
Densidad:	1,10 G/ml
Punto de Ebullición:	**>** 101 C
Hidrosubilidad:	Soluble
Punto de congelación:	**-1** C max.
PH:	**6,5 a** 8,5 min
Propiedades Explosivas:	NP

SECCION 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad:	Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.
Condiciones a evitar:	Al mezclarse con agua produce superficies resbalosas. Altas temperaturas.
Incompatibilidad con otros materiales:	Agentes oxidantes fuertes.

Descomposición térmica: En caso de incendio, pueden producirse óxidos de nitrógeno, cloro y ácido clorhídrico.

Polimerización Peligrosa: No ocurrirá

SECCION 11 : INFORMACION TOXICOLOGICA

Toxicidad aguda: Producto No tóxico.

Carcinogenicidad: Clasificación IARC Grupo 3 (el agente no es clasificable en cuanto a su carcinogenicidad para el hombre.
Toxicidad para la reproducción: No existen evidencias.

SECCION 12: INFORMACION ECOLOGICA

Efectos ecotóxicos Toxicidad en peces CL50 > 10 g/l Especies Leuciscus idus Tiempo de exposición 96 h Método DIN 34412
Toxicidad en dafnias CE50 > 500 mg/l Especies Daphnia magna Tiempo de exposición 48 h Método OCDE 202 / ISO 6341 / CEE 84/449/V, C2
Toxicidad en algas CE50 > 500 mg/l Especies Scenedesmus subspicatus Tiempo de exposición 72 h Método DIN 38412 T.9

SECCION 13: CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICION

Agustín Emiliano Carrazana Constán
M.U.N.:00909

ECO ARGENTINA GROUP S.A. – SOLUCIONES ECOLOGICAS

Tratamientos de residuos: No deben descargarse efluentes conteniendo este producto en lagos, arroyos, ríos, mares u otros depósitos de agua, a menos que estas prácticas se encuentren en acuerdo con los requerimientos de las autoridades gubernamentales competentes en esta materia.

Disposición de contenedores: Los envases vacíos contienen residuos del producto. No distribuya, queme o reutilice los contenedores a excepción del almacenamiento o transporte del producto original.

SECCION 14: INFORMACION SOBRE TRANSPORTE

NO regulado. Estable a temperature ambiente y durante el transporte.
Clasificado como no peligroso para el transporte terrestre y marítimo.
Número UN: 1134
Clase: 1
Clasificación IATA-DGR: Ninguno (Transporte aéreo)

SECCION 15: INFORMACION REGLAMENTARIA

NFPA Rating: Salud: 1 Fuego: 0 Reactividad: 0 Especiales: Sin datos

SECCION 16: INFORMACION ADICIONAL

La información indicada en ésta Hoja de Seguridad fue recopilada y respaldada con la información suministrada en las Hojas de Seguridad de proveedores, y de ensayos propios. La información relacionada con este producto puede ser no válida si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular. La información contenida aquí se ofrece solamente como guía para la manipulación de este material específico y ha sido elaborada de buena fe por personal técnico. Esta no es intencionada como completa, incluso la manera y condiciones de uso y de manipulación pueden implicar otras consideraciones adicionales.

CONTROL DE REVISIONES Y CAMBIOS DE VERSIÓN:

Confección: Junio de 2015
Referencia de la Hoja de Datos de Seguridad: MSDS – FC-GT-HS-15
Actualización: Junio de 2016

Anexos 9 - Bentonita

"LA ELCHA" MINERA INDUSTRIAL S.A.

BENTONITA SÓDICA NATURAL

PARA PERFORACIÓN POZOS PETRÓLEO
ESPECIAL - TIPO NORMAS A.P.I. -

- ***De origen natural***
- ***Sin mejoradores***
- ***Elevada plasticidad***
- ***Buena gelificación***
- ***Buen rendimiento en aguas comunes***

CODIGO DEL PRODUCTO

BPE7

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

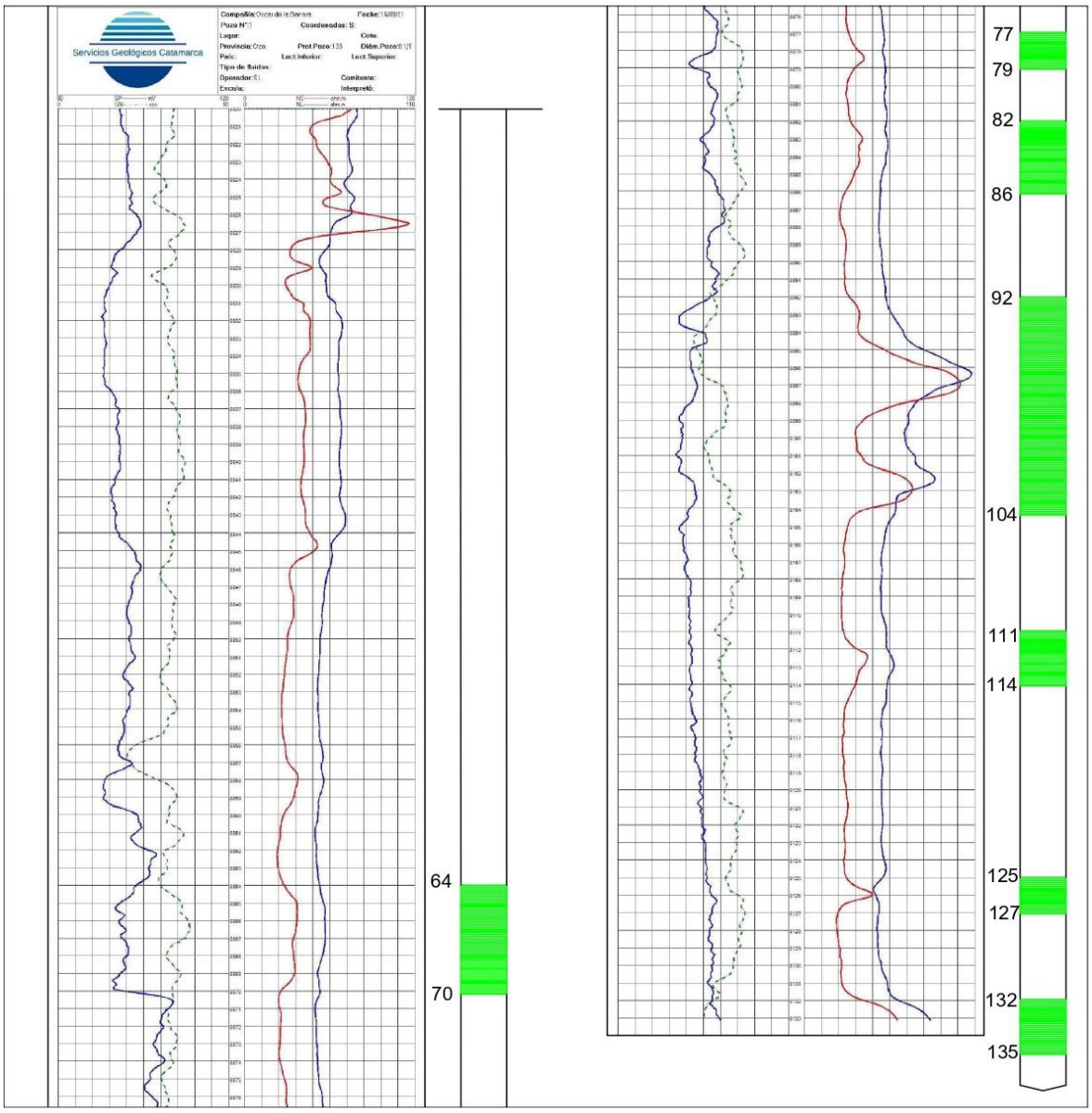
LECTURA VISCOSÍMETRO ROTATIVO (SIM FANN) 600 RPM/MIN. **(AGUA CONTAM.)**	**20 - 25 CPS.**
VISCOSIDAD PLÁSTICA	MIN. 5 CPS.
PUNTO DE FLUENCIA	MIN. 10 LB/100 PIE2 MAX. 50 LB/100 PIE2
YIELD POINT (13 A, SECCION 5)	< 3 VECES VP
HUMEDAD	8 - 12 %
GRANULOMETRÍA MALLA IRAM 300u (Nº 50) MALLA IRAM 212u (Nº 70)	 PASANTE 100% PASANTE 95% MIN.
IMPUREZAS MALLA IRAM 75u (ASTM Nº 200)	RETEN. 4% EN PESO MAX..
FILTRADO API (AGUA CONTAM.)	MAX . 15 CM3 (A 20 ºC)
FILTRADO API (AGUA DESTILADA)	MAX . 12 CM3 (A 20 ºC)

PRESENTACIÓN

Bolsas de polipropileno laminadas de 25 / 40 / 50 / 1000 kgs. Cada una.

Parque Industrial Provincial – Luján de Cuyo (5507) – Mendoza - Argentina
Tel/Fax 54 261 4982650 – 4982388 - E-Mail: laelcha@laelcha.com - www.laelcha.com

Anexo 10 – Posición de filtros



Anexo 11 – Tubería y Filtros

Escaneado con CamScanner

Filtro Criba Ranura Contínua

Construcción Estandar - Acero Inoxidable

INFORMACIÓN TÉCNICA

Diámetro			Area Abierta				Resistencia			
Nom. Pulg	Int mm	Ext mm	Ranura mm	%	Cm2/m	Capacidad Transmisión M3/h.metro V=3cm/seg	Comp.rad (colapso) Kg/cm2	Comp.ax (column) Ton.	A la tracc. Ton	Area total varill cm2
1 ¼	32	42	0,25	14	184	2,0	474			
			0,50	24	324	3,5	416			
			0,75	32	433	4,7	371	2m=1,45		
			1,00	39	522	5,6	334	3m=0,32	2,75	0,78
			1,25	45	594	6,4	204	4m=0,18		
			1,50	49	654	7,1	279	5m=0,12		
			2,00	56	749	8,1	240			
2	51	61	0,25	14	267	2,9	158			
			0,50	24	470	5,1	139	2m=2,07		
			0,75	32	428	6,8	124	3m=1,87	3,54	1,00
			1,00	39	755	8,1	112	4m=0,53		
			1,25	45	860	9,3	102	5m=0,34		
			1,50	49	948	10,2	93			
			2,00	56	1085	11,7	80			
2 ½	63,5	74	0,25	14	320	3,5	91			
			0,50	24	566	6,1	80	2m=1,91		
			0,75	32	756	8,1	71	3m=1,76	3,15	0,89
			1,00	39	910	9,8	64	4m=0,71		
			1,25	45	1035	11,2	59	5m=0,45		
			1,50	49	1140	12,3	54			
			2,00	56	1305	14,1	46			
3	76	86	0,25	14	376	4,1	57			
			0,50	24	660	7,1	50	2m=2,20		
			0,75	32	885	9,5	45	3m=2,06	3,54	1,00
			1,00	39	1060	11,5	40	4m=1,92		
			1,25	45	1210	13,1	37	5m=0,45		
			1,50	49	1330	14,4	34			
			2,00	56	1530	16,5	29			
4	102	112	0,25	14	490	5,3	26			
			0,50	24	860	9,3	23	2m=3,02		
			0,75	32	1150	12,4	20	3m=2,06	4,72	1,34
			1,00	39	1384	14,9	18	4m=2,74		
			1,25	45	1575	17,0	17	5m=2,60		
			1,50	49	1735	18,7	15			
			2,00	56	1988	21,5	13			
5	127	137	0,25	14	600	6,5	14,4			
			0,50	24	1052	11,4	12,7	2m=4,10		
			0,75	32	1407	15,2	11,3	3m=3,03	6,30	1,79
			1,00	39	1690	18,3	10,2	4m=3,79		
			1,25	45	1925	20,8	9,3	5m=3,64		
			1,50	49	2120	22,9	8,5			
			2,00	56	2430	26,2	7,3			

Diámetro			Area Abierta				Resistencia			
Nom. Pulg	Int mm	Ext mm	Ranura mm	%	Cm2/m	Capacidad Transmisión M3/h.metro V=3cm/seg	Comp.rad (colapso) Kg/cm2	Comp.ax (column) Ton.	A la tracc. Ton	Area total varill cm2
6	152	165	0,25	14	718	7,7	8,4			
			0,50	24	1262	13,6	7,3			
			0,75	32	1688	18,2	6,5	2m=7,28		
			1,00	39	2030	21,9	5,9	3m=7,06	11,05	3,14
		167	1,25	36	1860	20,1	15,3	4m=6,83		
			1,50	40	2088	22,5	14,3	5m=6,60		
			2,00	47	2458	26,5	12,6			
8	203	218	0,25	8	680	7,3	9,7			
			0,50	15	1238	13,4	8,8	2m=10,16		
			0,75	21	1703	18,4	8,1	3m=9,93	15,20	4,31
			1,00	26	2097	22,6	7,5	4m=9,79		
			1,25	31	2435	26,3	6,9	5m=9,46		
			1,50	35	2728	29,5	6,5			
			2,00	42	3210	34,7	5,7			
10	254	269	0,25	8	695	7,5	10,4			
			0,50	15	1280	13,8	9,6	2m=116,71		
			0,75	21	1790	19,3	9,0	3m=16,40	28,28	8,04
			1,00	26	2230	24,0	8,4	4m=16,10		
			1,25	31	2615	28,2	7,8	5m=15,79		
			1,50	35	2955	31,9	7,4			
			2,00	42	3520	38,0	6,6			
12	305	321	0,25	8	787	8,5	7,5			
			0,50	14	1460	15,8	7,0	2m=19,21		
			0,75	20	2040	22,0	6,5	3m=18,92	28,28	8,04
			1,00	25	2550	27,5	6,1	4m=18,62		
			1,25	30	3040	32,8	7,6	5m=18,33		
			1,50	34	3440	37,1	7,1			
			2,00	41	4124	44,5	6,4			
14	333	351	0,25	8	874	9,4	7,4			
			0,50	15	1620	17,5	7,1	2m=23,61		
			0,75	21	2260	21,4	6,4	3m=23,28	34,68	9,86
			1,00	26	2824	30,5	6,2	4m=22,95		
			1,25	27	3000	32,4	9,7	5m=22,62		
			1,50	31	3417	36,9	9,2			
			2,00	37	4130	44,6	8,3			
16	384	403	0,25	7	877	9,5	8,2			
			0,50	13	1640	17,7	7,7			
			0,75	18	2312	25,0	7,2	2m=26,76		
			1,00	23	2907	31,4	6,8	3m=26,43	39,15	11,13
			1,25	27	3435	37,1	6,5	4m=26,11		
			1,50	31	3910	42,2	6,1	5m=25,79		
			2,00	37	4728	51,1	5,6			

INTECO S.R.L.
Industrial Técnica Comercial

Av.Acc. Este Lat. Sur 6063 (CP. 5521) Villa Nueva -Gllén -Mendoza Argentina
Tels: 0054 (0261) 426-4876 - 426-2277 - 421-8637
inteco@rcc.com.ar

Escaneado con CamScanner

Anexo 12 – Tubería flexible

Well Oroflex® System

Sistema de tubería flexible para pozos de altas prestaciones

También conocido como Sistema **RYLBRUN TP**

tipsa Kuriyama Group

Diseñado para operaciones de extracción de agua en pozos con bombas sumergibles	Rápida instalación y recuperación Resistente a la corrosión
Excelente y rentable solución para el ahorro energético	Aprobado para agua potable Certificado según norma 61 NSF/ANSI/CAN

Aplicaciones:

Diseñado y recomendado para la extracción de agua subterránea y operaciones de monitoreo de pozos en diferentes industrias como la agricultura, el suministro de agua, la extracción de agua en minas y canteras, la industria marina y de alta mar, y en la industria geotérmica. El sistema OROFLEX WELL ofrece grandes prestaciones y un importante ahorro de costes en comparación con las tuberías convencionales de acero, PVC, fibra de vidrio y PE, lo que lo convierte en una perfecta solución para los instaladores de pozos. Ideal para la extracción de agua mineral potable subterránea, ya que permite un servicio de bombeo rápido y una resistencia total a la corrosión, a los microbios y a las incrustaciones. Solución probada durante 40 años en varias decenas de miles de instalaciones.

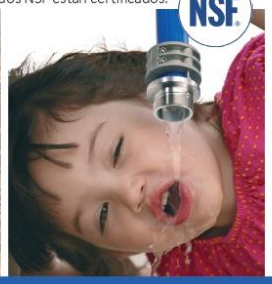
Propiedades físicas:

Diámetro Nominal Interno		Máxima Presión de Trabajo		Presión de Rotura		Profundidad Máxima		Máxima Carga Recomendada *		Máximo Fluido Recomendado	
mm	pulgada	bar	psi	bar	psi	m	pie	Kg	lb	l/min	g/min (US)
32	1 ¼	35	505	80	1.160	300**	990**	700	1.540	200	50
40	1 ½	30	435	70	1.015	260**	850**	700	1.540	270	70
52	2	26	375	62	900	260**	850**	1.600	3.530	500	130
65	2 ½	26	375	58	840	260**	850**	2.200	4.850	800	210
76	3	26	375	58	840	260**	850**	2.800	6.170	1.200	320
102	4	26	375	58	840	260**	850**	4.800	10.580	2.000	530
127	5	26	375	58	840	260**	850**	6.000	13.230	3.000	790
152	6	26	375	58	840	260**	850**	8.000	17.640	4.500	1.190

(*) La carga máxima recomendada incluye el peso de la manguera, el cable, los acoples, otros accesorios, la presión en la parte superior del pozo y el peso de la columna de agua.

(**) Las instalaciones por encima de los 200m (660 pies) deben ser consultadas antes de su instalación.

Sólo los productos que van marcados NSF están certificados.



TIPSA - Kuriyama Group · Av. de Barcelona, 20 · 08970 Sant Joan Despí / Barcelona, Spain

T. +34 93 602 1818 · **www.tipsa.com**

Well Oroflex® System

Sistema de tubería flexible para pozos de altas prestaciones

También conocido como Sistema **RYLBRUN TP**

tipsa Kuriyama Group

La manguera o tubería flexible para pozos:

Color:

El color azul es el estándar. Otros colores están disponibles bajo pedido.

Rango de servicio de temperatura:

De-40ºC (-40ºF) a 50ºC (122ºF).

Rango de pH operativo recomendado:

De 4 a 9 por debajo de 30ºC (86ºF) y de 5 a 9 de 30ºC a 50ºC (de 86ºF a 122ºF).

Construcción de la manguera:

Fabricada con hilo sintético 100% de alta tenacidad, tejido circularmente, recubierto y fijado por un poliuretano termoplástico altamente resistente extruido a través del tejido, formando una única construcción homogénea sin uso de pegamentos o adhesivos. Su construcción no permite corrosión ni incrustaciones, al tiempo que brinda una alta resistencia contra la abrasión y el corte. Fácil manipulación, almacenamiento y transporte, lo que permite una rápida instalación y desinstalación.

Resistencia al ozono:

No aparecen signos visibles de grietas debido al ozono. Excelente resistencia a los rayos UV y a diversos entornos climáticos.

Resistencia química:

La exposición al agua de mar y a la contaminación por la mayoría de las sustancias químicas, hidrocarburos, aceites y grasas no tiene ningún efecto en el rendimiento a corto o largo plazo de la manguera. TIPSA proporcionará datos específicos de la resistencia química de la manguera cuando el comprador lo solicite para aplicaciones específicas. Se recomienda desinstalar previamente la manguera del pozo durante el proceso de cloración para evitar altas concentraciones de cloro que podrían afectar al sistema.

Alargamiento máximo:

2% en condiciones de servicio.

Máxima expansión diametral:

10-15% en condiciones de servicio.

Longitudes:

Longitudes disponibles de hasta 1000 m para diámetros de 1 ¼", 500m para diámetros de 1 ½" a 4"" y de 300 m para diámetros de 5" y 6". Otras longitudes disponibles a petición.

Código de la Manguera	Diámetreo Nominal Interno		Resistencia a la Tracción de la Manguera		Peso Nominal de la Manguera	
	mm	pulgadas	kg	lb	kg/m	lb/pie
F559299A	32	1 ¼	3.000	6.600	0,29	0,19
F559320A*	32	1 ¼	3.000	6.600	0,28	0,19
F558028A	40	1 ½	3.500	7.700	0,35	0,24
F559364A	52	2	5.500	12.150	0,59	0,40
F558030A	65	2 ½	6.000	13.250	0,87	0,58
F558032A	76	3	8.000	17.650	1,02	0,68
F558063A	102	4	12.000	26.450	1,38	0,93
F558070A	127	5	18.000	39.700	1,94	1,30
F558075A	152	6	29.000	63.950	2,63	1,77

* Manguera sin aleta negra lateral que no permite sujetar cables eléctricos. Ideada para profundidades máximas de 150m.

La manguera OROFLEX WELL está aprobada para agua potable. La NSF (National Sanitation Foundation) certifica que la manguera OROFLEX WELL cumple con los requisitos de la Norma 61 NSF / ANSI / CAN- Drinking Water System Components- Health Effects.

Todas las mangueras estan provistas de aletas laterales, con una distancia de 1 metro entre ellas, para la sujeción tanto de cables eléctricos como de centradores. Para diámetros de 5" y 6", la manguera viene provista de dos aletas simétricamente situadas a lo largo de la misma.

tipsa: se reserva el derecho de modificar cualquier especificación sin previo aviso para cumplir o exceder los estándares cambiantes. Se informa a los clientes que se pueden producir diámetros o características de construcción especiales bajo pedido. Póngase en contacto con su distribuidor local o con TIPSA en: tipsaex@tipsa.com

TIPSA - Kuriyama Group · Av. de Barcelona, 20 · 08970 Sant Joan Despí / Barcelona, Spain

T. +34 93 602 1818 · **www.tipsa.com**

Well Oroflex® System

Sistema de tubería flexible para pozos de altas prestaciones

También conocido como Sistema **RYLBRUN TP**

tipsa Kuriyama Group

Los acoples:

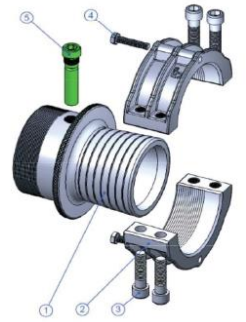
Disponible la gama completa de acoples en acero inoxidable 316 de alta seguridad especialmente diseñados para un óptimo desempeño del sistema.

Acoples de expansión en acero inoxidable AISI 316 - Tamaño pequeño

Código Acople	Rosca	Diámetro Nominal Interno		Diámetro Máximo		Peso Nominal	
		mm	pulgada	mm	pulgada	Kg	lb
C653058	NPT	32	1 ¼	56	2,20	0,25	0,55
C653200	GAS						

Acoples cónicos en acero inoxidable AISI 316 reutilizables

Código Acople	Dispositivo de Vaciado	Rosca	Diámetro Nominal Interno		Diámetro Máximo		Peso Nominal	
			mm	pulgada	mm	pulgada	kg	lb
C655120	-	NPT	32	1 ¼	66	2,60	0,83	1,83
C652995	-	GAS						
C654899	-	NPT	40	1 ½	70	2,76	1,02	2,25
C654898	Sí							
C655013	-	GAS						
C655014	Sí							
C650089	-	NPT	51	2	100	3,94	2,40	5,29
C655005	Sí							
C652990	-	GAS						
C655034	Sí							
*	-	NPT	65	2 ½	110	4,33	5,00	11,20
*	Sí							
C655200	-	GAS						
C655202	Sí							
C650069	-	NPT	76	3	130	5,12	6,20	13,67
C650100	Sí							
C652300	-	GAS						
C655011	Sí							
C654827	-	NPT	102	4	165	6,50	9,70	21,38
C654826	Sí							
C654823	-	GAS						
C654822	Sí							
C652341	-	NPT	127	5	196	7,72	13,60	29,98
C652353	Sí							
C652355	-	GAS						
C655023	Sí							
C652362	-	NPT	152	6	227	8,94	20,10	44,31
C652349	Sí							
C652364	-	GAS						
C652363	Sí							



1- Eje interior
2-Abrazadera
3-Tornillos Allen (x4)
4-Tornillos de elevación hexagonales (x2)
5-Fusible de drenaje (x1)

* Consultar disponibilidad

TIPSA - Kuriyama Group · Av. de Barcelona, 20 · 08970 Sant Joan Despí / Barcelona, Spain
T. +34 93 602 1818 · **www.tipsa.com**

Well Oroflex® System

Sistema de tubería flexible para pozos de altas prestaciones

También conocido como Sistema **RYLBRUN TP**

tipsa Kuriyama Group

Otros accesorios:

Fusible y tapón

Centradores

Diámetro del Acople		Código del Fusible de Acero Inoxidable AISI 316	Código del Tapón	Código del Centrador	Tipo de Segmento	Unidades de Segmento
mm	pulgadas					
40	1 ½	C650000	-	-	-	-
52	2	C650002	-	C654202	1 (arco pequeño)	3
65	2 ½	*	-	C654202	1 (arco pequeño)	3
76	3	C650003	-	C654202	1 (arco pequeño)	3
102	4	C651497SS	C651498SS	C654203	2 (arco mediano)	3
127	5	C651507SS	C653051SS	C654203	2 (arco mediano)	4
152	6	C651507SS	C653051SS	C654203 - Opción 1	2 (arco mediano)	4
				C654205 - Opción 2	3 (arco grande)	3

Centradores completamente ajustables sin necesidad de tornillería, de montaje fácil y rápido uniendo 3 o 4 segmentos ligeros, dependiendo del tamaño de la manguera.

*Comprobar disponibilidad

Correa de PU Transparente y Hebilla de Acero Inoxidable A316 (1)

Arandelas de Protección en PA Blanca y Brida UNE de plástico negro (2)

Diámetro del Acople		Código de la Correa de PU Transparente	Código de la Hebilla de Acero Inoxidable A316	Código de la Arandela de Poliamida Blanca	Código de la brida UNEX Negra
mm	pulgadas				
32	1 ¼	-	-	C654401	C655096
40	1 ½	-	-		
52	2	C654743	C654809		
65	2 ½	C654743			
76	3	C654744			
102	4	C654745		-	-
127	5	C654746		-	-
152	6	C654747		-	-

(1) Ideal para sujetar los centradores y los cables eléctricos más pesados a la manguera.

(2) Ideal para sujetar cables eléctricos más ligeros de hasta 4kg/m (2,70lb/pie).

Torpedo (Plomada)

Pinzas de Montaje

Rodillo de Montaje

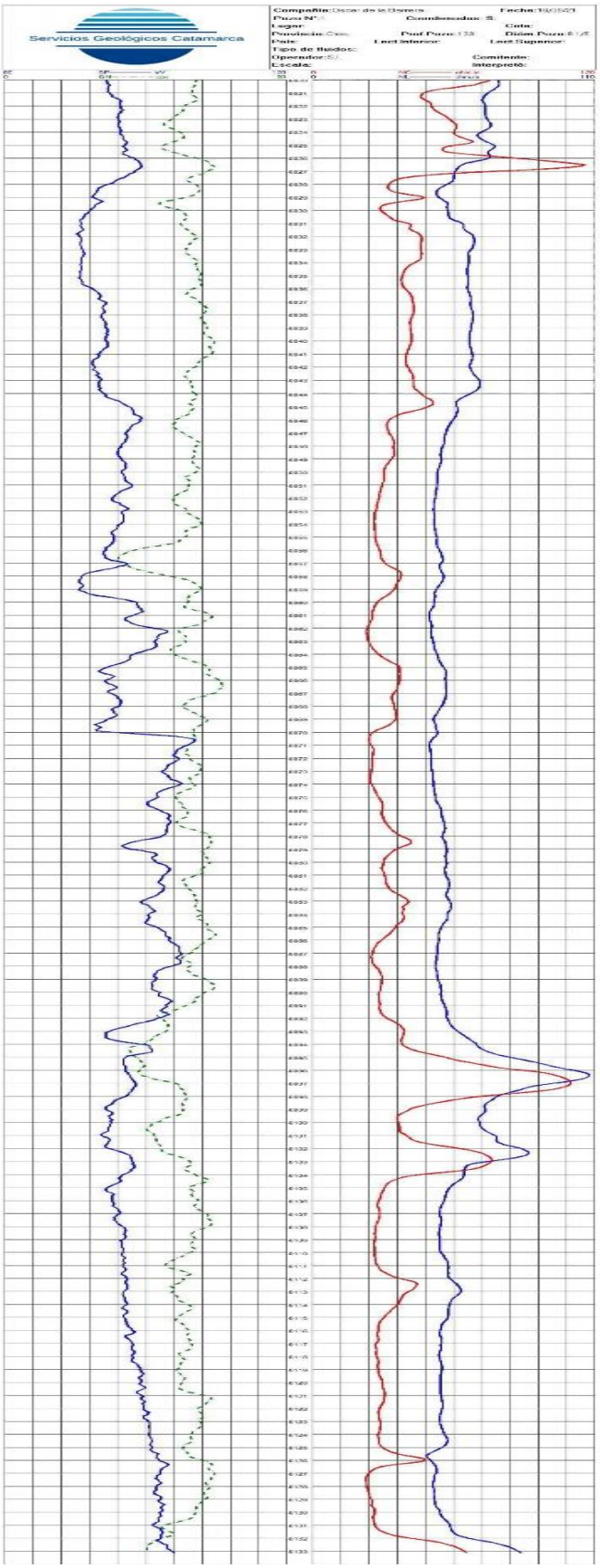
Diámetro del Acople		Código del Torpedo (Plomada)	Código de las Pinzas de Montaje	Código del Rodillo de Montaje	Dimensiones
mm	pulgadas				
32	1 ¼	C654340	C654310	C654110C	29.5 x 16.5 x 15.7 pulgada 750 x 420 x 400 mm
40	1 ½				
52	2	C654350			
65	2 ½				
76	3	C654360			
102	4	C654370	C654320	C654100C	59 x 33 x 31.5 pulgada 1500 x 840 x 800 mm
127	5	C654380			
152	6		C654315		

TIPSA - Kuriyama Group · Av. de Barcelona, 20 · 08970 Sant Joan Despí / Barcelona, Spain

T. +34 93 602 1818 · **www.tipsa.com**

27Mar2020

Anexo 13 – Perfilaje Geoelectrico



Anexo 14 – Bomba Sumergible

> Our technology. Your success.
Pumps • Valves • Service

KSB

UPA 150C – Submersible Borehole Pumps From 150 mm (6 Inches)

UMA-S 150E: Operate UPA more efficiently than ever before with the 6" synchronous submersible motor

ACS Attestation de Conformité Sanitaire

Applications:

- Handling clean or slightly contaminated water
- Domestic water supply, water supply systems
- General irrigation and spray irrigation systems
- Industrial water supply
- Lowering and maintaining groundwater levels
- Pressure boosting
- Air-conditioning
- Fire-fighting systems
- Heat pumps

More information: www.ksb.com/products

KSB

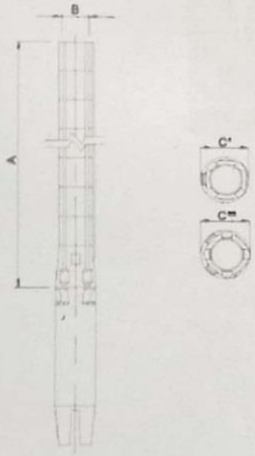
UPA 150C

UPA 150C - 60 /

Tabla de selección

Pump Type	Motor P2		Max.current Amp			Q capacity 2900 rpm											
	KW	HP	220V	380V	m³/h	18	21	24	27	30	36	42	48	54	60	66	72	78
					l/min	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
UC 60-1	2.2	3	9.5	5.5	HEAD IN METERS	13	12.5	12	11.5	11	10	8	7	6	5	4	2	1
UC 60-2	4	5.5	15.4	8.9		26	25	24	23	22	20	18	16	14	13	11	8	5
UC 60-3	5.5	7.5	22.2	12.8		40	39	38	37	36	32	28	26	24	21	18	14	10
UC 60-4	7.5	10	28.5	16.5		53	52	51	48	47	43	38	35	32	28	25	20	14
UC 60-5	9.3	12.5	36	20.9		67	66	64	62	60	55	50	46	42	38	33	27	19
UC 60-6	11	15	41.8	24.2		79	78	76	73	70	64	58	53	48	44	38	32	23
UC 60-7	13	17.5	50	29		94	92	89	86	84	77	70	64	59	54	47	40	29
UC 60-8	15	20	55	32		106	104	101	97	94	87	80	73	67	60	53	44	33
UC 60-9	18.5	25	69	40		122	118	116	112	108	99	91	83	76	69	61	51	38
UC 60-10	18.5	25	69	40		135	132	128	125	120	111	102	95	87	78	68	57	45
UC 60-11	22	30	81	47		148	146	142	137	132	122	112	103	95	86	76	64	49
UC 60-12	22	30	81	47		162	157	153	148	143	133	122	112	103	94	83	68	53
UC 60-13	26	35	96	56		173	169	165	160	155	143	132	121	110	100	87	73	57
UC 60-14	26	35	96	56		188	184	180	175	168	156	142	130	120	109	96	80	63
UC 60-15	26	35	96	56		203	197	193	187	180	166	152	138	127	116	103	86	67
UC 60-16	30	40	111	64		216	211	206	200	193	178	162	148	135	123	108	92	72
UC 60-17	37	50	138	80		230	226	220	214	207	192	175	158	145	132	116	97	78
UC 60-18	37	50	138	80		243	238	233	226	218	202	185	170	155	141	126	107	83
UC 60-20	37	50	138	80		267	263	256	248	239	220	201	184	168	153	136	115	90

Modelos disponibles según lista de precios



Dimensiones y pesos

Pump Type	Dimensions(mm)				Net Weight(Kg)
	A	B	C*	C**	Pump
UC 60-1	383	NPT/RP 4"	146		6.9
UC 60-2	496		146		9.2
UC 60-3	609		146		11.5
UC 60-4	722		149	152	13.7
UC 60-5	835		149	152	16.0
UC 60-6	948		149	152	18.3
UC 60-7	1061		149	152	20.6
UC 60-8	1174		149	152	22.9
UC 60-9	1287		149	152	25.1
UC 60-10	1400		149	152	27.4
UC 60-11	1513		149	152	29.7
UC 60-12	1626		149	152	32.0
UC 60-13	1739		149	152	34.3
UC 60-14	1852		149	152	36.5
UC 60-15	1965		149	152	38.8
UC 60-16	2078		149	152	41.1
UC 60-17	2191		149	152	43.4
UC 60-18	2304		149	152	45.7
UC 60-20	2530		149	152	50.2

C*: Maximum diameter of pump with one motor cable
C**: Maximum diameter of pump with two motor cable