INFORME DE OBRA PARA PRESENTAR A CORTOLIMA

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE – SENA SECCIONAL TOLIMA
SEDE LA GRANJA DEL ESPINAL TOLIMA

PROYECTO APROVECHAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS



CONTRATISTA DE OBRA CONSTRUNAL SAS

INTERVENTOR ING FABIAN ALFREDO HUGUETH MOLINA

Construnal de Aguas SAS
Calle 36#24a-03, Barrio Santa Inés
construnaldeaguasas@hotmail.com

TABLA DE CONTENIDO

0. INTRODUCCION 7
1. DISEÑO DEFINITIVO DEL POZO 8
1.1 INFORME DE REGISTRO ELÉCTRICO Y SUS RECOMENDACIONES. 8
1.1.1 DESARROLLO DE LOS TRABAJOS. 9
1.1.2 RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS REGISTRO ELÉCTRICOS. 9
1.1.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 10
2. ESTRATIFICACIÓN Y COLUMNA LITOLÓGICA 11
2.1 DESCRIPCION LITOLOGICA. 11
2.1.1 CLASIFICACION ESTRATIGRAFICA. 12
3 SISTEMA DE PERFORACIÓN, REGISTRO DE LA TASA DE PERFORACIÓN Y REGISTRO DE LA VISCOSIDAD DEL LODO. 14
3.1 METODO UTILIZADO PARA LA PERFORACION. 14
3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS. 15
3.1.2 PERFORACIÓN DE PRUEBA. 17
3.2 TASA DE PERFORACIÓN Y REGISTRO DE LA VISCOSIDAD DEL LODO. 17
3.2.1 MUÉSTREO COLUMNA LITOLÓGICA. 17
4 INDICACIONES COMO SE REALIZÓ EL DESARROLLO, LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DEL POZO. 18
4.1 LAVADO Y DESINFECCION DEL POZO Y/O LIMPIEZA Y DESARROLLO CON COMPRESOR. 18
5. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS. 19
Parámetros Hidráulicos: 19
Características del Pozo: 19
Calidad del Agua: 19
6. PRUEBAS DE BOMBEO (NIVEL ESTÁTICO, NIVEL DINÁMICO) 20
6.1 PRUEBA DE BOMBEO. 20
7 CAUDAL DE OFERTA DEL POZO Y CAUDAL PARA EL PROYECTO. 20
8 REGISTROS ELÉCTRICOS DEL POZO. 21
9 . LINEALIDAD Y VERTICALIDAD DEL POZO 21
9.1 INFORME DE VERTICALIDAD INFORME DE LINEALIDAD Y VERTICALIDAD DEL POZO 21

9.1.1 INTRODUCCIÓN 21
9.1.2 DESCRIPCIÓN DEL POZO PROFUNDO. 23
9.1.3 EQUIPOS UTILIZADOS 23
9.1.4 MÉTODO DE CAMPO. 23
9.1.5 ANÁLISIS DE DATOS MEDIDOS Y RESULTADOS PRUEBA DE VERTICALIDAD POZO. 24
9.1.6 CONCLUSIONES 26
10 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA BOMBA Y SUS CURVAS. 26
11. INDICAR COMO SE REALIZÓ LA DISPOSICIÓN DE LOS LODOS. 29
12. REALIZAION DE EL ANÁLISIS FISICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO POR UN LABORATORIO CERTIFICADO POR EL IDEAM A UNA MUESTRA DE AGUA DEL POZO. 30
12.1 TOMA DE MUESTRA DE AGUA PARA ANALISIS FISICO QUIMICO 30
12.2 PARAMETROS DE ACEPTACION DE RESULTADOS DE ANALISSIS FISICO QUIMICO. 32
12.2.1 EN ESTE CASO HACER UN BREVE RECUENTO DE LOS RESULTADO DE LABORATRIO. 32
13. SE DEBE DAR CUMPLIMIENTO A LAS DEMÁS DISPOSICIONES CONSAGRADAS EN EL DECRETO 1076/2015. 34
13.1 OBLIGACIONES AMBIENTALES DEL CONTRATISTA 34
13.1.1. MANTENER PRODUCTOS QUIMICOS DEBIDAMENTE ETIQUETADOS 34
13.1.2. MANTENER EN LAS INSTALACIONES DEL SENA LAS FICHAS DE DATOS DE SEGURIDAD DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS USADOS PRODUCTOS QUIMICOS DEBIDAMENTE ETIQUETADOS. 35
13.1.3 RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD): 35
13.1.4 RESIDUOS PELIGROSOS RESPEL: 36
13.1.5 PRESENTAR CERTIFICACIÓN DE PROCEDENCIA LEGAL DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN: 36
13.1.6 PRESENTAR CERTIFICACIÓN DE PROCEDENCIA LEGAL DE LA MADERA: . 36
13.1.7 INDICAR COMO SE REALIZÓ LA DISPOSICIÓN DE LOS LODOS (CANTIDAD) Y A QUE EMPRESA GESTORA DE COMBUSTIBLES USADOS ENTREGO LOS RESIDUOS DE COMBUSTIBLES (CANTIDAD). 36
13.1.8. SE DEBE CONTRATAR UN LABORATORIO CERTIFICADO POR EL IDEAM PARA QUE TOME LA MUESTRA DE AGUA DEL POZO Y REALIZAR EL ANÁLISIS FISICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE LA MUESTRA DE AGUA DEL POZO CON 37

13.1.9 TODOS LOS RESIDUOS APROVECHABLES GENERADOS EN LA OBRA, SERÁN ENTREGADOS A LA ENTIDAD PARA SU POSTERIOR REVISIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL CON EL GESTOR AUTORIZADO. 37
14. OTRAS DISPOSICIONES DE LA RESOLUCIÓN 1316, ... 37
14.1 EL USUARIO DA CUMPLIMIENTO A LO REQUERIDO MEDIANTE AUTO NO. 90 DEL 28 DE ENERO DEL 2024. 37
14.2 UNA VEZ REVISADO EL EXPEDIENTE SE EVIDENCIA EL CUMPLIMIENTO DE LO REQUERIDO 37
14.3 DE ACUERDO CON EL MODELO GEOELÉCTRICO OBTENIDO, DONDE SE INDICA QUE EL ÁREA QUE PRESENTA RASGOS MÁS PROPICIOS PARA ENCONTRAR EL RECURSO EN EL SITIO CERCA DEL SEV 3 38
14. 4. TENIENDO EN CUENTA LO EXPUESTO EN EL ESTUDIO GEOELÉCTRICO: 39
14.5. EL SOLICITANTE DEBERÁ CUMPLIR CON LOS SIGUIENTES REQUERIMIENTOS: 40
15. PRERREQUISITOS PARA ANTES DE LA EXPLORACIÓN 40
15.1. AVISAR A CORTOLIMA CUANDO VAN A INICIAR LA PERFORACIÓN 40
15.2. REMITIR LA RELACIÓN Y ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO PERFIRADOR 40
15.3 PLAN DE TRABAJO EN UN PLAZO NO MAYOR A TREINTA (30) DÍAS. 41
15.4 CUMPLIR CON LAS NORMAS ESTABLECIDAS SOBRE PROTECCIÓN Y PRESERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE. 41
15.5 SE RECOMIENDA PERFORAR UN POZO DE ACUERDO CON LOS PARÁMETROS ESTABLECIDOS EN EL ESTUDIO GEOELÉCTRICO 41
15.6 PARA EVITAR CUALQUIER TIPO DE CONTAMINACIÓN E INTERFERENCIA EN EL ACUÍFERO QUE SE VA A EXPLOTAR, ES NECESARIO NO COLOCAR FILTROS EN LOS PRIMEROS 25 METROS DE PROFUNDIDAD 42
15.7 EL USUARIO DEBE INSTALAR UNA TUBERÍA (PREFERIBLEMENTE EN PVC) ADICIONAL, PARA LA TOMA DE NIVELES 42
15.8. PARA LA PRUEBA DE BOMBEO SE DEBERÁ TOMAR LOS POZOS DE OBSERVACIÓN DEL ÁREA MÁS CERCANA MENOR A LOS 1000 METROS 43
16. REQUISITOS DE ENTREGA DE INFORME DE PRUEBA DE BOMBEO 43
16.1 SE DEBE TOMAR MUESTRAS METRO A METRO 43
16.2 INDICAR QUE EMPRESA GESTORA REALIZO EL MANEJO DE LODOS 44
16.3 EL USUARIO DEBE INSTALAR UNA DERIVACIÓN DE LA TUBERÍA DE SALIDA DEL POZO 44

16.4 SEGÚN LA LEY 9 DE 1979 (ARTÍCULO 60) TODOS LOS POZOS CONSTRUIDOS PARA EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEBERÁN TENER UN SELLO SANITARIO 44
16.5 DEBE CONTRATAR UNA INTERVENTORÍA PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO 45
16.6 UNA VEZ TERMINADA LA PERFORACIÓN, SE DEBE TOMAR LOS REGISTROS ELÉCTRICOS DEL POZO CON SONDAS DE SP, RESISTIVIDAD CON SONDA CORTA Y LARGA Y GAMMA RAY 45
16.7 SE DEBE REALIZAR PRUEBA DE BOMBEO 46
16.8. REQUERIR LA PRESENTACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA A UTILIZAR EN LAS PRUEBAS DE BOMBEO 46
17 OTRAS DISPOSICIONES DEL EN EL AUTO 6577 47
17.1 PREVIO A DAR INICIO AL PROCESO DE PERFORACION: 47
17.1.1 QUE EL ÁREA DE EXPLORACIÓN NO EXCEDA DE 1000 HECTÁREAS, ... 47
17.1.2 DESPUÉS DE CUMPLIR CON LOS ANTERIORES REQUISITOS SE PUEDE DAR INICIO A LA EXPLORACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS. 48
17.2 DURANTE EL PROCESO DE PERFORACION 48
17.3 UNA VEZ TERMINADA LA PERFORACION 48
17.3.1 INFORMAR POR ESCRITO A LA CORPORACIÓN LA FECHA Y HORA PROGRAMADA PARA REALIZAR LA PRUEBA DE BOMBEO 49

TABLAS.

Tabla 1 cantidad de filtros 10
Tabla 2 clasificación estratégica (intervalo superior/intervalo inferior) 12
Tabla 3 Parámetros de Perforación y Descripción litológica 17
Tabla 4 Coordenadas del pozo PZ-SENA-Espinal 22
Tabla 5 Tabla de registro de verticalidad y alineamiento. 24
Tabla 6 Tabla de datos análisis físico químico y micro biológico. 32
Tabla 7 Productos químicos desincrustantes y desinfectantes. 34
Tabla 8 Coordenadas del pozo PZ-SENA-Espinal 38
Tabla 9 cantidad de filtros 39
Tabla 10 cantidad de filtros 41
Tabla 11 cantidad de filtros 42
Tabla 12 Parámetros de Perforación y Descripción litológica 43
Tabla 13 localización geográfica de los SEV 48

ILUSTRACIONES.

Ilustración 1 interpretación litológica y correlación hidrogeológica de registro geofísico 12
Ilustración 2 Detalle colocación de productos químicos y lavado de pozo..... 18
Ilustración 3 Detalle prueba de bombeo y colocación de la bomba sumergible para prueba..... 20
Ilustración 4 canales de lodo bentonitico. 30
Ilustración 5 Detalle toma de muestras para análisis fisicoquímico del agua del pozo 31
Ilustración 6 Ubicación tubería toma de niveles del pozo..... 42
Ilustración 7 Ubicación derivación tubería salida de ½”..... 44
Ilustración 8 colocación sello sanitario pozo..... 45
Ilustración 9 Detalle prueba de bombeo y colocación de la bomba sumergible para prueba..... 46
Ilustración 10 georreferenciación delos SEV 47

FIGURAS.

figura 1 sonda de registros eléctricos en huecos abiertos..... 8
figura 2 Equipo de Geoeléctrica de Resistividad, G-Hidro 2020. 9
figura 3 Registro Eléctrico y Diseño Pozo Centro Agropecuario Sena seda La Granja 10
figura 4 Diseño Final del Pozo. 13
figura 5 Sistema de Recirculación de Lodos. 14
Figura 6Ubicación espacial del pozo PZ-SENA-Espinal..... 23
Figura 7 Sistema de Recirculación de Lodos. 29
Figura 8 Ubicación espacial del pozo PZ-SENA-Espinal..... 38

0. INTRODUCCION

El contratista de obras garantiza la integridad técnica del pozo verificando que el diseño constructivo cumpla con la normativa y los planos aprobados. Supervisa diámetros, calidad de tuberías/filtros, sello sanitario para evitar contaminación, correcto ensamblaje eléctrico-bombeo, y valida la eficiencia del acuífero y calidad del agua final.
En todo caso en este informe se revisará lo solicitado por CORTOMINA en la Resolución N° 1316 (06 de mayo de 2025), **-Ver anexo 1-** y el AUTO No. 6577 (23 de diciembre del 2025), **-Ver anexo 2-** que incluye lo siguiente:

Así las cosas y de acuerdo a lo solicitado en los documentos emanados de la entidad ambiental CORTOLIMA, se revisará lo siguiente:

- Diseño definitivo del Pozo
- Estratificación (perfil estratigráfico) y columna litológica.
- Sistema de perforación, registro de la tasa de perforación y registro de la viscosidad del lodo.
- Indicar como se realizó el desarrollo, limpieza y desinfección del Pozo.
- Características hidrogeológicas.
- Pruebas de Bombeo (Nivel estático, nivel dinámico)
- Caudal de oferta del pozo y caudal para el proyecto.
- Registros eléctricos del pozo
- Linealidad y verticalidad del pozo
- Características técnicas de la bomba y sus curvas
- Indicar como se realizó la disposición de los lodos
- Se debe contratar un laboratorio certificado por el IDEAM para que tome la muestra de agua del pozo y realizar el análisis fisicoquímico y bacteriológico
- Se debe dar cumplimiento a las demás disposiciones consagradas en el Decreto 1076/2015.

Además de lo anterior dentro de cada contenido se verificará lo siguiente, basados nuevamente en lo solicitado en la **Resolución N° 1316, y el AUTO No. 6577** en este el informe se incluye además de lo anterior lo siguiente:

En el caso de lo solicitado por **CORTOLIMA en la resolución 1316, deberá contener información suficiente de los siguientes acápites solicitados:** acapite **IV SE CONCEPTUA,** numerales 1 al 5 pagina 7**;** acapite **PRERREQUISITOS PARA ANTES DE LA**

EXPLORACIÓN numerales 1 al 8 pagina 7**,** acapite **REQUISITOS PARA ENTREGA DEL INFORME DE LA PRUEBA DE BOMBEO,** numerales 1 al 8 páginas 7 y 8.

Además de lo anteriormente se expondrá en el informe final solicitado por CORTOLIMA en el Auto 6577, complementariamente a la resolución 1316**,** como son los acapite **PREVIO A DAR INICIO AL PROCESO DE PERFORACION***:* numerales 6 y 7 de página 3; acapite **DURANTE EL PROCESO DE PERFORACION** numeral 10**;** acapit**e UNA VEZ TERMINADA LA PERFORACION** numeral 17.

1. DISEÑO DEFINITIVO DEL POZO

1.1 INFORME DE REGISTRO ELÉCTRICO Y SUS RECOMENDACIONES.

El registro es el proceso que consiste en adquirir y registrar información geológica proveniente de la profundidad de la tierra. Después de perforado el pozo, se introduce una herramienta de registro dentro del pozo para obtener datos que luego serán utilizados para generar una especie de gráfico conocido como registro. Este registro permite determinar la litología del pozo ya que cada material presenta valores característicos y realizar el diseño del pozo (ver Figura 5).

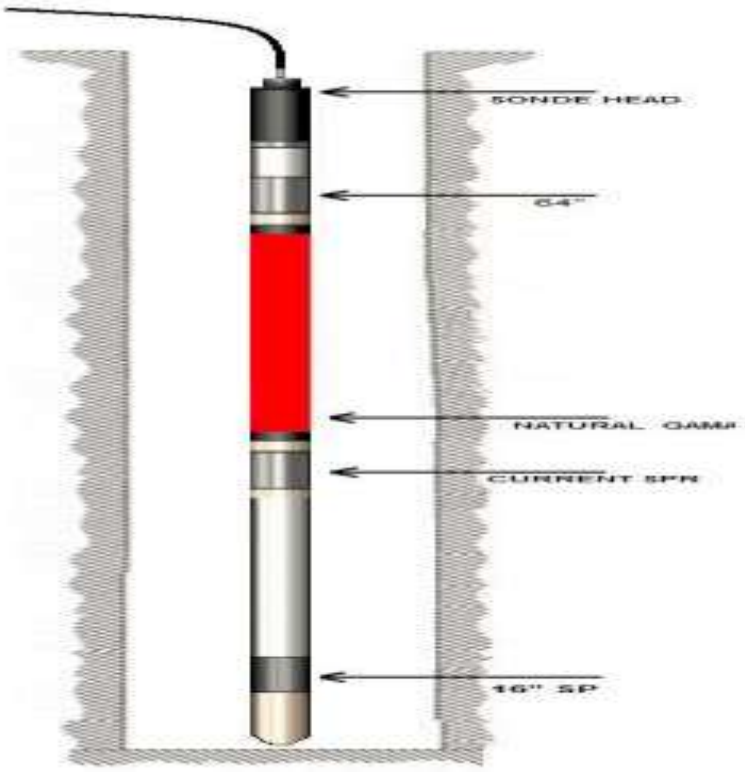


figura 1 sonda de registros eléctricos en huecos abiertos
Fuente: Consultor

1.1.1 DESARROLLO DE LOS TRABAJOS.

Las curvas de resistividad, gamma ray natural (GR) y potencial espontáneo (SP) indican estratos con agua dulce subterránea. Se determinan corriendo el registro compuesto con las sondas normal larga, normal corta (tipo de fluido, porosidad y granulometría), sonda GR (arenas limpias) y sonda SP (salinidad del agua de formación con respecto al lodo utilizado). Con base a estas curvas se elaboró el diseño recomendado para el completamiento del pozo (ver Figura 7). Además, los registros de Resistividad, Potencial Espontáneo (SP) y Rayos Gamma, son utilizados para establecer los topes y bases (espesores) de los diferentes estratos atravesados y dan indicación sobre la cantidad y calidad del agua.



figura 2 Equipo de Geoeléctrica de Resistividad, G-Hidro 2020.
Fuente: Consultor

El equipo utilizado fue un TERRAMETER ABEM SAS 300-C. y el software se basa en las Standard Graphs for Resistivity Prospecting de la EAEG, desarrollada por Koefoed como método directo (IX1D v.3 de Interpex Ltda).

1.1.2 RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS REGISTRO ELÉCTRICOS.

En la Figura 3 se muestran los resultados de los registros eléctricos con su respectiva interpretación y diseño del pozo, elaborados con base en las curvas de los registros y su correlación con la litología determinada a partir de las muestras obtenidas durante la perforación.

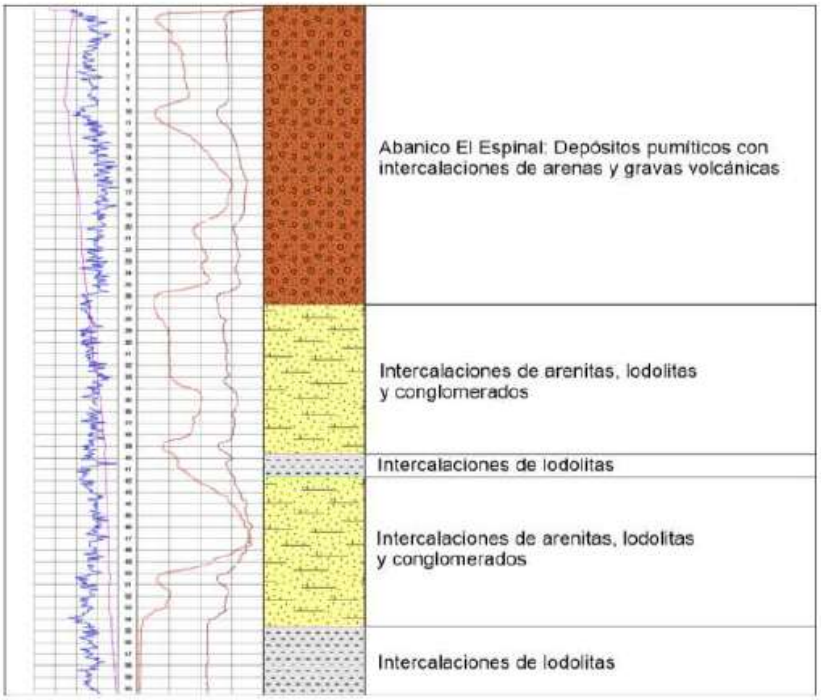


figura 3 Registro Eléctrico y Diseño Pozo Centro Agropecuario Sena seda La Granja
Fuente: Consultor

1.1.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

De acuerdo al resultado del registro eléctrico se recomienda instalar 24 m de tubería ranurada distribuidos en los siguientes intervalos:

PROFUNDIDAD		LONGITUD DEL FILTRO (m)
De (m)	Hasta (m)	
26	39	12
41	54	12
TOTAL FILTROS		24

Tabla 1 cantidad de filtros

Fuente: Consultor

- ✓ El pozo deber ser completado con tubería de producción de 6”.
- ✓ Se debe tener especial atención en la ubicación de los filtros, estos deben quedar frente a las zonas permeables determinadas por el registro eléctrico y las muestras descritas metro a metro.
- ✓ Hacer mantenimiento, lavado y limpieza, al pozo por lo menos una vez al año.
- ✓ El registro eléctrico de pozo es un método de análisis directo, el cual a través del conjunto de las distintas lecturas (gamma ray, resistivos y potencial espontaneo) se usa para determinar la litología presente en la perforación del pozo profundo, mas no, para establecer el caudal de explotación del recurso hídrico subterráneo que puede brindar el pozo. Para determinar los caudales de explotación se debe realizar una prueba de bombeo.
- ✓ (El informe del registro eléctrico se anexa).

Una vez terminada la perforación de prueba a 8.5 pulgada se realiza el registro eléctrico para constatar la ubicación de los filtros, la cantidad y el potencial de los acuíferos encontrados, queda claro que al momento de la perforación se realiza la toma de datos que se registra para obtener la tabla donde se calcula la TASA DE PERFORACION procedimiento ya explicado en el informe. **Ver anexo 3 informe de registro eléctrico, ver anexo 4 tasa de perforacion**

2. ESTRATIFICACIÓN Y COLUMNA LITOLÓGICA

De acuerdo a los resultados del **registro eléctrico** y comparado con el muestreo metro a metro llevado durante la perforación, se concluye que es conveniente revestir el pozo hasta la profundidad de 61.70 ml, ya que se observa la presencia principalmente de estratos geológicos compuesto de arenas finas, medias, gruesas y gravas e intercalaciones de estas con arenas, lo que garantiza que se produzca el caudal suficiente para garantizar el adecuado suministro de agua en época de sequía intensa, además se evita la descomprensión de los acuíferos superiores por la caída del nivel de agua por debajo de los filtros geo hidráulicos durante el bombeo y de esta forma la aparición en el bombeo de arenas y limos finos lo que conlleva al daño del sistema de bombeo y el desmejoramiento de la calidad del agua. **Ver anexo 3 registro eléctrico.**

2.1 DESCRIPCION LITOLOGICA.

En el cuadro siguiente se presentan los resultados de la clasificación estratigráfica:

2.1.1 CLASIFICACION ESTRATIGRAFICA.

PROFUNDIDAD (metros)	CORRELACION GEOLOGICA
0 – 0.60	CAPA VEGETAL.
0.60 – 23	ESPESOR DE CAPA DE ARENAS DE TAMAÑO GRUESO INTERCALADAS CON GRAVAS VOLVANICAS DE COLOR GRIS.
23 - 40	ARENAS DE TAMAÑO MEDIO DE COLORES GRISES COMPUESTO POR FRAGMENTOS LÍTICOS Y MINERALES DE CUARZO.
40 - 42	ARENAS DE TAMAÑO FINO INTERCALADAS CON LIMOS DE COLOR GRIS OSCURO.
42 – 54	ARENAS DE TAMAÑO MEDIO INTERCALADAS CON LIMOS DE COLOR GRIS OSCURO Y PRESENCIA DE LODOLITAS
54 - 62	ARENAS DE TAMAÑO FINO INTERCALADAS CON LIMOS DE COLOR GRIS OSCURO Y LODOLITAS.

Tabla 2 clasificación estratégica (intervalo superior/intervalo inferior)

Fuente: Constructor

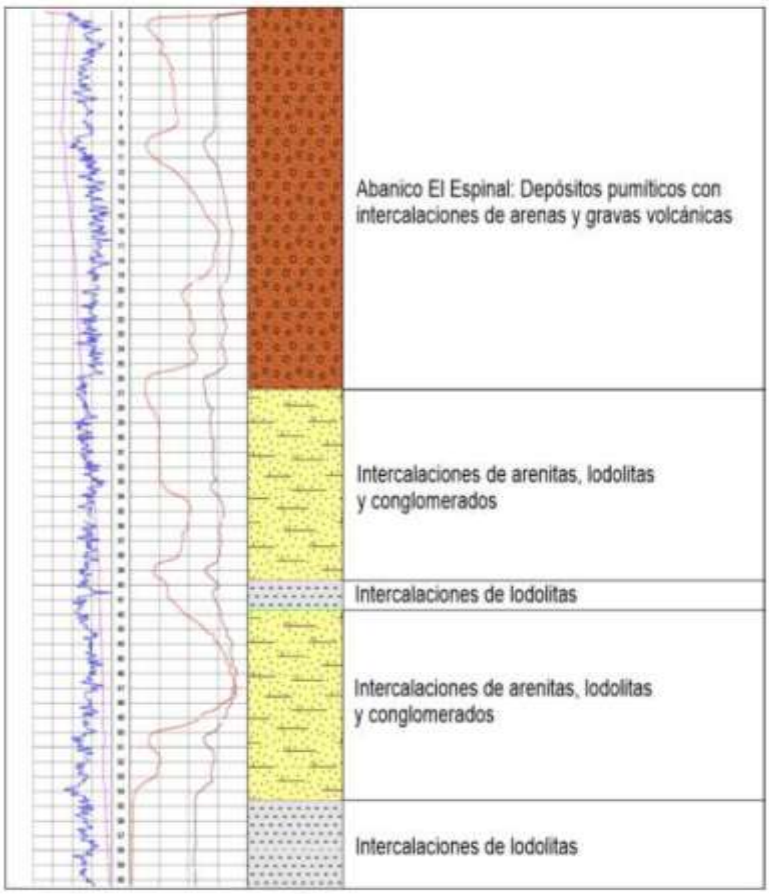


Ilustración 1 interpretación litológica y correlación hidrogeológica de registro geofísico
Fuente: Constructor

Con base en el registro eléctrico y el muestreo litológico se concluye la extensión del acuífero hasta los 61.70, metros perforados y se define el diseño final del pozo profundo que nos garantice la eficiencia de la obra con el adecuado suministro de agua al Sena sede La Granja, municipio del Espinal, Departamento del Tolima.

DISEÑO DEFINITIVO DEL POZO

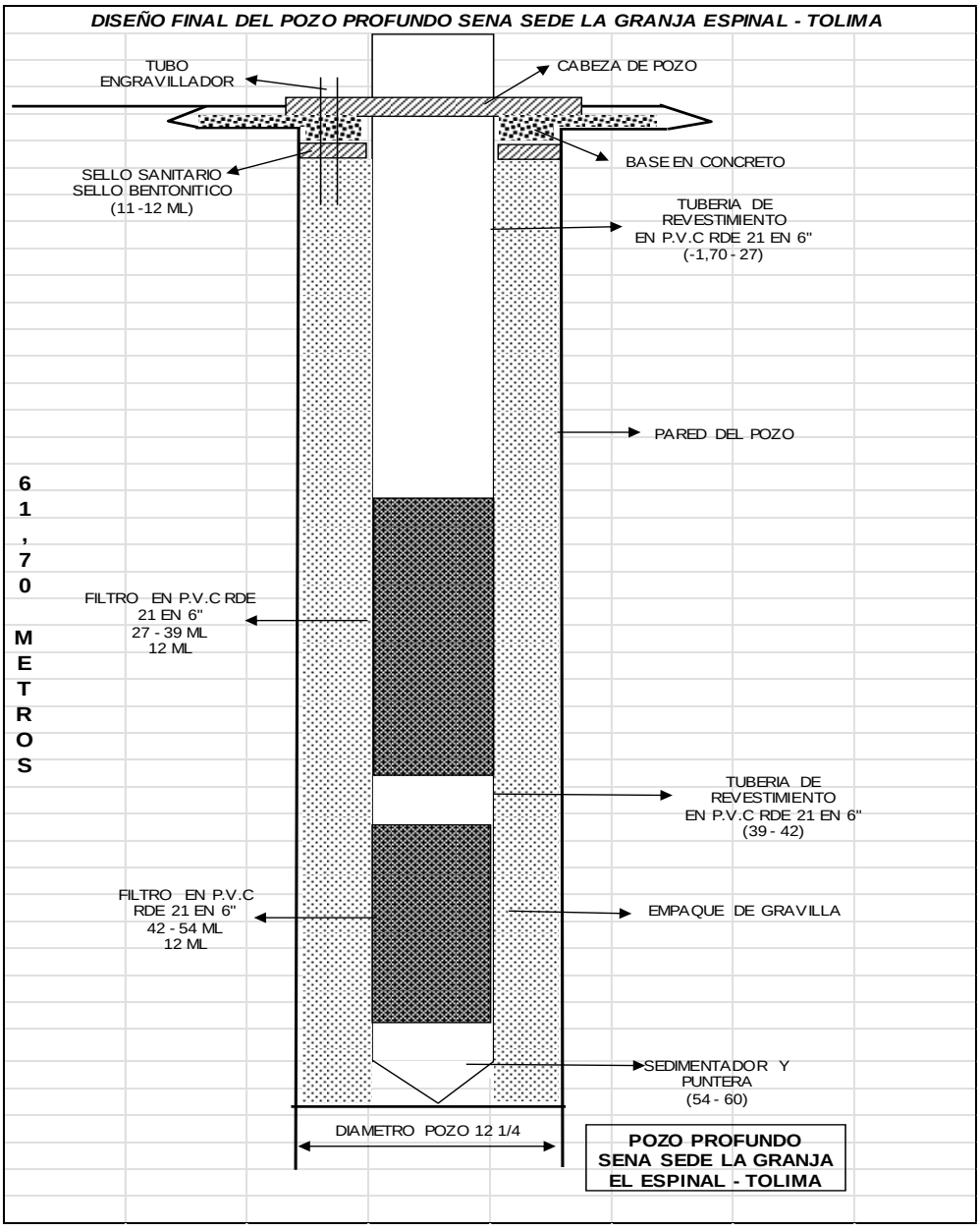


figura 4 Diseño Final del Pozo.

Fuente: Constructor

3 SISTEMA DE PERFORACIÓN, REGISTRO DE LA TASA DE PERFORACIÓN Y REGISTRO DE LA VISCOSIDAD DEL LODO.

3.1 METODO UTILIZADO PARA LA PERFORACION.

Para la construcción del pozo profundo destinado al abastecimiento de agua en el proyecto "CONSTRUCCIÓN DE POZO PROFUNDO PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA DEL CENTRO AGROPECUARIO LA GRANJA, MUNICIPIO DEL ESPINAL – TOLIMA", se empleó una perforadora América modelo 2020, lo que permitió una adecuada movilidad y estabilidad durante las operaciones. El equipo estuvo dotado de una torre de perforación de 08 metros de altura, una bomba de lodos 3×6, y un sistema de tubería de perforación tipo IF de diámetros 2 7/8", adecuados para perforaciones profundas y condiciones geológicas variables, se uso el método de perforación rotatorio convencional y de recirculación de fluido de perforación (lodo de perforación = mezcla de agua y bentonita).

Este es un simple y efectivo método consistente en la transmisión de un movimiento rotatorio de la broca, la cual corta los estratos geológicos y el fluido de perforación arrastra estos cortes hacia la superficie, estando allí estos fluyen hacia dos piscinas llamadas piscinas de lodo.

Este sistema es utilizado mundialmente en pozos de agua, de gran profundidad y petróleos, funciona de la siguiente forma:

Una bomba es utilizada para bombear el fluido de perforación desde la piscina de lodo, llámese piscina 2, hacia la broca por entre la tubería de perforación, este fluido enfría la broca, limpia el pozo y saca los cortes hacia fuera del pozo conduciéndose hacia una piscina de sedimentación llámese piscina 1 y posteriormente removidos de esta con una pala. Un pequeño canal excavado entre las piscinas 1 y 2 permite al lodo fluir desde la piscina 1 hacia la 2 y se repite el proceso.

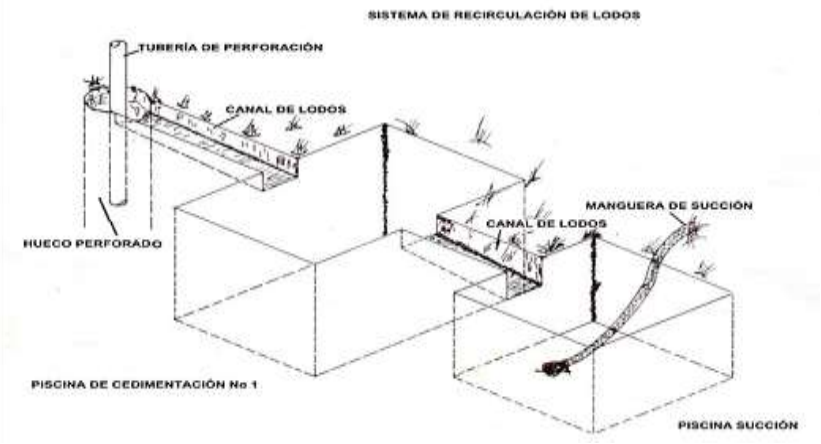


figura 5 Sistema de Recirculación de Lodos.
Fuente: Constructor.

3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.

Se procedió a la construcción de las piscinas de lodo y canales de sedimentación de sólidos, se prepara el lodo utilizando como agente de viscosidad la bentonita (arcilla montmorillonita coloidal en forma de polvo), simultáneamente se iza la torre de perforación y se nivela el equipo de perforación, se realizan las conexiones hidráulicas para el abastecimiento de agua durante la ejecución de los trabajos y se procedió al inicio de la perforación utilizando una broca de 8 ½", tipo tricono con insertos de tungsteno especial para el terreno duro (guijarros y gravas) a perforar hasta la profundidad de 61.70 metros.

Una vez terminada se realiza el registro eléctrico para constatar la ubicación de los filtros, su cantidad y el potencial de los acuíferos encontrados.

De acuerdo a los resultados del registro eléctrico y comparado con el muestreo metro a metro llevado durante la perforación, se concluye que es conveniente revestir el pozo hasta la profundidad de 61.70 ml, ya que se observa la presencia principalmente de estratos geológicos compuesto de arenas finas, medias, gruesas y gravas e intercalaciones de estas con arenas, lo que garantiza que se produzca el caudal suficiente para garantizar el adecuado suministro de agua en época de sequía intensa, además se evita la descomprensión de los acuíferos superiores por la caída del nivel de agua por debajo de los filtros geo hidráulicos durante el bombeo y de esta forma la aparición en el bombeo de arenas y limos finos lo que conlleva al daño del sistema de bombeo y el desmejoramiento de la calidad del agua.

Con base en el registro eléctrico y el muestreo litológico se concluye la extensión del acuífero hasta los 56 metros perforados y se define el diseño final del pozo profundo que nos garantice la eficiencia de la obra con el adecuado suministro de agua al Sena sede La Granja, municipio del Espinal, Departamento del Tolima.

Una vez definido el diseño del pozo profundo y la certeza de abastecimiento de caudal requerido, se procede a la perforación de ampliación para lo cual se utilizó una broca de insertos en tungsteno trialeta de 12 ½", este procedimiento se hizo hasta la profundidad de 61.70 ml.

Se comienza el proceso de revestimiento, para lo cual se utilizó tubería en y filtros en PVC RDE 21 en diámetro de 6" pulgadas, los filtros utilizados para el revestimiento son filtros geomecanicos en PVC RDE 21, ranura 0.20 en diámetro de 6" pulgadas, tal como se evidencia en el diseño del pozo final.

La conformación geológica litológica de las capas encontradas, se encuentran detalladas en el registro eléctrico y la descripción estratigráfica y litológica.

Terminadas las perforaciones se procede a disminuir la densidad del lodo para preparar el hueco perforado para el revestimiento, inyectando agua limpia y de esta forma disminuir la viscosidad y densidad del lodo de perforación, una vez hecho esto y ya preparada la tubería y los filtros para su instalación con base en el diseño final, se empieza con los trabajos de revestimiento del pozo, de acuerdo al diseño obtenido según las muestras encontradas y el resultado de los estudios Geoeléctricos y registro eléctrico.

Para la instalación de la tubería se utilizaron herramientas adecuadas tales como: llaves de cadena, mordazas, estrobos, centradores, elevadores, tenedores y etc. Todos los trabajos de perforación fueron hechos por personal calificado y experimentado en esta labor.

Se engravilló utilizando gravilla seleccionada, cuarzosa redondeado número 2. Se instala el engravillador, material estabilizador y relleno. Se procedió a lavar el pozo, inicialmente se desaloja el lodo remanente en el pozo, inyectando agua limpia, luego se procede a sellar la boca del pozo y se inyecta agua a presión para descolmatar los filtros(lavado primario), con el fin de aflojar la capa de bentonita que se puede haber formado en las formaciones aportantes, hecho esto por medio de una flauta, la cual consiste en un tubo de 6 metros de longitud, con cortes a lo largo de su diámetro y longitud, se lavan las secciones de filtros instalados.

Una vez terminado este proceso se procede a aplicar tripolifosfato de sodio como agente desincrustante de arcillas en la cantidad de 30 kilos, este se aplica utilizando la bomba de lodos, inyectándolas al fondo para desalojar la columna de agua y lodo presente dentro del pozo y de esta forma obtener mayor acción por volumen aplicado en el área deseada. Luego se procede por medio del jetting y aire comprimido al desalojo de los lodos bentoníticos, areniscas y partículas acumuladas dentro del pozo y lograr la conformación del empaque de gravilla.

Se ejecutó las pruebas de bombeo consistente en la medición de los niveles de abatimiento durante el proceso de extracción de agua aun caudal constante y escalonado, recuperación de niveles para lo cual se utilizó un compresor como mecanismo de extracción de agua, una sonda eléctrica para medición de niveles, cronometro, se toman los datos de abatimiento y recuperación, para determinar las cualidades hidráulicas del pozo y los acuíferos y se procede con la ejecución de los trabajos según los ítems contratados. Con el ánimo de desinfectar el pozo de las bacterias que posiblemente pueden haber sido introducidas durante la perforación, se aplica hipoclorito de sodio, se deja actuar y se extrae.
(Anexo registro eléctrico y fotografías).

3.1.2 PERFORACIÓN DE PRUEBA.

Se efectuó una perforación de prueba o exploratoria utilizando una broca en tungsteno tipo tricono de 8 ½" con el objetivo de corroborar los resultados obtenidos en estudio geoeléctrico, una vez terminada a la profundidad contratada se ejecuta el registro eléctrico y la determinación de la localización de los filtros para una mejor captación de los acuíferos encontrados.

3.2 TASA DE PERFORACIÓN Y REGISTRO DE LA VISCOSIDAD DEL LODO.

Nos queda claro que al momento de la perforación se realiza la toma de datos que se registra para obtener la tabla donde se calcula la TASA DE PERFORACION, que consiste en graficar la profundidad de perforación vs el tiempo de perforación, la cual se registra metro a metro para una fácil interpretación. **Ver anexo 4 tasa de perforacion**

3.2.1 MUÉSTREO COLUMNA LITOLÓGICA.

A continuación, se presenta en cuadro de los parámetros de perforación y litología.

CUADRO DE PARAMETROS DE PERFORACION Y LITOLOGIA			
Profundidad (m)	Rata de Perforación (ROP) (m/hr)	Viscosidad del lodo (embudo s/qt)	Litología (Descripción)
1 - 10	1,66	35 - 40	areniscas poco consolidadas
10 - 20	1,66	40 - 45	intercalaciones de arcillas y arenas
20 - 28	2	40 - 42	intercalaciones de areniscas, lodolitas y conglomerados
28 - 36	2	42 - 45	Intercalaciones con predominación de areniscas
36 - 47	1,83	42 - 45	intercalaciones de areniscas, lodolitas y conglomerados
47 - 56	1,8	42 - 45	intercalaciones de areniscas, lodolitas y conglomerados
56 - 58	0,4	40 - 42	Lodolitas
58 - 58,5	0,1	41 - 42	Lodolitas
58,5 - 61,7	0,8	40 – 42	Lodolitas

Tabla 3 Parámetros de Perforación y Descripción litológica

Fuente: Constructor

Durante la perforación se tomaron muestras cuidadosamente, metro a metro, y en los cambios bruscos de perforación para determinar granulometría, color, contextura y estructura de las capas

geológicas perforadas, esto con el fin de obtener la mejor información posible para el diseño del pozo.

4 INDICACIONES COMO SE REALIZÓ EL DESARROLLO, LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DEL POZO.

4.1 LAVADO Y DESINFECCION DEL POZO Y/O LIMPIEZA Y DESARROLLO CON COMPRESOR.

Una vez terminado este proceso se procede a aplicar tripolifosfato de sodio como agente desincrustante de arcillas en la cantidad de 30 kilos, este se aplica utilizando la bomba de lodos, inyectándolas al fondo para desalojar la columna de agua y lodo presente dentro del pozo y de esta forma obtener mayor acción por volumen aplicado en el área deseada. Luego se procede por medio del jetting y aire comprimido al desalojo de los lodos bentoníticos, areniscas y partículas acumuladas dentro del pozo y lograr la conformación del empaque de gravilla.

Se ejecutó las pruebas de bombeo consistente en la medición de los niveles de abatimiento durante el proceso de extracción de agua aun caudal constante y escalonado, recuperación de niveles para lo cual se utilizó un compresor como mecanismo de extracción de agua, una sonda eléctrica para medición de niveles, cronometro, se toman los datos de abatimiento y recuperación, para determinar las cualidades hidráulicas del pozo y los acuíferos y se procede con la ejecución de los trabajos según los ítems contratados. Con el ánimo de desinfectar el pozo de las bacterias que posiblemente pueden haber sido introducidas durante la perforación, se aplica hipoclorito de sodio, se deja actuar y se extrae.



Ilustración 2 Detalle colocación de productos químicos y lavado de pozo
Fuente: Constructor.

5. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS.

Las características hidrogeológicas de un pozo perforado definen su capacidad para extraer agua subterránea y se determinan mediante estudios de campo y pruebas de bombeo. Los parámetros clave incluyen la transmisividad (capacidad del acuífero para transmitir agua), conductividad hidráulica (permeabilidad), coeficiente de almacenamiento, nivel piezométrico, radio de influencia y calidad química del agua.
Con esto se explica cómo los hidrogeólogos delimitan acuíferos y utilizan la cartografía para entender las aguas subterráneas:

Parámetros Hidráulicos:

- **Transmisividad**: Indica el caudal que atraviesa la sección vertical de un acuífero. **Ver anexo 5 y 5.1 pruebas de bombeo**
- **Conductividad hidráulica:** Capacidad del material para dejar pasar el agua. **Ver anexo 5 y 5.1 pruebas de bombeo.**
- **Coeficiente de almacenamiento**: Agua liberada o incorporada por unidad de área y variación del nivel. **Ver anexo 5 y 5.1 pruebas de bombeo**
- **Capacidad específica:** Caudal obtenido por unidad de abatimiento (descenso del nivel). **Ver anexo 5 y 5.1 pruebas de bombeo**

Características del Pozo:

- **Nivel Estático (NE):** Profundidad del agua sin bombeo. **Ver anexo 5 y 5.1 prueba de bombeo**
- **Nivel Dinámico (ND):** Profundidad del agua durante el bombeo. **Ver anexo 5 y 5.1 pruebas de bombeo**
- **Abatimiento:** Diferencia entre nivel estático y dinámico. **Ver anexo 5 y 5.1 pruebas de bombeo**
- **Radio de Influencia**: Área afectada por el cono de depresión del bombeo. **Ver anexo 5 y 5.1 pruebas de bombeo**

Calidad del Agua:

- **Análisis fisicoquímicos:** para determinar si es apta para consumo humano, riego o industria. **Ver anexo 6 análisis fisicoquímico del pozo**

6. PRUEBAS DE BOMBEO (NIVEL ESTÁTICO, NIVEL DINÁMICO)

6.1 PRUEBA DE BOMBEO.

Las pruebas de bombeo se hicieron con el fin de determinar la capacidad de rendimiento del pozo y las características hidráulicas de los acuíferos. Estos datos permiten seleccionar el equipo de bombeo apropiado por utilizar en el pozo y predecir el comportamiento de las zonas acuíferas.



Ilustración 3 Detalle prueba de bombeo y colocación de la bomba sumergible para prueba.

Fuente: Constructor.

Las mediciones que se hicieron incluyen: niveles de bombeo o niveles dinámicos, durante carios intervalos de tiempo a lo largo de todo el periodo de bombeo, tiempo en que la bomba arranca, tiempo en que se haya observado cualquier cambio en la descarga y cambio en la cual se detuvo el bombeo. Se utilizó un método simple para determinar la descarga de la bomba, consistente en observar el tiempo necesario para llenar un recipiente de volumen conocido. La medida de los niveles de bombeo se hizo por medio de una sonda eléctrica, la cual consiste en un electrodo suspendido por un par de alambres que lo guían dentro del pozo, al tocar la superficie del agua el electrodo envía a un medidor colocado en la superficie la señal que indica el contacto con el agua. Una vez terminada la prueba de bombeo se calculó el abatimiento residual, que se obtiene restando del nivel estático de cada uno de los niveles de agua, obtenidos durante la prueba. **Ver anexo 5 y 5.1 pruebas de bombeo.**

7 CAUDAL DE OFERTA DEL POZO Y CAUDAL PARA EL PROYECTO.

El caudal de oferta del pozo (Qoferta) es la capacidad máxima sostenible de extracción determinada por pruebas de bombeo, mientras que el caudal del proyecto (Qproyecto) es la

demanda calculada según la población y dotación. El (Qproyecto) debe ser menor o igual al (Qoferta), para evitar la sobreexplotación.

- **Caudal de Oferta del Pozo:** Se determina mediante ensayos de bombeo que establecen el caudal máximo sin superar el nivel crítico del acuífero. Puede variar de bajo (aprox. 1 l/s)) a alto rendimiento, necesitando varias lecturas para asegurar la consistencia**,** al revisar el informe de pruebas de bombeo dada las características del pozo se recomienda **un caudal máximo de explotación de 20 litros por segundo**, para evitar un **descompresionamiento de los acuíferos y la posible irrupción de limos finos. Ver anexo 5.0 y 5.1 informe de prueba de bombeo**

1. **Caudal para el Proyecto** Se calcula basándose en el diseño de la red (Resolución 0330 de 2017 en Colombia), incluyendo caudal medio diario, máximo diario ***(k1)***) y máximo horario ***(k2)*****. El caudal concesionado para uso doméstico y pecuario es de 14.5 lts/seg.**

- **Relación:** La concesión de aguas se otorga considerando la oferta hídrica disponible y la demanda del proyecto. **Ver anexos 5.0 y 5.1 informe de prueba de bombeo**

8 REGISTROS ELÉCTRICOS DEL POZO.

Una vez terminada la perforación de prueba a 8.5 pulgada se realiza el registro eléctrico para constatar la ubicación de los filtros, la cantidad y el potencial de los acuíferos encontrados, queda claro que al momento de la perforación se realiza la toma de datos que se registra para obtener la tabla donde se calcula la TASA DE PERFORACION procedimiento ya explicado en el informe. **Ver inciso 1.1 desde el subíndice 1.1.1 hasta el 1.1.3 de este informe.**

9 . LINEALIDAD Y VERTICALIDAD DEL POZO

9.1 INFORME DE VERTICALIDAD INFORME DE LINEALIDAD Y VERTICALIDAD DEL POZO
ver anexo 6.

9.1.1 INTRODUCCIÓN

Algunas Especificaciones Técnicas de construcción de pozos de agua subterránea establecen el cumplimiento de ciertos estándares para considerar un pozo aceptable por estos parámetros.

Los conceptos de verticalidad y alineamiento pueden parecer como conceptos abstractos pero válidos para asegurarse una adecuada instalación y funcionamiento de la bomba.

Un informe de verticalidad es un documento técnico que certifica que el pozo ha sido perforado con la alineación adecuada para permitir el libre paso del equipo de bombeo y evitar desgastes prematuros.

OBJETIVOS

- Objetivo General

Determinar la desviación del pozo con respecto a la verticalidad y alineamiento, para asegurar la correcta instalación y operación del equipo de bombeo.

- Objetivos Específicos

Realizar e interpretar la prueba de verticalidad al pozo construido en el Centro Agropecuario La Granja del Sena en el municipio del Espinal, Tolima.

UBICACIÓN

El pozo profundo se encuentra en el interior del Centro Agropecuario La Granja SENA, en el área destinada para el funcionamiento del acueducto.

El Pozo PZ-SENA-Espinal se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas:

Coordenadas del pozo PZ-SENA-Espinal

SITIO	COORDENADAS		Altura
Pozo profundo SENA Espinal	Lat. 4°10′24.51′′N	Lng 74°55′41.52′′O	351 msnm

Tabla 4 Coordenadas del pozo PZ-SENA-Espinal

Fuente. Construnal de Aguas S.A.S, tomada con GPS GARMIN MAP 76CSX

Ubicación espacial del pozo PZ-SENA-Espinal

Fuente: Constructor



Figura 6Ubicación espacial del pozo PZ-SENA-Espinal

Fuente. Google Earth, modificado por el consultor

9.1.2 DESCRIPCIÓN DEL POZO PROFUNDO.

El pozo se encuentra ubicado al interior de las instalaciones del Centro Agropecuario La Granja SENA, en el municipio de Espinal, Tolima, este tiene una profundidad de 61.70 metros, se encuentra revestido en su totalidad en tubería de PVC de 6 in de diámetro.

El pozo profundo cuenta con las siguientes especificaciones técnicas físicas:

- Profundidad de 61.70 metros aproximados.
- Tubería de revestimiento en PVC RDE 21 de 6 in de diámetro.

9.1.3 EQUIPOS UTILIZADOS.

Para la realización de las pruebas de verticalidad se utilizó el siguiente material:

- 1 calibrador mecánico de 5 ¾” de diámetro.
- 1 trípode con guaya para el sostenimiento del calibrador.
- 1 regla métrica.
- Formatos para toma de datos.

9.1.4 MÉTODO DE CAMPO.

- Se colocó un trípode centrado sobre la boca del pozo.
- Se descendió el calibrador mecánico de 5 ¾” pulgadas a intervalos regulares e cada 3 metros hasta el fondo.
- Se registraron las lecturas de desviación Norte – Sur y Este – Oeste en cada punto.

- Con estos datos se determina la verticalidad del pozo profundo.

9.1.5 ANÁLISIS DE DATOS MEDIDOS Y RESULTADOS PRUEBA DE VERTICALIDAD POZO.

TABLA DE REGISTRO DE VERTICALIDAD Y ALINEAMIENTO						
POZO:	CENTRO AGROPECUARIO LA GRANJA SENA ESPINAL				FECHA	feb-26
ALTURA TRIPODE (m)	6		DIAMETRO REVESTIMIENTO (pulgadas)		6	
PROFUNDIDAD (m)	LECTURA N-S (a) mm	LECTURA E-O (b) mm	DESV. REAL N-S(Dns) (mm)	DESV. REAL E-O(Deo) (mm)	DESV. TOTAL (D) (mm)	CUMPLE
0	0	0	0	0	0	REVISAR
6	2,1	-1	4,2	-2	4,65188134	OK
12	1,7	-1,2	5,1	-3,6	6,24259561	OK
18	1,9	-1,7	7,6	-6,8	10,198039	OK
24	1,4	-0,9	7	-4,5	8,32165849	OK
30	2,2	-1,1	13,2	-6,6	14,7580487	OK
36	1,8	-1,4	12,6	-9,8	15,962456	OK
42	2,2	-1,4	17,6	-11,2	20,8614477	OK
48	1,9	-1,8	17,1	-16,2	23,5552542	OK
54	2	-1,6	20	-16	25,6124969	OK
60	2,2	-1,7	24,2	-18,7	30,5831653	OK

Tabla 5 Tabla de registro de verticalidad y alineamiento.

Fuente: Constructor

Profundidad total: 60 metros.
Desviación máxima: 30.58 mm a los 60 metros = 0.03058 m.
Dirección predominante: Nor-Este.
Error de verticalidad: es la diferencia entre la posición real del pozo y un alinea perfectamente vertical. Se expresa comúnmente de dos formas; como una distancia física (metros) o como un porcentaje respecto a la profundidad. Para lo cual determinamos el Error de Desplazamiento y el Error Porcentual.
Error de desplazamiento: D= 0.3363

D: Es la distancia horizontal desde el centro de la boca del pozo hasta el centro del pozo a una profundidad determinada.

Fórmula (Método de Plomada):

$$D = d \cdot \frac{H + L}{H}$$

- ***H***: Altura del trípode.
- ***L***: Profundidad medida.
- ***d***: Desviación medida en la boca.

H=6 metros.
L=60 metros.
d=0.03058 metros.
Error porcentual (%): es el dato que suelen validar si el pozo cumple con la norma (usualmente el límite es 1%).

Fórmula:

$$\text{Error } \% = \left(\frac{D}{L}\right) \cdot 100$$

Desplazamiento D:0.3363 m.
L: 60 m
Error %: (0.3363/60) *100=0.56% CUMPLE es menor a 1%.
Cálculo del límite de desviación:
Para un pozo con un diámetro nominal de 6 pulgadas, la desviación máxima permitida según los estándares internacionales (como la norma AWWA A100) es de 4 pulgadas por cada 100 pies (aprox. 30.5 metros) de profundidad.

El criterio técnico establece que la desviación no debe exceder Dos tercios (2/3) del diámetro interno de la tubería de revestimiento por cada tramo de 100 pies.

Desviación máxima: 2/3*diámetro.
Desviación máxima: (2/3) *6=4 pulgadas.

Este valor máximo de 4 pulgadas (101.6 mm) es el desplazamiento horizontal máximo permitido desde el eje vertical teórico al llegar a los 30.5 metros de profundidad.

9.1.6 CONCLUSIONES

El pozo profundo construido cumple con las normas internacionales AWWA A100.
Su desviación a los 60 metros es de 0.03058 metros.

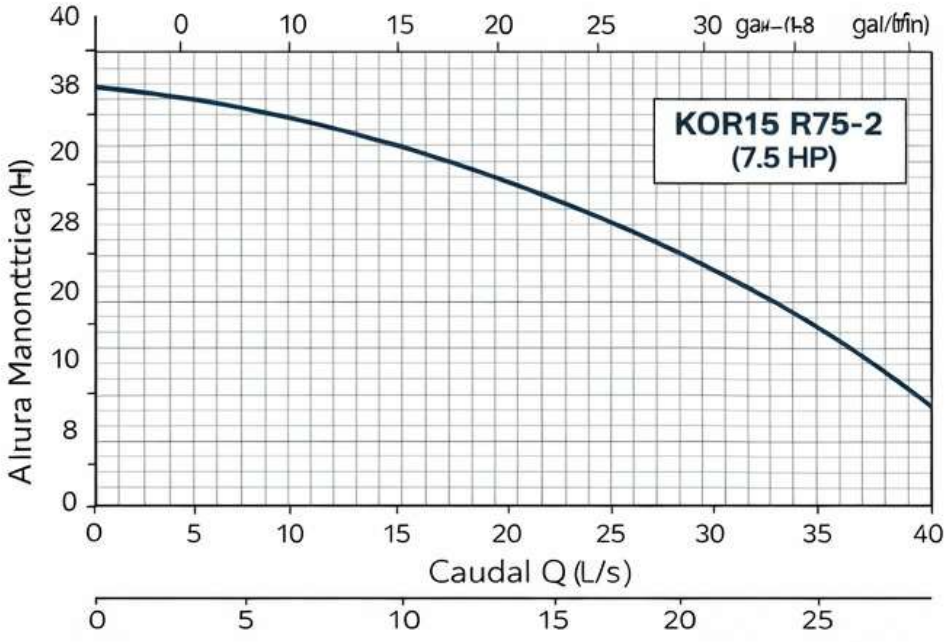
10 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA BOMBA Y SUS CURVAS.

El equipo electro sumergible que se instaló en el pozo profundo construido, está compuesto de:

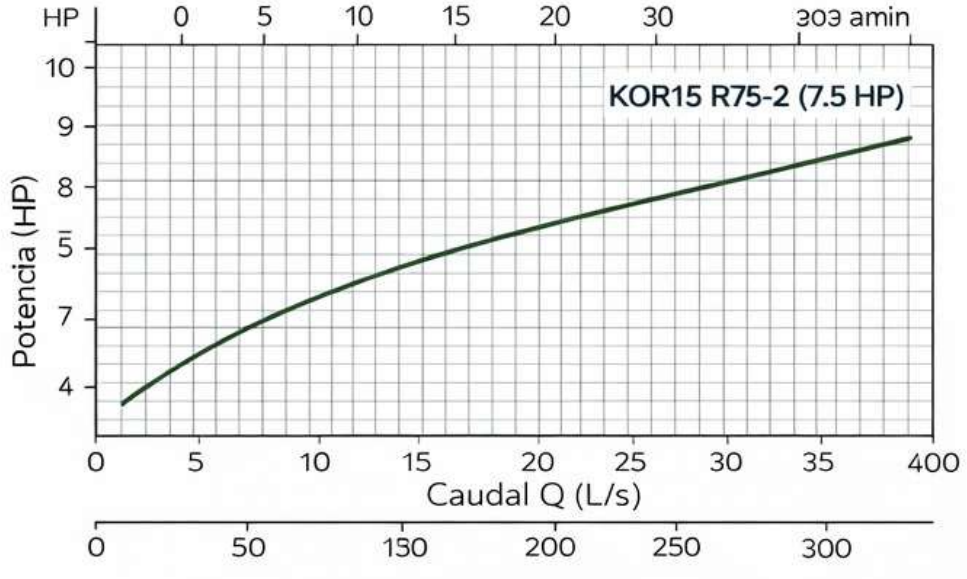
Motor electro sumergible de 7.5 HP a 2.30 voltios 3 fases
Bomba sumergible en acero inoxidable referencia KOR 15 R 75 – 2 con descarga en 3”
Acontinuacion presentamos las curvas caraceritsticas de la bomba hidraulica



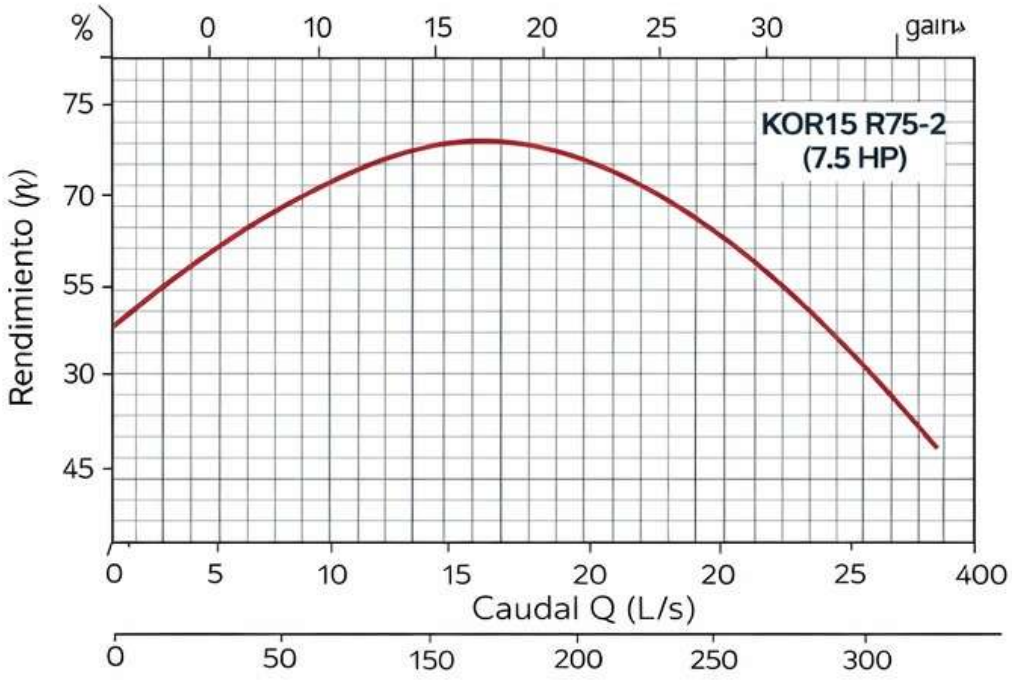
a. Curva Altura Manométrica - Caudal



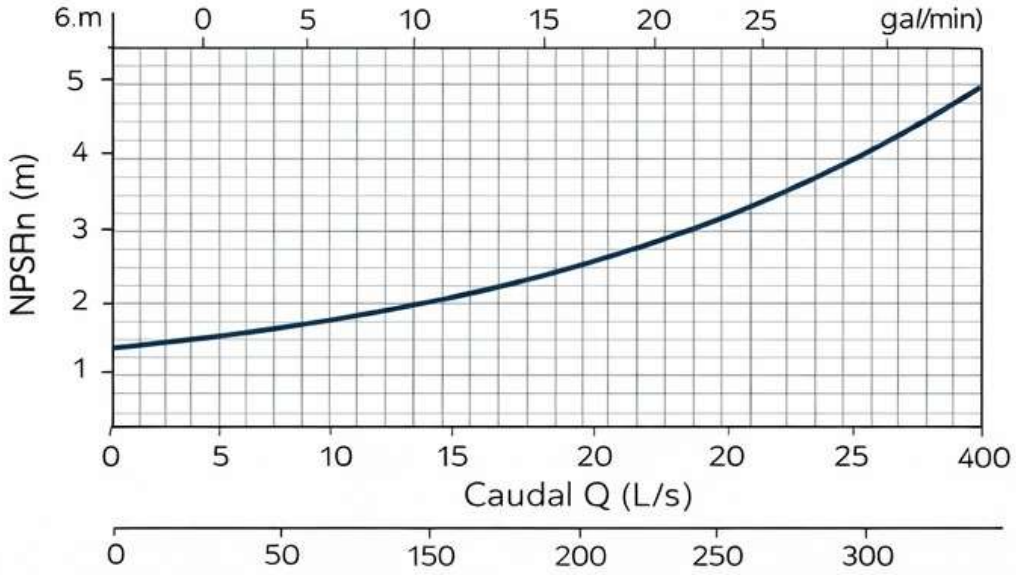
c. Curva Potencia - Caudal



b. Curva Rendimiento - Caudal



d. Curva NPSHr - Caudal



11. INDICAR COMO SE REALIZÓ LA DISPOSICIÓN DE LOS LODOS.

Durante la construcción del pozo profundo en el asunto, se utilizó el método de perforación por rotación directa usando el método de perforación rotatorio convencional y de recirculación de fluido de perforación (lodo de perforación = mezcla de agua y Bentonita).

Este es un simple y efectivo método consistente en la transmisión de un movimiento rotatorio de la broca, la cual corta los estratos geológicos y el fluido de perforación arrastra estos cortes hacia la superficie, estando allí estos fluyen hacia dos piscinas llamadas piscinas de lodo. Este sistema es utilizado mundialmente en pozos de agua y de gran profundidad y petróleos y funciona de la siguiente forma:

Una bomba es utilizada para bombear el fluido de perforación desde la piscina de lodo, llámese piscina 2, hacia la broca por entre la tubería de perforación, este fluido enfría la broca, limpia el pozo y saca los cortes hacia fuera del pozo conduciéndose hacia una piscina de sedimentación llámese piscina 1 y posteriormente removidos de esta con una pala. Un pequeño canal excavado entre las piscinas 1 y 2 permite al lodo fluir desde la piscina 1 hacia la 2 y se repite el proceso.

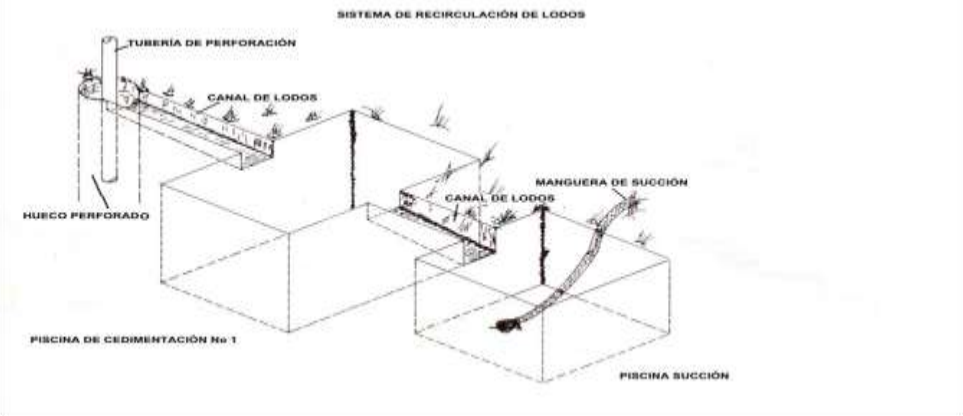


Figura 7 Sistema de Recirculación de Lodos.

Fuente: Constructor.

Al terminar el proceso de perforación, las piscinas de preparación de lodos se sellaron usando el material de ripio o cortes que fueron extraídos durante la perforación, el lodo extraído de las piscinas de lodo se almaceno en tanques de polipropileno en donde se sedimentaron los ripios o cortes de perforación, luego estos fueron extraídos del almacenamiento(tanques plásticos), para exponerlos a deshidratación por medio de la exposición al medio ambiente aprovechando las altas temperaturas durante la época de sequía (mes de diciembre), y estos se dispusieron llenando las piscinas de lodos con los cortes, el lodo bentónico sobrante fue almacenado y transportado a

la ciudad de Villavicencio en el departamento del Meta para la utilización de este lodo en otras obras desarrolladas en dicho municipio.

La bentonita es una arcilla y por si sola es inerte, por lo tanto, antes de su disposición se realizó una deshidratación previa, cabe anotar que la bentonita usada en la construcción de este pozo la empresa constructora la transporta a otros frentes de trabajos dado que no es un producto contaminante del medio ambiente. **Ver anexo 7,1 7.1 y 7.3 fichas ambientales de la bentonita.**



Ilustración 4 canales de lodo bentonitico.

Fuente: Constructor.

12. REALIZAION DE EL ANÁLISIS FISICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO POR UN LABORATORIO CERTIFICADO POR EL IDEAM A UNA MUESTRA DE AGUA DEL POZO.

12.1 TOMA DE MUESTRA DE AGUA PARA ANALISIS FISICO QUIMICO

La toma de muestra de agua en un pozo perforado para análisis físico-químico requiere bombear al menos 30 minutos para asegurar agua del acuífero, utilizando frascos limpios (generalmente plástico para físico-químico) llenados al tope sin aire. La muestra debe refrigerarse a 4°C y

enviarse al laboratorio en <24h. **ver anexo 7 informe de análisis físico químico de muestra de aguas del Pozo.**

Pasos Clave para la Toma de Muestra:

Purga del pozo: Bombee agua hasta que salga clara y sin sedimentos para garantizar que la muestra provenga directamente del acuífero y no de la tubería estancada, lo cual puede requerir entre 30 minutos y una hora de funcionamiento.

Punto de muestreo: Tome la muestra de la cañería más cercana al pozo (grifo o válvula).
Envases: Utilice recipientes suministrados por el laboratorio, usualmente de 1 litro de polietileno (plástico) para análisis físico-químico.
Llenado: Llene el frasco completamente hasta el tope para evitar que quede aire atrapado en su interior, lo que podría alterar los resultados.
Rotulación y Transporte: Marque el envase con el código del pozo, fecha y hora.
Transporte la muestra: en una nevera con hielo a 4°C (sin congelar) y evite la exposición a la luz.

Consideraciones adicionales:
Análisis Microbiológico: Si se requiere, este debe realizarse en un frasco estéril diferente (generalmente de vidrio) y por separado, ya que los requerimientos son más estrictos.
Pozo nuevo: Antes de la muestra, el pozo debe ser desinfectado con cloro y posteriormente enjuagado para eliminar el residual.



Ilustración 5 Detalle toma de muestras para análisis fisicoquímico del agua del pozo

Fuente: Construnal s.a.s.

12.2 PARAMETROS DE ACEPTACION DE RESULTADOS DE ANALISSIS FISICO QUIMICO.

Para el agua cruda no existen parámetros identificables, porque esa es agua cruda. Es para el agua tratada que existen esos parámetros. **ver anexo 7 informe de análisis físico químico de muestra de aguas del Pozo.**

12.2.1 EN ESTE CASO HACER UN BREVE RECUENTO DE LOS RESULTADO DE LABORATRIO.

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO				
PARÁMETRO	**UNIDAD**	**MÉTODO**	**FECHA DE ANÁLISIS**	**RESULTADO**
ALCALINIDAD (pH=4,51)	mg $CaCO_3$/L	SM 2320 B	2026-02-04	281,29
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	SM 2510 B	2026-02-04	351
HIERRO TOTAL	mg Fe/L	SM 3500 Fe B	2026-02-18	0,14
MAGNESIO	mg Mg/L	SM 3500 Mg, B	2026-02-09	15,63
xpH*	Potencial de Hidrogeno	SM 4500 H^+ B	2026-02-04	7,74
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	SM 2540 C	2026-02-11	< 20,00
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	SM 2540 D	2026-02-11	< 15,00
SOLIDOS TOTALES	mg/L	SM 2540 B	2026-02-11	308,80
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO				
Coliformes termotolerantes (fecales)	NMP/100 mL	SM 9221 E	2026-02-04	13
Coliformes totales	NMP/100 mL	SM 9223 B	2026-02-04	874
Escherichia coli	NMP/100 mL	SM 9223 B	2026-02-04	8
*Mesofilo aerobios heterótrofos***	UFC/Ml	SM 9215 B	2026-02-09	1,9E+4 UFC/mL

*Parámetro medido en el Laboratorio, no acreditado. **Reporte Laboratorio Externo Acreditado.

Tabla 6 Tabla de datos análisis físico químico y micro biológico.

Fuente: Constructor

Parámetros Críticos de Calidad del Agua (Agua Cruda):

- **pH:** Entre 6.5 y 8.5 (nivel aceptable para potabilización). **Valor de ensayo 7.74 mg/L cumple**
- **Conductividad Eléctrica:** Máximo recomendado de 1000, **valor de ensayo 351 *u*S/cm cumple**
- **Sólidos Disueltos Totales (TDS):** Varían entre 50 y 2000 ppm. **Valor de ensayo 308.80 cumple**
- **Componentes Adicionales:** Temperatura, alcalinidad, hierro, manganeso, cloro, oxígeno disuelto, y dureza total (calcio y magnesio)

Los niveles recomendados de hierro y magnesio en agua cruda de pozo, enfocados a potabilidad, son generalmente inferiores a 0.3 mg/L para el hierro (por sabor metálico y color) y la dureza total (asociada a magnesio/calcio) depende del uso, con valores superiores a 50 mg/L, lo que indica agua dura, común en pozos.

- **Hierro (Fe):** El nivel límite estándar es **< 0.3 mg/L** (ppm). Concentraciones superiores provocan manchas, coloración y sabor metálico. **Valor de ensayo 0.14 mg/L cumple**
- **Magnesio (Mg):** No hay un mínimo absoluto para el pozo en sí, pero concentraciones superiores a 50 mg/L suelen indicar agua dura, lo que puede requerir tratamiento para evitar incrustaciones en tuberías. **Valor de ensayo 15.63 mg/L cumple**

Notas Importantes:

- **Manganeso (Mn):** A menudo se evalúa con el hierro, con un límite inferior estricto, a menudo **< 0.05 mg/L** o 0.15 mg/L para evitar manchas oscuras.
- **Tratamiento:** Si el hierro supera los 2 mg/L, se suele requerir un tratamiento directo de eliminación, en lugar de solo secuestro.
- **Análisis Periódico:** Es imprescindible realizar un análisis físico-químico periódico por un laboratorio certificado para conocer los valores exactos, ya que la calidad del agua subterránea varía según la zona.
- **Contaminación Bacteriológica:** Presencia de *Escherichia coli* y Coliformes (debe ser nula para consumo). No aplica para agua cruda.

Los parámetros bacteriológicos mínimos para agua cruda de pozo incluyen la ausencia de Escherichia coli (E. coli) y bacterias Coliformes totales por 100 ml, ya que indican contaminación fecal. **Se recomienda un análisis anual** para asegurar que los niveles de microorganismos indicadores sean mínimos, garantizando así la seguridad del suministro.

Parámetros Microbiológicos Clave para Agua de Pozo:

- **Escherichia coli (E. coli):** Debe ser 0 UFC (Unidades Formadoras de Colonia) en 100 ml. Es el indicador más directo de contaminación fecal. **Valor ensayo 8 NMP/100ml, se recomienda tratamiento del agua cruda en planta para remoción.**
- **Coliformes Totales:** Debe ser 0 UFC en 100 ml. Su presencia indica que el pozo puede estar expuesto a contaminación ambiental o superficial. **Valor ensayo 874 NMP/100ml, se recomienda tratamiento del agua cruda en planta para remoción.**
- **Coliformes Fecales:** Debe ser 0 UFC en 100 ml. **Valor ensayo 13 NMP/100ml, se recomienda tratamiento del agua cruda en planta para remoción**
- **Aerobios Mesófilos:** Aunque su presencia no siempre indica riesgo inmediato, recuentos altos indican falta de higiene. **Valor ensayo 1.9 E+4 UFC/ml, se recomienda tratamiento del agua cruda en planta para remoción.**

Consideraciones Adicionales:

- **Frecuencia:** Analizar al menos una vez al año.
- **Factores de Riesgo:** La turbidez, el pH (entre 6,5 y 8,5) y la materia orgánica influyen en la supervivencia bacteriana.

- **Desinfección:** Si los resultados muestran presencia de estos microorganismos, se requiere tratamiento como filtración UV, cloración o sistemas de ósmosis inversa.
- **Análisis Periódico:** Es imprescindible realizar un análisis bacteriológico periódico por un laboratorio certificado para conocer los valores exactos, ya que la calidad del agua subterránea varía según la zona.
- **ver anexo 7 informe de análisis físico químico de muestra de aguas del Pozo.**

13. SE DEBE DAR CUMPLIMIENTO A LAS DEMÁS DISPOSICIONES CONSAGRADAS EN EL DECRETO 1076/2015.

13.1 OBLIGACIONES AMBIENTALES DEL CONTRATISTA

13.1.1. MANTENER PRODUCTOS QUIMICOS DEBIDAMENTE ETIQUETADOS
Durante el lavado y desarrollo del pozo profundo se usaron químicos tales como: Exametafosfato de sodio y ácido sulfónico lineal como agentes dispersores de arcillas e Hipoclorito de sodio como agente bactericida.
A continuación, se relacionan sus fichas técnicas:

PRODUCTOS QUÍMICOS DESINCRUSTANTES Y DESINFECTANTES.					
PRODUCTO	**TIPOS**		**PRESENTACIÓN**	**TIPO DE INCRUSTACIÓN QUE AFECTA**	**TIEMPO DE CONTACTO**
Polis fosfatos	Hexametafosfato de Sodio	$NaPO_3$	Granular	Arcillas, Limos, arenas e incrustaciones de hierro.	18 horas
Ácidos	Ácido Sulfónico Lineal	$C_{18}H_{29}NaO_3S$	Granular	Carbonatos y óxidos de hierro.	
Cloro	Hipoclorito de Sodio		Liquido	Bacterias.	

Tabla 7 Productos químicos desincrustantes y desinfectantes.

Fuente: Constructor

Fuente: Operación y Mantenimiento de Pozos Profundos para Acueductos.

COMBUSTIBLES: Para la maquinaria de perforacion
- ✓ DIESEL.

DESINCRUSTANTES: Para la eliminación de las incrustaciones.
- ✓ Ácido Sulfónico Lineal ($C_{18}H_{29}NaO_3S$).

DESINFECCIÓN QUÍMICA DEL POZO: Para la purificación, eliminación y desinfección del agua.

- ✓ Hipoclorito de Sodio.
- ✓ Hexametafosfato de Sodio

Ver anexo 8.0, 8.1, 8.2, 8.3

13.1.2. MANTENER EN LAS INSTALACIONES DEL SENA LAS FICHAS DE DATOS DE SEGURIDAD DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS USADOS PRODUCTOS QUIMICOS DEBIDAMENTE ETIQUETADOS.

Durante el proceso de construcción del pozo; el lavado y desarrollo del pozo profundo se usaron químicos y combustibles, tales como: combustible para maquinaria Diésel, Exametafosfato de sodio y ácido sulfónico lineal como agentes dispersores de arcillas e Hipoclorito de sodio como agente bactericida.

A continuación, se relacionan sus fichas técnicas:

COMBUSTIBLES: Para la maquinaria de perforacion

- ✓ DIESEL.

DESINCRUSTANTES: Para la eliminación de las incrustaciones.

- ✓ Ácido Sulfónico Lineal ($C_{18}H_{29}NaO_3S$).

DESINFECCIÓN QUÍMICA DEL POZO: Para la purificación, eliminación y desinfección del agua.

- ✓ Hipoclorito de Sodio.
- ✓ Hexametafosfato de Sodio

Ver anexo 8.0, 8.1, 8.2, 8.3

13.1.3 RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD): Se debe presentar constancia al SENA, donde especifique la cantidad de residuos y destino de los mismos, relacionando los datos básicos del gestor debidamente autorizado y del generador, tal como lo especifica el Guía II de la Resolución 472 de 2017 en el caso de los RCD.

Lo anterior **NO APLICA**, dado que no se realizará ningún tipo de demolición de en proyecto

que nos ocupa.

13.1.4 RESIDUOS PELIGROSOS RESPEL: Se deberá entregar copia de la Licencia Ambiental vigente del gestor con quien gestionará el tratamiento, almacenamiento, aprovechamiento o disposición final de residuos peligrosos.

Se dispondrá una pequeña cantidad de RESPEL, usado para el combustible de la maquinaria, tales como plástico de protección, bayetillas y empaque del combustible.

Lo anterior **NO APLICA**, dado que se dispondrá de una pequeña cantidad de estos elementos que el contratista reutiliza en cada uno de los proyectos que realiza en el transcurrir de su ejercicio profesional.

13.1.5 PRESENTAR CERTIFICACIÓN DE PROCEDENCIA LEGAL DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN: se deberá presentar certificación de procedencia legal de los materiales de construcción (arena, grava, arcilla, entre otros minerales) el cual corresponde al Certificado de comercializador de minerales autorizado **–RUCOM.**

Se evidenciará completamente en el informe final mediante la presentacion del –**RUCOM** de estos materiales. **Ver anexo 9.**

13.1.6 PRESENTAR CERTIFICACIÓN DE PROCEDENCIA LEGAL DE LA MADERA: De acuerdo al uso y el grado de transformación (en caso de su uso) el cual corresponderá**.**

a: - Para madera en primer grado de transformación se requiere la presentación del permiso de aprovechamiento forestal, el salvoconducto de movilización en línea (transporte) y copia del libro de operaciones.

b: - Para madera en segundo grado de transformación se requiere la presentación de la copia del libro de operaciones y factura para su transporte.

c: - Para madera en tercer grado de transformación se requiere la presentación únicamente de la **factura de venta**.

Se evidenciará completamente en el informe final mediante la presentacion de la factura de venta dado que solo se dispondrá una pequeña cantidad de madera para la construcción del pedestal de concreto. **Ver anexo 10 factura de venta madera.**

13.1.7 INDICAR COMO SE REALIZÓ LA DISPOSICIÓN DE LOS LODOS (CANTIDAD) Y A QUE EMPRESA GESTORA DE COMBUSTIBLES USADOS ENTREGO LOS RESIDUOS DE COMBUSTIBLES (CANTIDAD).

El tema de la disposición de lodos se evidencia completamente en el inciso 11 de este informe cuyo título **INDICAR COMO SE REALIZÓ LA DISPOSICIÓN DE LOS LODOS**, el tema de la gestión de combustible usados la constructora certifica que los tiempos para recambio de aceites no se cumplieron en término de este contrato. **Ver anexo 11**.

13.1.8. SE DEBE CONTRATAR UN LABORATORIO CERTIFICADO POR EL IDEAM PARA QUE TOME LA MUESTRA DE AGUA DEL POZO Y REALIZAR EL ANÁLISIS FISICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE LA MUESTRA DE AGUA DEL POZO CON SU RESPECTIVA INTERPRETACIÓN.

El tema de los análisis fisicoquímicos y bacteriológico realizado por un laboratorio certificado por el IDEAM se evidencia completamente en el inciso 12 de este informe cuyo título es **REALIZAION DE EL ANÁLISIS FISICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO POR UN LABORATORIO CERTIFICADO POR EL IDEAM A UNA MUESTRA DE AGUA DEL POZO. Ver anexo 7.**

13.1.9 TODOS LOS RESIDUOS APROVECHABLES GENERADOS EN LA OBRA, SERÁN ENTREGADOS A LA ENTIDAD PARA SU POSTERIOR REVISIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL CON EL GESTOR AUTORIZADO.

NO APLICA dado que no se generaron residuos aprovechables en la obra, debido a la naturaleza del proyecto ejecutado no gestionaron ante la entidad solicitudes de disposición de residuos aprovechables.

14. OTRAS DISPOSICIONES DE LA RESOLUCIÓN 1316,

14.1 EL USUARIO DA CUMPLIMIENTO A LO REQUERIDO MEDIANTE AUTO NO. 90 DEL 28 DE ENERO DEL 2024.

Según reza en la resolución 1316 el **SENA** dio cumplimento a lo requerido en el auto No. 90 del 28 de enero del 2024. Esto pertenece a la fase previa de la contratación del pozo debido a lo cual se hace mención de cumplimiento previo como requisito de aprobación del estudio geoeléctrico y del permiso de perforacion.

14.2 UNA VEZ REVISADO EL EXPEDIENTE SE EVIDENCIA EL CUMPLIMIENTO DE LO REQUERIDO, por lo tanto, se considera viable técnicamente otorgar el permiso de prospección y exploración de aguas subterráneas solicitado por el SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE – SENA - REGIONAL TOLIMA representada legalmente por la Directora Regional MARTHA LUCIA AYALA LARA identificada con cedula de ciudadanía No. 65.731.221, para el "CENTRO AGROPECUARIA LA GRANJA" con número de matrícula inmobiliaria 357-48491, ubicado en la vereda "Dindalito" del municipio del Espinal, departamento del Tolima.

Con relación al párrafo anterior y según reza en la resolución 1316 el **SEN**A dio cumplimento a lo requerido por lo tanto se considera viable técnicamente otorgar el permiso de prospección y exploración de aguas subterráneas solicitado por el **SENA - REGIONAL TOLIMA.**

14.3 DE ACUERDO CON EL MODELO GEOELÉCTRICO OBTENIDO, DONDE SE INDICA QUE EL ÁREA QUE PRESENTA RASGOS MÁS PROPICIOS PARA ENCONTRAR EL RECURSO EN EL SITIO CERCA DEL SEV 3 del presente estudio, se toman las coordenadas recomendadas en el estudio geoeléctrico:

Las coordenadas del pozo serían:
4°10'24"N 74°55'41"W

Como se indica en el numeral 9 de este informe subíndice **9.1.1** se describe **LA UBICACIÓN** del pozo profundo se encuentra en el interior del Centro Agropecuario La Granja SENA, en el área destinada para el funcionamiento del acueducto. **El Pozo PZ-SENA-Espinal** se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas:

Coordenadas del pozo PZ-SENA-Espinal

SITIO	COORDENADAS			Altura
Pozo profundo SENA Espinal.	Lat. 4°10´24.51´´N	Lng 74°55´41.52´´O		351 msnm

Tabla 8 Coordenadas del pozo PZ-SENA-Espinal

Fuente: Constructor



Figura 8 Ubicación espacial del pozo PZ-SENA-Espinal

Fuente. constructor

14. 4. TENIENDO EN CUENTA LO EXPUESTO EN EL ESTUDIO GEOELÉCTRICO: La profundidad final del pozo será basada en las muestras de cortes que se deben tomar durante la perforación y que se recomienda extraer cada metro. Es decir, dependiendo del potencial de aporte hídrico (porosidad de la roca), de las muestras obtenidas a una profundidad de aproximadamente 50 metros en adelante, se decidirá si es viable o no continuar la perforación hasta una profundidad aproximada de 70 metros", se debe presentar un informe donde se indique claramente las condiciones técnicas que originaron que se aumente la profundidad del pozo.

Dando cumplimiento a lo complementado por el registro eléctrico del pozo, realizado después de la perforacion de prueba de 8.5 pulgadas de diámetro, descrito en este informe en el numeral **1 DISEÑO DEFINITIVO DEL POZO,** subíndice 1.1.2 **RESULTADO E INTERPRETACION DE LOS REGISTROS ELECTRICOS** y subíndice 1.1.3 **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

De acuerdo al resultado del registro eléctrico se recomienda instalar 24 m de tubería ranurada distribuidos en los siguientes intervalos:

PROFUNDIDAD		LONGITUD DEL FILTRO (m)
De (m)	Hasta (m)	
26	39	12
41	54	12
TOTAL FILTROS		24

Tabla 9 cantidad de filtros

Fuente: Consultor

- ✓ El pozo deber ser completado con tubería de producción de 6".
- ✓ Se debe tener especial atención en la ubicación de los filtros, estos deben quedar frente a las zonas permeables determinadas por el registro eléctrico y las muestras descritas metro a metro.
- ✓ Hacer mantenimiento, lavado y limpieza, al pozo por lo menos una vez al año.
- ✓ El registro eléctrico de pozo es un método de análisis directo, el cual a través del conjunto de las distintas lecturas (gamma ray, resistivos y potencial espontaneo) se usa para determinar la litología presente en la perforación del pozo profundo, mas no, para establecer el caudal de explotación del recurso hídrico subterráneo que puede brindar el pozo. Para determinar los caudales de explotación se debe realizar una prueba de bombeo.
- ✓ (El informe del registro eléctrico se anexa).

Una vez terminada la perforación de prueba a 8.5 pulgada se realiza el registro eléctrico para constatar la ubicación de los filtros, la cantidad y el potencial de los acuíferos encontrados, queda claro que al momento de la perforación se realiza la toma de datos que se registra para obtener la tabla donde se calcula la TASA DE PERFORACION procedimiento ya explicado en el informe. **Ver anexo 3 informe de registro eléctrico, ver anexo 4 tasa de perforacion**

14.5. EL SOLICITANTE DEBERÁ CUMPLIR CON LOS SIGUIENTES REQUERIMIENTOS:

Recomendación general:

Será responsabilidad del **SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE – SENA - REGIONAL TOLIMA** representada legalmente por la Directora Regional MARTHA LUCIA AYALA LARA identificada con cedula de ciudadanía No. 65.731.221 y/o sus contratistas en caso de cualquier deterioro o daño al medio ambiente que en desarrollo y operación de la actividad sea causado por la empresa o por contratistas a su cargo y deberá realizar las actividades necesarias para corregir y mitigar los impactos ambientales causados**.**

De acuerdo a lo expresado en este informe en los numerales **13.1 OBLIGACIONES AMBIENTALES DEL CONTRATISTA incisos 13.1.1, al 13.1.9** el contratista de obra cumplió con sus obligaciones de carácter ambiental.

15. PRERREQUISITOS PARA ANTES DE LA EXPLORACIÓN

15.1. AVISAR A CORTOLIMA CUANDO VAN A INICIAR LA PERFORACIÓN, indicando cuál es la empresa perforadora, enviando a la Corporación las hojas de vida y experiencia de los profesionales, así mismo comunicar a la Corporación por escrito la fecha y hora en que se programará la prueba de bombeo, esta notificación se debe realizar por lo menos con 15 días de anticipación a la fecha de efectuarse este procedimiento, con el fin de programar y enviar a un funcionario de la subdirección de Administración de Recursos Naturales para que supervise esta prueba de bombeo.

En fecha 22 de diciembre dentro del plazo contractual se envió comunicación **73-2-2025-000844** a CORTOLIMA indicando las fechas de cuando se van a iniciar la perforación, indicando además cuál era empresa perforadora, además se enviaron a la Corporación las hojas de vida y experiencia de los profesionales, así mismo se comunicó por escrito la fecha y hora en que se programará la prueba de bombeo. **Ver anexo 12.**

15.2. REMITIR LA RELACIÓN Y ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO PERFIRADOR usado en las perforaciones, junto con el sistema de perforación a emplear.

En fecha 22 de diciembre dentro del plazo contractual se envió comunicación **73-2-2025-000844** a CORTOLIMA indicando la relación y especificaciones del equipo que se usó en las perforaciones. **Ver anexo 12.**

15.3 PLAN DE TRABAJO EN UN PLAZO NO MAYOR A TREINTA (30) DÍAS.

En fecha 22 de diciembre dentro del plazo contractual se envió comunicación **73-2-2025-000844** a CORTOLIMA indicando el Plan de trabajo en un plazo no mayor a treinta (30) días. **Ver anexo 12.**

15.4 CUMPLIR CON LAS NORMAS ESTABLECIDAS SOBRE PROTECCIÓN Y PRESERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE.

El numeral **13.1 OBLIGACIONES AMBIENTALES DEL CONTRATISTA desde el sub índice 13.1.1 al 13.1.9** trata de las normas establecidas para este proyecto de lo que se puede concluir que el contratista de obra cumplió con sus obligaciones de carácter ambiental.

15.5 SE RECOMIENDA PERFORAR UN POZO DE ACUERDO CON LOS PARÁMETROS ESTABLECIDOS EN EL ESTUDIO GEOELÉCTRICO, con un diámetro de establecido y su debido revestimiento.

Dando cumplimiento a lo complementado por el registro eléctrico del pozo, realizado después de la perforacion de prueba de 8.5 pulgadas de diámetro, descrito en este informe en el numeral **1 DISEÑO DEFINITIVO DEL POZO,** subíndice 1.1.2 **RESULTADO E INTERPRETACION DE LOS REGISTROS ELECTRICOS** y subíndice 1.1.3 **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES,** así las cosas de acuerdo al resultado del registro eléctrico se recomienda instalar 24 m de tubería ranurada distribuidos en los siguientes intervalos:

PROFUNDIDAD		LONGITUD DEL FILTRO (m)
De (m)	Hasta (m)	
26	39	12
41	54	12
TOTAL FILTROS		24

Tabla 10 cantidad de filtros

Fuente: Consultor

- ✓ El pozo deber ser completado con tubería de producción de 6”.

- ✓ Se debe tener especial atención en la ubicación de los filtros, estos deben quedar frente a las zonas permeables determinadas por el registro eléctrico y las muestras descritas metro a metro.

15.6 PARA EVITAR CUALQUIER TIPO DE CONTAMINACIÓN E INTERFERENCIA EN EL ACUÍFERO QUE SE VA A EXPLOTAR, ES NECESARIO NO COLOCAR FILTROS EN LOS PRIMEROS 25 METROS DE PROFUNDIDAD.

Vista la tabla anterior se observa la colocación de filtros a partir de la cota -26 mts

PROFUNDIDAD		LONGITUD DEL FILTRO (m)
De (m)	Hasta (m)	
26	39	12
41	54	12
TOTAL FILTROS		24

Tabla 11 cantidad de filtros

Fuente: Consultor

15.7 EL USUARIO DEBE INSTALAR UNA TUBERÍA (PREFERIBLEMENTE EN PVC) ADICIONAL, PARA LA TOMA DE NIVELES de agua dentro del pozo profundo y para la toma de muestras del agua.

De acuerdo a esto se instaló una tubería PVC para la toma de niveles tal y como se muestra en la siguiente ilustración.



Ilustración 6 Ubicación tubería toma de niveles del pozo

Fuente: Consultor

15.8. PARA LA PRUEBA DE BOMBEO SE DEBERÁ TOMAR LOS POZOS DE OBSERVACIÓN DEL ÁREA MÁS CERCANA MENOR A LOS 1000 METROS, en caso de que aplique.

NO APLICA dado que según información previa recolectada en la zona no existen pozos que puedan servir como pozos de observación en una cercanía de 1.000 metros del pozo perforado de este proyecto.

16. REQUISITOS DE ENTREGA DE INFORME DE PRUEBA DE BOMBEO

16.1 SE DEBE TOMAR MUESTRAS METRO A METRO: para hallar la granulometría de la perforación, como conocer la estratificación de la perforación.

En el numeral **3.2 TASA DE PERFORACIÓN Y REGISTRO DE LA VISCOSIDAD DEL LODO**. Se describe el proceso de recolección de muestras de suelo metro a metro**. Ver anexo 4 tasa de perforacion**

Mientras que en el **inciso 3.2.1 MUÉSTREO COLUMNA LITOLÓGICA,** se presenta en cuadro de los parámetros de perforación y litología.

CUADRO DE PARAMETROS DE PERFORACION Y LITOLOGIA			
Profundidad (m)	**Rata de Perforación (ROP) (m/hr)**	**Viscosidad del lodo (embudo s/qt)**	**Litologia (Descripción)**
1 - 10	1,66	35 - 40	areniscas poco consolidadas
10 - 20	1,66	40 - 45	intercalaciones de arcillas y arenas
20 - 28	2	40 - 42	intercalaciones de areniscas, lodolitas y conglomerados
28 - 36	2	42 - 45	Intercalaciones con predominación de areniscas
36 - 47	1,83	42 - 45	intercalaciones de areniscas, lodolitas y conglomerados
47 - 56	1,8	42 - 45	intercalaciones de areniscas, lodolitas y conglomerados
56 - 58	0,4	40 - 42	Lodolitas
58 - 58,5	0,1	41 - 42	Lodolitas
58,5 - 61,7	0,8	40 – 42	Lodolitas

Tabla 12 Parámetros de Perforación y Descripción litológica

Fuente: Constructor

Cabe anotar que durante la perforación se tomaron muestras cuidadosamente, metro a metro, y en los cambios bruscos de perforación para determinar granulometría, color, contextura y estructura de las capas geológicas perforadas, esto con el fin de obtener la mejor información posible para el diseño del pozo.

16.2 INDICAR QUE EMPRESA GESTORA REALIZO EL MANEJO DE LODOS o que tratamiento se realizó con estos.

En el numeral **13.1.7 INDICAR COMO SE REALIZÓ LA DISPOSICIÓN DE LOS LODOS (CANTIDAD) Y A QUE EMPRESA GESTORA DE COMBUSTIBLES USADOS ENTREGO LOS RESIDUOS DE COMBUSTIBLES (CANTIDAD).** Se expone el tramite o gestión que se realizó con los lodos.

Además, el tema de la disposición de lodos se evidencia completamente en el inciso 11 de este informe cuyo título **INDICAR COMO SE REALIZÓ LA DISPOSICIÓN DE LOS LODOS**, se explica cómo se disponen estos lodos en el proyecto.

16.3 EL USUARIO DEBE INSTALAR UNA DERIVACIÓN DE LA TUBERÍA DE SALIDA DEL POZO, con el fin de poder tomar muestra de agua y toma de los niveles del pozo.

Se verifica que se instaló una derivación de la tubería de salida del pozo, con el fin de poder tomar muestra de agua y toma de los niveles del pozo. Ver evidencia



Ilustración 7 Ubicación derivación tubería salida de ½"

Fuente: Consultor

16.4 SEGÚN LA LEY 9 DE 1979 (ARTÍCULO 60) TODOS LOS POZOS CONSTRUIDOS PARA EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

DEBERÁN TENER UN SELLO SANITARIO para proteger el pozo contrafuertes potenciales de contaminación.

La colocación del sello sanitario en el pozo profundo consistió en rellenar el espacio anular entre la tubería de revestimiento (ademe) y la perforación con lechada de cemento o concreto pobre como es el caso de nuestro pozo, cubriendo los primeros 7 metros para evitar la contaminación del acuífero por infiltración superficial. Es crucial para la protección

- **Sello Superior:** Construir una losa de hormigón (aprox.) en la superficie con una tapa de pozo segura.
- **Tiempo de Fraguado:** Esperar el tiempo de endurecimiento del cemento, generalmente tres días, antes de reiniciar las actividades en el pozo.

Se verifica que se construyó un sello sanitario para proteger el pozo contra fuertes potenciales de contaminación.



Ilustración 8 colocación sello sanitario pozo

Fuente: Consultor

16.5 DEBE CONTRATAR UNA INTERVENTORÍA PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO, la cual debe ser pagada por el peticionario de la solicitud.

Para la ejecución de este proyecto se contrató se verifica que se contrató una interventoría con el ingeniero FABIAN ALFREDO HUGUETH MOLINA. **Ver anexo 13 minuta del contrato.**

16.6 UNA VEZ TERMINADA LA PERFORACIÓN, SE DEBE TOMAR LOS REGISTROS ELÉCTRICOS DEL POZO CON SONDAS DE SP, RESISTIVIDAD CON SONDA CORTA Y LARGA Y GAMMA RAY.

En el numeral **1.0 DISEÑO DEFINITIVO DEL POZO,** el inciso **1.1 INFORME DE REGISTRO ELÉCTRICO Y SUS RECOMENDACIONES**, y los subíndices **1.1.1 DESARROLLO DE LOS TRABAJOS, 1.1.2 RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS REGISTRO ELÉCTRICOS, 1.1.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES,** se presenta el informe detallado del Registro eléctrico del pozo perforado que nos ocupa.

16.7 SE DEBE REALIZAR PRUEBA DE BOMBEO en la cual se calcule la transmisividad, la conductividad hidráulica, caudal potencial, el radio de influencia del pozo y el almacenamiento. Para dicha actividad se debe contratar personal calificado que le realice dichas pruebas y se debe avisar a Cortolima con 15 días de anticipación para estar presente en la validación de las pruebas, en estas pruebas se debe observar los niveles dinámicos del pozo, si hay pozos en el perímetro se deberán tomar como observatorio para conocer los parámetros hidráulicos, la prueba bombeo debe realizarse a caudal constante como mínimo 48 horas continuas, teniendo en cuenta la prueba de recuperación que llegue al nivel estático inicial.

En el numeral **6.0 PRUEBAS DE BOMBEO (NIVEL ESTÁTICO, NIVEL DINÁMICO)** de este informe, en el inciso **6.1 PRUEBA DE BOMBEO**. Se indica a cerca de las Las pruebas de bombeo que se e hicieron con el fin de determinar la capacidad de rendimiento del pozo y las características hidráulicas de los acuíferos. Estos datos permiten seleccionar el equipo de bombeo apropiado por utilizar en el pozo y predecir el comportamiento de las zonas acuíferas. **Ver anexo 5 y 5.1 pruebas de bombeo.**



Ilustración 9 Detalle prueba de bombeo y colocación de la bomba sumergible para prueba.

Fuente: Constructor.

16.8. REQUERIR LA PRESENTACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA A UTILIZAR EN LAS PRUEBAS DE BOMBEO con sus respectivas curvas:

a. Curva altura manométrica-caudal. Curva HQ.

b. Curva rendimiento-caudal. Curva ?Q.
c. Curva potencia-caudal. Curva NQ.
d. Curva carga neta positiva de aspiración requerida (NPSHr)-Caudal.

En el anexo **5.0 PRUEBAS DE BOMBEO inciso 10.2 CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA USADA EN PRUEBAS DE BOMBEO Y SUS RESPECTIVAS C**URVAS, se presentan las curvas solicitadas en este numeral. **Ver anexo 5.0 y 5.1**

17 OTRAS DISPOSICIONES DEL EN EL AUTO 6577

17.1 PREVIO A DAR INICIO AL PROCESO DE PERFORACION*:*

17.1.1 QUE EL ÁREA DE EXPLORACIÓN NO EXCEDA DE 1000 HECTÁREAS, siempre y cuando sobre la misma zona no existan otras solicitudes que impliquen reducir esta extensión, de acuerdo al Artículo 2.2.3.2.16.8 del Decreto 1076 de 2015.

Al revisar el estudio geoeléctrico presentado por la entidad a CORTOLIMA se observa que en el numeral **2. ANÁLISIS DEL ÁREA DEL ESTUDIO GEO-ELÉCTRICO PARA PROSPECCIÓN Y EXPLORACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA** y en el inciso **2.1. ESTABLECER EL ÁREA DE EXPLORACIÓN EN PLANO IGAC A ESCALA 1:10000 Y OTRO PLANO A ESCALA ADECUADA A UN PLIEGO DONDE SE ESTABLECE EL ÁREA DE EXPLORACIÓN.**

Ver Plancha IGAC a escala 1:10000 corresponde a la 264–I-B-4

En la siguiente imagen se aprecia la ubicación de los Sondeos Eléctricos Verticales en un plano a escala 1:2000 Donde se ilustra el área de exploración, **Ver anexo 14. INFORME FINAL GEOELECTRICO SENA ESPINAL**



Ilustración 10 georreferenciación delos SEV

fuente Construnal s.a.s.

UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El estudio geoeléctrico de prospección de agua subterránea se lleva a cabo en las instalaciones del SENA La Granja, ubicado en el Km 5 vía Espinal Ibagué, vereda Dindalito municipio del Espinal departamento del Tolima.

La localización geográfica de los Sondeos eléctricos verticales se aprecia en la siguiente tabla e imagen. **Ver anexo 13 INFORME FINAL GEOELECTRICO SENA ESPINAL**

S.E.V	Coordenadas geográficas		Datum Magna Sirgas Origen central	
	Latitud	Longitud	Norte (m)	Este (m)
1	4°10'24,25"N	74°55'44,02"O	953297	905470
2	4°10'25,45"N	74°55'40,10"O	953334	905591
3	4°10'24,56"N	74°55'42,06"O	953307	905530

Fuente: trabajo de campo INGEQMA SAS, 2022

Tabla 13 localización geográfica de los SEV
Fuente: Constructor

Vista las coordenadas de estudio geoeléctrico podemos determinar que el área de exploración es sobradamente inferior a 1.000 Ha

17.1.2 DESPUÉS DE CUMPLIR CON LOS ANTERIORES REQUISITOS SE PUEDE DAR INICIO A LA EXPLORACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.

17.**2 DURANTE EL PROCESO DE PERFORACION**

17.2.1 SERA RESPONSABILIDAD DEL PERMISIONADO Y/O SUS CONTRATISTAS EN CASO DE CUALQUIER DETERIORO O DAÑO AL MEDIOAMBIENTE que en desarrollo y operación de la actividad sea causado por la empresa o por contratistas a su cargo y deberá realizar las actividades necesarias para corregir y mitigar los impactos ambientales causados.

De acuerdo a lo expresado en este informe en los numerales **13.1 OBLIGACIONES AMBIENTALES DEL CONTRATISTA incisos 13.1.1, al 13.1.9** el contratista de obra cumplió con sus obligaciones de carácter ambiental.

17.3 UNA VEZ TERMINADA LA PERFORACION

17.3.1 INFORMAR POR ESCRITO A LA CORPORACIÓN LA FECHA Y HORA PROGRAMADA PARA REALIZAR LA PRUEBA DE BOMBEO. Esta notificación debe hacerse con al menos 15 días de anticipación a la fecha del procedimiento, a fin de que se pueda programar y enviar a un funcionario de la Subdirección de Administración de Recursos Naturales, quien será responsable de supervisar el proceso. Además, se debe tener en cuenta lo siguiente al programar la prueba de bombeo:

En fecha 22 de diciembre dentro del plazo contractual se envió comunicación **73-2-2025-000844** a CORTOLIMA indicando las fechas de cuando se van a iniciar la perforación, indicando además cuál era empresa perforadora, además se enviaron a la Corporación las hojas de vida y experiencia de los profesionales, así mismo se comunicó por escrito la fecha y hora en que se programará la prueba de bombeo. **Ver anexo 12.**

- Se debe calcular la transmisividad, la conductividad hidráulica, caudal potencial, el radio de influencia del pozo y el almacenamiento.

En el anexo 5.0 **PRUEBA DE BOMBEO** en los subíndices **11.1 Transmisividad y Conductividad Hidráulica, 11.2 Datos de la Prueba de Bombeo a Caudal Constante, 11.3 Características Hidráulicas para el Pozo en la Prueba de Recuperación, 11.4 Parámetros de Explotación del Pozo, 11.4.1 Características De Construcción Del Pozo, 11.5 Datos Prueba de Bombeo a Caudal Constante y 12. Análisis de Datos Medidos y Resultados de la Prueba de bombeo Caudal. N** se presentan cálculos de la la transmisividad, la conductividad hidráulica, caudal potencial, el radio de influencia del pozo y el almacenamiento. **Ver anexo 5.0 PRUEBA DE BOMBEO**

Se debe contratar personal calificado que le realice dichas pruebas.

El personal que estuvo a cargo de las pruebas de bombeo es el mismo personal que construyo el pozo a saber:

Director de obra: ingeniero de petróleos MARIO ARTURO ROJAS RODRIGUEZ
Residente de obra: Ingeniero civil EDWAR MIGUEL REGULAR VILLALOBOS

- Se debe observar los niveles dinámicos del pozo.

Ver anexo 5.0 **PRUEBA DE BOMBEO numeral 13. CONCLUSIONES**

- Si hay pozos en el perímetro se deberán tomar como observatorio para conocer los parámetros hidráulicos.

NO APLICA dado que según información previa recolectada en la zona no existen pozos que puedan servir como pozos de observación en una cercanía de 1.000 metros del pozo perforado de este proyecto.

- Para la prueba de bombeo se deberá tomar los pozos de observación del área más cercana menor a los 1000 metros, en caso de que aplique.

NO APLICA dado que según información previa recolectada en la zona no existen pozos que puedan servir como pozos de observación en una cercanía de 1.000 metros del pozo perforado de este proyecto.

- La prueba bombeo debe realizarse a caudal constante como mínimo 48 horas continuas, teniendo en cuenta la prueba de recuperación que llegue al nivel estático inicial.

Ver anexo **5.0 PRUEBA DE BOMBEO** numeral **11.3 Características Hidráulicas para el Pozo en la Prueba de Recuperación, TABLA 9.**



MARIO ARTURO ROJAS RODRIGUEZ.
ING DE PETROLEOS
T.P 02057 DEL C.P.I.P (CONCEJO PROFESIONAL DE ING DE PETROLEOS)
Cel.: 350 2701632.