NORMA TECNICA PARA
LA PERFORACIÓN DE POZOS PROFUNDOS EN
LA ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

PREFACIO

Ya que de acuerdo a la ley de creación de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) su principal objetivo es el de “proveer y ayudar a proveer agua para el consumo humano”, la búsqueda de fuentes para abastecimiento de agua es uno de los principales problemas con que se enfrenta diariamente.

Si tomamos en cuenta que, solamente existen dos fuentes de agua a nuestra disposición: **las superficiales**, que comprenden los lagos, ríos, áreas de drenaje que envían el agua hacia los embalses y los procedimientos que permiten captar y retener agua lluvia; y **las subterráneas**, que incluyen a los pozos, manantiales y galerías horizontales.

Y a esto agregamos que, el agua dulce en estado líquido de ríos y lagos, representa la parte de este recurso que se encuentra en tránsito y por lo tanto en la mayor parte de los casos contaminada, entenderemos el por qué de la creciente demanda de perforaciones, que con la finalidad de explotación de acuíferos para consumo humano, hemos tenido en los últimos años.

Esta creciente demanda de perforaciones ha hecho tomar conciencia de la falta de instrumentos que rijan la administración del recurso, unifiquen los criterios de trabajo y ordenen los procedimientos de seguimiento institucional relacionados a la actividad de perforación.

La presente norma pretende lograr la homologación de criterios técnicos en las actividades de selección del sitio, construcción, supervisión y recepción de pozos profundos, contribuyendo de esta manera al fortalecimiento en la gestión de los recursos hídricos subterráneos.

CAPITULO I

CONSIDERACIONES PRELIMINARES.

1.1 OBJETO.

La presente Norma proporciona las exigencias técnicas mínimas que deberán cumplirse para la selección del sitio, construcción, prueba de capacidad, supervisión, recepción, operación y mantenimiento y abandono de la perforación de pozos profundos destinados a la captación de agua para consumo humano.

1.2 CAMPO DE APLICACIÓN.

Las exigencias contenidas en la presente Norma abarcan los pozos profundos propiedad de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), ya sean perforados con su personal y equipo o por cualquier empresa contratada para tal fin en la jurisdicción de cualquiera de las cuatro Gerencias Regionales de la Institución.

Las exigencias aquí contempladas deberán ser cumplidas, de igual forma, por cualquier pozo que sea certificado por la ANDA.

CAPITULO II

GENERALIDADES

2.1 DEFINICIONES

Para los fines de la presente Norma se entenderán las siguientes definiciones:

2.1.1 **AGUA POTABLE.** La que por su calidad y características físicas, químicas y bacteriológica de acuerdo a la normativa salvadoreña e internacional es aceptable para el consumo humano**.**

2.1.2 **ANDA.** Siglas de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados**.**

2.1.3 **CONACYT.** Siglas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Institución de Derecho Público, sin fines de lucro, de carácter autónomo descentralizado, que es la autoridad superior encargada de la política científica y tecnológica en el país. Y que, entre otras atribuciones, tiene la de, dirigir y coordinar las actividades y la ejecución de la política en materia de normalización.

2.1.4 **GERENCIA NORMATIVA.** Cualquiera de las Gerencias de la ANDA contempladas dentro del nivel normativo dentro del organigrama de la Institución.

2.1.5 **GERENCIA REGIONAL**. Cualquiera de las cuatro Gerencias Operativas de la ANDA,

con jurisdicción definida y responsables del suministro de agua potable, alcantarillado sanitario y prestación de servicios a la zona Metropolitana, Oriental, Central u Occidental correspondiente.

2.1.6 **HOMOLOGAR** Confirmar, corroborar. Reconocer de modo oficial o privado la conformidad de una técnica de ejecución con las características fijadas de antemano. Declarar que algo corresponde a la Norma fijada.

2.1.7 **JUNTA DE GOBIERNO**. Conjunto de Directores que realizan las funciones de dirección y administración de la ANDA en el marco de las facultades y atribuciones que su Ley de Creación le confiere.

2.1.8 **NSO.** Siglas de Norma Salvadoreña Obligatoria. Normas obligatorias en el País, aprobada por CONACYT por ser de interés público ya sea por convenir a la economía, estar relacionadas con la protección del medio ambiente, por que se refieran a materiales, procedimientos, productos, etc., que pudieran afectar la vida, la seguridad o la integridad.

2.1.9 **NSR.** Siglas de Norma Salvadoreña Recomendada. Aprobadas por CONACYT, recomendadas en el uso privado pero obligatorias en las adquisiciones de bienes y servicios que efectúen las entidades estatales, autónomas o descentralizadas, en las que proveedores y responsables de la compra están obligados a cumplirlas.

2.1.10 **NORMA.** Documento elaborado con la colaboración y el consenso o aprobación de las partes interesadas, adoptada como documento oficial y basada en resultados consolidados de la ciencia, tecnología y experiencia dirigida a promover beneficios óptimos para la comunidad y aprobada por un organismo legalmente autorizado y reconocido a nivel Institucional, Nacional, Regional o Internacional**.**

2.1.11 **PERFORACIÓN DE POZO PROFUNDO.** Horadación en el terreno efectuada por medio de máquinas y herramientas mecánicas hasta profundidades mayores que treinta (30) metros, con fines de explotación de aguas subterráneas, o con fines exploratorios.

2.1.12 **POZO PROFUNDO.** Perforación hecha en el terreno a través de diferentes formaciones geológicas, hasta profundidades mayores de 30 m., con la finalidad de interceptar un acuífero y explotarlo con fines de abastecimiento para consumo humano y que ha sido debidamente revestida con tubería.

2.1.13 **PRUEBA DE VERTICALIDAD Y ALINEAMIENTO.** Incluye los conceptos de verticalidad y rectitud de un pozo. Prueba realizada con instrumentos de sondeo para verificar que durante el proceso de perforación el agujero no ha sufrido desviaciones fuera de los límites permitidos con la profundidad, del eje central del pozo respecto a la verticalidad a través del centro de este y el extremo superior del entubado. Determina cual es la desviación del alineamiento del pozo en una u otra dirección con respecto a la vertical.

2.1.14 **TUBERÍA CIEGA.** Se entenderá por tubería ciega para ademe, los tramos de tubería sin perforaciones en sus paredes, suministradas en tramos de seis (6) metros o en las tuberías estándares producidas por las fábricas.

2.1.15 **TUBERÍA RANURADA O REJILLA.** Los tramos de tubería con perforaciones hechas con herramienta mecánica efectuada en fábrica o con soplete u otra herramienta en el campo y que será suministrada en tramos de seis (6) metros o en las tuberías estándares producidas por las fábricas.

2.2 SISTEMA DE UNIDADES

De acuerdo con la normativa obligatoria nacional autorizada mediante ratificación de Junta Directiva y acuerdo Ejecutivo del Ministerio de Economía y publicada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) las unidades de medida utilizadas deberán estar de acuerdo con la Norma Salvadoreña (NSO ISO 1000:00) NSO 01.08.02.00

CAPITULO III

ESTUDIOS PREVIOS Y SELECCIÓN DEL SITIO

3.1 Todo proyecto de captación de agua subterránea mediante la perforación de un pozo profundo deberá contar previo a su ejecución con un documento conocido como anteproyecto de la perforación del pozo.

3.2 Se entenderá por anteproyecto de perforación de un pozo, la documentación técnica ordenada cronológicamente de todas las actividades comprendidas desde la idea de captación del recurso, elaboración del estudio hidrogeológico, elaboración de estudio de impacto ambiental, certificado de permisos necesarios, selección del sitio de perforación, aseguramiento de la legalización del terreno para la perforación, prediseño del pozo, selección del método de perforación, elaboración de los términos de referencia para su construcción, cronograma de actividades y determinación del presupuesto para su ejecución.

3.3 El objetivo del anteproyecto de perforación de un pozo es contar con la documentación que permitió determinar si la perforación del pozo es procedente para los fines que ha sido concebida o las razones que determinaron el abandono o postergación del proyecto así como cuantificar los recursos necesarios para su construcción.

3.4 El estudio hidrogeológico deberá contener como mínimo los siguientes puntos:

3.4.1 Antecedentes del Proyecto

3.4.2 Cálculo de la demanda actual y futura

3.4.3 Información geológica de la zona

3.4.4 Información hidrológica de la zona

3.4.5 Aspectos geográficos, fisiográficos y geomorficos de la zona

3.4.6 Tipos de acuíferos existentes

3.4.7 Datos relevantes de los pozos existentes en la zona (caudal extraído, profundidad, diámetro de perforación y revestimiento, perfiles litológicos, nivel estático, abatimientos, calidad del agua, etc.).

3.4.8 Mapa de curvas equipotenciales (isofreaticas).

3.4.9 Datos de estudios geofísicos realizados.

3.4.10 Riesgos de contaminación e interferencia entre los pozos.

3.4.11 Cantidad de pozos necesaria para cubrir la demanda.

3.4.12 Conclusiones.

3.4.13 Recomendaciones.

3.5 **Criterios para la selección del sitio de perforación.**

Para la selección del sitio de perforación deberá tomarse en cuenta principalmente los siguientes criterios:

3.5.1 Que sea una de las alternativas propuestas para el sitio de perforación por el estudio hidrogeológico.

3.5.2 Que cuente con los permisos del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), de los Gobiernos Municipales, Institucionales, Legales, etc., necesarios para el uso del terreno para los fines de abastecimiento de agua.

3.5.3 Que el inmueble esté inscrito legalmente a favor de ANDA o de la asociación que tendrá a su cargo la administración y operación del sistema de abastecimiento.

3.5.4 Si el terreno no colindase con vía principal, secundaria o vecinal deberá prevenirse la adquisición o la constitución de servidumbre de paso a favor de ANDA, que permita el acceso al mismo, la que tendrá como mínimo 5.0 metros de ancho.

3.5.5 Tener el dimensionamiento adecuado como mínimo de 20x20 m para albergar todas las instalaciones que sean necesarias de acuerdo a los diseños tipos de obras civiles y electromecánicas existentes en la ANDA, tales como: cisterna, caseta de control, pozo, tanque, subestación, equipos, etc.

3.5.6 Que el acceso y el terreno permitan la entrada de maquinaria y equipo para la Planta de Bombeo.

3.5.7 Una vez construido el pozo no deberá permitirse edificaciones en un radio de 3.5 m, con respecto al eje del pozo y además se deberá respetar un área de ancho de 3.5 m por 12 m de largo, y preverse que en las áreas antes mencionadas, las líneas hidráulicas, eléctricas, telefónicas, etc., no interfieran en el acceso al pozo con el objeto de realizar los servicios de mantenimiento.

3.6 **Especificaciones técnicas.**

Se entenderá como especificaciones técnicas de la construcción de un pozo la descripción detallada y clara de las etapas, materiales, actividades, pruebas, y parámetros a tomar en cuenta en la ejecución del proyecto para obtener el producto esperado. Las especificaciones técnicas deberán describir como mínimo las siguientes etapas:

3.6.1 Movilización de maquinarias y equipos e Instalaciones provisionales

3.6.2 Ante-pozo o ademe

3.6.3 Perforación

3.6.4 Columna litológica y descripción geológica de las muestras de material excavado.

3.6.5 Registro eléctrico

3.6.6 Revestimiento

3.6.7 Colocación de filtro de grava

3.6.8 Desarrollo y limpieza del pozo

3.6.9 Prueba de verticalidad y alineamiento

3.6.10 Prueba de aforo

3.6.11 Análisis de calidad del agua

3.6.12 Desinfección del pozo y sello sanitario

3.6.13 Informe final

3.7 **Prediseño del pozo**

Las características del pozo consideradas en el prediseño deberán obtenerse de la información, conclusiones y recomendaciones del estudio hidrogeológico y deberán ser tales que se adapten a condiciones hidrogeológicas que prevalezcan en el sitio de la perforación. El prediseño deberá contemplar como mínimo las siguientes características:

3.7.1 Profundidad estimada

3.7.2 Diámetro de perforación

3.7.3 Diámetro y tipo de revestimiento (tubería ciega y rejilla)

3.7.4 Diseño del filtro de grava

3.7.5 Perfil litológico previsto y tipo de acuífero

3.7.6 Caudal esperado

3.7.7 Método de perforación

3.7.8 Dimensiones mínimas del terreno que albergará la perforación.

3.8 **Métodos de Perforación y equipo.**

Los pozos deberán ser perforados en toda su profundidad y en diámetro nominal no menor al señalado en el pre – diseño.

Será necesario estudiar alternativas para el método de perforación y construcción con la intención de que los pozos puedan ser construidos lo más económicamente posible en concordancia con las características geológicas, características y prediseño del pozo, materiales con que se cuente, etc.

3.8.1 Los métodos de perforación utilizados son:

3.8.1.1 Método de Percusión, que lleva acabo la operación de perforar, levantando y dejando caer con regularidad una pesada sarta de herramienta dentro del agujero que se va abriendo. El barreno fractura o desmorona la roca dura y la convierte en pequeños fragmentos. Durante el proceso las partículas desprendidas se entremezclan con agua, (la que debe ser agregada sino se encuentra presente en la formación que se está penetrando). El lodo formado por las partículas desprendidas y el agua deberá ser extraído mediante una bomba de arena o una cuchara con la finalidad que la columna de lodo formada no amortigüe la caída de las herramientas y retarde la velocidad de perforación.

3.8.1.2 Método Rotativo, que consiste en oradar un agujero mediante la acción rotatoria de un trépano y remover los fragmentos que se producen con un fluido que continuamente se hace circular, conforme el trépano penetra en los materiales de la formación.

3.8.2 Cuando se utilice el sistema rotativo deberá cuidarse que las bombas y el compresor proporcionen una adecuada circulación de retorno para los fluidos de acuerdo a la velocidad de ascenso del material perforado y una buena ejecución del trabajo en relación a la viscosidad de los fluidos y al diámetro perforado.

3.8.3 En el sistema rotativo se usarán lodos bentoníticos de peso específico o densidad adecuada, su medida se efectuará mediante la balanza de lodos utilizando unidades gramos/centímetro cúbico la viscosidad de los mismos será del orden de 36 a 50 seg/API, los datos sobre la viscosidad de los lodos serán registrados con exactitud durante la perforación, a cada 3 metros y cuando se registre cambio de formación. La variación de viscosidad se medirá con el embudo de MARSH.

3.8.4 Si se utiliza maquina rotativa con sistema neumático, un martillo de fondo y barrena con insertos de tungsteno, con operación de un compresor de buena capacidad se hará una

inyección de una emulsión de jabón o detergente industrial, agua y aire.

3.8.5 Deberá controlarse la presión artesiana durante la realización de los trabajos de perforación.

CAPÍTULO IV

PROCESO CONSTRUCTIVO Y PRUEBAS

4.1 Infraestructura Mínima en el sitio de perforación

En el sitio de las obras las instalaciones deben comprender todo lo necesario para la ejecución y entrega de los trabajos, instalación y transporte, montaje, etc.; asimismo se deberá contar con los accesorios, andamios, todo los equipos de construcción, implementos auxiliares, materiales, personal e instrumentos de obra; también se deberá contar con todas las instalaciones temporales, como taller, oficina, almacén, etc., y todo lo que sea necesario para ejecutar las obras y trabajos relacionados, para que la cuadrilla de perforación o el Contratista (según sea el caso) puedan cumplir con sus obligaciones.

4.2 Desmontaje y Desmovilización

Tan pronto como las obras hayan concluido y antes de la liquidación final del mismo debe desmontarse y retirarse todos los edificios, instalaciones e implementos temporales.

Se ha de rellenar todo los cimientos, bases y áreas de subsuelo con tierra, dejando el terreno completamente limpio y con buena presentación. Deberá estabilizarse las excavaciones realizadas para su buen desenvolvimiento, tales como carreteras temporales. Esto es válido para sondeos que no fueron complementados como pozos.

4.3 Cronograma de Actividades y Programa de Trabajo.

Será necesario contar con un cronograma que desglose todas las actividades necesarias para la perforación y el tiempo estimado para cada una.

Basándose en el cronograma se elaborará un programa de trabajo con las fechas estimadas de inicio y conclusión para cada actividad contemplada (Método de la Ruta Crítica y Diagrama de Barras), Ver anexo No. 1.

La Programación al igual que la bitácora deberá permanecer en el sitio de trabajo y a disposición de la supervisión o cualquier representante del Contratante que visitara la obra.

4.4 Libro de Bitácora

Deberá llevarse un libro de bitácora, donde se registren las actividades desarrolladas, avances en la construcción y las observaciones relativas a la obra en ejecución. El encargado de perforación o ingeniero de Proyecto, según sea el caso, deberá escribir todo lo relevante relativo a las actividades y avance de obras realizadas y el supervisor anotará las instrucciones y cambios que se den en la ejecución de la misma. Este deberá permanecer en el sitio de las obras.

4.5 Reporte del Perforador

El Reporte del Perforador se elaborará diariamente y deberá permanecer en el sitio del proyecto.

Este reporte contendrá como mínimo la siguiente información:

- Fecha, hora de la jornada de trabajo
- Interrupciones y averías
- Cambio de ubicación
- Proceso de perforación
- Consumo de materiales
- Niveles de agua al principio y al final de cada jornada de trabajo
- Implementos, herramientas y maquinaria en uso
- Informaciones sobre los registros de perforación, brocas, petrografía y velocidad de penetración
- Registro sobre pruebas de verticalidad y alineamiento
- Informe sobre pruebas de bombeo y pruebas de recuperación
- Calidad del agua
- Todos los especiales e informaciones solicitadas
- Procesos y actividades terminadas
- Fin de perforación.

4.6 Movilización de Maquinaria y Herramienta.

La movilización de maquinaria y construcción del plantel se hará el día que sea señalado como orden de inicio, basándose en los estudios previos realizados.

4.7 **Construcción del Pozo**

La construcción del pozo se concebirá de acuerdo a las siguientes etapas: perforación, instalación de ademe, instalación de rejilla (incluye el filtro de grava) sellado sanitario (cuando este es necesario para la protección sanitaria) y el desarrollo para obtener un funcionamiento libre de arena a un rendimiento máximo.

Los agujeros deberán ser perforados hasta alcanzar las profundidades y características físicas señaladas en el anteproyecto y en las especificaciones donde se indicará la información geológica de la región en que se encuentra el sitio de la perforación.

4.8 **Tubo Guía Opcional** (sí la perforación es por percusión)

La perforación deberá estar provista con un tubo guía de 5 metros de longitud como máximo, proyectándose 0.30 metros sobre el nivel del terreno para proteger el pozo durante la perforación y el revestimiento.

El diámetro deberá ser del tamaño suficiente para permitir la instalación de la protección de la cabeza del pozo.

4.9 **Diámetros de las Perforaciones**

Las perforaciones deberán realizarse de tal manera que cumplan con las características contenidas en el prediseño del pozo. Si fueran encontradas formaciones con perdidas de fluido durante la perforación luego que la circulación de agua o aire, deberá tomarse las medidas que corresponda para asegurar que la perforación pueda continuar a través de la formación con perdidas de fluido sin afectar la zona de producción.

DIAMETROS DE PERFORACIONES

DIAMETRO NOMINAL DE REVESTIMIENTO		DIAMETRO DE PERFORACION	
(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)
152.4	6	254 - 311.15	10 - 12 ¼
203.2	8	311.15 - 374.65	12 ¼" - 14 ¾"
254	10	374.65 - 444.5	14 ¾ - 17 ½

304.8	12	444.5 - 508	17 ½ - 20
355.6	14	508 - 584.2	20 - 23
406.4	16	584.2 - 660.4	23 - 26
457.2	18	660.4 - 762	26 - 30
508	20	762 - 863.6	30 – 34

4.10 **Trabajos de Perforación con Revestimiento Temporal**

En el caso que el pozo perforado tienda a derrumbarse, deberán instalarse revestimientos temporales con una profundidad tal que se logre llegar hasta debajo de la capa derrumbada. El diámetro de los revestimientos temporales debe ser mayor que el diámetro que exige el diseño original en cada pozo y este deberá mantenerse hasta alcanzar el fondo.

4.11 **Fluidos de las Perforaciones**

En todas las perforaciones sedimentarias, los fluidos de la perforación pueden ser lodo, materiales en base de celulosa o bien aguas espumosas, que circularán con o sin aditivos estabilizantes, siempre y cuando no se utilice algún material nocivo o tóxico.

4.12 El depósito de los fluidos de perforación puede hacerse mediante tanques para lodos o por grandes fosas o pilas excavadas en el terreno y revestidas con mortero. En cada localización la capacidad del depósito deberá calcularse de acuerdo al volumen de la perforación.

4.13 **Circulación de Fluidos**

Deberá hacerse todo lo que sea necesario para mantener una circulación de retorno adecuada junto con los residuos hacia la superficie.

4.14 **Calidad de Agua y demás Fluidos**

4.14.1 El suministro del agua para fines de perforación deberá ser responsabilidad de la unidad o empresa ejecutora del pozo. La calidad de agua deberá cumplir con la Norma NSO 13.07.01:97. AGUA, AGUA POTABLE.

4.14.2 La calidad y la concentración de los fluidos de perforación deberán ser tal que no cause un efecto adverso en la calidad del pozo terminado.

4.15 **Muestras de perforación.**

El retorno del aire comprimido en el brocal durante la perforación deberá acondicionarse de tal forma que una muestra representativa del flujo de retorno pueda ser obtenida

intermitentemente mediante una caja recolectora. De la manera siguiente:

4.15.1 El muestreo de cada nivel debe continuar hasta obtener un kilogramo por lo menos (se tendrán dos grupos de muestras) de peso seco del material que se ha recolectado; de estas muestras una debe ser lavada y la otra no, serán colocadas en bolsas plásticas dobles, debidamente atadas e identificadas con rótulos en los que se indique la profundidad de origen, fecha, hora y el pozo de donde procede.

4.15.2 Todas las bolsas con muestras deberán mantenerse siempre a la sombra en el sitio de las obras para evitar que el plástico sea destruido por los rayos solares.

4.15.3 Un grupo de muestras debe permanecer en el sitio de perforación.

4.15.4 Para una inspección temporal en el lugar se tomarán adicionalmente muestras del suelo para cada 3 metros y cada vez que haya cambio de material, las cuales se colocarán en un orden consecutivo.

4.16 Pruebas Geofísicas

Las pruebas geofísicas se efectuarán en todos los pozos que se perforen. La ejecución de estas mediciones geofísicas deberá hacerse con las Normas vigentes.

4.17 Tipo de Pruebas Geofísicas

En general se puede utilizar una o la combinación de las siguientes pruebas:

- Pruebas de rayos Gamma (radiación gamma natural)
- Prueba de resistividad (electrodos a 40 cm de distancia)
- Prueba de resistividad (electrodos a 1.60 mts de distancia)
- Prueba de potencial espontáneo
- Prueba de calibración del diámetro de perforación

La prueba geofísica debe efectuarse secuencialmente en una escala vertical que permita registrar toda la información que se juzgue necesaria.

4.18 Protección de las Cabezas de Pozos

4.18.1 La protección de la cabeza del pozo deberá ser del grado API H-40 como mínimo, con una longitud vertical mínima de 3.5 metros, insertando y rellenado en el espacio comprendido entre el revestimiento y la pared del pozo (antes del retiro del tubo de superficie) y proyectándose medio metro sobre el nivel del terreno.

4.18.2 Después de la construcción del pozo, este deberá cerrarse con una cubierta preliminar. La protección de la cabeza del pozo se pintará y reportará los datos y el nombre del

pozo.

4.19 **Tubería Ciega y Rejilla**.

4.19.1 Basándose en los elementos del pre-diseño del pozo, el corte litológico, en las gráficas del registro eléctrico, por las observaciones personales y las reportadas en los informes de trabajo diarios procederán al diseño del revestimiento el cual deberá ser expedido en forma escrita estipulándose el diámetro, longitudes y espesores de tubería ciega y rejilla especificando asimismo los niveles y profundidades a que se deberá instalar la tubería de acuerdo a sus características.

4.19.2 El control de arrastre de los finos de las formaciones perforadas podrá efectuarse por medio de las aberturas de la rejilla y por medio de un adecuado filtro de grava, según sea la granulometría de las formaciones interceptadas por la perforación y de estimarse necesario se colocarán separadores de finos protectores de bomba y/o separadores de arena superficiales para proteger la impelencia y otros elementos del sistema.

4.19.3 El diseñador deberá seleccionar los materiales de revestimiento de un pozo de acuerdo a la combinación de tres factores esenciales: calidad del agua de los acuíferos, requerimientos de resistencia y costo.

4.19.4 Todas las tuberías y rejillas (Aleaciones de Acero o PVC no plasticizado en algunos casos) para los pozos de producción deberán cumplir con los requerimientos de las especificaciones ASTM.

4.19.5 **Conexión**

La unión entre los tubos (PVC) debe ser sin acoples metálicos, cementos o tornillos, usando un sistema integral para su máxima seguridad y fácilmente acoplados y desacoplados sin cortar. Esplines Termoplásticos de alta fuerza deben ser insertados en una ranura del tubo y acople y dar 360 grados para distribuir la carga y peso en forma equitativa. Los acoples podrán ser roscados.

Tubería Metálica se efectuara por soldaduras o por roscas, cada tubo estará provisto de balona o collar de conexión (del mismo acero del tubo) de 127mm (5 plg) de largo con tres ventanillas de inspección.

4.19.6 **Rejilla**

Serán fabricadas para cada caso de aleaciones de acero y/o PVC no plasticizado bajo las Normas señaladas en la tubería de revestimiento. Las ranuras serán perforadas a máquina; las dimensiones de ranura, apertura y área abierta serán las especificadas en el anteproyecto

4.19.7 **Conexión o junta entre tubos y rejillas**

Será collar de soldar (balona) con 3 agujeros de inspección. La soldadura de las juntas,

serán con electrodos adecuados al material de base de acuerdo a las Normas de la AWS y/ó a las señaladas en la conexión de la tubería PVC o a través de rosca.

4.19.8 **Sello de Fondo.**

En el extremo inferior de la tubería/rejilla deberá colocarse cualquiera de las siguientes alternativas:

- Un cono de sedimentación de diámetro igual al ademe y de 50 cm de longitud.
- cerrarse con un tapón de concreto de diámetro igual al ademe y 50 cms de longitud

4.19.9 **Materiales para el Filtro o Empaquetadura de Grava**

Todo el material para el filtro de grava deberá estar libre de sustancias orgánicas y estará constituido por partículas redondeadas. Bajo ninguna circunstancia, piedra o roca triturada o partículas angulosas, deberá usarse.

El material para el filtro de grava podrá estar compuesto de cuarzo, basalto u otro material resistente a la acción de las aguas subterráneas. Deberá ser lavado previamente al colocarla dentro del pozo perforado.

El material utilizado para los filtros deberá ser tamizado por la malla # 4 y la malla # 9 y cumplan con la norma AWWA.

4.19.10 **Materiales para el Sello de Arcilla**

El material para el sello de arcilla deberá ser de la más alta calidad, ya que cualquier material inadecuado para sellar podría ser permeable y presentar baja resistencia a la contaminación de la superficie del agua, esto significa que la permeabilidad deberá ser menor a 0.00432 mm/d.

4.19.11**Material de Relleno**

Por lo general, en el espacio circular entre el sello de arcilla y la cimentación, se utiliza material de relleno. El material debe mantenerse de tal forma que se evite cualquier contaminación nociva.

4.19.12**Relleno de Cemento**

La participación del agua para cemento a usarse como relleno es de 24 litros por saco de 50 Kg de cemento; deberá tomarse en consideración el contenido de agua de la arena. Mezclas delgadas no deben usarse por su constante encogimiento o

contracciones con el contenido de agua.

El agua para el relleno debe estar libre de aceite o de otro material orgánico. El contenido total de sólidos disueltos debe ser menor a 2,000 partes por millón. La arena puede agregarse para el relleno a razón de 2 partes de arena por una parte de cemento, el 50% de la arena debe ser más fina que 0.6 mm.

4.20 **Tubo para Mediciones del Nivel de Agua**

Los pozos de producción serán equipados con un tubo PVC de 19.05mm - 25.4mm (3/4" - 1") de diámetro interno para las mediciones del nivel de agua.

Este tubo deberá instalarse en el espacio comprendido entre la pared del pozo y la tubería, deberá hacerse antes que el filtro de grava sea instalado.

Este tubo tendrá un alcance desde el fondo del pozo hasta la superficie, será ranurado hasta el borde superior de la rejilla. La abertura en la superficie deberá cerrarse con una cubierta removible.

4.21 **Alineación y Verticalidad**

El pozo de producción será construido con verticalidad y debidamente alineado, la prueba deberá realizarse inmediatamente después de revestir el pozo, y solamente que los resultados sean satisfactorios podrá autorizarse la colocación del filtro.

Para demostrar que este trabajo se hizo cumpliendo debidamente con estos requerimientos se deberá efectuar todas las pruebas con el agujero debidamente revestido, descritas a continuación:

4.21.1 El alineamiento se probará de acuerdo a las normas AWWA 100, en su última versión Sección 1-6, bajando por el pozo un dispositivo de por lo menos 3.657 metros (12´) de longitud con cinco (5) anillos, cada anillo de una altura de 10 centímetros, todos distribuidos equitativamente en el dispositivo. Los anillos deberán ser perfectamente cilíndricos y sin filos o esquinas que puedan provocar su atascamiento. Su peso es de 50 Kilos aproximadamente. La parte central del dispositivo tendrá que ser suficientemente rígido, para mantener alineados los ejes de los anillos.

4.21.2 En caso de usar una simulación de tubería deberá ser una sección de tubería de 12.192 metros (40 pies) de largo o similar (que simule una tubería) del mismo tamaño. El diámetro exterior de la plomada será de 6.35 mm (¼") menos que el diámetro del revestimiento que está examinando.

4.21.3 En caso que la plomada o dispositivo no se mueva libremente a lo largo del revestimiento el alineamiento del pozo tendrá que corregirse.

4.21.4 En la parte superior del pozo se colocara un bastidor o marco para registrar las mediciones con las direcciones Norte, Sur, Este u Oeste. El cable de bajada de la sonda debe ser de acero de 9.525 mm - 12.5 mm (⅜" - ½") aproximadamente y en buen

estado sin dobleces.

4.21.5 La polea superior debe ser colocada a una distancia del marco o bastidor que facilite el cálculo de las desviaciones por segmentos semejantes.

4.21.6 La desviación de la verticalidad no debe exceder los límites descritos en la sección 1-6.3 de la norma AWWA.

4.22 Análisis de Tamiz

Mediante perforaciones a través de estratos con sedimentos de arena, grava, se deberá efectuar un análisis de tamiz con equipo adecuado.

Los resultados deben reportarse en un formato especial para permitir tomar futuras decisiones acerca del tamaño de las ranuras en la sección de rejillas y al tamaño y distribución de los filtros de grava.

4.23 Instalación del Filtro de Grava o Arena, Sello de Arcilla y Relleno

El espacio anular entre la pared del pozo perforado y la superficie exterior de la rejilla será rellenado con un filtro de grava o arena graduada desde la base del pozo perforado, hasta un nivel no menor de 3 metros arriba del nivel estático del agua. Sobre la parte superior de éste filtro debe colocarse un sello de arcilla no menor que 2 metros de longitud, para evitar la contaminación de la sección de la rejilla. Arriba del sello de arcilla deberá colocarse material de relleno hasta 3 metros por debajo de la superficie.

Un relleno de cemento de 3 metros de longitud deberá sellar la sección superior del espacio anular arriba mencionado desde la superficie hasta el fondo del material de relleno.

Posteriormente la tubería de protección deberá instalarse en el espacio anular y unirse a la superficie con un relleno de cemento.

4.24 Limpieza

4.24.1 Limpieza Inicial

Una vez concluida la construcción del pozo, este debe limpiarse inmediatamente de la siguiente manera:

- La profundidad total del pozo y el nivel del agua estática deben medirse.
- El pozo se limpiará usando un sistema de aire comprimido y/o pistonéo. La limpieza deberá ser ejecutada en tres etapas, comenzando con el retiro de aproximadamente la mitad del rendimiento o capacidad prevista. Tan pronto como el agua bombeada esté libre de arena, la descarga deberá incrementarse hasta completar el rendimiento previsto y deberá continuar hasta que se retire aproximadamente el 150% de la capacidad prevista.

- El pozo debe considerarse libre de arena en el caso que el contenido de arena no exceda 2 ppm/peso en cada uno de los pasos.

- Cada uno de los pasos de la explotación deberá durar por lo menos una hora.

  Para evacuar residuos de fluidos con bentonita desde los estratos productivos del subsuelo, deben usarse polifosfatos u otro dispersante de lodo con propiedades biodegradables, que no sea contaminante ni tóxico para la humanidad.

- La explotación deberá ser debidamente registrada Estos registros formarán parte del "Expediente del Pozo".

- El proceso de limpieza podrá ser efectuado, tanto por pistoneo o por inyección de aire comprimido (método "Airlift"). El equipo que se utilice para este propósito deberá ser capaz de descargar hasta un 100% de la capacidad requerida del pozo o mayor según las necesidades.

4.24.2 **Explotación/Limpieza Final**

El propósito de la explotación/limpieza final es remover cualquier residuo desde las estructuras de producción para demostrar que tan efectiva ha sido la limpieza inicial, y para determinar la capacidad o rendimiento máximo de los pozos para fines de prueba.

- La explotación final consistirá, de una primera descarga del pozo durante 30 minutos a la más alta capacidad posible. La descarga será escalonada tanto hacia arriba como abajo tan rápido como sea posible, y se detendrá cada dos o tres ciclos. Este proceso continuará hasta dos horas y será continuado por un período posterior de 30 minutos de máxima descarga.

- Luego de la instrucción de parar la explotación final se cesará la descarga del pozo y se observará un período de recuperación máxima de 12 horas.

- El programa exacto e intervalos de tiempo de la explotación final, será determinado en el sitio de las perforaciones.

4.24.3 **Medición Durante la Explotación**

Las siguientes mediciones deberán tomarse:

- Grados de descarga, niveles de agua y contenido de arena (ppm/peso) durante el bombeo en intervalos de 15 minutos.

- Niveles de agua estática y dinámico durante la prueba.

- Duración total de las explotaciones inicial y final.

- El valor pH y la conductividad del agua producida.

4.24.4 **Prueba de Bombeo y Recuperación**

Se proveerá, instalará y mantendrá un equipo de bombeo con capacidad para extraer los caudales y niveles de carga dinámica señalados en el anteproyecto, el cual deberá ser capaz de mantenerse trabajando por lo menos 3 días sin paros por mantenimiento o reparaciones. Este equipo también debe tener capacidad para ajustar la descarga a valores mínimos, mediante válvulas o control de velocidades.

4.24.5 **Explotación final**.

Generalmente, la prueba de bombeo deberá comenzar con una prueba de bombeo escalonada (en etapas) durante la cual el pozo deberá ser descargado por tres periodos iguales, totalizando 3 horas. La descarga será incrementada en cada paso al doble de la anterior.

Un período posterior de mediciones de recuperación durante 3 horas máximo deberá comenzar al concluir la prueba de bombeo escalonada.

Una prueba de descarga constante será iniciada al registrarse la recuperación total del nivel freático después de la prueba de bombeo en etapas (escalonado). Durante esta prueba el pozo será bombeado para un período no menor de 48 horas sin interrupción ni variaciones mayores al 5% de la tasa requerida. La duración máxima de la prueba a caudal constante será de 72 horas.

Un período final de recuperación de 3 horas o su total recuperación antes de este tiempo para pozos bombeados deberá seguir a la conclusión de la prueba de descarga constante, durante ese período no deberá retirarse el equipo de prueba del pozo o en cualquier forma afectar los niveles de agua del pozo. Al expirar el período final de recuperación, el equipo podrá ser retirado del pozo.

4.24.6 **Muestras del Agua**

Se deberá tomar una muestra de agua descargada del pozo al final de la prueba de bombeo para efectuar análisis físico-químico y bacteriológico. La conductividad eléctrica, temperatura y valor PH de cada muestra deberán ser medidos al momento de efectuar el muestreo. Los resultados deberán registrarse y enviarse con sus respectivos reportes y recomendaciones, de acuerdo a la calidad del agua para ser anexado al informe final.

4.24.6.1 Las botellas de muestra deberán ser de vidrio incoloro y seguramente etiquetadas con el número de referencia del pozo, fecha y hora. Deberán mantenerse en la sombra y ser manipuladas por el encargado de laboratorio de la toma de muestras. Las botellas utilizadas deberán ser manipuladas de acuerdo a las Normas Nacionales vigentes.

4.24.7 **Mediciones Durante la Prueba de Bombeo**

El nivel de agua del pozo deberá medirse inmediatamente después que el pozo haya sido construido en intervalos irregulares, a través del tiempo. Durante la prueba del bombeo, el nivel de agua, tasas de descarga y contenido de arena en ppm/peso, deberá

medirse y registrarse con la siguiente frecuencia:

Tiempo desde que Comenzó el Bombeo (minutos)			Intervalos de tiempo entre observaciones (minutos)
0	-	10	cada 1
10	-	20	cada 2
20	-	60	cada 5
60	-	120	cada 10
120	-	240	cada 20
240	-	600	cada 30
600	y	más	cada 60

Los niveles de agua deberán presentarse gráficamente. También debe registrarse la duración total de la prueba de bombeo.

4.24.8 **Mediciones Durante la Recuperación**

Inmediatamente después de concluir la prueba de descarga constante, se hará una prueba de recuperación para tomar mediciones del nivel creciente de agua en el pozo durante los siguientes intervalos:

Tiempo desde que Comenzó el Bombeo (minutos)			Intervalos de tiempo entre observaciones (minutos)
0	-	10	cada 1
10	-	30	cada 2
30	-	60	cada 5
60	-	180	cada 10
180	-	más	cada 30

4.24.9 **Indicador de Contacto Eléctrico y Cronómetro**

Todos los niveles de agua en el pozo perforado deberán medirse usando un indicador eléctrico, con un mínimo de 200 metros (656 pies) de longitud de cinta con graduación en metros y centímetros (pies y pulgadas). **DOS INDICADORES** de contacto eléctrico, ambos en buenas condiciones, deberán mantenerse en el sitio durante la prueba. Por lo menos dos cronómetros, en buenas condiciones, deberán estar también disponibles en el sitio durante la prueba.

4.24.10 **Bomba y Equipo auxiliar**

La bomba deberá tener un diámetro exterior de suficiente tamaño para facilitar su instalación dentro del revestimiento.

El tubo que va desde la bomba hasta la caja de medición tiene que equiparse con válvulas de compuerta para ajustar la descarga, y con una derivación de agua para tomar muestras durante la prueba de bombeo.

La unidad de bombeo deberá completarse con una fuente de energía de amplia potencia, con sus controles y en buenas condiciones, apto para operar sin interrupciones durante la prueba de bombeo.

4.24.11 **Mediciones de Descarga**

Se utilizará el método del orificio y Piezómetro o en su defecto se usará sistema volumétrico (solamente en caso en que no pueda utilizarse el primer método).

4.24.12 **Depósito de Agua**

Deberán programarse todos los trabajos necesarios para conducir, mediante tubería, los productos de la prueba de bombeo a una distancia mínima de 50 metros desde cada pozo perforado, y después canalizarlos a un lugar en donde el agua depositada no pueda influenciar el pozo bombeado a causar algún daño al terreno y no crear perjuicio o incomodidad para el propietario de terrenos vecinos o propietario aguas abajo.

4.24.13 **Interrupciones Durante la Prueba de bombeo**

En el caso de interrumpir cualquier etapa durante las operaciones de la prueba de bombeo, deberá repetirse toda la prueba después de un período de recuperación, en el cual ya se hubiera alcanzado por lo menos el 90% del nivel inicial de bombeo.

4.25 **Desinfección**

El pozo perforado será desinfectado mediante la introducción en el mismo de una solución de cloro, en tal forma que el agua en el pozo tenga una concentración de cloro de 200 mg/litro. La solución de cloro deberá mantenerse en el pozo por un lapso no menor de 48 horas, después será agitado apara asegurar la adecuada mezcla.

4.26 **Conclusión del Pozo**

Al concluir todas las operaciones de perforación y prueba, un tapón metálico debe soldarse encima del orificio del tubo de protección, para que el pozo quede herméticamente sellado.

4.27 **Informe Final del Pozo.**

Al finalizarse el pozo deberá redactarse un informe final que contenga las características del pozo basándose en todo el proceso de perforación y los resultados finales. Deberá contener un diagrama del pozo con toda la información correspondiente. El informe deberá contener como mínimo y sin limitarse a, la siguiente información:

- Nombre y No del Pozo
- Localización exacta con coordenadas geodésicas y elevación referenciados a mojones y a una distancia no mayor de 1000 metros.
- Descripción del Pozo con todos sus detalles (longitud de tubería ciega y rejilla, empaque de grava, selladura, cimentación, posición de la bomba, etc.)
- Corte transversal del Pozo
- Diámetro de perforación y revestimiento
- Nivel estático y Nivel dinámico
- Fechas de Referencia
- Bitácora de perforación
- Perfil Geológico
- Informe sobre el desarrollo del pozo
- Resultados de las Pruebas de Bombeo
- Análisis de agua y otros realizados
- Prueba de verticalidad y registro eléctrico

(ANEXO No. 2, VER ESQUEMA DE POZO)

CAPÍTULO V

SUPERVISIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DEL POZO EJECUTADO POR LA EMPRESA PRIVADA

5.1 Se entenderá por Contratante a ANDA, como institución autónoma de servicio público al contratar los servicios de perforación con la finalidad de abastecimiento a partir de aguas subterráneas.

5.1.1 Como contratante, ANDA estará obligada, a través del Supervisor de las obras a indicar a la contratista el punto exacto de la perforación y a proporcionarle las especificaciones y toda la información necesaria para la realización de los trabajos.

5.2 **Supervisor de las obras de perforación**

Será necesario contar con la visita diaria al sitio de la perforación de un técnico con experiencia en perforaciones, para que desempeñe la labor de Supervisor y que será el encargado de dar seguimiento y tomar decisiones técnicas durante el proceso de perforación, escribir en el libro de bitácora, ordenar y aprobar las pruebas, etc. Esta persona tendrá plena responsabilidad de las operaciones y procesos realizados en el campo.

5.3 **Encargado de perforación en el sitio.**

Se nombrará un encargado de perforación en el sitio, el que si las obras fueran ejecutadas por ANDA, podría ser el operador de la máquina perforadora, éste deberá tomar nota de todos los registros y mediciones, tomar y ordenar las muestras, y realizar todas las pruebas y registros ordenados por el supervisor con relación a las perforaciones y pruebas en los pozos.

5.3.1En caso que la perforación fuera hecha por una empresa contratista, ésta estará obligada durante todo el tiempo que dure el trabajo de perforación y hasta la entrega definitiva del pozo a encargar a un Residente, el que deberá tener la experiencia necesaria en perforaciones y con conocimientos de hidrogeología y que será el responsable de la dirección de las obras y que será el enlace con el Supervisor de las obras.

5.4 El Supervisor podrá en cualquier momento retirar su aprobación al método de trabajo en el campo (sea este ejecutado por personal de ANDA o por Contratistas) y pedir que se adopte otro método de trabajo sobre todo, si tal cambio se hace por razones de seguridad e higiene ocupacional para proteger al personal, o si es requerido para lograr un avance satisfactorio o una buena ejecución por parte de la mano de obra.

5.5 Antes de ordenar el material de cualquier descripción determinada para los trabajos permanentes deberá someter a la aprobación del supervisor las marcas o los nombres de los fabricantes propuestos y los detalles concernientes al lugar de origen de los mismos, y las especificaciones necesarias. El supervisor deberá contar en su archivo una copia de cada orden colocada. El supervisor rechazará el material que no cumpla con las especificaciones contratadas.

5.6 El Supervisor está obligado antes del comienzo de la perforación a definir de acuerdo al anteproyecto de pozo y documentos contractuales las características que tendrá el pozo y a aprobar el método de perforación en el campo. Esta relación se mantendrá durante el tiempo de ejecución de las obras hasta el momento de su recepción final.

5.7 El Supervisor tiene autoridad de dirección y de ordenar los trabajos, siempre que las palabras "Aprobado por el supervisor" u otras que signifiquen lo mismo aparezcan en los términos de referencia y especificaciones técnicas, deberá entenderse que el encargado en el campo deberá buscar al supervisor para obtener su aprobación.

5.8 El contratista o encargado de campo está obligado a sugerir al supervisor métodos que a su criterio sean más adecuados, en toda la etapa constructiva del pozo, para su aprobación.

5.9 Para la supervisión de las obras deberá tomarse en cuenta todas las disposiciones contenidas en Las Normas Técnicas para la Supervisión de Obras de la ANDA.

CAPÍTULO VI

ABANDONO DE LA PERFORACIÓN DE UN POZO

6.1 Las posibles causas que hacen imposible continuar la perforación de un pozo son:

6.1.1 Desviación de la verticalidad a límites fuera de lo permisible

6.1.2 Derrumbes durante el proceso de perforación

6.1.3 No encontrar agua

6.1.4 Imposibilidad de pesca de herramientas y elementos utilizados en el proceso

6.1.5 Que por cualquier razón legal le sea rescindido el contrato a la empresa perforadora del pozo

6.1.6 Cuando se diera cualquiera de los casos anteriormente mencionados o cualquier otro que hiciera imposible la continuación de los trabajos.

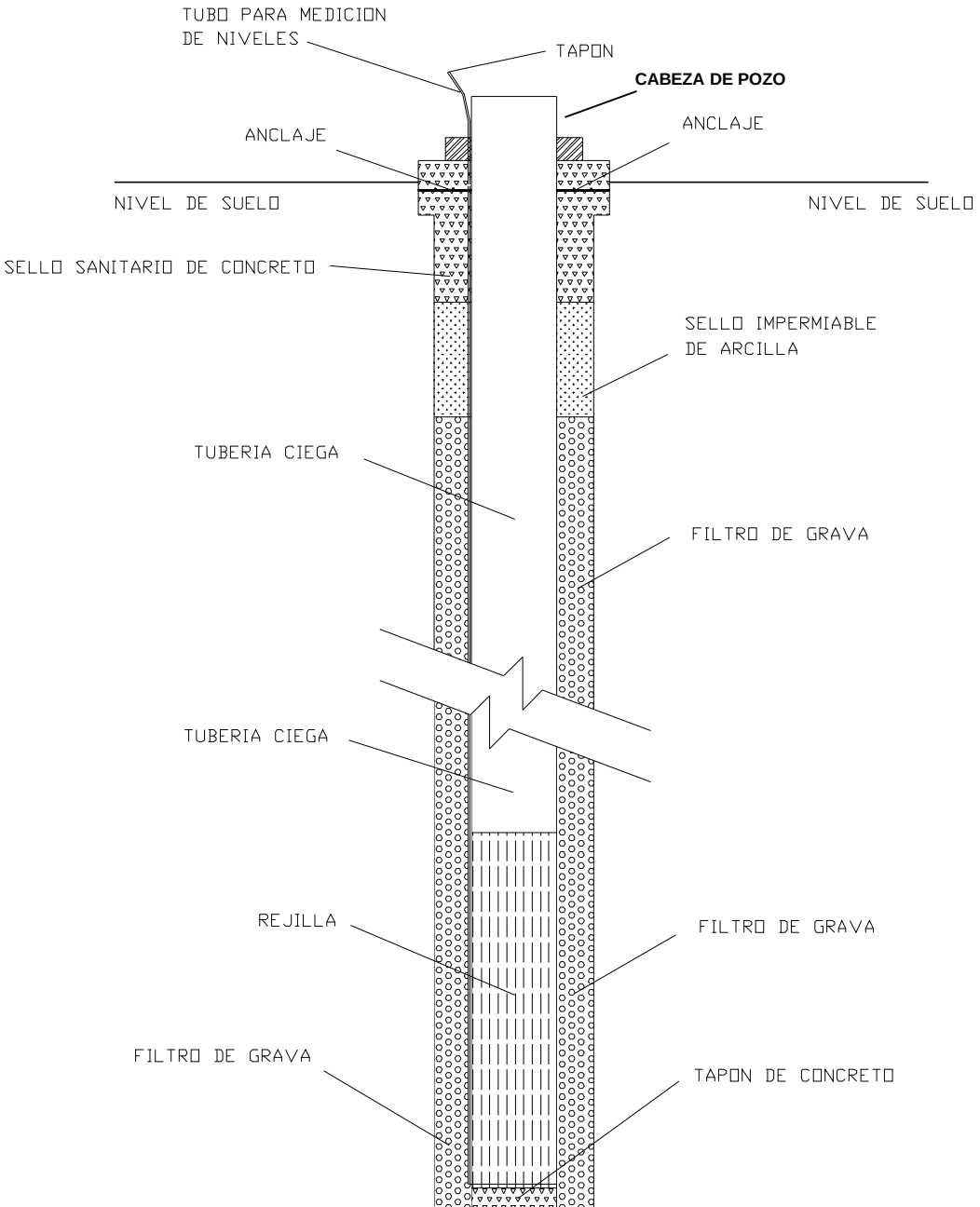
6.2 Todo pozo abandonado deberá ser sellado cuidadosamente con un tapón flotante de 10 m., de longitud con una mezcla de arena y cemento en una relación de 1:2, con la finalidad de evitar contaminación del acuífero y eliminación de cualquier riesgo, evitando que el pozo abandonado se convierta en un punto de vulnerabilidad para el acuífero.

6.3 De igual manera en todos los casos de abandono de un pozo profundo se deberá construir en la superficie del pozo una loza de hormigón cuadrada de un metro por lado y 0.25 metros de espesor indicando en la loza que en ese lugar existió un pozo, la profundidad de perforación alcanzada y el caudal que producía.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

ANEXO No. 1
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Nombre proyecto	año																							
ACTIVIDADES	Mes 1						Mes 2						Mes 3						Mes4					
1. MOVILIZACION																								
2. INSTALACION																								
3. PERFORACION																								
4. REGISTRO ELECTRICO																								
5. REVESTIMENTO																								
6. LIMPIEZA Y DESARROLLO																								
7. PRUEBA DE BOMBEO																								
8. CONSTRUCCION DE SELLO SANITARIO Y DESINFECCION																								
9. EQUIPAMIENTO																								
10.CONSTRUCCION CASETA DE CONTROLES																								
11. ENTREGA DEL POZO																								

ANEXO NO. 2
ESQUEMA DE POZO