



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego



ANEXO N° 01

TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA FORMULAR LA INGENIERÍA DE POZOS E HIDRÁULICA SUBTERRÁNEA¹

PROYECTO:

“Mejoramiento y Regulación para el Sistema de Riego del Valle del Río Zaña, Distritos de Lagunas, Zaña, Cayalti, Nueva Arica y Oyotún, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque” y Construcción de Pozos Exploratorios

CUI 2195497

¹ *Términos de Referencia para la Elaboración del Expediente Técnico de Perforación, habilitación, equipamiento y puesta en funcionamiento de pozos de producción.*



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego



PROGRAMA
SUBSECTORIAL
DE IRRIGACIONES

TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA FORMULAR LA INGENIERÍA DE POZOS E HIDRÁULICA SUBTERRÁNEA

1. OBJETIVO

El presente documento tiene como objetivo, sin ser limitativo, definir los lineamientos y características básicas para el diseño e ingeniería del sistema de pozos de captación y extracción de agua subterránea, teniendo las siguientes consideraciones:

- Realizar el diagnóstico del caudal y componentes del agua para el diseño de los pozos de agua subterránea para el proyecto.
- Determinar la metodología del diseño de pozos de agua subterránea y seleccionar un proceso de diseño que se adapte a las características del proyecto.
- Diseñar el sistema de pozos para la captación de agua subterránea que se adecúe a las condiciones del acuífero, en concordancia con las características geográficas, topográficas, geológicas, hidrológicas y ecológicas de la zona que involucra el proyecto.

2. ALCANCE

El procedimiento, es de específico uso del consultor encargado de la elaboración del estudio o expediente técnico del proyecto, del supervisor del estudio, personal de Seguimiento Gestión y Monitoreo – GESEMO del Programa Subsectorial de Irrigaciones - PSI y para cualquier especialista que represente al PSI

3. RESPONSABILIDADES

El Consultor de la elaboración del expediente técnico, es responsable de ejecutar las actividades establecidas en los Términos de Referencia - TdR, sin limitar su experiencia o reemplazar ciencia referida a la ingeniería y diseño de pozos para la captación y extracción de agua subterránea.

Son responsables de hacer cumplir los TdR:

- El jefe de la elaboración del estudio del proyecto.
- El especialista en diseño de obras hidráulicas.
- El especialista en geología y geotecnia.
- El especialista en hidráulica fluvial y transporte de sedimentos.
- El especialista en diseño de sistemas riego tecnificado.
- El Especialista en Topografía y/o georreferenciación.

4. CONCEPTOS BÁSICOS

ACUÍFERO: cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo.

AGUA SUBTERRÁNEA: es agua que se filtra a través de grietas y poros de las rocas y sedimentos que yacen debajo de la superficie de la tierra, acumulándose en las capas arenosas o rocas porosas del subsuelo. El agua se almacena y mueve en las formaciones geológicas que tienen poros o vacíos.

CALIDAD DEL AGUA: la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares, en concordancia con la finalidad de su uso. En el caso de uso para agua de consumo humano, pecuario, ganadero o para uso agrícola, las normas establecidas aseguran un suministro de agua limpia y saludable para el consumo y, de este modo, proteger la salud de las personas, animales y/o de sembríos.

CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA: una captación de agua subterránea es toda aquella obra destinada a obtener un cierto volumen de agua de una formación acuífera concreta, para satisfacer una determinada demanda de agua del diseño para uso agrícola, complementaria a la aportada por otras fuentes.

POZO: un pozo es un agujero, excavación o túnel vertical que perfora la tierra, a través de los estratos geológicos, hasta una profundidad suficiente para alcanzar a interceptar al acuífero y explotarlo, con fines de abastecimiento de agua para riego, en un volumen complementario, al aporte de otras fuentes, para cubrir la demanda de diseño.

PRUEBA DE VERTICALIDAD Y ALINEAMIENTO: Incluye los conceptos de verticalidad y rectitud de un pozo; es una 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, acorde 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.

TUBERÍA CIEGA: Se entenderá por tubería ciega, los tramos de tubería sin perforaciones en sus paredes y serán suministradas como tuberías estándares producidas por las fábricas.

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 como tuberías estándares producidas por las fábricas.

5. DESARROLLO

El desarrollo de la ingeniería y diseño de pozos e hidráulica subterránea, tiene tres fases bien marcadas:

Inicialmente es investigar y analizar la caracterización de la zona de estudio, que permita un conocimiento general de la ubicación del proyecto, hacer una selección de la información de la zona y de parámetros sobre la calidad del agua, para la explotación del agua subterránea explotada.

Posteriormente definen los métodos y tecnologías para el diseño y captación del agua subterránea, en base a los estudios e investigaciones que determinan al acuífero, sus características y potencial; empleando la ciencia, ingeniería y procedimientos con el fin de elegir un sistema apropiado de acuerdo a las necesidades y demanda del proyecto.

Finalmente se decide la ingeniería y diseño de los pozos de acuerdo a las condiciones del acuífero.

Con esto debe asegurarse que la captación del agua cubra adecuadamente la demanda y que este recurso mejore las condiciones socio económicas de los beneficiarios del proyecto; resaltando que la infraestructura permitirá el aprovechamiento de los recursos naturales de la zona.

6. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El consultor del estudio debe realizar la caracterización de la zona del proyecto, es decir, determinará la ubicación geográfica de la zona de explotación, calcular la demanda de acuerdo a los tipos de cultivos y tiempos de producción, en concordancia con la estacionalidad; análisis químico del agua subterránea, la calidad, normativa y condiciones en las que se debe encontrar el agua para el uso exclusivo de la agricultura.

6.1 UBICACIÓN

El consultor debe describir:

- La ubicación geográfica del proyecto, en el país, la región, la provincia, el distrito y sector.
- Las actividades económicas de la población y los niveles de pobreza.
- Los tipos de producción agrícola de la zona del proyecto.
- Las características limnológicas de los sistemas acuáticos de la zona del proyecto.

6.2 HIDROGRAFÍA

El consultor debe describir la hidrografía de la zona del proyecto, determinando la composición de los suelos, la acumulación de sedimentos provenientes de los ríos, determinando su fertilidad, y periodos e intensidad de lluvia.

Determinar los parámetros del agua subterránea, en la zona del proyecto, en cantidad, turbidez, temperatura, PH, oxígeno, dureza, dióxido de carbono, nitrógeno amoniacal, cloro e influencia de aguas residuales.

6.3 CLIMA

El consultor debe describir el tipo de clima por estaciones del año, señalando el tipo de clima y humedad versus los periodos de lluvia. Asimismo, deberá contener información de 30 años de antigüedad.

6.4 TOPOGRAFÍA

El consultor debe describir la topografía del área de influencia del proyecto indicando la variación de las cotas respecto del nivel del mar.

6.5 POBLACIÓN

El consultor debe describir la cantidad de población del distrito, de la zona del proyecto y familias beneficiarias, con datos oficiales del INEI, de las Entidades locales y/o comisión de regantes.

6.6 ACUÍFERO

El consultor debe describir al acuífero, cómo está conformado geológicamente, su hidráulica interior y la procedencia del agua, cantidades de circulación y almacenamiento de agua, su tamaño en área superficial y la profundidad del nivel freático.

Describir cada estudio realizado, directas e indirectas, porqué su elección y sus cantidades, los resultados de cada estudio y el criterio y proceso de determinación del acuífero.

6.7 LOCALIZACIÓN DE POZOS

Identificar las posibilidades y limitantes que posee la zona del proyecto, en cuanto la extracción y explotación del agua subterránea, identificando la zona de influencia del acuífero en una extensión suficiente que permita la investigación para la demanda, previo análisis de los parámetros y caracterización hidráulica.

Determinar la ubicación de los pozos, en el área de influencia del acuífero, de acuerdo a los resultados de los estudios hidrogeológicos, analizando su cobertura y repercusión, así como la caracterización hidráulica del acuífero que podría ser mediante métodos geoestadísticos.

6.8 AGUA PARA EL DISEÑO DE LOS POZOS

6.8.1 ANÁLISIS TOXICOLÓGICO Y QUÍMICO DEL AGUA

Debe hacerse una investigación toxicológica y química del agua subterránea, considerando la existencia de unidades mineras que influyen en los acuíferos, porque puede tener presencia de cianuro y/o mercurio, que son depositados en las fuentes de agua entrando directamente no sólo en el caudal, sino en la cadena alimenticia de los peces, que puede estar trayendo consecuencias catastróficas al ecosistema y a los cultivos, inclusive llegar a los humanos.

El análisis del agua subterránea debe comprobar la presencia de cianuro, mercurio, amoníaco, arsénico, antimonio, benceno, boro, bromato, bario, cadmio, cinc, cobre, compuestos fenólicos, cromo, nitratos, plata, plomo, aluminio, cobalto, selenio, sulfatos, calcio disuelto, hierro, litio, manganeso, níquel, molibdeno, vanadio, microcistina, hidrocarburos, carbonos, cloruros, sales, fluoruros, oxígeno disuelto, coliformes totales, coliformes fecales, colonias heterotróficas, plaguicidas, herbicidas, insecticidas, Etc.

6.8.2 ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA

Con el fin de realizar un diseño de pozos para agua subterránea, se deben analizar a profundidad los criterios mínimos para la extracción de dicho recurso, estos permitirán saber de qué tipo de uso puede ser el agua extraída a través de esta estructura. Sin embargo, no sólo se debe establecer el tipo de uso, sino que además de esto se debe establecer que tratamientos puede usarse si el agua es de uso doméstico. Esto permitirá establecer el tipo y el uso que se le dará al recurso extraído.

El criterio de la calidad del agua consiste en estipular los rangos y parámetros permisibles para su uso, de acuerdo a las exigencias de la normatividad vigente.

Complementariamente también debe evaluarse la calidad estética, como el olor, color, sabor, alcalinidad, PH y dureza.

Una adecuada evaluación de la calidad del agua, evita que su uso pueda afectar la salud de los seres humanos, animales y plantaciones.

7. TECNOLOGÍA DEL MANEJO DE POZOS DE AGUA SUBTERRÁNEA

El consultor debe identificar los modelos de tecnologías, métodos e instrumentos para el diseño de pozos de agua subterránea que permitirán orientar y establecer los principales parámetros y características fundamentales para la realización del diseño hidráulico de los pozos.

7.1 MAPA PIEZOMÉTRICO

El consultor debe elaborar un mapa piezométrico general, basado en las condiciones que rigen el flujo subterráneo, integrando el estudio hidrogeológico e hidrodinámico de los acuíferos, que permita interpretar la información del estado cuantitativo de las aguas subterráneas, efectuando el análisis piezométrico en la mayor parte del territorio, teniendo en cuenta sólo el nivel estático de las aguas subterráneas.

Para valorar las cotas piezométricas, debe aplicar un análisis estadístico de dispersión en las bases de datos de piezometría, posteriormente se proyectan las cotas piezométricas sobre una base cartográfica trazando las condiciones de contorno de cada acuífero. Este sistema no sólo mejora el conocimiento del estado de las aguas subterráneas, sino también permite caracterizar el estado cuantitativo de las aguas subterráneas además el mapa suministra información útil para realizar cálculos de tasas de flujo subterráneo.

Teniendo en cuenta lo anterior y en el marco de su investigación, debe analizar la zona en donde se ubicarán los pozos y así mismo por medio de la cartografía, de ser posible, usar un software para ubicar los posibles puntos de localización de los pozos.

7.2 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA

El consultor debe realizar el diagnóstico de la calidad del agua, anexando los estudios realizados, la normativa utilizada y su conclusión respecto a la calidad del agua subterránea, definiendo su clasificación de buena calidad, calidad media y baja calidad, disponiendo su uso directo o la necesidad de algún particular tratamiento químico o de filtrado para la desinfección.

En el marco de esta investigación, se puede establecer de antemano que un sistema de pozos con un diseño óptimo y eficiente no influirá en la contaminación y calidad del agua. Esta se puede ver alterada por factores que son inherentes al sistema de construcción de pozos. En el caso que sea necesario purificar el agua de los pozos es necesario considerar los métodos de la norma vigente para estos fines.

7.3 INSTRUMENTACIÓN PARA AGUAS SUBTERRÁNEAS

El consultor debe describir e implementar una tecnología, bajo los principios hidráulicos, que permita tener el mejor sensor de nivel para aguas subterráneas, debe elegir sensores de presión piezorresistivos o sensores de presión capacitivos o sensores de nivel por burbujeo, del modo que permitan una medida confiable y precisa; así mismo determinar los equipos e instrumentación para la toma de muestras de agua de operación confiable.

7.4 IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN DE POZOS DE AGUA SUBTERRÁNEA

El consultor a partir de los estudios hidrogeológicos, debe describir la identificación y ubicación de pozos para la explotación del acuífero, utilizando polígonos de inspección piezométrica y censos de niveles de agua; determinando el área y densidad de los pozos para atender la demanda de agua de uso agrícola, complementaria a la otorgada por la fuente.

7.5 GESTIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El consultor de caracterizar el procedimiento de la gestión del recurso hídrico subterráneo, considerando las condiciones de explotación, el uso del recurso hídrico, control de la explotación, diseño hidráulico y construcción de las perforaciones de captación.

Debe identificar los actores involucrados en la gestión del agua y el campo de acción que ejercen en el área de influencia del proyecto; la gestión debe estar dentro del marco normativo, político, social, económico, productivo y ambiental, afín de no generar problemas futuros por la explotación y uso del agua y la construcción de los pozos, incluyendo el saneamiento físico legal de la superficie del acuífero que se afectarán por las obras de los pozos.

En resumen, para la disposición y uso del agua subterránea no debe generar ningún tipo de conflicto social y debe contar con todos los permisos y certificaciones necesarias, los mismos que serán gestionados por el consultor que elabora el estudio a nombre y en coordinación con la supervisión de estudio y personal del PSI.

7.6 CONOCIMIENTO Y ESTUDIO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El consultor debe tener total conocimiento y estudiar adecuadamente las aguas subterráneas, haciendo énfasis en tres aspectos para su estudio; total conocimiento sobre el agua del subsuelo en la zona del proyecto desde su procedencia, potencial y explotación del volumen de agua y la carga natural del acuífero en evaluación.

Por tanto, debe realizar las exploraciones suficientes y hacer una adecuada evaluación, para que no se haga una sobre explotación, en concordancia con la carga, y los pozos queden inutilizables.

El buen de conocimiento sobre el agua subterránea aprovechable y de recarga natural del acuífero, así mismo un adecuado estudio hidrogeológico, serán relevantes para un buen aprovechamiento y conservación del agua subterránea, asegurado la sostenibilidad del proyecto en cuanto a dación o aporte de agua de pozos al caudal total de diseño para el proyecto.

8. DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA.

Para el diseño del sistema, debe establecer la profundidad del nivel freático y la profundidad de explotación, para ello puede emplear métodos geoelectrónicos, permitiendo diferenciar los estratos permeables e impermeables del pozo.

Para el diseño del pozo debe considerar las siguientes variables en la zona del diseño, fundamentado en los estudios realizados de geología, hidrología e hidráulica del acuífero:

GEOLOGÍA

Determinar la geología, su estudio y análisis, y el perfil estratigráfico de toda el área del acuífero, en la que se muestre el plano superior del acuífero o nivel freático, además de elaborar un mapa de curvas equipotenciales (isofreáticas), describiendo y adjuntado los estudios y datos geofísicos empleados; hacer un modelo virtual del acuífero en cuanto a volumen de agua y estratos, permeables e impermeables.

HIDROGEOLOGÍA

Determinar la permeabilidad de los estratos y el caudal que permite pasar dentro de los estratos, la sostenibilidad del potencial en el acuífero en el tiempo y el tiempo de carga del acuífero.

Debe realizar el cálculo de la demanda actual y futura, o por estacionalidad, que aportará el sistema de pozos al caudal de diseño; así como los aspectos geográficos, fisiográficos y geomorfológicos de la zona.

8.1 DISEÑO PRELIMINAR DEL POZO

8.1.1 LOCALIZACIÓN PRELIMINAR DEL POZO

El consultor debe determinar la localización del pozo, recomendando se ubique en la zona central del acuífero.

Las características son que deben tener el terreno saneado legalmente, que se tenga los permisos y certificaciones necesarias y además que tenga un fácil acceso que permitan el proceso de construcción y explotación.

La localización del pozo y área superficial de influencia, debe compatibilizarse con la ubicación de las otras estructuras hidráulicas del proyecto; el consultor debe definir y describir adecuadamente el área mínima que debe ser intocable, alrededor del área de influencia del pozo a fin de que no se coloquen ningún tipo de estructuras por que pueden ser dañadas por la depresión del nivel freático.

8.1.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y CRITERIOS DE DISEÑO

Las especificaciones técnicas de la construcción del pozo deben debidamente detalladas y adecuadamente descritas, de los materiales, actividades, pruebas y parámetros a tomar en cuenta en la ejecución del proyecto para obtener el producto esperado. Las especificaciones técnicas deberán suscribir como mínimo las siguientes etapas:

- Movilización y desmovilización de maquinarias y equipos de instalación.
- Ante pozo.
- Perforación.
- Columna litológica y descripción geológica de las muestras del material excavado.
- Registro de pruebas.
- Revestimiento y sellos.
- Colocación de filtro de grava.
- Colocación de anclajes.
- Colocación de tubería.
- Limpieza inicial del pozo.
- Prueba de verticalidad y alineamiento.
- Colocación de equipo de bombeo.
- Prueba de bombeo.
- Prueba de aforo.
- Análisis de calidad de agua.
- Limpieza final y desinfección del pozo y sello sanitario.

SELLO SANITARIO: Debe dejarse un sello sanitario con la profundidad suficiente, con el fin de disminuir los impactos durante la captación y sobre el acuífero, en concordancia con la profundidad del pozo.

PROFUNDIDAD: Se establece la profundidad del pozo de acuerdo a los datos obtenidos.

DIAMETRO: De acuerdo a la explotación y carga debe determinar los diámetros de los pozos del sistema, que permita un espacio adecuado para la

extracción del recurso y para realizar el mantenimiento correspondiente.

TUBERÍA DE REVESTIMIENTO: Elegir el diámetro de la tubería en PVC o HDPE, en concordancia con la economía y facilidad de transporte.

USO DE LA NORMATIVIDAD: De acuerdo a los análisis realizados estipular que el uso del pozo a diseñar sea para uso agropecuario y para riego de cultivos.

COSTOS: Debe estimarse el costo para la construcción del pozo, considerando que se cumpla las condiciones mínimas de calidad, mínimamente estimar los costos de:

- Movilización y desmovilización del equipo de perforación.
- Delimitación provisional del área de trabajo.
- Perforación del pozo.
- Eliminación de sólidos y fluidos de la excavación.
- Base de apoyo y salvaguarda del equipo de bombeo.
- Suministro e instalación de equipos de bombeo.
- Pruebas en vacío.
- Tablero eléctrico, instalaciones eléctricas y pozo a tierra.
- Suministro e instalación de tubería.
- Suministro e instalación de filtros.
- Prueba de bombeo.
- Prueba de alineamiento y verticalidad.
- Construcción de cabeza y sello sanitario en pozo.
- Desinfección del pozo.
- Prueba de calidad de agua.
- Puesta en marcha.
- Obras de cerco de seguridad perimétrica de acceso al pozo.
- Acondicionamiento del área superficial interior al cerco de seguridad.
- Suministro de equipos de control de medición de niveles.
- Suministro de equipos de muestreo de agua.
- Plan de operación y mantenimiento de los equipos de bombeo.
- Plan de operación y mantenimiento del pozo.

VIDA ÚTIL: Determinar la vida útil del pozo, que no sólo dependerá de la calidad de los materiales y equipo de bombeo, sino también de la captación y explotación de caudal, y el mantenimiento que se le realice; por tanto, debe considerarse una excelente calidad constructiva y la implementación de buenos métodos de conservación del pozo.

MANTENIMIENTO: Una vez construido el pozo es necesario tener en cuenta ciertos parámetros e indicaciones para el funcionamiento del pozo.

El consultor debe recomendar que debe capacitarse a un operador para realizar observaciones y medidas diarias tales como medir la temperatura del agua, registrar las lecturas de presión manométrica, las revoluciones de la bomba, y niveles del pozo.

El consultor debe recomendar que proveedor del equipo de bombeo debe



especificar hacer un mantenimiento periódico del pozo con el fin de evitar obstrucciones, desgaste de la bomba, y es necesario estar tomando muestreos del agua con el fin de evitar enfermedades en los consumidores.

El consultor en términos generales debe recomendar que el contratista que ejecutará la obra debe elaborar el plan de operación y mantenimiento del sistema de explotación de agua subterránea.

Aspectos a desarrollar:

I. MOVILIZACIÓN Y PREPARACIÓN DEL SITIO

1. Preparación del sitio:
 - a. Limpieza y desbroce del área.
 - b. Nivelación y compactación del terreno según especificaciones.
 - c. Drenaje superficial si necesario.
 - d. Cubrimiento de superficies (opciones a especificar).
2. Plataforma en boca de pozo:
 - a. Opcional, con diseño y materiales a especificar.

II. PLANIFICACIÓN LOGÍSTICA Y SEGURIDAD

1. Logística:
 - a. Plan detallado para instalación y retiro de maquinaria y equipos.
2. Prevención de contaminación:
 - a. Procedimientos para manejo seguro de combustibles.
 - b. Control de lodos.
 - c. Mitigación de ruido y polvo.
3. Cumplimiento normativo:
 - a. Procedimientos para asegurar el cumplimiento de todas las regulaciones aplicables.
4. Seguridad laboral:
 - a. Plan de seguridad detallado para todas las etapas del proyecto.

III. ANTEPOZO

1. Perforación:
 - a. Técnica justificada, diámetro y profundidad definidos o criterios para su definición.
2. Registro y muestreo:
 - a. Protocolo para registro y muestreo de materiales extraídos y medición del nivel freático (si aplica).



IV. PERFORACIÓN DEL POZO PRINCIPAL

1. Técnicas de perforación:
 - a. Justificación técnica para la selección entre Rotativa (Tricono/DTH), Percusión (Cable Tool) o con Lodo Bentonítico.
2. Consideraciones técnicas:
 - a. Monitoreo de verticalidad.
 - b. Registro de avance.
 - c. Manejo de detritos.
3. Estabilidad del pozo:
 - a. Medidas para asegurar la estabilidad durante la perforación (lodos, aditivos, entubación provisional si necesario).

V. COLUMNA LITOLÓGICA Y DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

1. Registro geológico:
 - a. Protocolo de recolección y descripción "in situ" de muestras (tipo de material, color, textura, estructura, composición, agua, etc.).
 - b. Etiquetado y almacenamiento de muestras.
2. Análisis hidrogeológico preliminar:
 - a. Estimación cualitativa de permeabilidad.
 - b. Registro de niveles freáticos y flujos de agua durante la perforación.

VI. REGISTRO GEOFÍSICO

1. Perfilaje geofísico:
 - a. Ejecución de registros de resistividad eléctrica, gamma ray, temperatura y otros opcionales.
2. Interpretación:
 - a. Aplicación de resultados para caracterización del subsuelo.

VII. REVESTIMIENTO Y SELLOS SANITARIOS

1. Tubería de revestimiento:
 - a. Selección según material (resistencia, durabilidad, compatibilidad con agua, costo), dimensiones (diámetro, espesor) y normas de calidad.
2. Instalación:
 - a. Descenso controlado.
 - b. Uniones estancas.
 - c. Centrado de la tubería.
 - d. Profundidad adecuada.
3. Sellos:
 - a. Especificaciones para sellos de bentonita o cemento (materiales,



colocación, profundidad, extensión, compactación y curado) para aislamiento y protección sanitaria.

VIII. FILTRO DE GRAVA

1. Selección de grava:
 - a. Justificación de la granulometría (adecuada al acuífero), características (limpieza, redondez, dureza, inercia) y especificaciones técnicas.
2. Instalación:
 - a. Procedimiento para colocación uniforme del filtro de grava.

IX. ANCLAJES (OPCIONAL)

1. Anclajes:
 - a. Especificaciones y procedimiento de instalación si son necesarios según diseño.

X. TUBERÍA DE PRODUCCIÓN

1. Selección de tubería:
 - a. Justificación técnica del material (PVC, HDPE, acero), diámetro (cálculo hidráulico) y normas de calidad.
2. Instalación:
 - a. Descenso e inserción.
 - b. Conexiones y sellado.
 - c. Verificación de espacio anular libre.

XI. DESARROLLO DEL POZO

1. Métodos de desarrollo:
 - a. Descripción de métodos a utilizar y sus aplicaciones.
2. Criterios de finalización:
 - a. Criterios objetivos para determinar cuándo finalizar el desarrollo.

XII. VERTICALIDAD Y ALINEAMIENTO

1. Medición:
 - a. Métodos para medir verticalidad y alineamiento.
2. Criterios de aceptación:
 - a. Tolerancias y procedimiento de corrección si hay desviaciones.

XIII. EQUIPO DE BOMBEO

1. Selección:
 - a. Proceso de selección del equipo (bomba y accesorios) según requerimientos del pozo. Tipos de bomba y accesorios sugeridos.
2. Instalación:
 - a. Procedimientos seguros.
 - b. Posicionamiento de bomba.
 - c. Conexiones.
 - d. Prueba inicial.

XIV. ENSAYO DE BOMBEO

1. Tipos de pruebas:
 - a. Selección justificada de pruebas de bombeo a realizar.
2. Ejecución y control:
 - a. Procedimiento para pruebas, mediciones precisas de nivel de agua y caudal, duración adecuada, registro y análisis de datos.

XV. PRUEBA DE AFORO

1. Prueba de aforo:
 - a. Procedimiento para ejecución de prueba de aforo para determinar caudal específico.

XVI. ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA

1. Muestreo:
 - a. Procedimiento para toma de muestras de agua representativas.

XVII. PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA

1. Parámetros a analizar:
 - a. Justificación de la selección de parámetros según estudio hidrogeológico y uso del agua

Categoría	Parámetro	Descripción/Unidades
Parámetros Físicos	Turbidez	NTU - Partículas en suspensión.
	Color	Unidades Pt-Co - Sustancias disueltas o coloidales.
	Olor y Sabor	Descripción cualitativa - Indicadores de contaminación.
	Temperatura	°C - Influencia en solubilidad y procesos biológicos.
	Sólidos Totales Disueltos (STD/TDS)	mg/L o ppm - Sales minerales disueltas.
	Sólidos Totales en Suspensión (STS/TSS)	mg/L o ppm - Partículas en suspensión.

Categoría	Parámetro	Descripción/Unidades
	Conductividad Eléctrica (CE)	μS/cm - Concentración de iones disueltos (salinidad).
Parámetros Químicos (Inorgánicos)	pH	Unidades de pH - Acidez o alcalinidad.
	Dureza Total	mg/L CaCO ₃ - Calcio y magnesio (incrustaciones).
	Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃ - Capacidad de neutralizar ácidos.
	Cloruros (Cl ⁻)	mg/L - Salinidad o contaminación por aguas residuales.
	Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	mg/L - Problemas de sabor y corrosión.
	Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L - Contaminación por fertilizantes o aguas residuales.
	Nitritos (NO ₂ ⁻)	mg/L - Contaminación reciente por aguas residuales.
	Amonio (NH ₄ ⁺)	mg/L - Contaminación orgánica y desnitrificación.
	Fosfatos (PO ₄ ³⁻)	mg/L - Contaminación por fertilizantes o detergentes.
	Fluoruros (F ⁻)	mg/L - Beneficioso en bajas concentraciones, perjudicial en altas.
	Hierro Total (Fe)	mg/L - Problemas de color, sabor y manchas.
	Manganeso (Mn)	mg/L - Problemas de color y sabor.
	Metales Pesados	mg/L - Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), etc. Tóxicos y acumulativos.
Otros (según riesgo local)	Boro (B), Selenio (Se), etc.	
Parámetros Químicos (Orgánicos)	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O ₂ - Oxígeno necesario para oxidar materia orgánica.
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L O ₂ - Oxígeno consumido por microorganismos.
	Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs)	μg/L - Solventes, combustibles, pesticidas.
	Plaguicidas	Herbicidas, insecticidas, fungicidas (según uso agrícola local).
	Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)	mg/L - Contaminación por petróleo o derivados.
Parámetros Bacteriológicos	Coliformes Totales	NMP/100 mL o UFC/100 mL - Contaminación fecal genérica.
	Coliformes Fecales (E. coli)	NMP/100 mL o UFC/100 mL - Contaminación fecal específica (riesgo sanitario).
	Bacterias Heterótrofas	UFC/mL - Calidad microbiológica general.
	Otros (según riesgo local)	Pseudomonas aeruginosa, Legionella pneumophila, etc.

XVII. LIMPIEZA FINAL Y DESINFECCIÓN DEL POZO

1. Limpieza Final:
 - a. Remoción de residuos de perforación y sedimentos.



- b. Métodos de limpieza a especificar (cepillado, bombeo, etc.).
 - c. Verificación de limpieza (visual, turbidez).
 2. Desinfección con Cloro (si aplica):
 - a. Protocolo detallado (tipo de cloro, concentración, tiempo).
 - b. Purga posterior y verificación de efectividad (análisis bacteriológico).

XVIII. SELLO SANITARIO SUPERIOR

1. Diseño y Materiales:
 - a. Profundidad del sello especificada.
 - b. Materiales impermeables definidos (bentonita, cemento, etc.).
 - c. Dimensiones adecuadas del sello.
 - d. Protección superficial contra erosión.
 - e. Tapa hermética para cierre del pozo.
2. Construcción:
 - a. Procedimiento paso a paso para la construcción del sello.
 - b. Controles de calidad durante la construcción.

XIX. PUESTA EN MARCHA

1. Protocolo Paso a Paso:
 - a. Inspecciones pre-arranque (mecánicas, eléctricas, hidráulicas).
 - b. Arranque inicial gradual (vacío y con carga).
 - c. Calibración de equipos de medición.
 - d. Prueba de operación continua (duración especificada).
 - e. Criterios de aceptación definidos.
 - f. Capacitación inicial del personal de operación.

XX. CERCO DE SEGURIDAD PERIMÉTRICA

1. Especificaciones:
 - a. Tipo de cerco (malla, reja, etc.) especificado.
 - b. Altura mínima definida.
 - c. Materiales de postes y cimentación especificados.
 - d. Puerta de acceso con cierre seguro.
 - e. Señalización de seguridad requerida.
2. Construcción:
 - a. Procedimiento de construcción paso a paso del cerco.
 - b. Inspección final del cerco (altura, estabilidad, seguridad).

XXI. ACONDICIONAMIENTO ÁREA INTERIOR AL CERCO

1. Procedimientos:
 - a. Limpieza y desbroce del área interior.
 - b. Nivelación y compactación del terreno interior.



- c. Drenaje superficial si necesario.
- d. Opciones de cubrimiento de superficie (grava, concreto, etc.) especificadas.
- e. Plataforma de protección opcional en boca de pozo.

XXII. SUMINISTRO DE EQUIPOS DE CONTROL DE NIVELES

- 1. Especificaciones:
 - a. Tubo piezométrico (si necesario) especificado.
 - b. Sonda de nivel manual (eléctrica o acústica) especificada.
 - c. Transductor de presión sumergible (rango, precisión) especificado.
 - d. Registrador de datos (capacidad, frecuencia) especificado.
 - e. Telemetría opcional (si requerida).
- 2. Instalación y Calibración:
 - a. Procedimiento de instalación de equipos automáticos y manuales.
 - b. Protocolo de calibración y verificación de precisión.

XXIII. PLAN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EQUIPOS DE BOMBEO

- 1. Operación Normal:
 - a. Procedimientos de arranque, parada y ajuste de caudal.
 - b. Monitoreo de parámetros y registro de datos.
- 2. Mantenimiento Preventivo:
 - a. Programa de inspecciones periódicas (frecuencia y tareas).
 - b. Lubricación, limpieza y calibración periódica.
 - c. Pruebas de funcionamiento (frecuencia y criterios).
- 3. Mantenimiento Correctivo:
 - a. Guía de diagnóstico de fallas comunes.
 - b. Procedimientos generales de reparación.
 - c. Listado de repuestos críticos recomendados.
- 4. Capacitación Continua:
 - a. Plan de capacitación para el personal.
- 5. Información de Contacto:
 - a. Listado de contactos relevantes (proveedor, servicio técnico).

XXIV. PLAN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL POZO

- 1. Monitoreo Nivel de Agua:
 - a. Frecuencia de medición de niveles (estático y dinámico).
 - b. Método de medición especificado.
 - c. Registro y análisis de datos de nivel.
- 2. Monitoreo Calidad del Agua:
 - a. Frecuencia de muestreo de agua.
 - b. Parámetros de calidad a analizar especificados.



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego



- c. Laboratorio acreditado requerido.
- d. Registro y análisis de resultados de calidad.
- 3. Mantenimiento Preventivo del Pozo:
 - a. Inspección visual del pozo y sello sanitario (frecuencia).
 - b. Limpieza/Desarrollo periódico del pozo (métodos y frecuencia).
- 4. Registro Histórico:
 - a. Sistema de registro de operación, mantenimiento y monitoreo del pozo.