

# **El Ciclo de Vida de un Sondeo de Explotación**

**De la Idea al Legado: Una Guía Esencial  
de Ingeniería Hidrogeológica**

Basado en el manual "Sondeos para explotación de acuíferos" de Roberto Arranz-Revenge, Ph.D. y Juan Herrera Herbert, Ph.D.





# El Viaje de un Sondeo: Las 5 Fases Clave



## **Fase 1: La Búsqueda**

*La ciencia detrás de la localización del recurso.*



## **Fase 2: El Diseño**

*El proyecto técnico y su marco regulatorio.*



## **Fase 3: La Construcción**

*El arte de perforar, revestir y sellar.*



## **Fase 4: La Puesta a Punto**

*Equipamiento, optimización y arranque.*



## **Fase 5: El Legado**

*La clausura responsable y sostenible.*



# Fase 1: La Búsqueda. Fundamentos del Estudio Hidrogeológico.

*“Un estudio deficiente puede provocar un incremento importante de costes y poner en riesgo la viabilidad económica del proyecto.”*

## FASE DE EXPLORACIÓN (Acopio de Información)



**Fuentes Propias:** Trabajos anteriores en la zona.



**Organismos Públicos:** Datos de Confederaciones Hidrográficas, IGME.

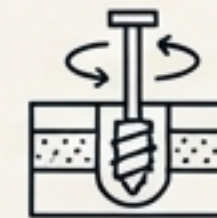


**Fuentes Documentales:** Catálogos de acuíferos, hojas geológicas, analíticas de agua existentes.

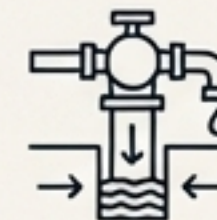
## FASE DE INVESTIGACIÓN (Verificación en Campo)

**Objetivo:** Correlacionar los datos bibliográficos con la realidad del terreno.

### Métodos:



Sondeos hidrogeológicos de investigación.



Pruebas de bombeo preliminares.



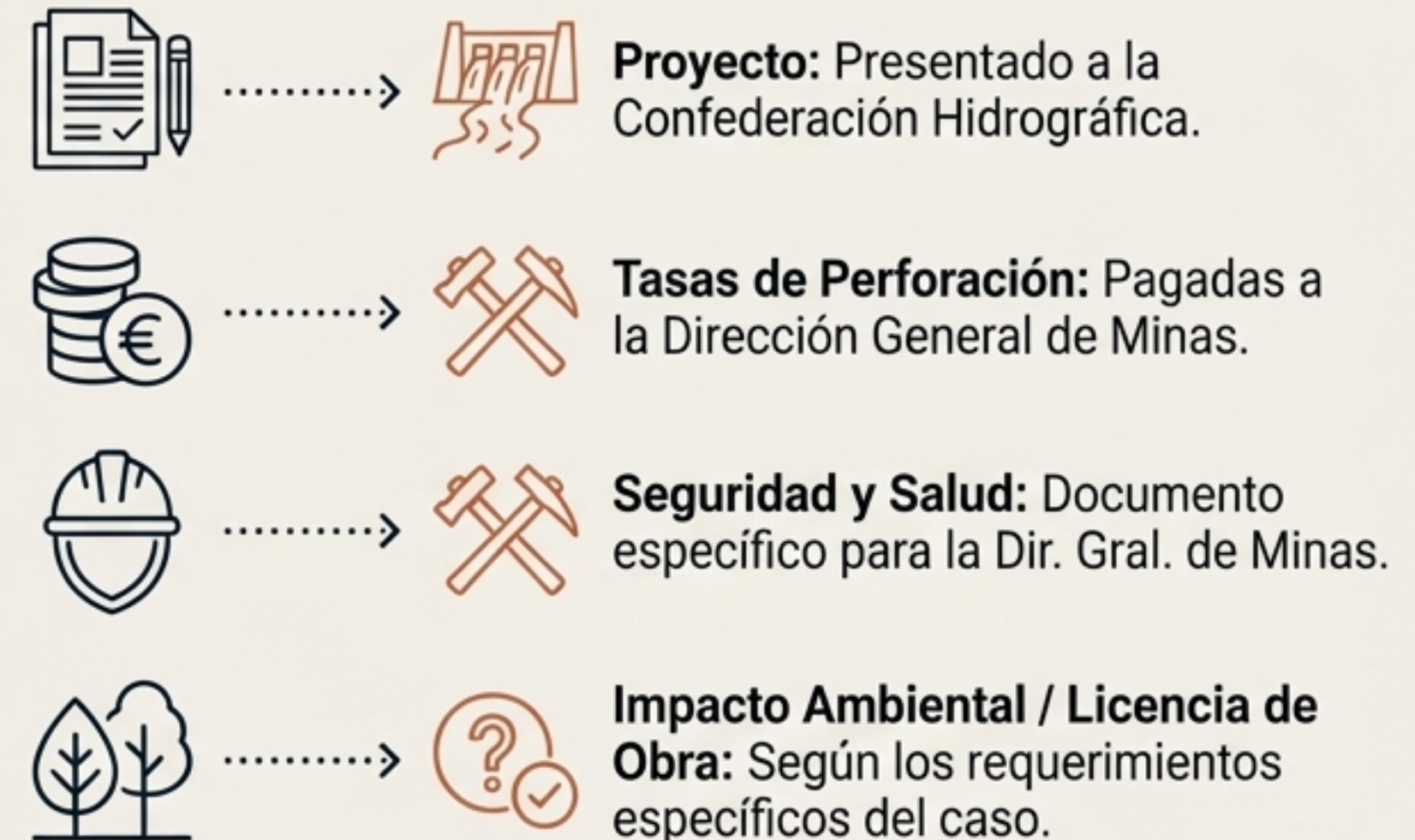
## Fase 2: El Diseño. Navegando el Proyecto Técnico y el Marco Regulatorio.

“ En España el agua pertenece al Estado. Por tanto, es la Administración quien tiene que autorizar la perforación y puesta en funcionamiento de cada pozo instalado. ”

### Documentación Esencial del Proyecto

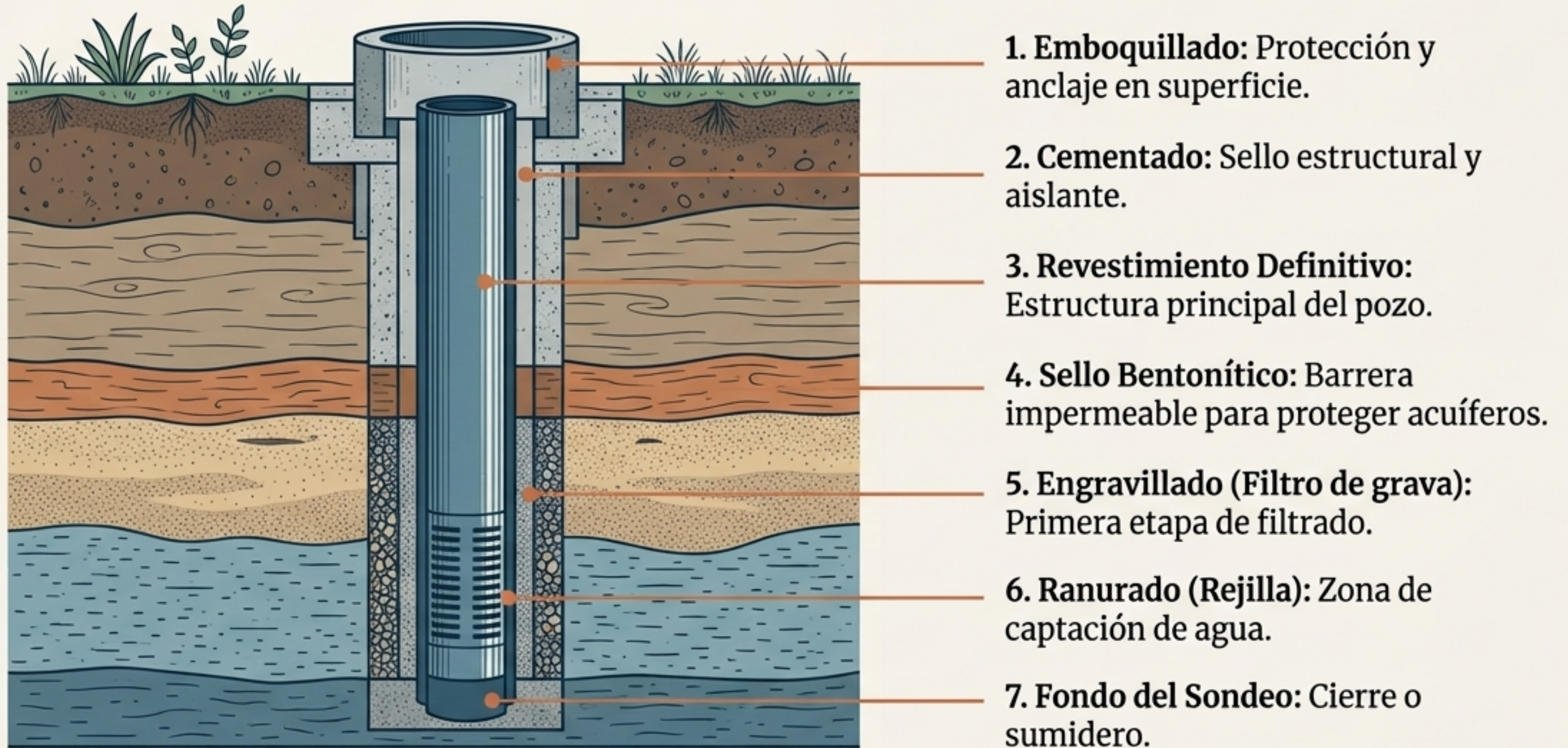


### Trámites Administrativos Indispensables





## Fase 3: La Construcción. Anatomía de un Sondeo de Explotación.



**Secuencia constructiva:** Se construye desde arriba hacia abajo (perforación) y se termina desde abajo hacia arriba (revestimiento y sellado).



# Decisiones Críticas: Método de Perforación y Dimensionamiento.

## Selección del Método de Perforación

### Factores Determinantes

- Geología del terreno, Profundidad del sondeo
- Diámetro requerido
- Maquinaria disponible.

### Métodos Frecuentes



**Rotopercusión con Martillo en Fondo:** Versátil, común en rocas duras.



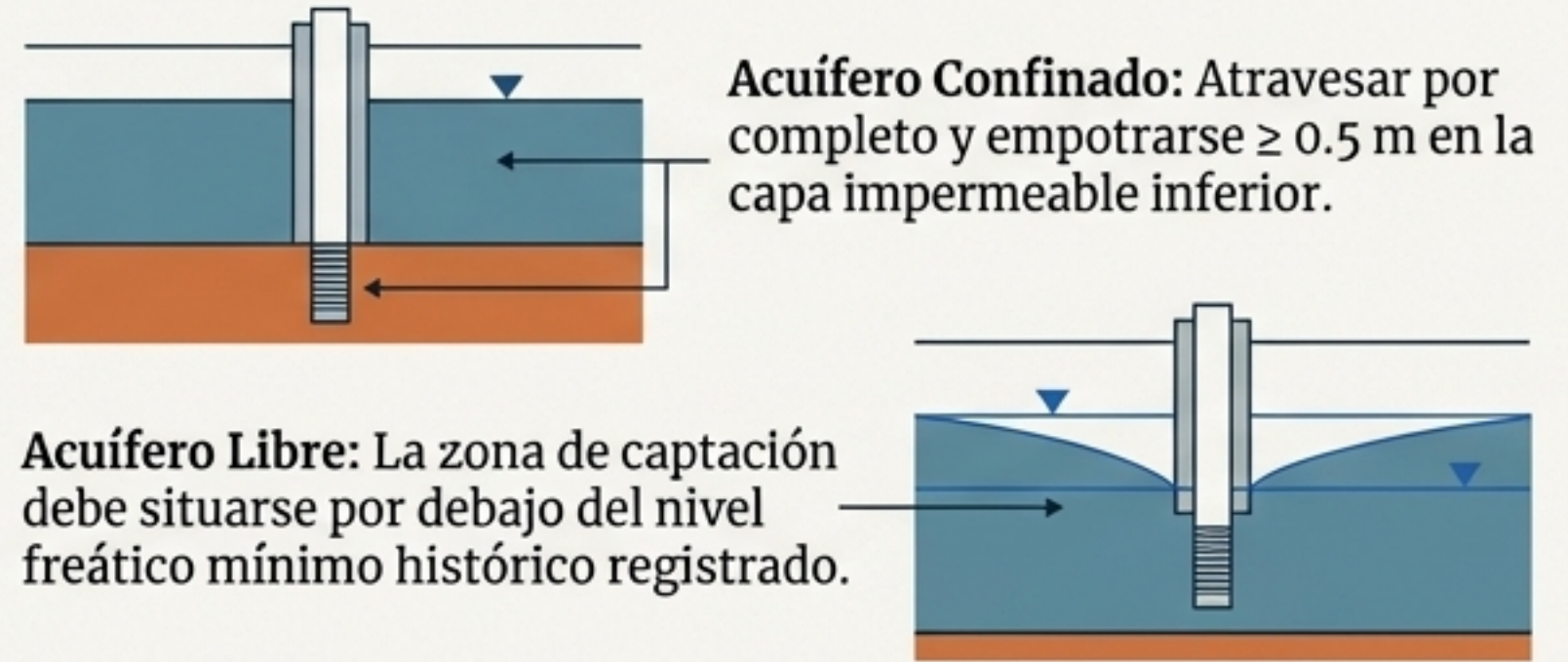
**Percusión por Cable:** Lento pero preciso, ideal para materiales de dureza variable.



**Rotación con Trialeta/Tricono:** Eficaz en terrenos blandos (arcillas) o rocas.

## Dimensionamiento del Sondeo

### Profundidad



### Diámetro

Condicionado por las dimensiones de la bomba. Se debe garantizar una "Luz" (espacio anular) adecuada entre el revestimiento y la pared del sondeo, calculada como:

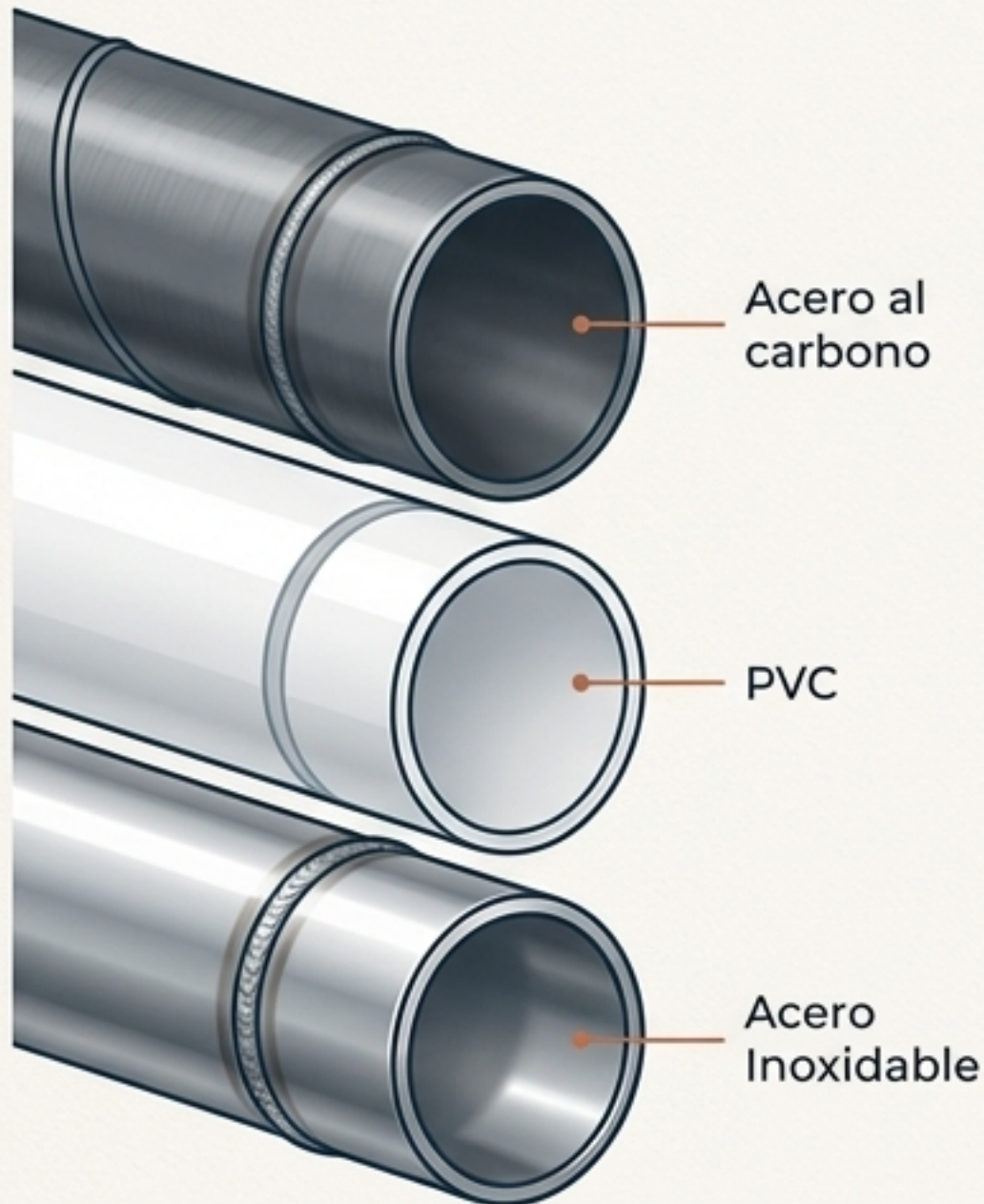
$$b = \frac{DS - DR}{2}$$



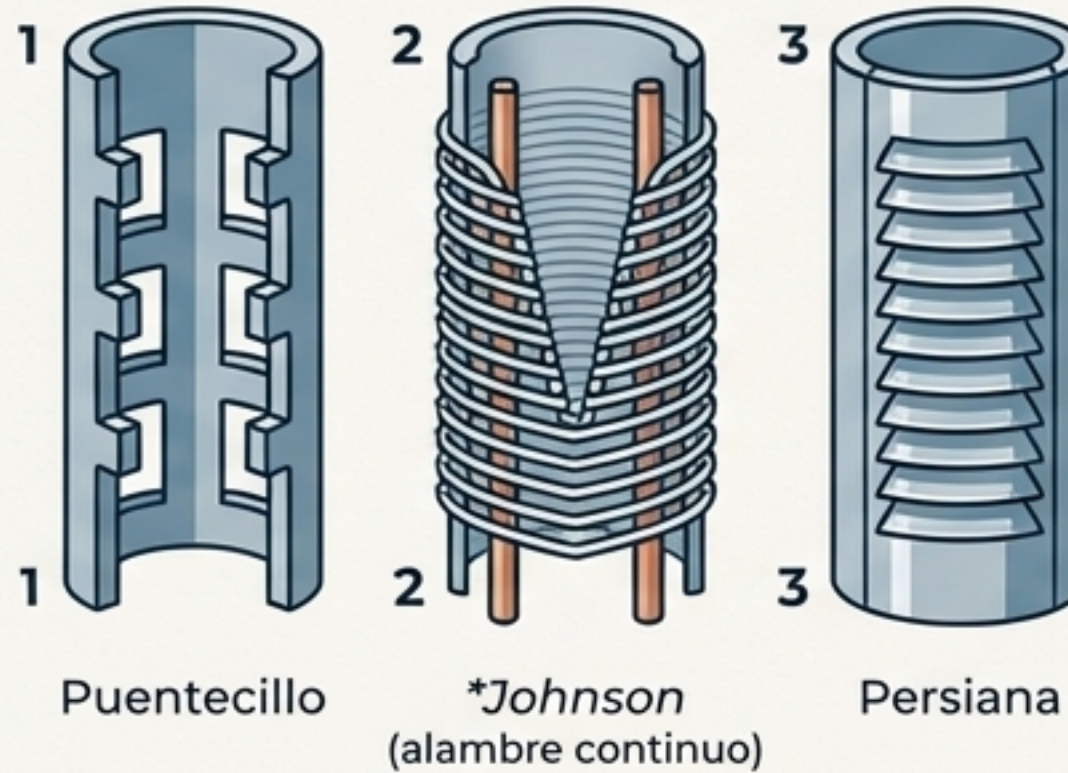
# El Corazón del Sondeo: Revestimiento, Filtro y Engravillado.



## Revestimiento Definitivo



## Ranurado (Rejilla / Filtro)



**Objetivo:** Permitir la entrada de agua controlada, evitando el paso de finos. La velocidad de entrada óptima es un parámetro de diseño clave (típicamente ~3 cm/s).

**Tipos comunes:** Puentecillo, \*Johnson\* (alambre continuo), Persiana.



## Engravillado



**Función:** Filtro primario que estabiliza la formación acuífera y protege la rejilla.

**Especificación Clave:** Grava silícea de rodadura (no de machaqueo) con un Coeficiente de Uniformidad (Cu) < 2.5.



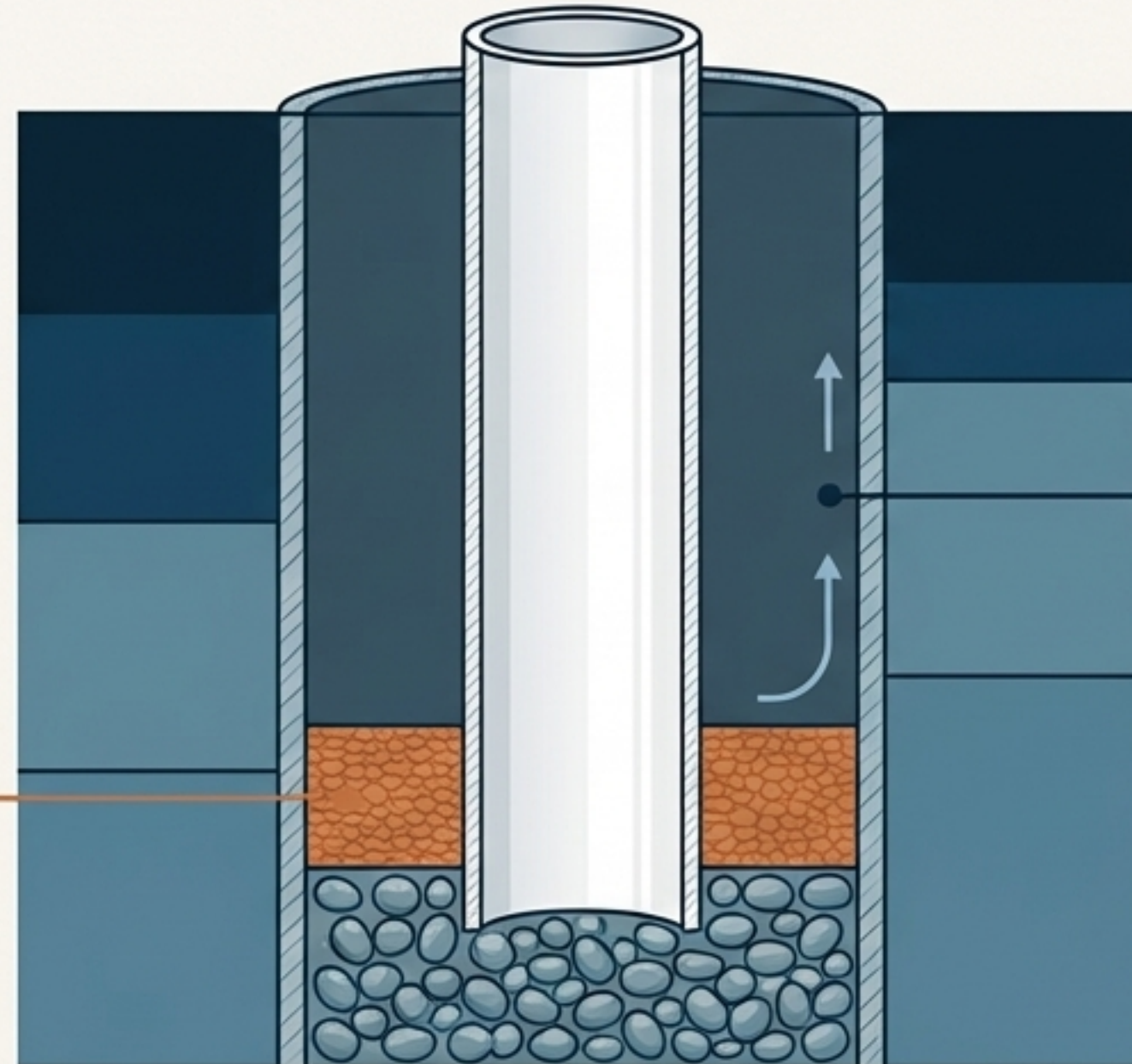
# Aislamiento y Protección: La Importancia del Sellado.

La comunicación indeseada entre acuíferos puede provocar desastres ecológicos de muy difícil solución.

## Sello Bentonítico



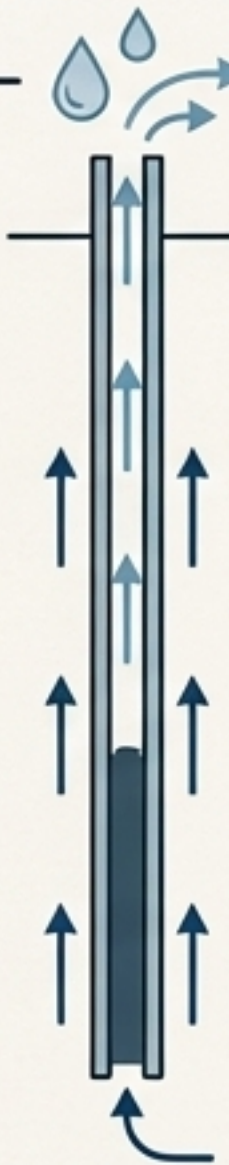
Propósito: Crear una barrera impermeable que aísla el acuífero de explotación de otras capas superiores y de la superficie. Evita que la lechada de cemento contamine el filtro de grava.



## Cementado

Propósito: Rellenar el espacio anular para fijar el revestimiento, aumentar la resistencia y proteger contra la corrosión externa.

Método Ilustrado: Cementado por tubería externa





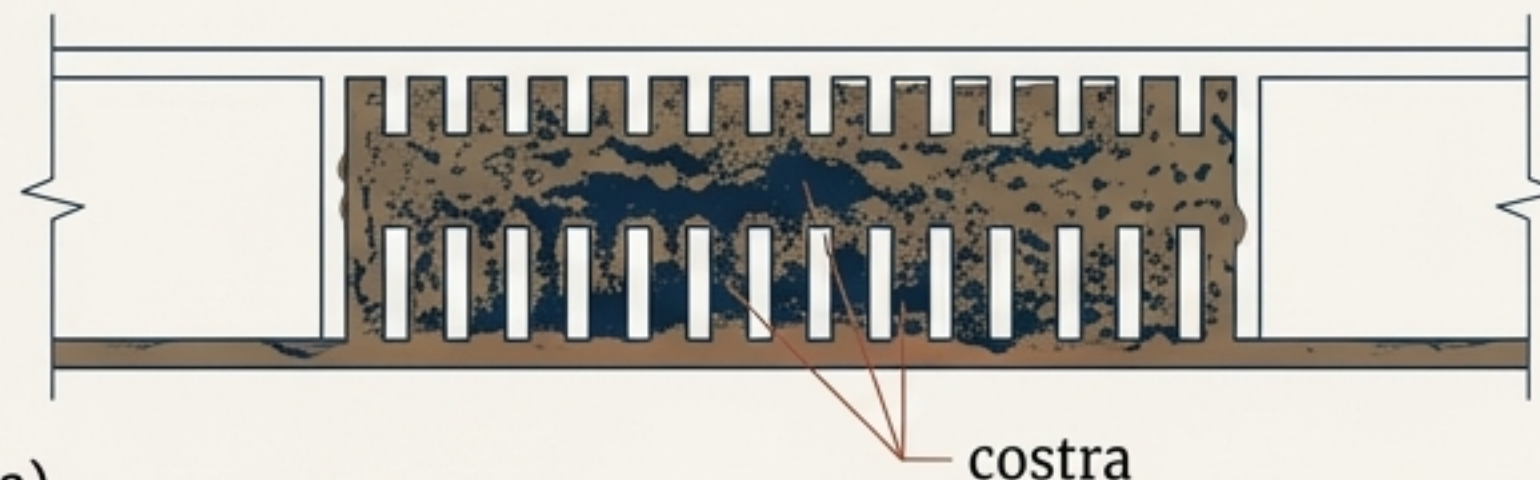
## Fase 4: La Puesta a Punto. De la Limpieza a la Máxima Productividad.

### 1. Limpieza y Acondicionado

Objetivo: Eliminar la 'costra' de lodos de perforación y los detritus que obstruyen el flujo de agua.

Soluciones Químicas:

- Para lodos bentoníticos: Uso de floculantes.
- Para lodos poliméricos: Descomposición con hipoclorito (lejía).



### 2. Desarrollo del Pozo

Objetivo: Mejorar la permeabilidad del acuífero en la zona inmediata al sondeo para maximizar el caudal.

Técnicas Destacadas:



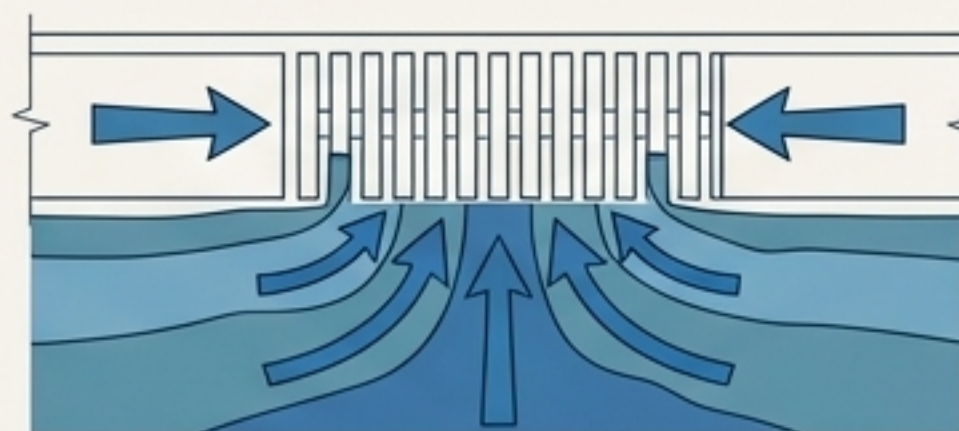
**Acidificación:** Para disolver minerales que obstruyen fracturas.



**Air Lift:** Inyección de aire para limpiar finos de las grietas.



**Hielo Seco (CO<sub>2</sub> sólido):** Sublimación violenta que produce un potente arrastre de finos y residuos.



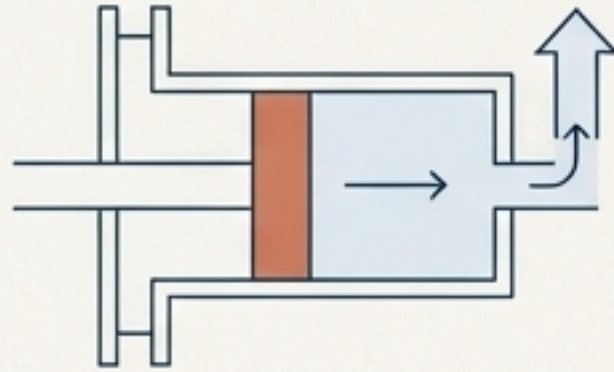


# Equipando el Sondeo: Selección del Sistema de Elevación.

## Tecnologías de Bombeo

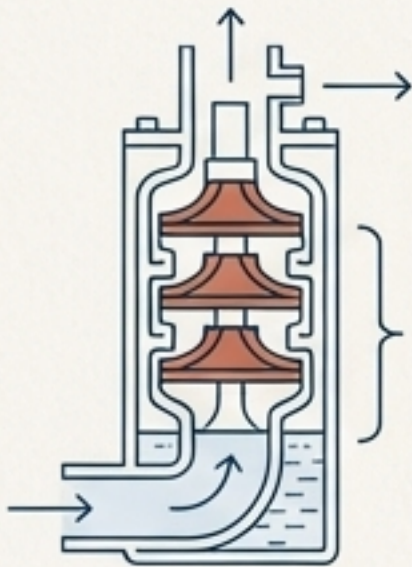
### Tecnologías de Bombeo: Comparación Visual

#### Sub-heading 1: **Bombas Volumétricas**



Principio de desplazamiento. Uso limitado a pozos muy superficiales (aspiración máx. práctica ~5-6 mca).

#### Sub-heading 2: **Bombas Centrífugas Sumergibles**

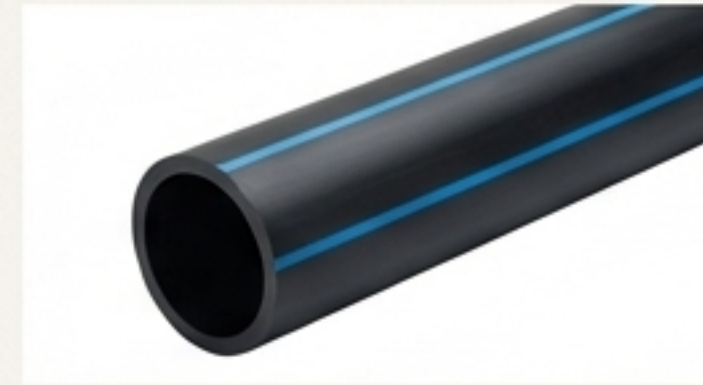


Principio de rodete. Son el estándar para pozos de explotación por su eficiencia en sondeos profundos y estrechos. Se refrigeran con el propio agua que bombean.

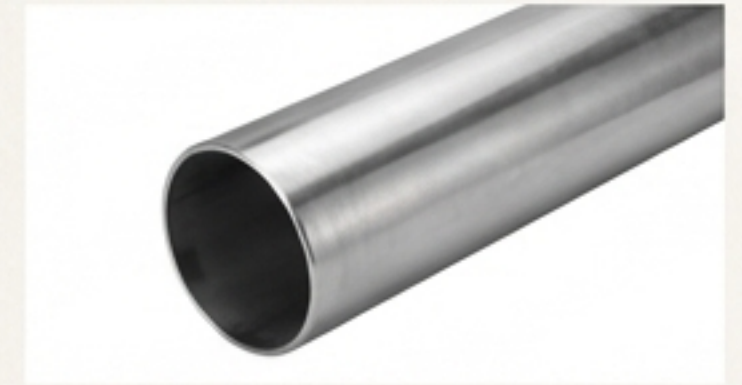
## Sistemas de Tuberías

### Sub-heading 1: **Materiales**

La elección depende de la presión, profundidad y uso.

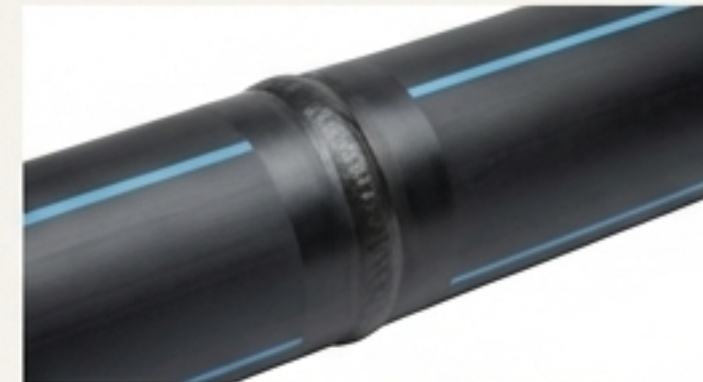


**PE (Polietileno):** Para agua potable.



**Acero:** Para grandes profundidades y soporte estructural de la bomba.

### Sub-heading 2: **Uniones Clave**



**Termosoldadura (PE).**

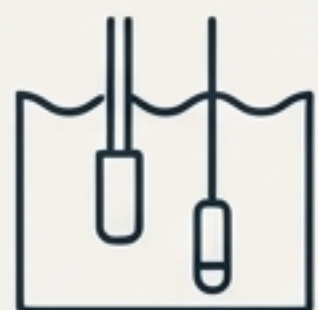


**Aro de cuello y brida loca (Acero).**

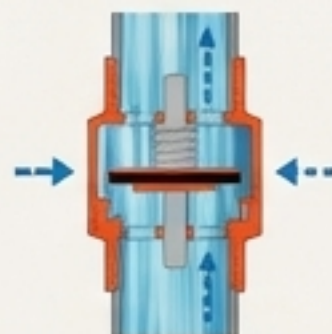


# Control, Higienización y Puesta en Servicio Oficial.

## 1. Instalación de Elementos de Control y Seguridad



**Controladores de nivel:**  
Sondas que protegen la bomba del funcionamiento en vacío.



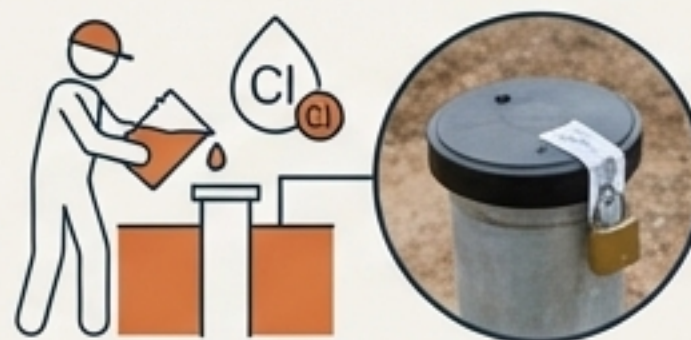
**Válvulas antirretorno:**  
Evitan el retorno del agua, protegiendo la bomba y la instalación.



**Cuadro de control electrónico:** Gestiona el funcionamiento y protege el equipo eléctrico.

## 2. Higienizado (Obligatorio para agua potable)

- **Proceso:** Desinfección del pozo y la tubería con una solución de cloro para eliminar patógenos introducidos durante la construcción.
- **Protección a Futuro:** Cierre sanitario de la cabeza del pozo para evitar contaminación externa.



## 3. Puesta en Servicio

**Hito Final:** La Confederación Hidrográfica coloca el precinto en el contador de agua, comenzando oficialmente la contabilización del agua extraída.





# Fase 5: El Legado. La Clausura Responsable de un Pozo.

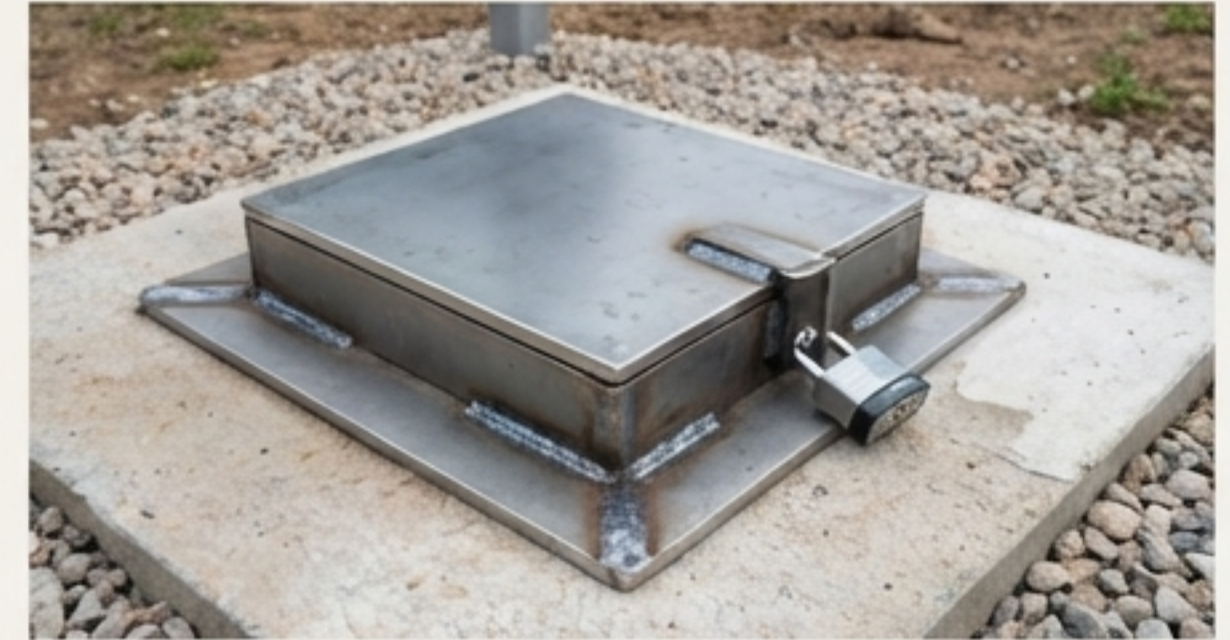
## ¿Por Qué es Crítica la Clausura?

- **Protección Ambiental:** Evita que el pozo se convierta en una vía directa de contaminación a los acuíferos.
- **Seguridad Pública:** Elimina un peligro físico en la superficie.
- **Cumplimiento Legal:** La Ley de Aguas [8] considera un pozo abandonado tras 3 años consecutivos sin uso, lo que puede acarrear sanciones.

## Tipos de Clausura

- **Temporal:** Un cierre superficial seguro (p.ej., tapa soldada) que permite la reapertura. Solo es viable si no hay riesgo de comunicación entre acuíferos.
- **Definitiva:** El sellado permanente e irreversible del sondeo.

Profesional



Abandonado



# El Proceso Técnico del Sellado Definitivo.

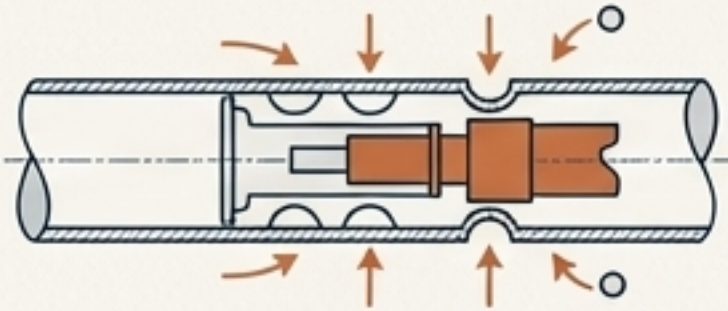


## Paso 1: Preparación

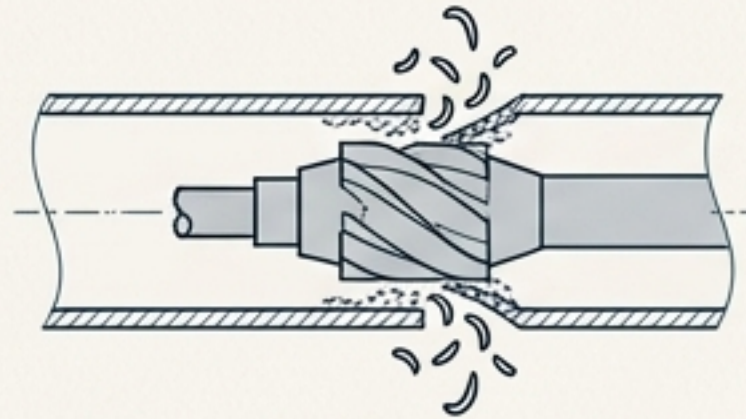
Retirada de todo el equipamiento (bomba, tuberías, cables). Limpieza del interior del pozo de cualquier obstrucción ("operación de pesca").

## Paso 2: Destrucción o Perforación del Revestimiento

**Objetivo:** Asegurar el contacto íntimo entre el material de sellado y la formación geológica.

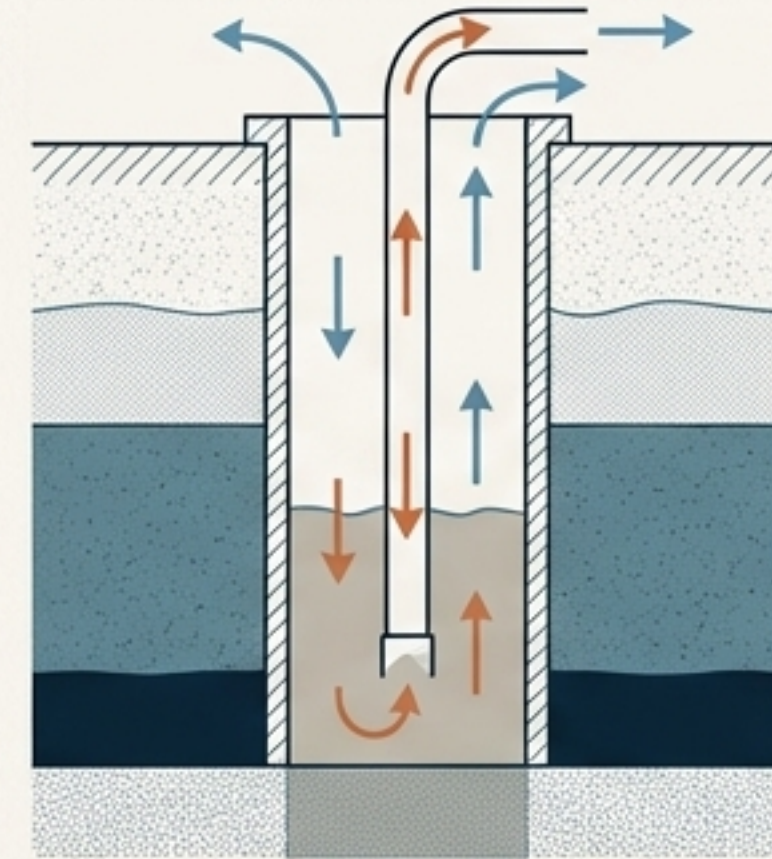


**Punzonado hidráulico:** Para perforar tuberías metálicas.

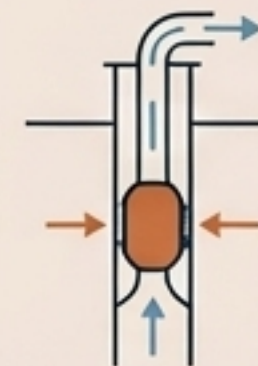


**Reperforación/Escariado:** Para destruir revestimientos de PVC.

## Paso 3: Relleno y Sellado



Inyección de material de sellado (mortero, lechada, bentonita) desde el fondo hacia arriba mediante una tubería, desplazando el agua y evitando la formación de huecos.

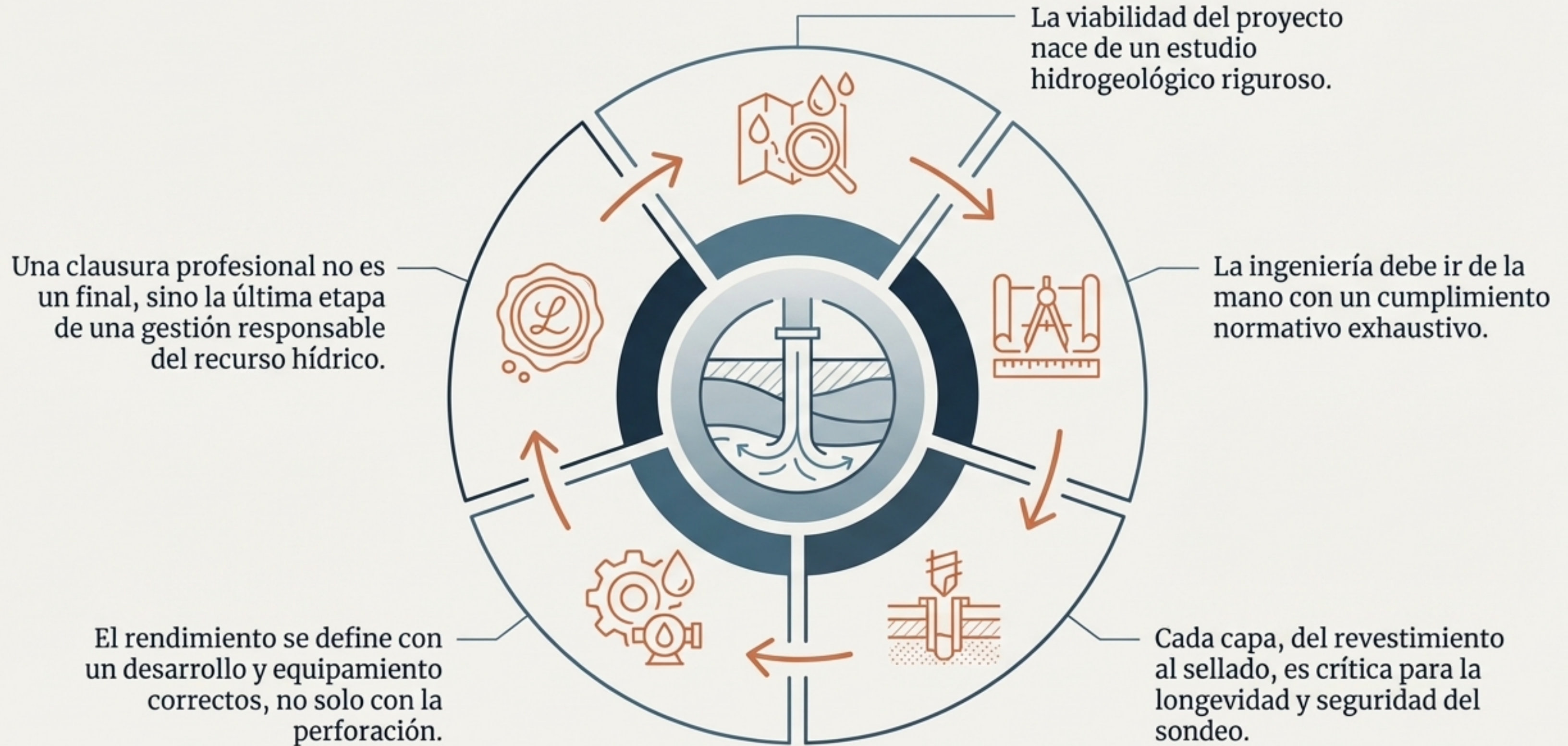


### Caso Especial: Pozos Artesianos Surgentes

Se debe controlar el flujo de agua antes del sellado, utilizando técnicas como la extensión de la tubería por encima del nivel piezométrico o el uso de obturadores inflables (packers).



# El Ciclo de Vida Completo: Un Proceso de Precisión e Ingeniería.





# La Ingeniería de Sondeos: Custodia del Recurso Hídrico Subterráneo.

Desde la prospección inicial hasta el sellado final, la ingeniería de un sondeo de explotación impacta el delicado equilibrio de los acuíferos. La excelencia técnica y el respeto por la normativa no son opcionales; son la base de una gestión sostenible del agua para las generaciones futuras.



**Fuente:** 'Sondeos para explotación de acuíferos'  
Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Ingeniería Geológica y Minera.