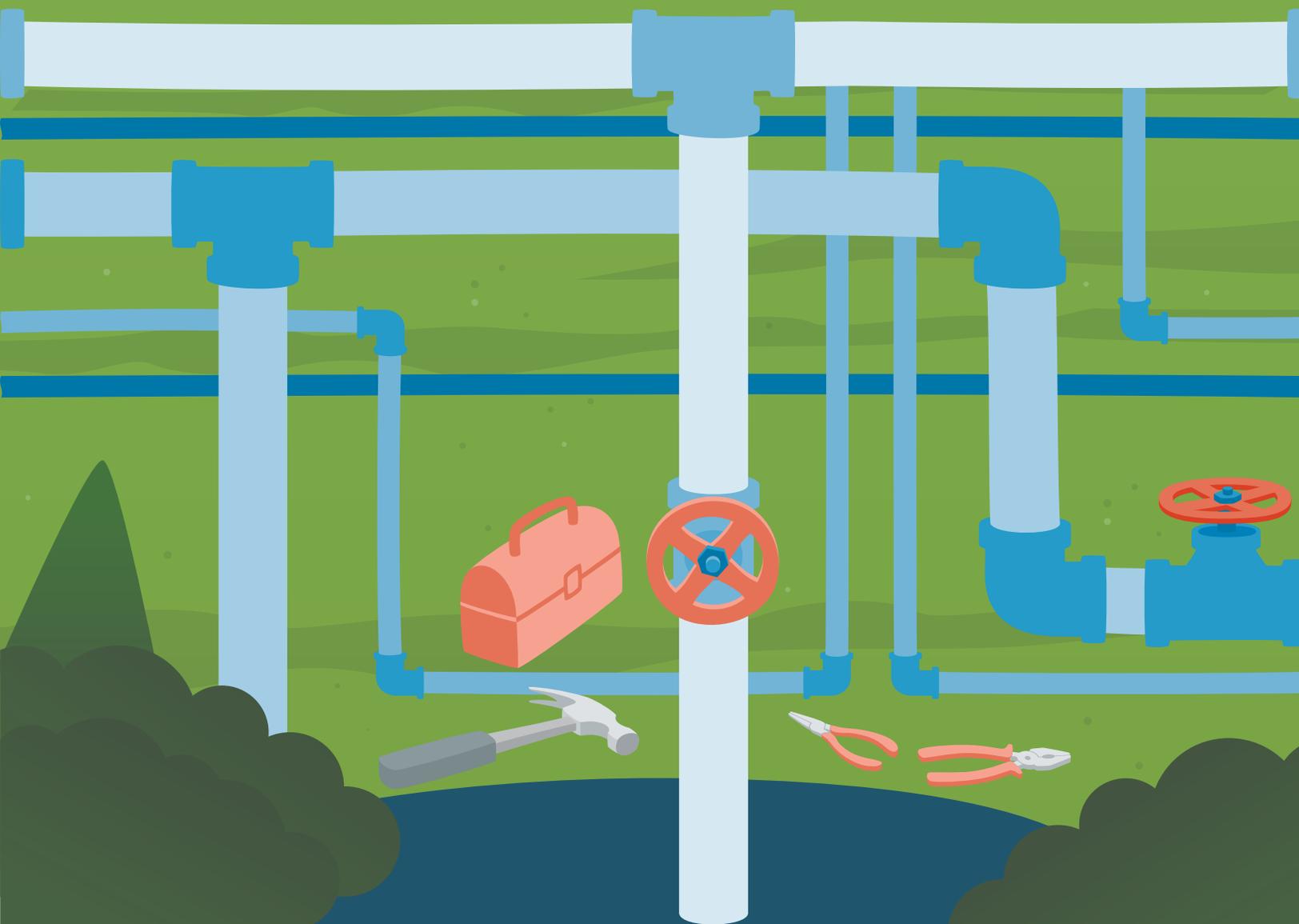
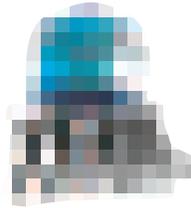


MANUAL

OPERACIÓN TÉCNICA DE AGUA POTABLE RURAL





SIMOL
Sistema de
Monitoreo Local

Este manual fue diseñado en el marco del proyecto

“Taller de emprendimiento: Mejorando las condiciones del agua. APR Aguas Buenas”

Realizado en 2020, en las localidades de Ránquil, Región del Ñuble. Un esfuerzo del Comité de Agua Potable Rural Aguas Buenas, con el financiamiento del Gobierno Regional del Ñuble y el apoyo y coordinación de la Unión Comunal de Agua Potable Rural de Ránquil y el proyecto Fondef SIMOL.



Manual de Operación Técnica de Agua Potable Rural

Concepción
Abril de 2021

Modelado 3D y diagramas:
Jordan Douglas
Adrián Erbo

Fotografías y Diagramación:
Daniel Erbo

Redacción y edición:
Victor Soto
Daniel Erbo



Introducción

El siguiente manual es el resultado del proyecto: “Taller de emprendimiento: Mejorando las condiciones del agua. APR Aguas Buenas”, ejecutado el año 2020 por el Comité de Agua potable rural “Aguas Buenas” de la comuna de Ránquil y que contó con el financiamiento del Gobierno Regional de Ñuble, y el apoyo y coordinación de la Unión Comunal de Agua Potable Rural de Ránquil y el proyecto Fondef SIMOL de la Universidad de Concepción.

Este proyecto fue ejecutado en diversas localidades de Ránquil, con el objetivo de conocer el contexto y operación de distintos comités APR. De este modo, fue posible elaborar el presente Manual, dirigido especialmente a comités y organizaciones cuya operación corresponde a sistemas que obtienen agua de forma subterránea, que es el sistema más usado en la comuna.

Este Manual está dirigido principalmente a operadores de sistemas de agua potable rural, a dirigentes y dirigentes de comités u organizaciones comunitarias de agua y en general a cualquier persona que esté interesada en conocer los aspectos técnicos del diseño, la instalación y mantención de sistemas de abastecimiento comunitario de agua. Presenta las principales acciones y responsabilidades que tienen tanto los operadores como la directiva de la organización y los usuarios.

Se da relevancia a la participación activa de la directiva en el proceso del diseño y considerando que la construcción debe ser realizada por especialistas y profesionales con experiencia comprobada, el manual provee de información técnica de modo que las organizaciones comunitarias cuenten con esta información para monitorear y supervisar este tipo de trabajos, especialmente sobre etapas de diseño, procedimientos de construcción, materiales y operación que considera la implementación de un APR estándar.

El Manual se divide en cuatro partes. Al inicio se presentan los principales conceptos utilizados en la operación de los sistemas APR. Aquí se define el concepto calidad de agua, colocando énfasis en reconocer claramente este aspecto, dado que es fundamental para el diseño del sistema. Es por eso que también es importante observar el contexto en el que se encuentra la fuente de agua, reconociendo las transformaciones históricas y actuales del entorno, que pueden afectar la calidad del agua.

La segunda parte del manual corresponde al diseño propiamente tal del sistema APR, dirigido a sistemas que se abastecen con aguas subterráneas, donde es fundamental evaluar la disponibilidad de agua en calidad y caudal.

Luego, se presentan los elementos principales para diseñar un sistema APR estándar, partiendo por la determinación del tipo y tamaño de bomba. Posteriormente, se presenta el tratamiento de aguas, que incluye la determinación de filtros, la cloración del agua y la incorporación de otras sustancias, en caso de ser necesario. Finalmente se detallan los procesos de acumulación y distribución del agua, enfocándose en la cloración y la calidad de la red de distribución.

La última parte del manual corresponde a la operación y mantención del sistema APR, donde se detallan las funciones que debe realizar la persona encargada u operador/a.

Esperamos que este Manual sea de máxima utilidad y a su vez aporte a la valoración del trabajo que hay detrás del funcionamiento de los sistemas de agua potable rural.

Glosario

Captación: es el punto cero de donde se extraen las aguas a utilizar estas aguas pueden ser de tipo:

Superficiales: Ríos arroyos, lagos

Subterráneas: extraídas a través de punteras, pozos o norias.

Condensación: muy poco efectiva y costosa de producir artificialmente, aun así, la naturaleza es sabia y puedes encontrar este tipo de acumulaciones de agua por condensación en las islas y es su vegetación las que se encarga de capturar en sus hojas la humedad relativa y condensarla hacia la tierra.

Aducción: canalización de las aguas por gravedad desde un punto de mayor altura geográfica a otro de menor altura geográfica (se conducen las aguas de manera natural).

Elevación: Canalización de las aguas desde un punto de menor altura geográfica a uno de mayor altura geográfica (se conducen las aguas de manera artificial por medio de bombeo).

Red: corresponde a la distribución de ductos o cañerías que transportan el agua

Matriz: cañería principal que abastece las conexiones domiciliarias.

Collarín: abrazadera que se usa para intervenir la matriz y conectar a medidor domiciliario

Ventosa: es una válvula encargada de liberar el aire atrapado en la red, se instala en los puntos críticos de la red para estabilizar la presión y reducir golpes de ariete.

Golpe de ariete: es un efecto de golpes violentos producidos en las cañerías a causa de la circulación del agua y el aire atrapado en el ducto. (la mayoría de las rupturas de red o matriz, son a causa de este efecto)

CrI: cloro residual libre

Punto hidráulico: Corresponde al caudal de funcionamiento óptimo en función de la altura de bombeo (para que un conjunto motor bomba funcione correctamente es necesario saber que caudal de bombeo necesitamos y a cuanta altura de trabajo lo necesitamos)



1. Principales conceptos utilizados en la operación de sistemas APR

ABREVIATURAS

AP: Agua potable.

APR: Agua Potable Rural.

CrI: Cloro residual libre.

GLOSARIO

Captación: Es el punto cero de donde se extraen las aguas a utilizar. Se puede captar aguas superficiales, aguas subterráneas y acumuladas por condensación.

Superficiales: Ríos, arroyos o lagos.

Subterráneas: Se asocian a las napas freáticas bajo suelo y son extraídas a través de punteras, pozos o norias.

Condensación: En su sabiduría la naturaleza produce este tipo de acumulaciones de agua por condensación, principalmente en las islas, donde la abundante vegetación se encarga de capturar en sus hojas la humedad relativa y condensarla hacia la tierra.

Aducción: Canalización de las aguas por gravedad desde un punto de mayor altura geográfica a otro de menor altura geográfica (se conducen las aguas de manera natural).

Elevación: Canalización de las aguas desde un punto de menor altura geográfica a uno de mayor altura geográfica (se conducen las aguas de manera artificial por medio de bombeo).

Red: Corresponde a la distribución de ductos o cañerías que transportan el agua.

Matriz: Cañería principal que abastece las conexiones domiciliarias.

Collarín: Abrazadera que se usa para intervenir la matriz y conectar a medidor domiciliario.

Ventosa: Es una válvula encargada de liberar el aire atrapado en la red, se instala en los puntos críticos de la red para estabilizar la presión y reducir golpes de ariete.

Golpe de ariete: Es un efecto de golpes violentos producidos en las cañerías a causa de la circulación del agua y el aire atrapado en el ducto. El golpe de ariete es la causa de la mayoría de las rupturas de red o matriz.

Punto hidráulico: Corresponde al caudal de funcionamiento óptimo en función de la altura de bombeo. Para que un conjunto motor bomba funcione correctamente es necesario saber qué caudal de bombeo necesitamos y a cuánta altura de trabajo lo necesitamos.

Calidad del agua: El agua que podemos encontrar en su origen natural puede ser o no ser lo suficientemente buena para un sistema de agua potable, para eso debemos entender su entorno y sus procesos naturales. Para entender más los procesos y la calidad resultante de nuestras aguas es que caracterizaremos el agua en dos conceptos claves para clasificar su calidad y los procesos que podría necesitar para llegar a ser potable:

Aguas oligotróficas: Aguas pobres en nutrientes y de baja productividad, inoloras, incoloras e insípidas. Es clara, la luz penetra bien, el crecimiento de las algas es pequeño y mantiene a pocos animales. Las plantas y animales que se encuentran son los característicos de aguas bien oxigenadas como las truchas.

En aguas oligotróficas siempre puedes encontrar los siguientes factores:

- Buena circulación de agua
- Colonias bacterianas aeróbicas
- Poca luz directa
- Poca vida acuática

Aguas eutróficas: Es rica en nutrientes y pobre en oxígeno. Es turbia y produce malos olores. En esta agua encontraremos barbos, percas y otros organismos de aguas poco ventiladas.

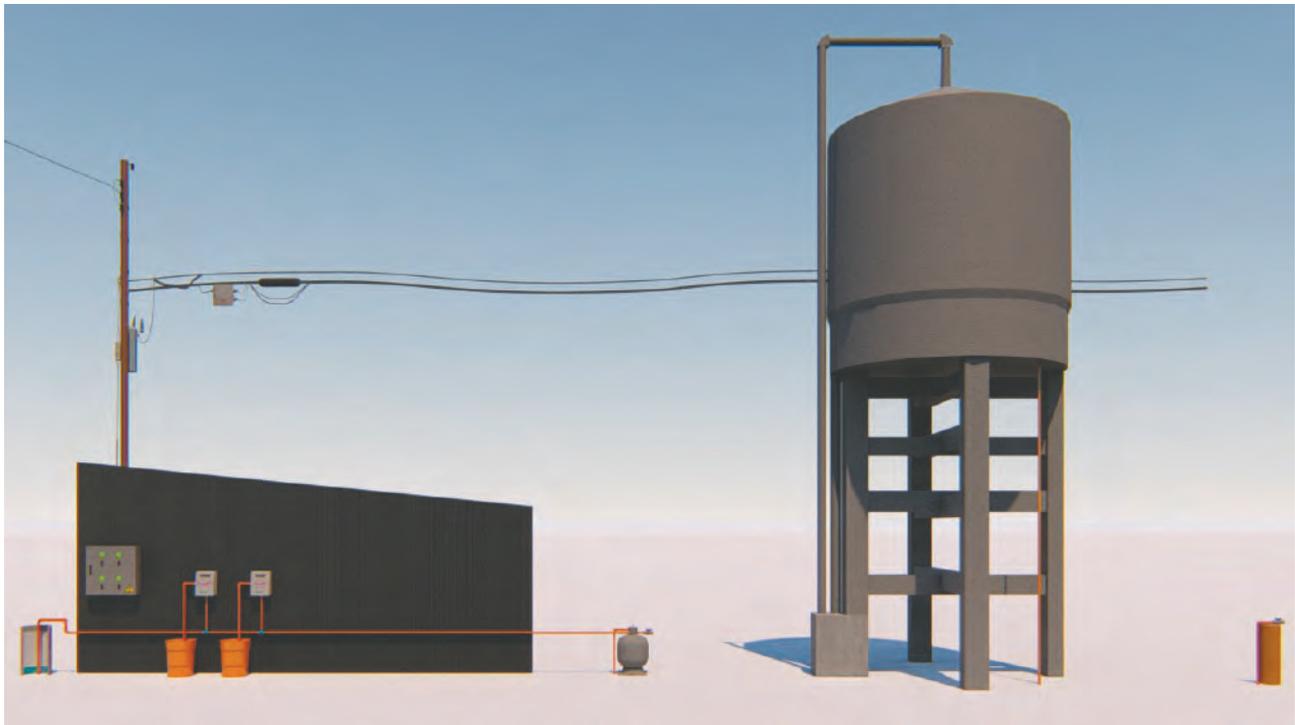
En aguas eutróficas siempre puedes encontrar los siguientes factores.

- Mala circulación de agua.
- Proliferación de Plantas micrófitas.
- Colonias de bacterias anaeróbicas
- Mucha luz directa

Se debe tener seguridad sobre la calidad de agua que será consumida, por los riesgos a la salud que podría implicar y para cuidar la vida útil de los instrumentos de nuestro sistema. Por lo tanto, el agua a bombear debe ser oligotrófica.

Además de verificar que el agua que bombearemos es oligotrófica, es importante contemplar desde el comienzo el diseño completo de la red de distribución del agua, el tamaño de nuestra red y la cantidad de personas a las que beneficiará, y de cuyo cálculo depende la bomba que requerirá el sistema. Así podremos mantener de forma óptima la vida útil del pozo.

Finalmente, señalar que en caso de que se observen riesgos de contaminación del agua vinculados a la intervención humana o industrial en el entorno, será necesario incorporar procesos de análisis químico asistidos por especialistas para determinar la calidad del agua, dado que no todos los problemas de contaminación pueden ser resueltos con un sistema de cloración de agua.



2. Diseño del sistema de agua potable rural con extracción de aguas subterráneas

Tal como señalamos en el punto uno, es muy importante que identifiquemos una fuente de agua de la mejor calidad. El agua para consumo humano debe ser oligotrófica.

Una planta de APR se proyecta para ser capaz de abastecer a la población actual del área que pretende abarcar y además debe tener la capacidad de abastecer al crecimiento de esta por un periodo proyectado de al menos 20 años. Por esta razón es muy importante que estudiemos bien la población antes de diseñar nuestro sistema APR.

Captación y conducción de las aguas

Una vez estudiada la población e identificada la mejor fuente de agua, veremos el punto exacto donde se encuentra el agua y hasta dónde necesitamos llevarla. Este análisis nos debe permitir determinar qué tipo de transporte vamos a utilizar:

- 1) transportar las aguas por elevación desde una zona baja a una zona de mayor nivel o más alta, en donde se instalará el estanque de acumulación, o
- 2) transportar las aguas por aducción, canalizándola desde una zona de mayor altura hasta una zona de menor nivel geográfico, en donde se ubicará el estanque.

Transportar las aguas por elevación requiere de un sistema de bombeo; en cambio, la aducción solo precisa la canalización del agua, ya que la gravedad hará el resto. En ambos casos es necesario controlar el llenado del estanque para que no se produzca rebalse. En el caso de la elevación, basta con un sistema de control que detenga el funcionamiento de la bomba; mientras en el sistema de aducción se usa una válvula de flotador de forma mecánica, y de forma eléctrica una solenoide con control de nivel.

Cuando **las captaciones de agua son superficiales** la toma de agua consiste en una sentina acumuladora de agua, construida con hormigón, que posee una bocatomía lateral para el ingreso del agua. Desde esta sentina, la canalización puede ser por aducción o elevación, dependiendo de las condiciones del entorno.

Cuando **las captaciones de agua son subterráneas** se usan regularmente pozos profundos. En este caso, es necesario tener especial consideración en sus niveles freáticos:

Nivel estático: más conocido como espejo de agua y corresponde al nivel máximo de agua acumulada y en reposo.

Nivel dinámico: Es el nivel donde se estabiliza la extracción de agua a un caudal de bombeo determinado. Corresponde a la depresión máxima de agua realizada durante un periodo prolongado de bombeo.

Se debe tener claro que para la construcción de un pozo y la instalación de la bomba, el nivel de agua que se debe considerar es el nivel dinámico. Por esta razón, se recomienda que antes del armado de un sistema de APR, las pruebas de bombeo sean realizadas en marzo, que es cuando el pozo presenta la mayor depresión de sus niveles freáticos.

En toda construcción de un pozo es imperativo solicitar a la empresa ejecutora de la obra, una copia tanto de los perfiles constructivos del pozo, como un informe de pruebas de bombeo a 48 horas. Sin esto es imposible calcular eficazmente el diseño de un sistema de bombeo (las pruebas de bombeo se deben realizar con un caudal de bombeo igual o superior a la estimación de demanda hídrica de la población y su proyección de crecimiento a 20 años).

Una vez resueltos los temas de identificación de agua y método de captación, podemos pensar en la construcción de nuestra planta de tratamiento, tomando todas las consideraciones anteriores.

3. Sistema estándar

Para hacernos una idea general de un sistema usual de agua potable, definiremos el modelo de una planta estándar, tomando en consideración los factores que más se repiten en los diseños.

3.1 El sistema de bombeo

El bombeo es muy común en los sistemas de agua potable, tanto en pozos como en sentinas; solo los sistemas de aducción o gravitacionales excluyen el bombeo, como ya se señaló anteriormente.



Al momento de elegir e instalar una bomba para nuestro sistema, necesitamos evaluar algunas condiciones previas:

Lo primero a evaluar es el caudal que necesitamos; para ello, debemos tener claridad sobre nuestras necesidades y demandas de agua; es por ello que **este valor lo determina nuestra organización o comité, definiendo el caudal de x litros/segundos que necesitamos para abastecer a la población considerada.**

Lo segundo a evaluar es a cuánta altura se debe hacer trabajar la bomba; esto se determina sumando todas las alturas que posee el sistema, las que son:

- Nivel dinámico: desde el nivel cero hacia abajo al punto máximo de depresión del pozo según la prueba de bombeo.
- Nivel a estanque: si el estanque está elevado, se suma la altura geográfica desde el pozo al estanque.

En el tramo del pozo al estanque puede haber distintos elementos que suman altura al trabajo de nuestra bomba, tales como:

- Filtros que suman aproximadamente 8 metros cada uno (estos valores no son exactos, pero sirven para simplificar el cálculo de nuestra bomba).
- Distancias de red: podemos considerar un metro extra por cada kilómetro de red (esto debido a la resistencia de la superficie interna del ducto contra el flujo del agua).
- Excentricidades dentro de la red: se le llama así al conjunto de elementos de una red que no son lineales, por ejemplo, codos, válvulas u otro elemento singular (las pérdidas asociadas a estos elementos son muy insignificantes, considerando el tamaño de un sistema APR, de modo que añadiremos a

nuestro cálculo solamente 1 metro más por este ítem).

La sumatoria de todas estas alturas corresponderá a la carga de funcionamiento de nuestra bomba.

Una vez que tenemos ambos datos, caudal y altura, podremos realizar la cotización de nuestra bomba. Al momento de la compra, el vendedor deberá proporcionarnos el gráfico de operación de la bomba, donde el punto hidráulico asociado deberá estar ubicado en el tercio medio de la curva de funcionamiento (más detalle en la sección de Operación y Mantenición).

3.2 Tratamiento de las aguas

3.2.1 Filtros

El filtro es la primera etapa del sistema de tratamiento de las aguas. Los sistemas pueden o no necesitar filtro y en su mayoría sí lo requieren. En sistemas muy críticos, en cuanto a la calidad de agua, no bastará solo un filtro o una función específica, sino que también puede ser necesario incorporar:

Filtros de turbiedad, que retienen en su interior las partículas en suspensión que producen la turbidez de las aguas.

Filtros ablandadores, que retienen en su interior las partículas de minerales pesados que se encuentran contenidas en el agua.

Flocodecantadores, que se usan cuando los niveles de turbidez son extremos, y se anteponen al filtro para que retenga la mayor cantidad de partículas en suspensión; junto a la ayuda de un floculante, retiene la mayor parte de la turbidez y la decanta, pudiendo ser purgada en forma de lodos.

3.2.2 cloración

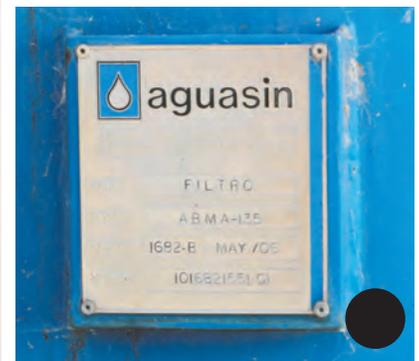
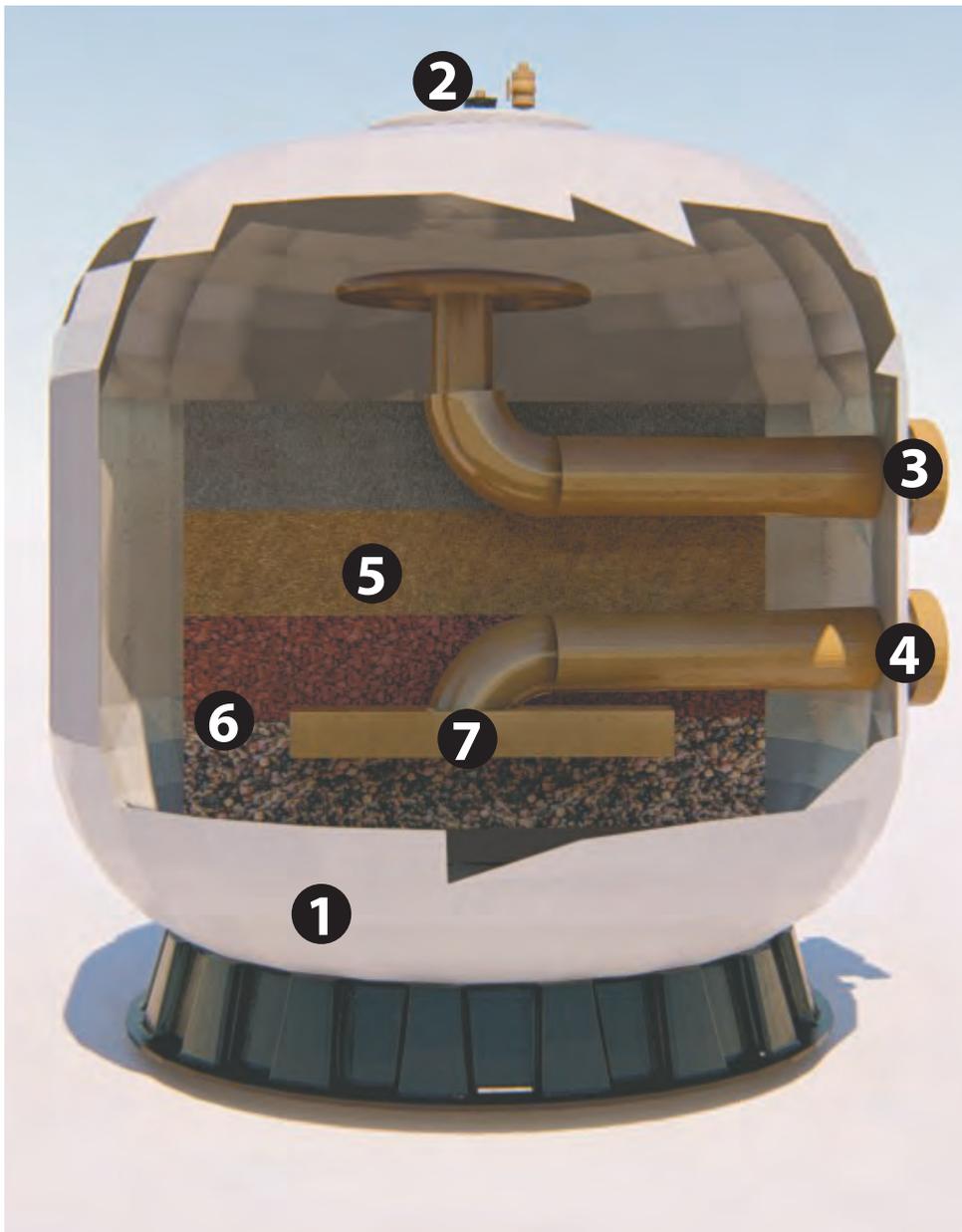
Es otra parte del tratamiento que consiste en aplicar una dosificación adecuada de cloro constante en el flujo de agua, la que trabajará oxidando y contrarrestando bacterias nocivas para el consumo humano.

La cloración en sí es el corazón de un sistema de Agua Potable y la que da sentido al sistema, ya que es a través de ella que podemos asegurar un consumo de agua seguro y saludable a las y los habitantes.

Básicamente clorar el agua es la razón por la que se diseñaron los sistemas de agua potable rural y la que ha logrado disminuir drásticamente la tasa de muerte, sobre todo infantil, desde 1964. Ese año el gobierno debió replantearse el diseño de un sistema sanitario, logrando hasta la fecha mejoras significativas en salud y calidad de vida.

Existen diversos sistemas de cloración, pero el más usado y el que se aconseja en este caso, es el que incorpora una bomba inyectora, ya que hace más homogénea la inyección de cloro en la masa de agua. En los sistemas de agua potable siempre se recomienda el hipoclorito de calcio que es granulado; aunque también se sugiere el hipoclorito de sodio, que es líquido y genera menos daño en la bomba inyectora.

Para iniciar un sistema de cloración es aconsejable iniciar con una mezcla de 1 kilogramo de hipoclorito de calcio por cada 100 litros de agua y una regulación del inyector de 40%. Esto puede necesitar cambios posteriores, dependiendo de las variables propias de cada red; por esta razón es que después de la primera mezcla y en las mediciones posteriores, decidiremos si es necesario regular la concentración del químico desde el potenciómetro del inyector.



1. Armazón se acero
2. Escotilla de mantenimiento
3. Entrada de agua
4. Salida de agua r
5. Lechos filtrantes
6. Lechos soportantes
7. Bastones o toberas
8. Válvulas de operación
9. Placa identificadora

3.2.3 Otras sustancias en la operación.

En la operación, dependiendo de los filtros, será necesario incorporar otras sustancias como son los floculantes o aglutinantes y coagulantes, cuya inyección se encuentra antes de la entrada del filtro principal. Es recomendable que su ubicación sea lo más lejos que se pueda de la entrada del agua, para que el químico tenga el tiempo suficiente para trabajar antes de que el agua ingrese al filtro, ya que son las capas superiores de este las que trabajan mayormente junto a la reacción. Al igual que en el hipoclorito, no podemos sugerir una medida estándar, ya que dependerá de las variables de calidad del agua y el filtro, pero estimaremos un procedimiento general para ejemplificar su operación.

Los químicos más usados son:

Permanganato: coagulante encargado de oxidar mayormente hierro y manganeso. Podemos partir con una concentración de 500 gms. por cada 100 litros y una inyección del 40%. Visualmente evaluaremos el agua posterior a la inyección y antes de la entrada del filtro; esta debe poseer una coloración levemente rosa, si el color es muy intenso bajaremos la inyección o reduciremos la concen-

tración; nunca debemos encontrar coloración a la salida de nuestro filtro, esto podría indicar una concentración de permanganato muy elevada o el término de la vida útil de nuestro filtro.

Sulfato de aluminio: floculante encargado de aglutinar las partículas suspendidas en el agua en forma de grumos, estos, por lo general, los podemos encontrar en concentraciones ya disueltas en agua y dependerá exclusivamente de la dosificación del inyector.

Si es necesario utilizar alguno de estos químicos es muy importante consultar con el proveedor la tabla de dosificaciones, ya que cada producto posee concentraciones diferentes y, en algunos casos, la brecha es muy amplia para los fines explicativos de este manual. Por ejemplo: el hipoclorito de calcio se puede encontrar en concentración de 55% al 85%; si se quisiera cambiar de hipoclorito de calcio a hipoclorito de sodio, que es líquido, las concentraciones del último oscilan entre el 10 al 20 %, lo que nos llevaría de cambiar una concentración de 1 kilo por 100 litros de agua a 40 litros por 160 litros de agua.

3.3 Acumulación y distribución

Una vez tratada el agua, irá a su zona de acumulación donde el cloro total terminará de trabajar y se convertirá en cloro residual compuesto, que consiste en cloro ya oxidado que cumplió su función y cloro residual libre, que es remanente del cloro total. Ambos irán con nuestra agua a recorrer la red y se encargarán de atacar cualquier agente contaminante en ella.

La red es el medio por el que canalizamos las masas de agua. Tiene diferentes medidas y elementos que ayuden a su correcto funcionamiento.

Una red bien dispuesta debe contener válvulas de alivio o ventosas para extraer el aire en su interior y así evitar el golpe de ariete. Además, debe poseer cada cierto tramo, un punto habilitado para realizar lavados de red con una profundidad de alrededor de 60 cm. en lugares de tránsito liviano y 80 cm. para tránsito pesado; además el ducto debe ir recubierto por una cámara de arena compactada inferior y superior antes del relleno.

Las observaciones que podamos ver en la red se cumplen tanto para los tramos de matriz, como para los tramos de impulsión o aducción.

4. Operación y mantenimiento

Con el objetivo de mantener un servicio de agua ininterrumpido (en lo posible) e higiénico para las y los usuarios, las labores del operador u operadora son principalmente: la operación técnica de la planta; la toma de muestras; el control de la desinfección del agua; la limpieza de los recintos; la lectura de los medidores; el control de operación (planillas y bitácora); la mantención; los cortes, reposiciones y reparaciones menores.

A continuación, se explican algunas de estas labores.

4.1 Limpieza y mantenimiento de recintos:

Mantener las áreas cercanas al lugar del sondaje, la caseta de control, cloración y el estanque libre de pastos y basura (no quemar); mantener estas dependencias limpias y pintadas; con los equipos interiores y el tablero eléctrico siempre desempolvados.



4.2 Lavado de estanques y redes:

Cada 6 meses debe lavarse el interior del estanque con detergente y escobillón, retirando todos los residuos que puedan quedar en el fondo, desinfectando posteriormente. En esa misma ocasión debe realizarse un lavado completo de la red de tuberías para evacuar la suciedad residual.

4.3 Mantenición y limpieza del filtro:

En el filtro hay dispuestos 2 manómetros, uno de entrada y otro de salida; ambos elementos debieran presentar la misma medición, la diferencia entre uno y otro corresponderá a la saturación del filtro, no pudiendo exceder el 20% entre la medición de uno con respecto a la medición del otro.

El manómetro de entrada es el que nos muestra siempre la saturación, por lo que debe ser un valor superior al de salida cuando se satura. Si esto no se cumple y es el manómetro de salida el que presenta mayor presión será necesario cambiar ambos manómetros, para realizar nuevamente una medición correcta.

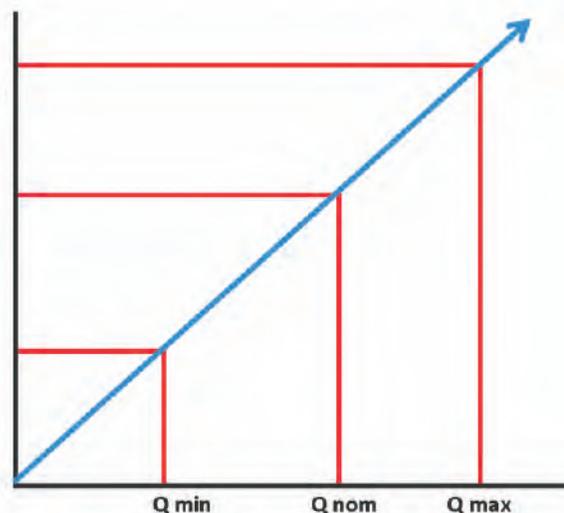
El fabricante establece 3 puntos de operación para el filtro: **Q_{min}**, **Q_{nominal}**, **Q_{máximo}**; estos se encuentran en la ficha técnica y es necesario conocer estos puntos para poder evaluar la proyección de nuestra planta de tratamiento. Nuestro sistema de bombeo solo puede ser aumentado hasta el Q_{máximo} del filtro que describe el fabricante. Cualquier valor superior, daría muy poco tiempo de filtrado, por consecuencia no sería capaz de retener u oxidar toda la masa de agua que circula a través de él.

Q_{min}: es el mínimo flujo de agua que debe circular a través del filtro para que su operación sea correcta un tiempo muy bajo de circulación podría saturar mas rápidamente las capas superiores obstruyendo a corto plazo el filtro.

Q_{nominal}: es el punto óptimo de operación en el que el filtro es capaz de presentar su mayor tasa de filtración.

Q_{max}: es el límite de caudal que nos podemos permitir para logra que el filtro realice su trabajo en este punto es necesario potencia rel filtro precloracion, es decir una inyección de cloro antes de la entrada del filtro.

H_f (pérdida de carga)



La mantención de nuestro filtro se define en 2 etapas:

Retrolavado: Hacer funcionar el flujo de agua en dirección contraria a la del funcionamiento normal y desaguarla fuera del filtro toda el agua contenida hasta que salga del todo limpia. Nos aseguraremos que el retrolavado se realizó correctamente cuando se cumplan los siguientes 3 pasos:

Primero: saldrá agua limpia por un buen periodo de tiempo que es el agua contenida en la cúpula

Segundo. Saldrá agua muy turbia que es el agua contenida entre las capas filtrantes y luego un poco más clara que es el agua contenida en las capas soportantes del filtro

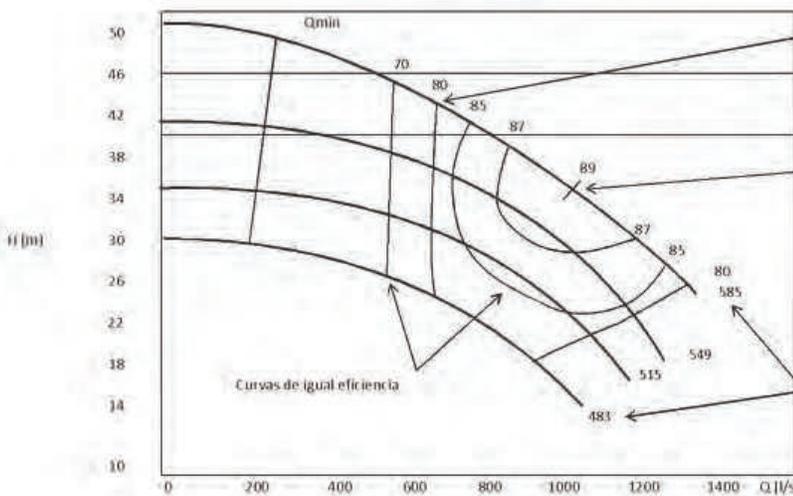
Tercer y por último saldrá agua limpia que nos dirá que el flujo de agua en retroceso ya a barrido todo el material retenido en las capas.

Lavado: Volver el filtro al funcionamiento normal, pero desaguando el agua en vez de enviarla a la red, esto porque las primeras aguas después de un retrolavado suelen salir un poco turbias debido a la agitación de las capas por el cambio de sentido del agua. Por esto es que debemos dejamos correr un tiempo el agua hasta asegurarnos de que sea clara y nuevamente conectamos el flujo a la red.

4.4 Evaluar su sistema de bombeo.

Es necesario contar con los datos que proporciona el fabricante de la bomba al momento de comprarla. En estos datos podemos encontrar el gráfico de bombeo y su punto hidráulico para mantener la operación de la bomba en su punto de máxima eficiencia (Si no contamos actualmente con esos datos debemos tener en cuenta que nuestro conjunto motor-bomba siempre tiene integrado a su carcaza estos datos: caudal, altura de trabajo, consumo del motor en kw o HP en el caso de bombas monofásicas, descripción del capacitor).

Punto hidráulico: Caudal m³/s



Curva de operación de la bomba para cada diámetro del impulsor

Punto de eficiencia máxima

Diámetro de impulsores manejador por este modelo

El punto hidráulico es un valor fijo, que depende de las condiciones que le entreguemos al fabricante, por lo que este no se puede cuidar más allá, ya que los factores que lo afectan no debieran ser alterados (el sistema completo). Solo variará con el desgaste del equipo.

Sí es necesario, para asegurarnos del correcto funcionamiento de la bomba por un buen tiempo, tener en consideración lo siguiente:

- Que esta no parta más de 9 veces en una hora.
- Que su funcionamiento diario máximo sea de 14 horas.

4.5 Mantenimiento de válvulas:

Al menos una vez al mes debieran accionarse todas las válvulas que estén instaladas, para que no se agripen y estén operables cuando se requieran.

4.6 Cambio de medidores:

El Comité deberá cambiar los medidores periódicamente según su vida útil (10 años aprox.); excepto en caso de vandalismo o bajas temperaturas, la responsabilidad del cambio será de la usuaria o usuario.

4.7 Informar fallas:

El operador u operadora deberá avisar a la directiva de la APR (o al gerente del servicio, en caso de cooperativas), cualquier desperfecto que esté fuera de sus conocimientos, de forma de no dañar más piezas del sistema.

4.8 Lectura de medidores

Registrar la lectura mensual de medidores en el "Libro de registro de lectura de medidores". En este libro deben estar anotados los socios y socias del APR con los siguientes antecedentes: nombre, n° de medidor y su diámetro, dirección o ubicación, mes y día de la lectura con lectura del medidor y consumo en m³.

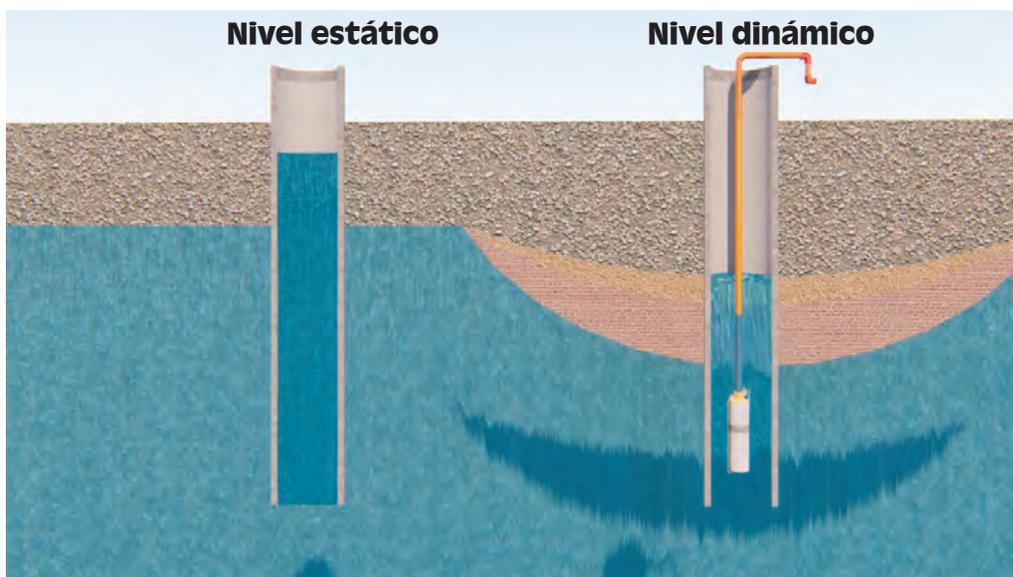
El número de registro de medidores debe coincidir con el número de socios en la planilla del administrativo/a (persona encargada de las cuentas del comité).

4.9 Cálculo de consumo

Se deberá calcular el consumo del último mes y registrar lo indicado en m³ consumidos por cada socio/a (lo producido y lo facturado). Sin embargo, será responsabilidad del administrativo/a verificar el cálculo realizado, antes de emitir el aviso de cobranza correspondiente.

4.10 Medir niveles del pozo

Registrar los niveles del pozo (nivel estático y dinámico) dos veces por mes en una planilla Excel.



4.11 Distribución de documentos

El operador u operadora deberá entregar los avisos de cobranza, circulares, citaciones a reunión u otros documentos que la directiva requiera dar a conocer a sus socias y socios.

4.12 Corte y reposición

Efectuar cortes y reposiciones según listado entregado por la directiva. Al cortar el suministro el operador/a deberá dejar sellado el medidor y dejar anotado la fecha y la lectura que éste registre.

Si no se respeta el corte, la Ley 18.119 (2°, 3° y 4°) establece penas de presidio menor y multas de 3 a 5 ingresos mínimos.

4.13 Sellado de medidores

El operador deberá mantener los medidores domiciliarios con un sello auxiliar. No es el mismo que traen los medidores de fábrica; su finalidad es evitar eventuales irregularidades.

4.14 Muestreo de agua

Efectuar toma de muestras de cloro en el agua, tanto en la planta, como en la red de distribución, evitando así efectos secundarios en las y los usuarios, multas y/o sumarios sanitarios.

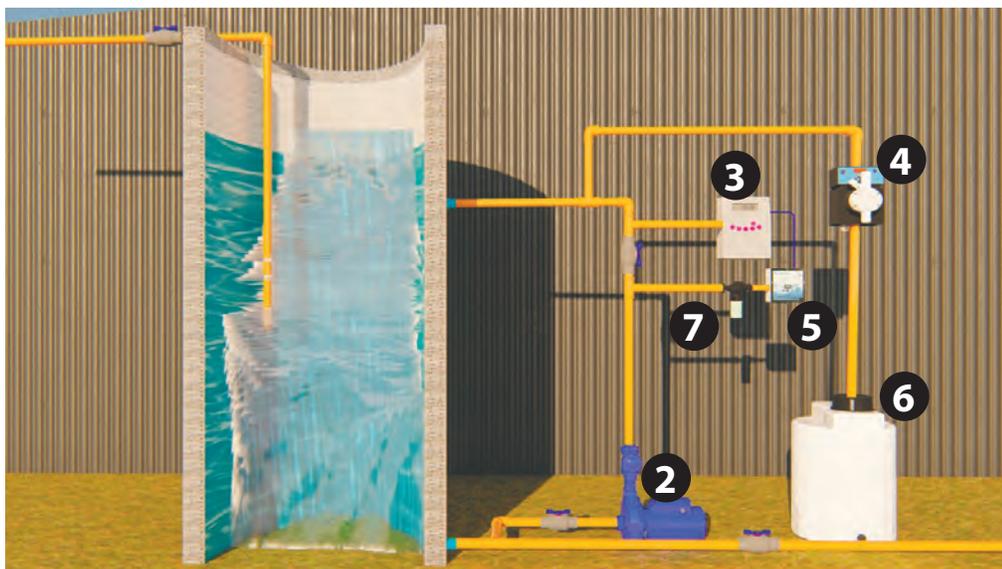
Velar por una correcta recolección de muestras para los análisis físicos, químicos y bacteriológicos que deben realizarse, según la resolución sanitaria de cada planta. Los resultados deben ser enviados a la Seremi de Salud al correo agua@redsalud.gob.cl

4.15 Cloración

Mantener en funcionamiento el equipo clorador; preparar oportunamente la solución a inyectar, manteniendo un registro claro de la cantidad de cloro en la red y en la planta.

En cuanto a la preparación de hipoclorito de calcio granulado es recomendable contar con 2 tachos de operación: el primero será exclusivo para la preparación del hipoclorito y deberá reposar al menos 6 horas para que precipite, antes de su trasvasije al tacho de operación. Esto se debe realizar porque el hipoclorito granulado precipita mucho material hacia el fondo y hacia la superficie, el cual debe ser removido antes de entrar al sistema; de lo contrario todo ese material suspendido se acumularía en la bomba inyectora y la terminaría dañando, además de obstruir los inyectores y otros elementos de la red (Según la norma chilena 409/2, serie N.ch 411, Std methods, DS y DS 90, para asegurar una concentración de cloro libre residual de 0,20 mg/l en el punto más desfavorable de la red).

Se deben tomar como mínimo 3 tomas de cloro en la red; aumentando el número de tomas, dependiendo de la cantidad de arranques y puntos de inyección.



1. Depósito agua
2. Bomba de agua
3. Tablero eléctrico
4. Bomba de inyección
5. Dósificador
6. Depósito solución
7. Flujómetro

4.16 Limpieza de inyectores en el equipo de cloración

Con una frecuencia de 15 días, se debe extraer el inyector del clorador y eliminar manualmente, con ácido clorhídrico, todos los residuos del hipoclorito de calcio que con el uso se han adherido a sus paredes. Estos residuos obstruyen el paso de la solución de cloro al agua. En seguida, reinstalar y reanudar el funcionamiento de la bomba inyectora.

Se recomienda utilizar elementos de protección personal: guantes de pvc, pechera de pvc o cuero, mascarilla con filtro amarillo, lentes y overol.

4.17 Análisis de calidad del agua

El comité o cooperativa debe proveer de un clorímetro digital para el análisis de la cantidad de cloro en la red.

También existen otros implementos que podrían ayudar en los análisis, como el turbidímetro y el medidor de nitratos, pero los costos asociados son muy elevados y son parámetros que deben tomarse de forma constante en laboratorios.

4.18 Mantenimiento del tablero eléctrico

Lo primero que debe hacerse, es mantener el tablero libre de polvo y telas de arañas. En segundo lugar, se debe mantener un stock de repuestos de relés, contactores, cables, etc., que permitan, si es necesario, efectuar cambios rápidamente.

Contar con herramientas de trabajo y protección: juego de atornilladores de 1000 volt, guantes de cabritilla, zapatos dieléctricos.

4.19 Verificación de fallas

Se recomienda que ante cualquier falla en el grupo de la motobomba, se comunique a la directiva para **que coordine una visita de la Unidad Técnica de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)**. En caso de **contratar técnico eléctrico especializado** este deberá realizar las siguientes verificaciones:

Tablero:

- Verificar que la maniobra individual de cada elemento sea correcta: interruptores, contactores, colectores y otros.
- Verificar la tensión aplicada de línea 220 volts y entre línea 380 volts con 50 Hz. Que la distribución de carga de los tableros esté de acuerdo con lo indicado en los planos.
- Verificar corrientes(A1,A2,A3) y tensión de líneas(l1 a N-l2 a N-L3 a n)y entre líneas (L1-L2,L1-L3,L2-L3)

Circuitos:

- Verificar que todos los circuitos de comando sean continuos y estén libres de cortocircuitos.
- Verificar que todos los circuitos estén libres de conexiones no específicas, como puentes o BY-PASS.



- Verificar que todos los tipos y secciones de los conductores corresponden a lo especificado en los planos y no se encuentran adulterados.
- Verificar que los circuitos estén correctamente conectados, en conformidad a los diagramas aplicables de acuerdo a los planos.
- Verificar que todos los circuitos sean operables, demostrándolo mediante una prueba que incluirá el funcionamiento de cada control no menos de 10 veces y la operación continuada no menos de 30 minutos.

Aislamiento:

- Realizar pruebas de aislación con instrumento Meggers u Ohmetro a cada circuito y a los motores eléctricos. Para ello se deberá desconectar (GMB) de la caja de conexiones y se deberán realizar las siguientes mediciones: a masa y entre bobinas.
- Antes de la primera puesta en marcha, así como después de largos periodos de almacenaje o reposo, hay que medir su aislación. Se deben desconectar todos los conductores en la caja de conexión.
- El valor de medición hay que leerlo después de 30 segundos de duración. La lectura puede variar al usar un Ohmetro de voltaje más bajo. Motores nuevos con sus propios cables conductores 200 MOhm, como mínimo.
- Si se comprueba que el aislamiento está por debajo del valor mínimo se deberá desmontar la motobomba. Una vez desmontada se deberá volver a medir por 15 minutos. Revisar si es falla de conductor, conexión, bobinado o fallas mecánicas.

Como se mencionó anteriormente, se sugiere que los pasos anteriores, relacionados con el tablero, sean realizados por un técnico o profesional del área. No obstante, existen otras acciones que una o un operador puede realizar para encontrar problemas eléctricos. Para ello, se sugieren las siguientes indicaciones:

Cómo detectar una falla eléctrica.

Todo tablero de control debe poseer una luz testigo que comunica la ausencia o presencia de la fase de alimentación, con la que podremos verificar si la incidencia es aguas arriba o aguas debajo de nuestro tablero.

Si nuestro tablero indica en su testigo que está energizado, entonces será necesaria una inspección visual a tapa abierta.

Verificaremos que los elementos de operación estén todos arriba, es decir, alimentando de energía, y en este punto identificaremos y separaremos mentalmente nuestros elementos de fuerza y de control en el tablero.

En nuestro tablero también podemos encontrar otras luces indicadoras como: falla térmica, pozo seco, estanque lleno, entre otras. Aunque puede darse el caso en que una luz se encuentre dañada y necesite recambio al momento de una falla.



Para evaluar si el problema está en nuestros circuitos de fuerza accionaremos manualmente con la ayuda de un destornillador, aislando el contactor de la bomba:

- Si la bomba parte al accionar manualmente quiere decir que el problema se encuentra en el control,
- Si la bomba no parte al accionar manualmente, quiere decir que el problema está en el circuito de fuerza, entonces se debe revisar el relé térmico y reiniciarlo (normalmente poseen un botón de reinicio de color azul)
- Si al accionar el contactor, el comando central no entra, quiere decir que el contactor está en falla: normalmente se recalientan los plásticos que contienen la bobina y posteriormente impiden el accionamiento. En caso de esta falla se requiere cambio del elemento.
- Si el contactor opera manualmente, tenemos caudal de bombeo y corriente de trabajo nominal en la bomba, quiere decir que nuestra falla se encuentra en el sistema de control y trataremos de percibir olores, deformación en la aislación del cable o manchas de humo en los aparatos que nos indiquen de manera visual algún posible desperfecto.

Si se ha identificado puntualmente la falla, esto debe ser informado a la directiva para la compra del repuesto y la programación de los trabajos, ya que será necesario desconectar la planta el tiempo que dure el reemplazo del equipo.

Al reemplazar las piezas, se debe tener en consideración lo siguiente:

- **Trabaja siempre con voltaje cero:** es decir bajar automático de empalme y de tablero.
- **Bloqueo de los automáticos:** no basta con bajar los automáticos deber asegurarte de que nadie más podrá operarlos hasta que tu termines tu trabajo
- **Medir con voltajes con un multímetro** antes de iniciar cualquier trabajo para corroborar que no hay presencia de tensión.
- Usar tus elementos de protección personal correspondiente.

Antes del desmontaje del equipo dañado se sugiere tomar fotos y dibujar las conexiones en un cuaderno, para no cometer errores.

Al terminar el montaje, antes de dar puesta en marcha, se debe revisar si el elemento tiene parrilleros, botones o algún tipo de configuración que se deba implementar.

Por otro lado, si al revisar el tablero no se logra identificar la falla, no se debe intervenir más allá de lo mencionado, porque es posible que ello pueda derivar en un accidente grave o dañar otro elemento del tablero.

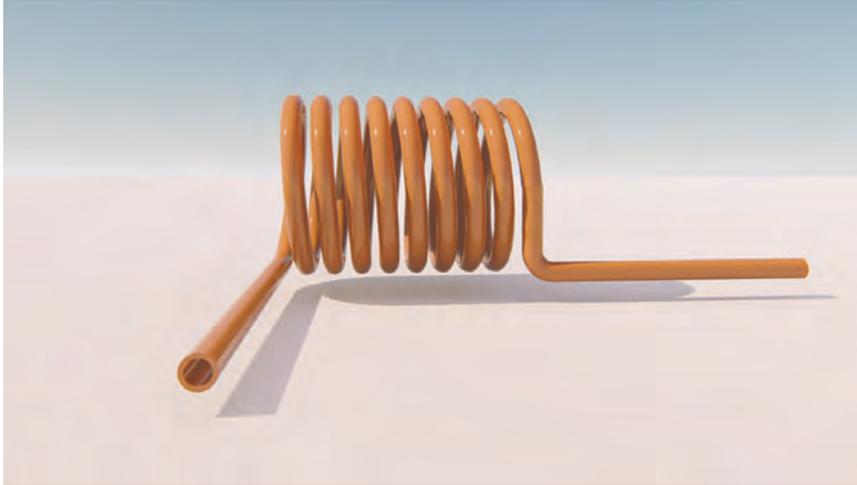


Cómo detectar fallas en el motor de la bomba

Bombas trifásicas

Debemos revisar la cantidad de cables: si tiene 6 o 7 cables, podremos identificar sus bobinas, midiendo continuidad entre ellas; habrá 3 pares continuos y el séptimo tendrá continuidad con la masa del motor.

Una bobina es un conductor aislado que se enrolla en forma de hélice y posee una entrada y una salida.



Si no se logra encontrar estos 3 pares continuos, o más de un cable tiene continuidad con la masa de equipo, el motor está dañado.

Si hemos encontrado nuestros 3 pares continuos procederemos a medir la resistencia de cada uno; la resistencia de los tres debe ser similar, mientras más desiguales más será el daño de motor.

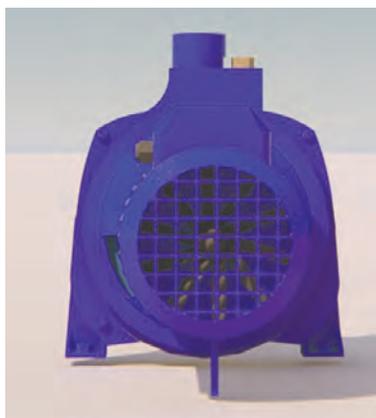
Por otro lado, si la bomba trifásica viene solo con 3 o 4 cables es seguro que tiene una conexión extra como triángulo o estrella **y dejaremos en ese caso su evaluación por personal calificado.**

Bombas monofásicas.

Las bombas monofásicas a diferencia de las anteriores solo poseen 2 bobinas, por lo que encontraremos 4 o 5 cables para conexión; un par es de la bobina de trabajo, el otro par es de la bobina auxiliar o de partida, y el quinto, de haberlo, será de tierra de protección; además, la conexión de un motor monofásico debe ir acompañada de un capacitor o condensador que desfase a la bobina auxiliar, 90 grados respecto de la de trabajo, para que se produzca el giro.

Lo siguiente nos servirá para determinar el estado de las bobinas y también la conexión. Al medir encontraremos 3 valores diferentes entre conductores, si los anotamos en una hoja veremos que tenemos un valor menor, un valor mayor y un valor que es aproximadamente el valor de la suma de los dos anteriores, es en ese último par de cables donde va ubicado nuestro condensador.

Bomba monofásica



Ejemplo.

Con un Cordón de 3 colores: azul, café, blanco
Entre azul y café tengo 1.7 hom (bobina de trabajo)
Entre café y blanco tengo 2.5 hom (bobina auxiliar)
Entre blanco y azul 4.5 hom (ubicación de mi capacitor)

