

## **ANEXOS**

## **ANEXO 1**

**Detalles de implementación de la bomba  
GRUNDFOS DMX**

## **ETAPAS PARA LA INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA BOMBA GRUNDFOS DMX**

### **1. Inspección Previa**

- Verificar que todos los componentes y accesorios de la bomba estén presentes y en buen estado.
- Revisar las condiciones del lugar de instalación para asegurar que cumplen con los requisitos del fabricante (temperatura ambiente, nivel de humedad, y protección IP 65).

### **2. Requisitos de Instalación**

- **Temperatura:** El rango debe estar entre -10 °C y +45 °C para el transporte y almacenamiento, y entre 0 °C y +40 °C durante la operación.
- **Presión del Sistema:** Asegurarse de que la diferencia de presión entre entrada y salida ( $p_2 - p_1$ ) sea de al menos 100.000 Pa, y que no exceda la presión máxima especificada para el modelo de la bomba.
- **Montaje Correcto:** Instalar la bomba sobre una base firme y nivelada, con un espacio libre mínimo de 90 mm alrededor.

### **3. Conexiones Hidráulicas**

- Verificar el diámetro nominal (DN) de las conexiones de entrada y salida según el modelo específico de la bomba.
- Instalar válvulas de corte y una válvula antirretorno en las tuberías de entrada y salida para facilitar el mantenimiento.
- Asegurarse de que las tuberías estén correctamente alineadas para evitar tensiones en las conexiones de la bomba

### **4. Conexiones Eléctricas**

- Conectar la bomba a una fuente de alimentación adecuada según las especificaciones (por ejemplo, 1AC 230 V, 50 Hz o 3AC 230/400 V, 50 Hz).
- Instalar un interruptor de protección contra sobrecarga en el circuito eléctrico.

- Asegurarse de que la conexión a tierra sea correcta para evitar riesgos eléctricos.

## **5. Llenado y Purga del Sistema**

- Antes de poner en marcha la bomba, llenar las tuberías con el líquido a bombar para evitar la operación en seco.
- Purgar el aire de la bomba y las tuberías mediante las válvulas de escape de aire, si están disponibles.

## **6. Puesta en Marcha**

- Colocar el interruptor en la posición "ON" y ajusta el caudal inicial según las necesidades del sistema.
- Monitorear la bomba durante las primeras horas de operación para asegurarte de que funcione correctamente y sin fugas.

## **7. Mantenimiento Preventivo**

- Realizar inspecciones diarias para verificar el funcionamiento y la ausencia de anomalías.
- Llevar a cabo un mantenimiento mensual y cada 4,000 horas o 12 meses, según las especificaciones, para garantizar la eficiencia y prolongar la vida útil del equipo.

# **PLAN DE CAPACITACIÓN PARA OPERADORES DE LA BOMBA GRUNDFOS DMX**

## **Objetivo General:**

Capacitar a los operadores para que comprendan el funcionamiento, las mejores prácticas de operación, y los procedimientos de mantenimiento necesarios para el uso eficiente y seguro de la bomba Grundfos DMX.

## **Duración Total:**

16 horas (divididas en 2 días)

## **Día 1: Introducción, Instalación y Operación**

## **1. Introducción a la Bomba Grundfos DMX (2 horas)**

- **Temas:**
  - Características generales del modelo DMX (especificaciones técnicas del documento).
  - Principios de funcionamiento (concepto de dosificación y caudal).
  - Importancia del uso correcto para la prolongación de la vida útil del equipo.
- **Metodología:**
  - Presentación multimedia.
  - Muestra física de la bomba y sus componentes clave.

## **2. Procedimientos de Instalación (3 horas)**

- **Temas:**
  - Revisión previa y preparación del lugar de instalación.
  - Conexiones hidráulicas y eléctricas:
    - Diámetro nominal de las tuberías (DN8, DN20, etc.).
    - Presión mínima y máxima recomendada ( $p_2 - p_1 \geq 1$  bar;  $p_2 < p_{\text{máx.}}$ ).
  - Correcto montaje y alineación de la bomba.
- **Práctica:**
  - Simulación de instalación paso a paso con una bomba DMX y tuberías de demostración.

## **3. Puesta en Marcha y Operación (3 horas)**

- **Temas:**
  - Procedimiento inicial: llenado, purga y pruebas de funcionamiento.
  - Ajuste de caudal y presión según necesidades del sistema.
  - Identificación de indicadores operativos y alarmas.
- **Práctica:**

- Encendido y apagado de la bomba.
- Ajustes básicos de operación.

## Día 2: Mantenimiento y Solución de Problemas

### 4. Mantenimiento Preventivo y Correctivo (4 horas)

- **Temas:**

- Inspecciones diarias (revisión de fugas, niveles de ruido y vibraciones).
- Frecuencia de mantenimiento:
  - Cada 2,000 a 4,000 horas o 6-12 meses según condiciones de operación.
  - Lubricación y limpieza de componentes.
- Cambios de partes críticas (sellos, válvulas).

- **Práctica:**

- Revisión de un check-list de mantenimiento preventivo.
- Simulación del desmontaje y limpieza de componentes básicos.

### 5. Diagnóstico y Resolución de Problemas (4 horas)

- **Temas:**

- Análisis de fallas comunes (falta de presión, caudal insuficiente, ruidos anormales).
- Uso del manual de operación como herramienta de referencia.
- Procedimientos seguros para resolver problemas.

- **Práctica:**

- Ejercicio de diagnóstico: simulación de un problema en una bomba y pasos para solucionarlo.

#### Materiales de Apoyo:

- Manual de operación y mantenimiento de la bomba Grundfos DMX.
- Diagramas de instalación y listas de verificación.
- Presentaciones impresas y digitales con esquemas explicativos.

- Equipos de práctica (bomba demostrativa, herramientas y accesorios).

#### **Evaluación Final:**

- **Teórica:** Cuestionario de opción múltiple sobre conceptos clave (30 minutos).
- **Práctica:** Ejercicio de instalación y puesta en marcha supervisado (30 minutos).

#### **Certificación:**

Al finalizar, los operadores recibirán un certificado de participación en el curso de capacitación de la bomba Grundfos DMX.

### **PROCEDIMIENTOS PARA PRUEBAS INICIALES Y CALIBRACIÓN**

#### **1. Pruebas Iniciales del Sistema**

Estas pruebas aseguran que el sistema esté instalado y funcione correctamente antes de la operación continua.

##### **1.1. Inspección Visual**

- Verificar la instalación completa:
  - Confirmar que todas las conexiones hidráulicas y eléctricas están bien ajustadas y selladas.
  - Asegurarse de que no haya tuberías con tensión mecánica.
- Inspeccionar los componentes de la bomba (válvulas, juntas, sellos) para identificar posibles daños o defectos.

##### **1.2. Verificación de las Conexiones Eléctricas**

- Confirmar que el voltaje y la frecuencia de la red eléctrica coincidan con las especificaciones del motor de la bomba.
- Verificar que la conexión a tierra sea adecuada para evitar riesgos eléctricos.
- Asegurarse de que los dispositivos de protección (fusibles, interruptores de sobrecarga) estén correctamente instalados y configurados.

##### **1.3. Pruebas de Presión y Estanqueidad**

- Llenar el sistema con el fluido de trabajo (agua u otro líquido compatible).

- Purgar el aire acumulado en la bomba y las tuberías mediante las válvulas de escape de aire.
- Realizar una prueba de estanqueidad a baja presión para verificar que no existan fugas en las conexiones.

#### **1.4. Prueba de Arranque Inicial**

- Encender la bomba en vacío (sin carga operativa) para verificar que no haya ruidos anormales o vibraciones.
- Gradualmente aumentar la carga operativa monitoreando:
  - Presión de succión y descarga.
  - Caudal entregado.
  - Consumo eléctrico.

### **2. Calibración del Sistema**

La calibración asegura que la bomba dosifique el caudal correcto y opere dentro de los parámetros óptimos del sistema.

#### **2.1. Establecimiento del Punto de Operación**

- Determinar el caudal y presión requeridos por el sistema donde se instalará la bomba.
- Ajustar la bomba usando el controlador o las perillas de ajuste (según el modelo).

#### **2.2. Medición del Caudal Real**

- Instalar un caudalímetro en la salida de la bomba para medir el caudal real.
- Operar la bomba en el punto de consigna establecido y registra los valores de caudal.
- Si el caudal difiere del requerido:
  - Ajustar el recorrido del émbolo o la velocidad del motor (según el modelo de la bomba DMX).

#### **2.3. Verificación de la Presión**

- Utilizar un manómetro para medir la presión de entrada (succión) y salida (descarga).
- Asegurarse de que la diferencia de presión ( $p_2 - p_1$ ) sea de al menos 1 bar, como recomienda el fabricante.
- Ajustar las válvulas de control para garantizar que no se exceda la presión máxima especificada.

#### **2.4. Ensayo de Dosificación**

- Si la bomba está configurada para dosificación química, realiza un ensayo de dosificación:
  - Medir el volumen de producto dosificado en un intervalo de tiempo específico (por ejemplo, 1 minuto).
  - Calcular el caudal real y compáralo con el caudal requerido.
  - Ajustar la bomba hasta que se alcance el caudal deseado con una precisión aceptable (generalmente  $\pm 5\%$ ).

#### **3. Registro de Parámetros Iniciales**

Después de completar las pruebas y la calibración, documenta los siguientes datos:

- Caudal inicial ajustado.
- Presión de succión y descarga.
- Ajustes realizados en el controlador o mecanismo de la bomba.
- Cualquier observación relevante durante la puesta en marcha.

#### **Recomendación Final**

Estos procedimientos no solo deben realizarse al inicio, sino también cada vez que se realicen ajustes significativos en el sistema (por ejemplo, cambios en las condiciones de operación o sustitución de componentes). Además, asegúrate de capacitar a los operadores en cómo repetir estos procedimientos para que puedan verificar regularmente el rendimiento de la bomba

## **ANEXO 2**

**Detalles para el mantenimiento y seguridad de  
la bomba GRUNDFOS DMX**

# **PLAN DE MANTENIMIENTO REGULAR PARA BOMBAS GRUNDFOS DMX**

## **Objetivo General**

Asegurar que las bombas Grundfos DMX operen de manera eficiente, segura y dentro de los parámetros de diseño, minimizando los tiempos de inactividad y costos asociados a reparaciones imprevistas.

### **1. Mantenimiento Diario**

Frecuencia: **Antes de cada turno de operación**

- **Inspección Visual:**
  - Verificar que no haya fugas visibles de líquido en las conexiones o en el cuerpo de la bomba.
  - Asegurarse de que no haya acumulación de residuos o suciedad en los componentes.
- **Revisión de Indicadores:**
  - Observar los indicadores de presión en succión y descarga para confirmar que están dentro de los valores normales.
  - Verificar la lectura del caudal, si está disponible.
- **Ruidos y Vibraciones:**
  - Escuchar posibles ruidos anormales y revisa que no haya vibraciones excesivas.

### **2. Mantenimiento Mensual**

Frecuencia: **Cada mes o 200 horas de operación**

- **Revisión General:**
  - Limpiar los componentes externos de la bomba para eliminar suciedad y residuos acumulados.
  - Inspeccionar visualmente las válvulas, juntas y sellos en busca de desgaste o grietas.

- **Conexiones Hidráulicas:**
  - Revisar que las conexiones de entrada y salida estén firmes y no presenten fugas.
- **Pruebas de Operación:**
  - Realizar una prueba de funcionamiento para confirmar que la bomba esté entregando el caudal y presión deseados.

### **3. Mantenimiento Semestral**

Frecuencia: **Cada 6 meses o 2000 horas de operación**

- **Inspección Interna:**
  - Desmontar y revisar las válvulas de succión y descarga, reemplázalas si muestran signos de desgaste.
- **Lubricación:**
  - Lubricar los componentes móviles según las especificaciones del fabricante (si aplica para el modelo específico).
- **Calibración del Sistema:**
  - Verificar el caudal y presión mediante pruebas de dosificación y ajustar la configuración si es necesario.
- **Limpieza de Componentes:**
  - Limpiar las cámaras internas de la bomba para eliminar depósitos de sólidos o químicos cristalizados, si corresponde.

### **4. Mantenimiento Anual**

Frecuencia: **Cada 12 meses o 4000 horas de operación**

- **Revisión Completa:**
  - Realizar una inspección exhaustiva de todas las partes internas:
    - Revisar y reemplazar, si es necesario, los sellos, juntas y empaques.

- Inspeccionar el diafragma (si la bomba es de membrana) y sustituirlo si presenta deformaciones o grietas.
- **Cambio de Partes Críticas:**
  - Sustituir piezas sujetas a desgaste (válvulas, retenes, empaques), incluso si no muestran fallas aparentes, para garantizar el rendimiento continuo.
- **Verificación Eléctrica:**
  - Inspeccionar las conexiones eléctricas en busca de signos de corrosión, aflojamiento o daños.
  - Probar los dispositivos de protección eléctrica (interruptores, fusibles, relés).

## 5. Mantenimiento a Largo Plazo

Frecuencia: **Cada 20000 horas o 5 años**

- **Revisión Integral:**
  - Enviar la bomba a un centro de servicio autorizado Grundfos para una revisión completa, incluyendo el cambio de grasa o lubricantes internos especializados.
- **Sustitución Preventiva:**
  - Reemplazar componentes clave como el motor, cojinetes, ejes y otros elementos que estén cerca del final de su vida útil.

## Recomendaciones Adicionales

1. **Registro de Mantenimiento:**
  - Llevar un registro detallado de cada inspección, limpieza y reparación, anotando la fecha, los parámetros revisados y las acciones realizadas.
2. **Repuestos Críticos:**
  - Mantener un inventario de piezas de repuesto críticas, como válvulas, empaques y sellos, para garantizar reparaciones rápidas en caso de fallos.
3. **Capacitación del Personal:**

- Asegurarse de que el personal encargado del mantenimiento esté capacitado en los procedimientos específicos para el modelo DMX y en el uso de herramientas apropiadas.

#### **4. Compatibilidad del Fluido:**

- Verificar periódicamente la compatibilidad del fluido bombeado con los materiales de la bomba para evitar corrosión o daños prematuros.

#### **Resumen de Frecuencias**

Frecuencia	Actividad
Diario	Inspección visual, ruidos, vibraciones y revisión de indicadores
Mensual	Limpieza general y revisión de conexiones hidráulicas.
Semestral (6 meses)	Lubricación, calibración y limpieza interna de componentes.
Anual (12 meses)	Inspección exhaustiva, cambio de sellos y calibración completa
Largo plazo (5 años)	Revisión integral y cambio de componentes mayores

### **MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA EL MANEJO DE SOLUCIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO EN EL PROCESO DE COAGULACIÓN**

#### **1. Equipo de Protección Personal (EPP) Obligatorio**

El EPP debe garantizar la protección del personal durante la manipulación y dosificación del sulfato de aluminio:

- **Protección corporal y ocular:**
  - Gafas de seguridad resistentes a salpicaduras químicas.
  - Guantes de nitrilo o PVC para proteger las manos.
  - Ropa impermeable o delantal de PVC para prevenir el contacto con la solución.
- **Protección respiratoria:**

- No es obligatoria en condiciones normales bien ventiladas, pero si se producen vapores o aerosoles (por ejemplo, durante la preparación o manipulación de grandes volúmenes), utiliza una mascarilla con filtro adecuado.

## **2. Capacitación y Concienciación del Personal**

Dado que la dosificación impacta directamente en la calidad del agua potable, el personal debe ser consciente de:

- **Los objetivos del proceso de coagulación:**
  - Remover turbidez, sólidos suspendidos y materia orgánica que pueden generar problemas en el tratamiento.
- **La función del sulfato de aluminio en el proceso:**
  - Actúa como coagulante primario, ayudando a formar flóculos que facilitan la sedimentación de partículas.
- **El impacto de la sobredosificación o subdosificación:**
  - Sobredosificación: Puede alterar el pH del agua y afectar el sabor, además de ser un desperdicio innecesario.
  - Subdosificación: Puede resultar en un tratamiento ineficiente y mayor turbidez en el agua tratada.

## **3. Manejo Seguro de la Solución de Sulfato de Aluminio**

- **Preparación de la solución de dosificación:**
  - Realiza las diluciones según las especificaciones del proceso, asegurándote de que los operadores comprendan la relación agua/químico requerida.
  - Utiliza mezcladores adecuados y recipientes de almacenamiento resistentes a la corrosión.
- **Dosificación en el sistema:**
  - Usa bombas dosificadoras compatibles, como la Grundfos DMX, para garantizar una entrega precisa y constante.

- Monitorea continuamente la tasa de dosificación, ajustándola según los parámetros del agua cruda (turbidez, pH, etc.).
- **Compatibilidad de materiales:**
  - Asegúrate de que las tuberías, válvulas y bombas estén fabricadas con materiales resistentes a soluciones químicas ácidas.

#### **4. Seguridad en la Operación del Sistema**

- **Monitoreo del proceso:**
  - Implementa controles periódicos del pH del agua tratada, ya que el sulfato de aluminio tiende a reducir el pH. De ser necesario, ajusta con alcalinizantes (por ejemplo, cal hidratada).
  - Revisa la formación de flóculos en el sedimentador o en el tanque de coagulación para garantizar que el coagulante esté actuando correctamente.
- **Prevención de problemas operativos:**
  - **Evita la operación en seco:** Asegúrate de que las líneas estén purgadas antes de operar las bombas.
  - **Limpieza del sistema:** Enjuaga las líneas de dosificación al menos semanalmente para evitar acumulación de residuos o cristalización.
- **Control de derrames:**
  - Instalar bandejas de contención debajo de los equipos de dosificación para recoger posibles derrames.

#### **5. Mantenimiento del Sistema de Dosificación**

- **Revisión regular:**
  - Inspecciona las bombas dosificadoras, válvulas y conexiones en busca de signos de desgaste o corrosión.
- **Enjuague periódico:**
  - Limpia el sistema de dosificación con agua limpia al menos una vez al mes para evitar bloqueos en las tuberías.

## **6. Medidas de Emergencia**

- **En caso de contacto accidental con la solución:**
  - **Piel:** Lava con agua abundante durante al menos 15 minutos. Usa una crema hidratante para evitar irritaciones prolongadas.
  - **Ojos:** Enjuaga inmediatamente en una estación lavaojos durante 15 minutos. Consulta al médico si persisten molestias.
  - **Inhalación (raro):** Llévate a un área ventilada y busca atención médica si hay irritación.
  - **Derrames:**
    - Contén el derrame con material absorbente.
    - Neutraliza con bicarbonato de sodio si es necesario y limpia con agua.

## **7. Impacto en la Calidad del Agua**

- **Monitoreo continuo:**
  - Realiza análisis regulares del agua tratada para garantizar que la dosificación de sulfato de aluminio esté cumpliendo su objetivo sin exceder límites residuales.
- **Control de pH:**
  - Asegúrate de mantener el pH del agua en el rango óptimo para la coagulación (generalmente entre 6,5 y 7,5).
- **Verificación de resultados:**
  - Evalúa parámetros como turbidez residual, sólidos sedimentables y cloro residual en etapas posteriores.

## **8. Señalización y Documentación**

- **Etiquetado de equipos y áreas:**
  - Coloca letreros de "Riesgo Químico" en las áreas de dosificación y almacenamiento.

- Etiqueta correctamente los tanques y líneas de dosificación.
- **Protocolos escritos:**
  - Mantén procedimientos operativos estándar (POE) claros para la preparación, dosificación y limpieza del sistema.
  - Documenta cualquier ajuste en las tasas de dosificación o incidentes relacionados con la solución.

### **Consideraciones Finales**

El manejo de solución de sulfato de aluminio en plantas de agua potable requiere estrictas medidas de seguridad no solo para proteger al personal, sino también para garantizar la calidad del agua tratada. Además de las medidas mencionadas, es crucial contar con un sistema de monitoreo automatizado (si es posible) para asegurar la dosificación precisa y constante

## **ANEXO 3**

**Registro fotográfico**



Toma de muestras en la PTAP



Revisión de carga sobre el vertedero



Etiquetado y conservación de muestras



Infiltraciones y macroinvertebrados encontrados en la planta



Ingreso a los floculadores



Dosificador manual con y sin limpieza



Mediciones en el vertedero



Comparación del canal de floculación en funcionamiento y limpieza



Graduación del tubo de ensayo de gas – cloro.



Vigueta dañada en filtros



Medición de unidades en toma de las Tipas