



Planta de Tratamiento de Aguas de Construcción de Túnel

Descripción de Funcionamiento

(19.10.2018)

Züblin Umwelttechnik GmbH
Otto-Dürr-Straße 13
70435 Stuttgart
Tel: +49 (0711) 8202-0
Fax: +49 (0711) 8202-154
www.zueblin-umwelttechnik.com

Contenidos

1	Introducción	3
2	Descripción de Funcionamiento.	3
2.1	Entrada de agua a la planta de tratamiento.	3
2.2	Tratamiento preliminar (opcional)	4
2.3	Ajuste de pH	6
2.4	Coagulación.....	7
2.5	Floculación.....	8
2.6	Sedimentación y descarga de lodo	10
2.7	Enjuagado.....	13

1 Introducción

Este documento, suplementario al documento de Manual de Instrucciones, también está dirigido al personal operador de esta planta. Incluye una descripción funcional de los principales equipos y dispositivos eléctricos, así como también su interacción funcional.

2 Descripción de Funcionamiento.

2.1 Entrada de agua a la planta de tratamiento.

Hay dos entradas de agua en la planta de tratamiento (Figura 1). Durante la operación normal de la planta, dos flujos de aguas sin tratar se unen en la tubería principal de entrada, la cual está conectada al estanque de compartimientos múltiples para neutralización, coagulación y floculación. Opcionalmente, la tubería principal de entrada también puede estar conectada a una máquina separada (S10.01) para tratamiento preliminar. En la tubería de entrada, se mide continuamente la tasa de caudal, así como también el caudal acumulado de agua sin tratar (FE10.01).

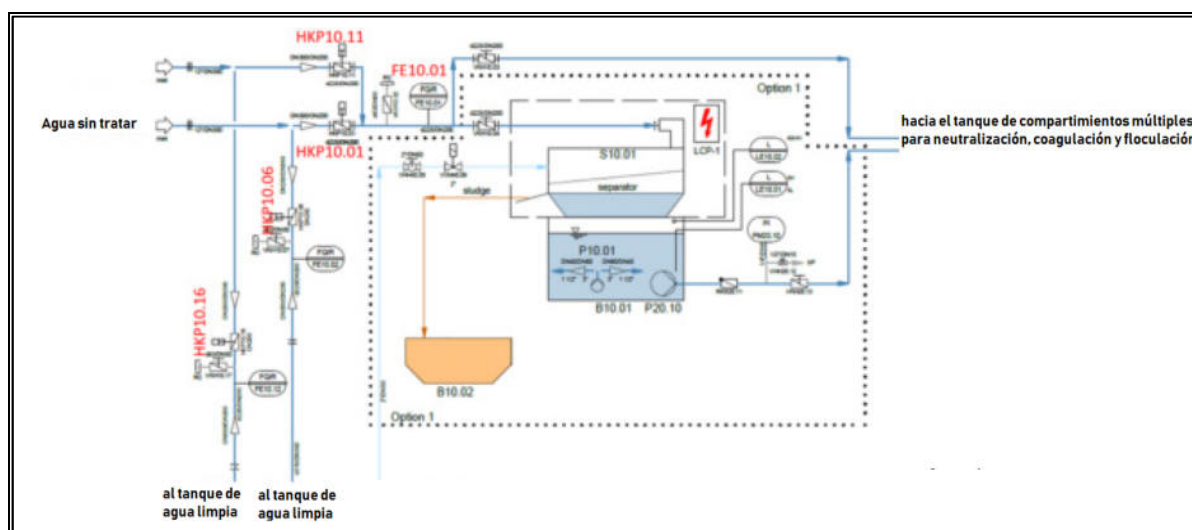


Figura 1. Área de entrada del agua en la planta de tratamiento de agua residual

El control de las válvulas neumáticas en las entradas y desviaciones se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1 Descripción funcional de la válvula reguladora (HKE10.03)

Válvulas	Abierta	Cerrada	Control
HKP10.01, HKP10.11	Normalmente abierta	Desperfecto en la planta: LE10.02=ASHH Ó LE20.01=ASH Ó LE31.02=ASH Ó LE32.02=ASH Ó LE40.02=ASHH Ó LE50.12=ASHHH	Si no se recibe retroalimentación de una posición final en algún momento, aparecerá un mensaje de error.
HKP10.06, HKP10.16	Normalmente cerrada	Desperfecto en la planta: LE10.02=ASHH Ó LE20.01=ASH Ó LE31.02=ASH Ó LE32.02=ASH Ó LE40.02=ASHH Ó LE50.12=ASHHH	Si no se recibe retroalimentación de una posición final en algún momento, aparecerá un mensaje de error.

2.2 Tratamiento preliminar (opcional)

Una máquina separadora (S10.01) es adoptada como tratamiento preliminar para remover partículas más grandes que 20 µm del agua sin tratar (Figura 2). La máquina separadora tiene un panel de control local (LCP-1). La descripción funcional de la máquina separadora puede hallarse en su propio documento técnico (Apéndice C).

El efluente de la máquina separadora es almacenado en un estanque (B10.01) donde es llevada al estanque de compartimientos múltiples con una bomba sumergible (P20.10). La operación de la bomba la controla el nivel de líquido en el estanque, el cual es constantemente monitoreado (LE10.01). Adicionalmente, el estanque de efluente tiene protección contra sobrellenado (LE10.02). Cuando el nivel de líquido se alza al nivel máximo predefinido, las válvulas (HKP10.01 y HKP10.11) en la tubería de entrada se cierran, y las válvulas (HKP10.06 y HKP10.16) en la desviación se abren para que la planta pueda protegerse de un sobrellenado. Más aún, hay una bomba agitadora (P10.01) en el estanque de

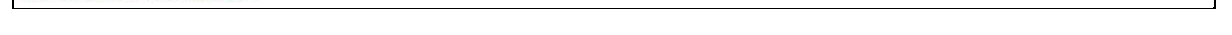


Tabla 3. Descripción funcional de la válvula de solenoide (VVM 40.06)

	Abierta	Cerrada
VVM 40.06	S10.01 ON (ENCENDIDA)	S10.01 desperfecto

2.3 Ajuste de pH

Para neutralizar las aguas residuales alcalinas, se dosifica la solución de ácido sulfúrico en el compartimiento de neutralización (B20.01) con la bomba (P60.01), tal como lo ilustra la Figura 3. Constantemente se mide la calidad del agua a través del valor de pH, turbiedad y conductividad (AE20.01-AE20.03).

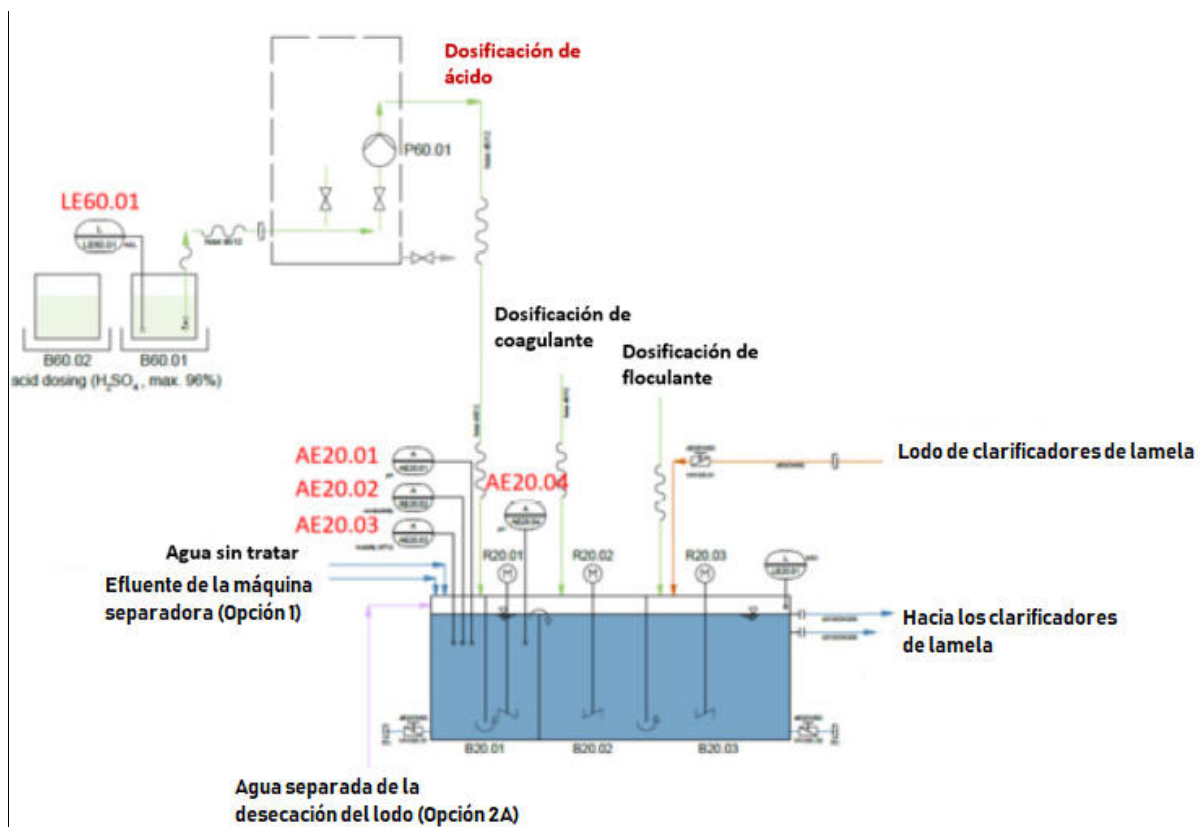


Figura 3. Estación dosificadora de ácido y compartimiento de neutralización

Se instala un agitador (R20.01) en el compartimiento de neutralización para que mezcle de forma continua, permitiendo que el ácido y base reaccionen completamente el uno con el otro para mantener el valor de pH en el nivel apropiado. Esto es realizado por la dosificación de ácido, la cual es controlada por el valor del pH. En esta planta hay tres lugares donde se mide constantemente el valor del pH: AE20.01 en la entrada del compartimiento de neutralización (Figura 3), AE20.04 en la salida del estanque de neutralización (Figura 3) y AE.40.01 en el estanque de agua limpia (Figura 8). Debido a que los electrodos de pH (AE20.01 y AE20.04) en el agua conteniendo muchas partículas pueden

tender a estar sucios fácilmente, eso hará más lento su tiempo de respuesta. Aunque el sensor AE40.01 se instala en el estanque de agua limpia para medir el valor de pH del efluente, existe la posibilidad de un retardo en la respuesta debido a muchas instalaciones de tratamiento intermedio. Además de una limpieza periódica y calibración de los electrodos de pH, la dosificación de ácido basada en un amplio margen que involucra a las válvulas de pH medidas en una ubicación diferente en vez de una sola puede consecuentemente minimizar el riesgo de una dosificación excesiva o insuficiente.

La bomba dosificadora retira la solución ácida por medio de una lanza de aspiración. La lanza de aspiración tiene un interruptor de nivel adicional (LE60.01) para proteger a la bomba dosificadora de que funcione en seco. Una vez que el nivel de solución en el recipiente intermedio a granel (intermediate bulk container (B60.01 o B60.02) se hunda al nivel mínimo, la bomba se apaga y se da un mensaje de advertencia para recordar a los operadores de intercambiar el estanque de dosificación. La descripción funcional de la bomba dosificadora se resume en la Tabla 4.

Tabla 4. Descripción funcional de la bomba dosificadora de ácido (P60.01)

Bomba dosificadora de ácido (P60.01)	
Activación	LE60.01>ASL
Control	Cantidad específica de dosificación se relaciona a un conjunto de valores de pH y tasa de caudal: f(AE10.01, AE20.01, AE50.01, FE10.01)

2.4 Coagulación

El agua residual neutralizada luego fluye hacia el compartimiento de coagulación (B20.02), donde se dosifica Cloruro de Poli aluminio (PAC) y se mezcla continuamente (R20.02) con agua sin tratar (Figura 4). La coagulación tiene por objeto desestabilizar las partículas que son responsables de la turbiedad del agua sin tratar al neutralizar la carga de las partículas.

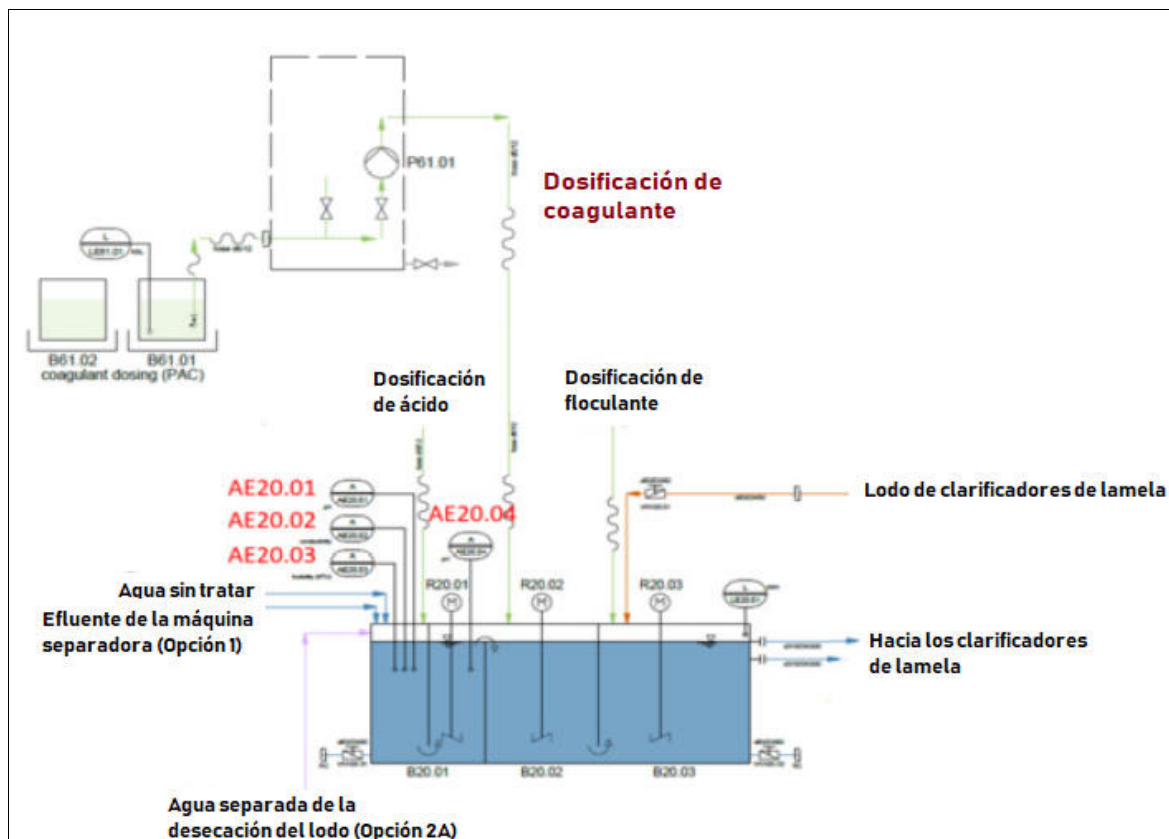


Figura 4. Estación dosificadora de coagulante y compartimiento de coagulación

La turbiedad del agua determina la cantidad de coagulante a ser dosificado. Mientras más turbia esté el agua, más coagulante se requiere. La turbiedad del agua se evalúa con el parámetro “turbiedad”, el cual se mide (AE20.03) en el estanque de neutralización. El pulso de dosificación de la bomba dosificadora de coagulante (P61.01) es controlado proporcionalmente con la tasa de caudal (FE10.01). Asimismo, la bomba dosificadora extrae la Solución por medio de una lanza de aspiración, donde se integra un interruptor de nivel (LE61.01) para el monitoreo del nivel líquido mínimo. Si la Solución en el estanque de dosificación de coagulante (B61.01 o B61.02) alcanza el nivel mínimo, la bomba se apaga de inmediato y se da un mensaje de advertencia. La descripción funcional de la bomba dosificadora de coagulante se resume en la Tabla 5.

Tabla 5. Descripción funcional de la bomba dosificadora de coagulante (P61.01)

Bomba dosificadora de coagulante (P61.01)	
Activación	LE61.01>ASLL
Control	Cantidad específica de dosificación es proporcional a la tasa de caudal (FE10.01)

2.5 Floculación

Tras el proceso de coagulación, se bombea agua hacia el compartimiento de floculación (B20.03). Ahí, la solución de polímero es dosificada como floculante, para reunir las partículas desestabilizadas y hacer que se aglomeren (Figura 5). De forma similar, la demanda de floculante depende de la cantidad

del agua residual a ser tratada. Es decir, la tasa de dosis se controla en proporción a la tasa de flujo del afluente (FE10.01).

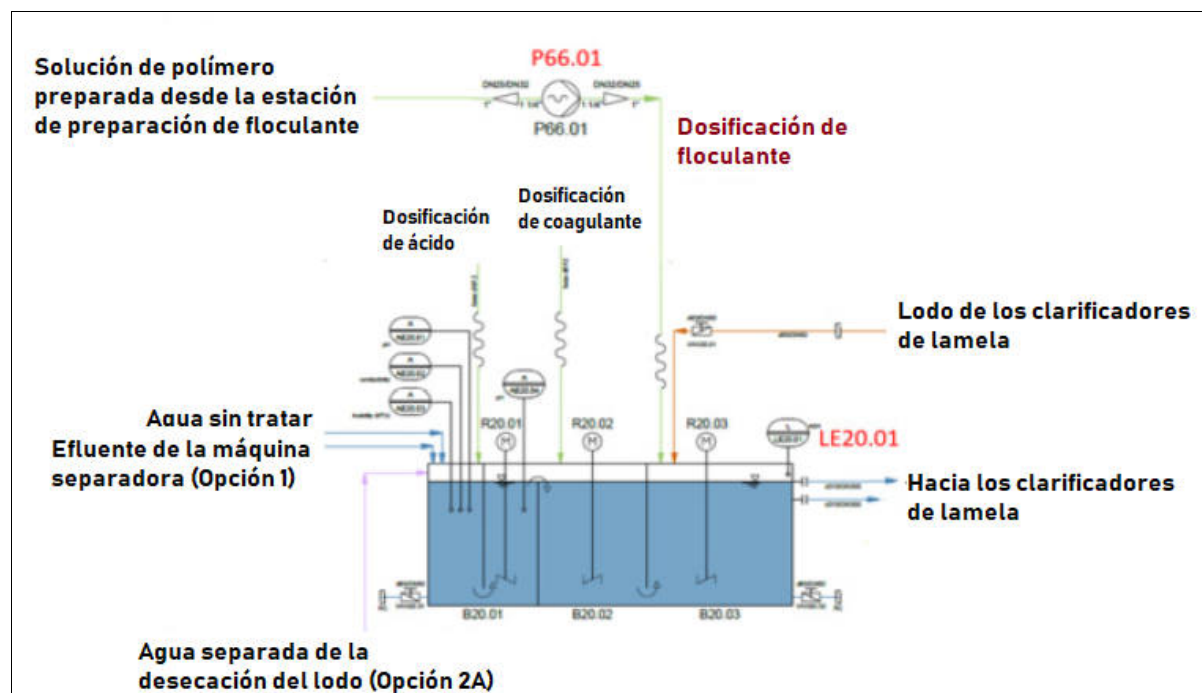


Figura 5. Estación dosificadora de floculante y estanque de floculación

La solución de polímero se prepara en la estación de preparación de floculante. Esta estación de preparación de floculante y sistema intensificador de presión que alimenta agua fresca de calidad potable a la estación de preparación tienen sus propios paneles de control locales (LCP4 y LCP3, respectivamente) para automatización. Si ocurre cualquier desperfecto en LCP4, la bomba de dosificación de floculante (P66.01) se apaga de inmediato. La descripción funcional de la bomba de dosificación de floculante (P66.01) está resumida en la Tabla 6.

Tabla 6. Descripción funcional de la bomba dosificadora de coagulante (P61.01)

Bomba dosificadora de coagulante (P61.01)	
Activación	PLC recibe la señal "Listo para retirar" (" <i>Ready for removal</i> ") del LCP 4
Control	Cantidad de dosificación es proporcional a la tasa de caudal (FE10.01) Como factor, la cantidad de dosificación específica (ml/m ³) puede configurarse en el PLC

Más aún, un sensor de nivel sirve como protección de sobrellenado para el estanque. Cuando el nivel de líquido se alza hasta el nivel máximo predefinido, las válvulas en la tubería de entrada (HKP10.01 y HKP10.11) están cerradas, y las válvulas de la desviación (HKP10.06 y HKP10.16) están abiertas para que la planta pueda protegerse contra sobrellenado (Tabla 1).

2.6 Sedimentación y descarga de lodo

Los flujos floculados fluyen en paralelo hacia dos clarificadores de lamela operados simultáneamente para sedimentación (Figura 6).

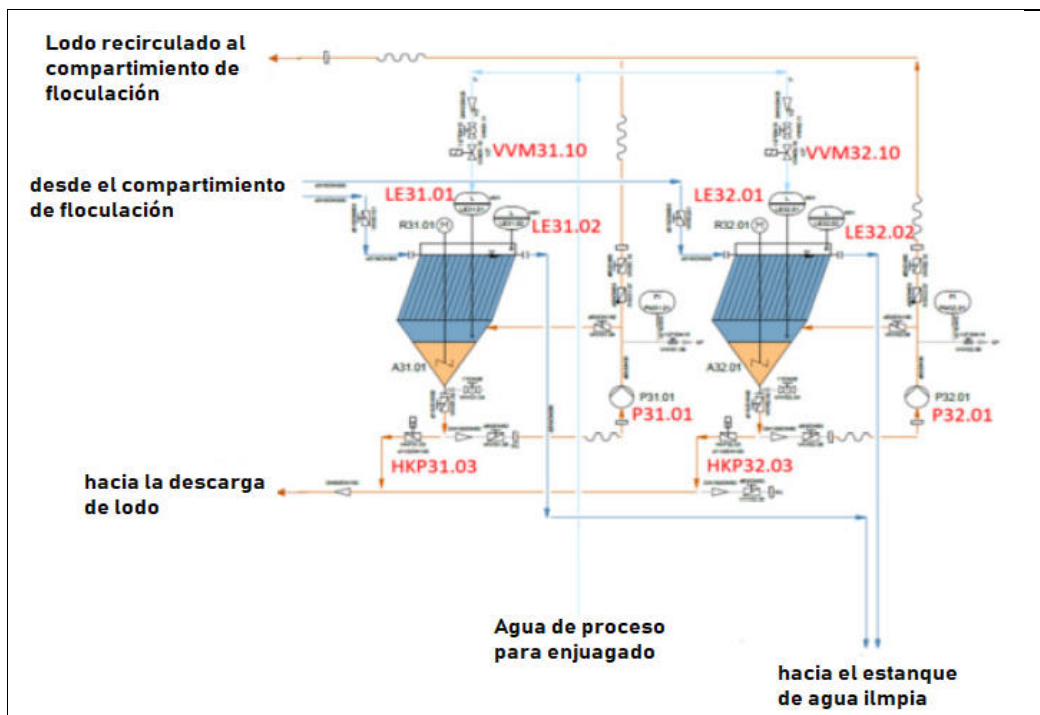


Figura 6. Clarificadores de lamela para sedimentación

Los sólidos precipitados se acumulan en el fondo de los clarificadores de lamela. El nivel de capa de lodo se monitorea constantemente con interruptores de nivel vibratorios para sólidos mayoritariamente granulares (LE31.01 y LE32.01). Además, los clarificadores de lamela también se equipan con protección anti sobrellenado (LE31.02 y LE32.02). Cuando el nivel de líquido se eleva al nivel máximo predefinido, las válvulas (HKP10.01 y HKP10.11) en la tubería de ingreso se cierran en el desvío para que la planta se proteja de una sobrecarga (Tabla 1).

En esta planta hay dos opciones para el tratamiento y descarga de lodo, tal como se ve en la Figura 7:

- Opción 2A: se alimenta el lodo a una prensa filtro de cámara para desecado
- Opción 2B: se descarga el lodo directamente con una bomba

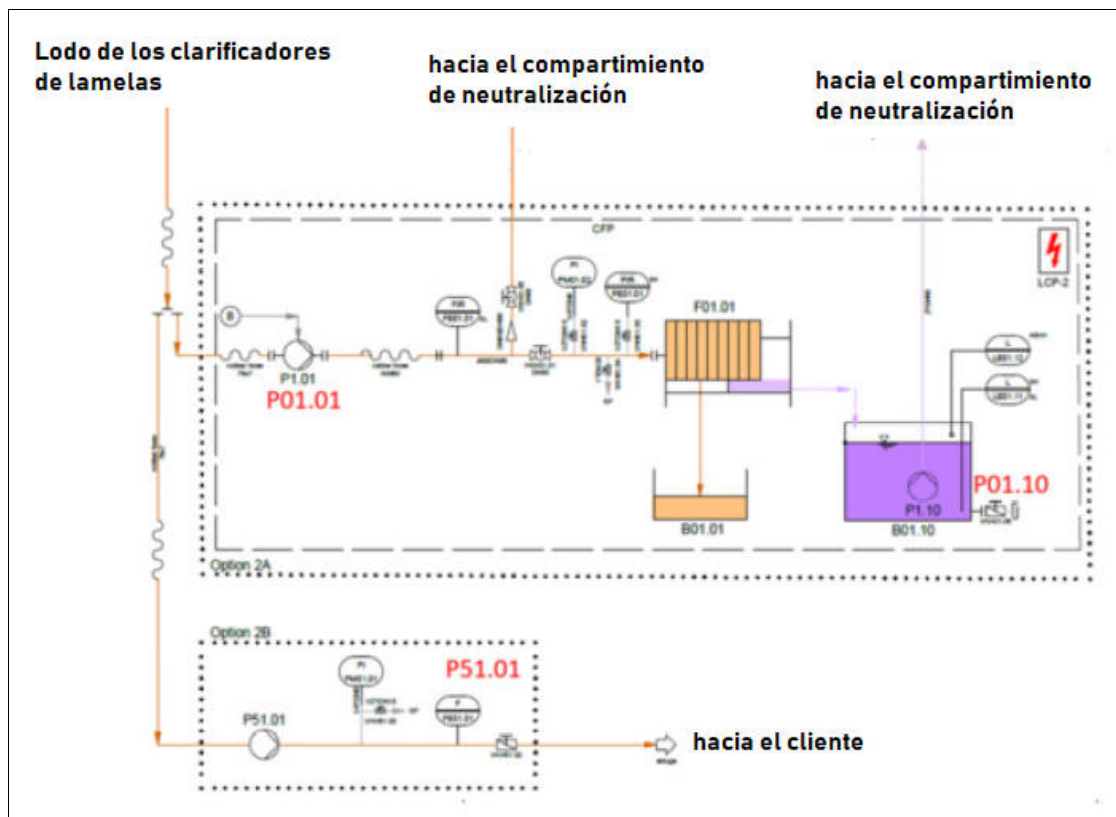


Figura 7. Tratamiento y descarga de lodos

2.6.1. Opción 2A: se alimenta el lodo a una prensa filtro de cámara para desecado

En la opción 2A, el lodo descargado se bombea en una prensa filtro de cámara (F01.01) para desecado. Debido a que la prensa filtro de cámara necesita ser iniciada manualmente, el proceso de descarga de lodo en esta opción es realizada de forma semiautomática. Cuando el interruptor de nivel (LE31.01 o LE.32.91) detecta que se ha alcanzado el nivel de lodo predeterminado, se mostrará un mensaje en la pantalla táctil de la cabina de control principal indicando que se requiere descargar lodo. Los operadores deben presionar el botón del PLC correspondiente al clarificador de lamela el cual necesita descargar el lodo. Luego, iniciar la prensa filtro de cámara tan pronto como sea posible. Con la prensa filtro de cámara funcionando, la presión hidráulica de cierre aumenta sobre la prensa filtro. Una vez que se alcanza la presión preestablecida (250 bar), la válvula (HKP31.03 o HKP32.02) en la tubería de drenaje de lodo correspondiente está abierta. Tan pronto como se recibe retroalimentación de la posición final de la válvula y el estanque de almacenamiento de filtrado no está sobrellenado (LE01.12<ASH), el PLC principal libera una señal activadora para iniciar la bomba de alimentación de lodo (P01.01) para desecar el lodo. Los detalles de la operación de desecado de lodo pueden verse en los manuales de operación y descripción funcional de la prensa filtro de cámara (Apéndice J). Cuando se completa el desecado de lodo, la presión hidráulica de cierre baja de inmediato, y la válvula (HKP31.03 o HKP32.03) en la tubería de drenaje de lodo correspondiente se cierra de nuevo. Luego, la válvula (VVM31.10/VVM32.10) en la tubería de entrada de enjuague del clarificador de lamela se abre para enjuagar la barra vibratoria del interruptor de nivel (LE31.01/LE32.01). La duración del proceso de enjuague depende de cuánto tiempo permanezcan abiertas las válvulas. lo cual también puede

establecerse en la cabina de control. El procedimiento de descarga de lodo y enjuague se resume en la Tabla 7.

Si se informa que ambos clarificadores de lamela necesitan descarga de lodos, los operadores pueden decidir cual clarificador de lamela inicia descarga de lodo primero presionando el botón correspondiente. Es imposible descargar lodo desde ambos clarificadores al mismo tiempo.

Tabla 7. Pasos principales de la descarga de lodo y enjuague en la opción 2A

Estado	Característica/Mensajes
A31.01 LE31.01=SH	Se da el mensaje de que “se requiere descarga de lodo” (“ <i>sludge discharge is required</i> ”) → Presionar el ícono SK1 en el HMI de la cabina de control principal → Iniciar manualmente la prensa filtro de cámara → La presión de cierre hidráulico aumenta a 250 bar → Se abre HKP31.03 → Si LE01.01<SL, P01.01 inicia para el desecado de lodo → Se termina el desecado de lodo → Baja la presión del cierre hidráulico → Se cierra HKP31.01 → Se abre VVM31.10 para un tiempo t2 (puede configurarse el t2) → Se cierra VVM31.10 → Si sigue LE31.01=SH, se da un mensaje de alarma
A32.01 LE32.01=SH	Se da el mensaje de que “se requiere descarga de lodo” (“ <i>sludge discharge is required</i> ”) → Presionar el ícono SK2 en el HMI de la cabina de control principal → Iniciar manualmente la prensa filtro de cámara → La presión de cierre hidráulico aumenta a 250 bar → Se abre HKP32.03 → Si LE01.01<SL, P01.01 inicia para el desecado de lodo → Se termina el desecado de lodo → Baja la presión del cierre hidráulico → Se cierra HKP32.03 → Se abre VVM32.10 para un tiempo t2 (puede configurarse el t2) → Se cierra VVM32.10 → Si sigue LE32.01=SH, se da un mensaje de alarma

2.6.2. Opción 2B: se descarga el lodo directamente con una bomba

De forma alternativa, el lodo puede ser extraído directamente con una bomba de descarga de lodo (P51.01). En la opción 2B, la válvula neumática (HKP31.03 o HKP32.02) se abre automáticamente y la bomba (P51.01) inicia su ejecución tan pronto se alcance el nivel de lodo establecido (LE31.01 o LE32.01). Tras un periodo de tiempo predefinido, la válvula se cierra nuevamente y la bomba se apaga automáticamente. Asimismo, el proceso de enjuague sigue inmediatamente al de la descarga. La válvula (VVM31.10/VVM32.10) en la tubería de entrada de enjuague del mismo clarificador de lamela se abre para enjuagar la barra vibratoria del interruptor de nivel en el clarificador de lamela. La duración del proceso de enjuague depende de cuánto tiempo permanezcan abiertas las válvulas. lo cual también puede establecerse en la cabina de control. El procedimiento de descarga de lodo y proceso de enjuague en Modo 2 se resume en la Tabla 8.

Tabla 8. Pasos principales de la descarga de lodo y enjuague en la opción 2B

Estado		Característica/Mensajes
A31.01	LE31.01=SH	→ Se abre HKP31.03
		→ P51.01 comienza su ejecución
		→ Se cierra HKP31.03 tras cierto tiempo t1 (t1 puede Configurarse)
		→ Se apaga P51.01
		→ Se abre VVM31.10 para un tiempo t2 (puede configurarse el t2)
A31.01	LE31.01=SH	→ Se cierra VVM31.10
		→ Si sigue LE31.01=SH, se da un mensaje de alarma
		→ Se abre HKP32.03
		→ P51.01 comienza su ejecución
		→ Se cierra HKP32.03 tras cierto tiempo t1 (t1 puede Configurarse)
A31.01	LE31.01=SH	→ Se apaga P51.01
		→ Se abre VVM32.10 para un tiempo t2 (puede configurarse el t2)
		→ Se cierra VVM32.10
		→ Si sigue LE32.01=SH, se da un mensaje de alarma

2.7 Enjuagado

Tras tratamiento en los clarificadores de lamela, el agua limpia fluye al estanque de agua limpia (B40.01) para su recolección (Figura 8). El agua limpia es parcialmente bombeada de vuelta a la máquina separadora y los clarificadores de lamela para fines de enjuague. Una bomba sumergible de agua (P40.01) se instala en el estanque de agua limpia como una bomba de agua de proceso. La presión en la red de enjuague es monitoreada constantemente (PE40.04), y es usada para el control de la bomba.

Con suficiente líquido en el estanque de agua limpia, la bomba está activada para funcionar cuando se detecta que la presión es menor que un valor configurado (P_{\min}). Con agua que continuamente está siendo bombeada hacia dentro, la presión en las tuberías aumenta hasta alcanzar la presión nominal ($PE40.04=P_{\text{nominal}}$). Mientras al menos una de las válvulas (VVM40.06/VVM31.10/VVM32.10) de las líneas de enjuague estén abiertas, la bomba sigue funcionando para mantener la presión nominal. Cuando el proceso de enjuague se completa, todas las válvulas permanecen cerradas. La bomba de agua de proceso automáticamente se apaga si la presión está en el nivel de presión nominal. De otro modo, la bomba continúa funcionando hasta que se alcanza la presión nominal. Además, la bomba de agua de proceso está equipada con un convertidor de frecuencia. Eso permite que la operación de la bomba se ajuste a sí misma a la presión real detectada en la tubería. Para proteger que la tubería no funcione en seco, el nivel de líquido en el estanque de agua limpia se mide continuamente (LE40.01). Más aún, el estanque también tiene protección contra sobrellenado (LE40.02). La Tabla 9 bosqueja la descripción funcional de la bomba de agua de proceso.

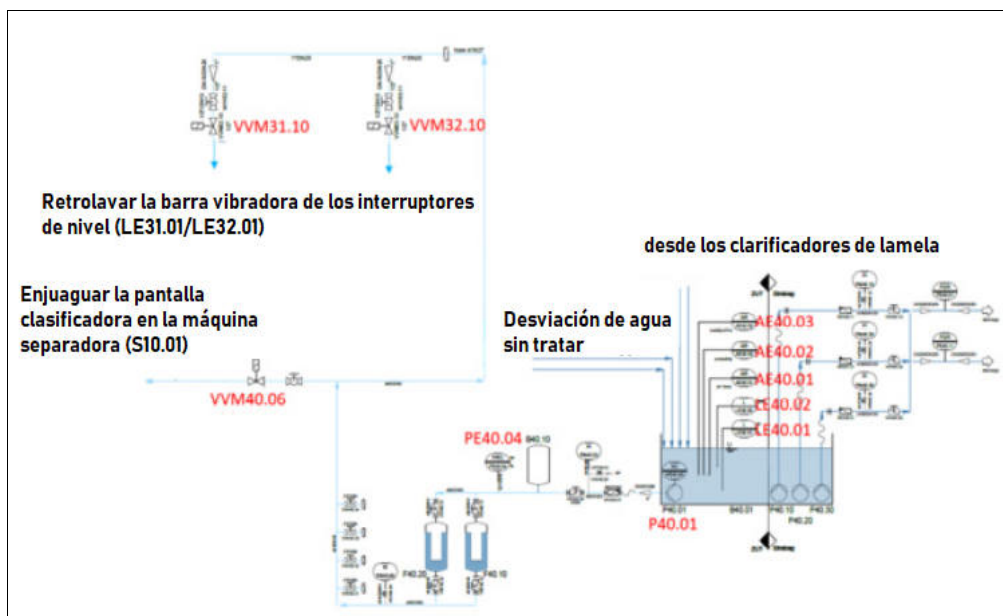


Figura 8. Diagrama del proceso de retro lavado

Tabla 9. Descripción funcional de la bomba de agua de proceso (P40.01)

Agua de Proceso (P40.01)	
Activación	LE40.01>SL
Control	PE20.04? P_{\min} → P40.01 inicia
	PE40.04= P_{nominal}
	Y
	VVM40.26 cerrada
	Y → P40.01 se detiene
	VVM31.10 cerrada
	Y
	VVM32.10 cerrada
	Convertidor de frecuencia basado en la presión (PE40.04)