



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA
NACIONAL
FACULTAD
REGIONAL
DELTA

PROCESO PRODUCTIVO DE FOSFATO DIAMÓNICO

P&ID

Antúñez Rosell, Candela
Guerra, Maya
Magalú, Iara Belén
Pelloli, María del Pilar

Índice

| | |
|---|----|
| 8.1 Área 100 – Etapa de preneutralización de ácido | 3 |
| 8.1.1 Control de nivel – Lazo 100..... | 4 |
| 8.1.2 Control de temperatura – Lazo 101..... | 4 |
| 8.1.3 Control de relación molar – Lazo 102 | 4 |
| 8.1.4 Alarma de alto alto nivel – LAHH 100 | 4 |
| 8.1.5 Válvula de alivio PSV-02 | 4 |
| 8.1.6 Medición de pH del slurry – AIT 105..... | 4 |
| 8.1.7 Alarma de alto y bajo nivel – LIT 109 | 4 |
| 8.2 Área 200 – Obtención y granulación de DAP..... | 5 |
| 8.2.1 Control de relación molar – Lazo 204 | 5 |
| 8.2.2 Control de velocidad de rotación del granulador – Lazo 206..... | 5 |
| 8.2.3 Control de la banda transportadora – Lazo 207 | 5 |
| 8.3 Área 300 – Secado del producto..... | 6 |
| 8.3.1 Control de velocidad de rotación del secador – Lazo 300 | 6 |
| 8.3.2 Control de la banda transportadora – Lazo 304 | 7 |
| 8.3.3 Control de temperatura del aire de secado – TIT 306 | 7 |
| 8.3.4 Alarma de desalineación de cinta – ZSH 308 | 7 |
| 8.3.5 Alarma de alto o bajo contenido de humedad – Lazo 305 | 7 |
| 8.4 Área 400 – Enfriamiento del producto terminado | 7 |
| 8.4.1 Acondicionamiento del aire de enfriamiento – Lazo 403 | 8 |
| 8.5 Área 600 – Alimentación de ácido y lavado de gases | 8 |
| 8.5.1 Instrumentación de tanques de almacenamiento de ácido | 9 |
| 8.5.2 Instrumentación del scrubber SC-01 | 9 |
| 8.5.2.1 Control de temperatura de ácido de entrada – Lazo 606..... | 9 |
| 8.5.2.2 Control de relación L/G - Lazo 607..... | 9 |
| 8.5.2.3 Control de presión - Lazo 618 | 9 |
| 8.5.2.4 Alarmas | 9 |
| 8.5.2.5 Válvula de alivio – PSV-05 | 10 |
| 8.6 Área 700 – Almacenamiento de producto terminado | 10 |
| 8.7 Área 800 – Acondicionamiento de materias primas..... | 10 |
| 8.7.1 Control de relación másica – Lazo 809 | 11 |
| 8.7.2 Alarmas | 11 |

P&ID

En el P&ID se muestran todos los tipos de válvulas, accesorios, instrumentos y equipos del proceso asociado al sistema. En este diagrama se presentan todos los TAGs de los equipos con sus respectivas siglas y números de identificación.

Encuentre el P&ID completo en el **Anexo C.03 – P&ID Fosfato Diamónico**.

| Área | Lazo | Transmisor | Controlador | Variable medida | Variable controlada | Elemento final | Acción | Modo de falla |
|------|------|-----------------|------------------------------|---|---|------------------------|---------|---------------|
| 100 | 101 | TT-101 | TC-101 | Temperatura interior RX-01 | Caudal de entrada fluido de enfriamiento | TV-101 | Directa | Fail open |
| 100 | 100 | LT-100 | LC en cascada con SC-100 | Nivel RX-01 | Velocidad del motor bombas PU-02A/B | ST-100A/B | Directa | |
| 100 | 102 | FT-102/103 | RC-102 en cascada con FC-102 | Caudales de alimentación NH ₃ y H ₃ PO ₄ a RX-01 | Caudal de entrada de NH ₃ a RX-01 | FV-102 | Inversa | Fail close |
| 200 | 206 | ST-206 | SC-206 | Velocidad de rotación RX-02 | Velocidad del motor de RX-02 | Variador de frecuencia | Inversa | |
| 200 | 204 | FT-102/103/204 | RC-204 en cascada con FC-204 | Caudales de alimentación NH ₃ y H ₃ PO ₄ | Caudal de entrada de NH ₃ a RX-02 | FV-204 | Inversa | Fail close |
| 300 | 300 | ST-300 | SC-300 | Velocidad de rotación DR-01 | Velocidad del motor de DR-01 | Variador de frecuencia | Inversa | |
| 400 | 400 | LIT-400/ST-400 | LC-400 en cascada con SC-400 | Nivel tolva de descarga TV-400 del DR-01 / Alimentación HX-01 | Velocidad cinta transportadora CT-403 | Variador de frecuencia | Directa | |
| 400 | 405 | ST-405 | SC-405 | Velocidad de rotación enfriador HX-01 | Velocidad del motor de HX-01 | Variador de frecuencia | Inversa | |
| 600 | 606 | TIT-606 | TC-606 | Temperatura de salida de ácido fosfórico de HX-03 | Caudal de ingreso de vapor a HX-02 | FV-606 | Inversa | Fail open |
| 600 | 607 | FT-604/FT-608 | RC-607 en cascada con FC-607 | Caudales de alimentación NH ₃ y H ₃ PO ₄ a SC-01 | Caudal de alimentación H ₃ PO ₄ a SC-01 | FV-607 | Inversa | Fail open |
| 600 | 618 | PIT-618 | PC-618 | Presión torre SC-01 | Caudal de salida de gas de SC-01 | PV-618 | Directa | Fail open |
| 800 | 802 | FQI-808/FQI-809 | RC-809 | Totalizadores de alimentación H ₃ PO ₄ 85% y Agua | Cantidad total de entrada de ácido al TK-02 | FV-809 | Inversa | Fail close |

Tabla 1: Descripción de los lazos de control e interlocks existentes.

8.1 Área 100 – Etapa de preneutralización de ácido

En el RX-01 se lleva a cabo la reacción entre el ácido fosfórico y el amoníaco para formar el producto intermedio MAP. Para poder llevar a cabo la reacción con éxito es esencial controlar las variables principales de proceso, como la relación molar amoníaco:ácido, nivel y temperatura.

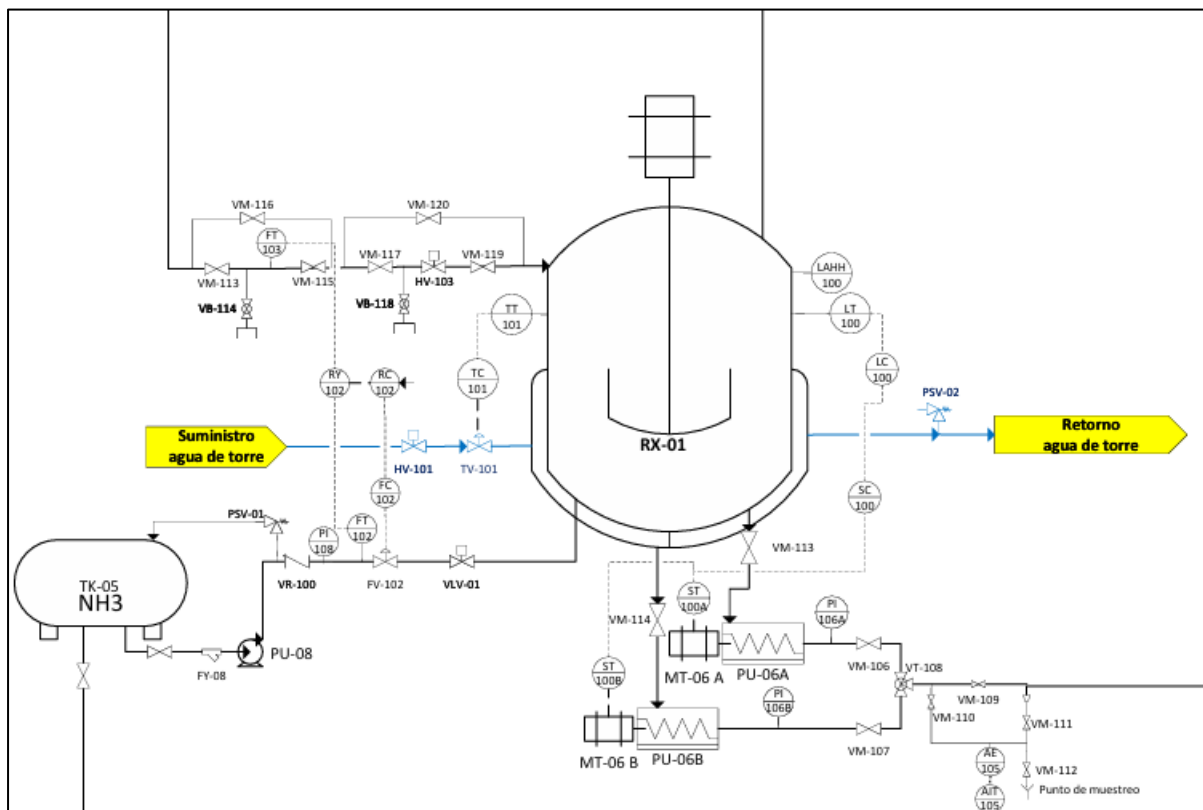


Imagen 1: Etapa de preneutralización de ácido.

Cuando el slurry egresa del RX-01 se dirige al tanque agitado TK-06 para luego derivar en la segunda etapa de reacción en el granulador RX-02. Este tanque permite intervenir cualquiera de las unidades del bloque de reacción (RX-01/02) sin la necesidad de purgar todo el sistema.

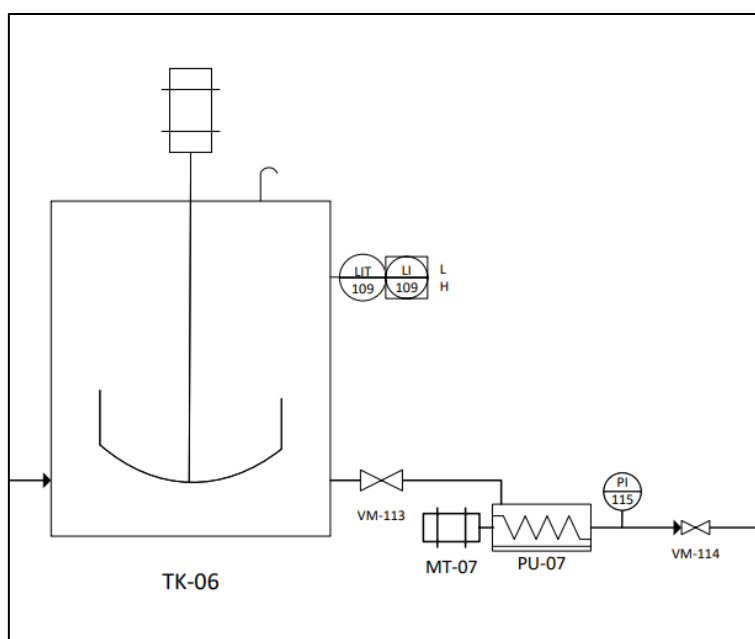


Imagen 2: TK-06 donde ingresa el slurry proveniente del RX-01.

8.1.1 Control de nivel – Lazo 100

Se debe monitorear el nivel del RX-01 con el objetivo mantener un volumen constante dentro del equipo. El control de nivel se efectúa en cascada con la velocidad de las bombas de tornillo en la descarga del slurry. El transmisor de nivel LT-100 detecta la temperatura dentro del reactor y envía la señal al controlador de nivel LC-100, el cual en función al error de nivel envía la señal de corrección al controlador de velocidad SC-100, el cual actúa sobre el variador de frecuencia de las bombas PU-06A/B. De esta forma, si el nivel supera el SP, la acción final sería aumentar la frecuencia de las bombas.

8.1.2 Control de temperatura – Lazo 101

La reacción de formación de MAP se lleva a cabo entre 114°C y 121°C y es altamente exotérmica, por lo que es necesario refrigerar el reactor por medio de un fluido frío a través de una camisa. El control de temperatura se lleva a cabo mediante la regulación de la válvula de entrada de refrigerante. En este caso, realizamos el diseño del reactor para que opere en un Set Point (SP) de 115°C, por lo cual si el transmisor TT-101 detecta que la variable de proceso (PV) es superior al SP, mandará la señal al controlador de temperatura TC-101, el cual enviará la señal de aumentar la apertura de la válvula TV-101 en función al desvío de temperatura.

8.1.3 Control de relación molar – Lazo 102

La relación molar amoníaco:ácido óptima se encuentra entre 1,29 y 1,45. Es importante que se respete este rango, ya que para relaciones inferiores el amoníaco en exceso no será suficiente para llevar de manera efectiva la reacción, y tampoco debe ser superior ya que se producirían altas pérdidas de amoníaco en forma de vapor. Además, dentro de este rango se encuentra el mayor punto de solubilidad del MAP en solución.

Para cumplir con el SP se utiliza un control de relación en cascada con un controlador de caudal. Los transmisores de caudal de amoníaco y ácido FT-102 y FT-103 respectivamente toman los caudales y envían la señal a un calculador de ratio RY-102. El resultado del calculador se compara con el SP por medio del controlador de ratio RC-102, según el error envía la corrección al controlador de caudal FC-102, el cual actúa finalmente sobre la válvula de control de alimentación de amoníaco FV-102.

8.1.4 Alarma de alto alto nivel – LAHH 100

La finalidad de este sensor es detectar el alto alto nivel de líquido dentro del reactor.

8.1.5 Válvula de alivio PSV-02

Es importante disponer de una válvula de alivio sobre la salida de líquido refrigerante como salvaguardas ante un escenario de no caudal en la camisa por obstrucción de la cañería de alimentación o falla en el control de temperatura.

8.1.6 Medición de pH del slurry – AIT 105

El pH es un indicador de la relación molar amoníaco:ácido ya que relaciones entre 1,29 y 1,45 presentan un pH entre 5,5 y 6. Por este motivo, a la salida del reactor RX-01 es esencial medir el pH del slurry para monitorear posibles desvíos en el controlador RC-102.

8.1.7 Alarma de alto y bajo nivel – LIT 109

El tanque agitado TK-06 cuenta con un indicador transmisor de nivel LIT-109, el cual mide y transmite información sobre el nivel en el interior del mismo. Un nivel por encima del máximo o por debajo del mínimo activará una alarma de advertencia.

8.2 Área 200 – Obtención y granulación de DAP

En el reactor RX-02, se lleva a cabo la conversión del producto intermedio (MAP), proveniente del reactor RX-01, a través de la reacción de este con amoníaco para obtener el producto deseado (DAP). Para ello, se requiere controlar variables críticas como la relación amoníaco:ácido, nivel y velocidad de rotación.

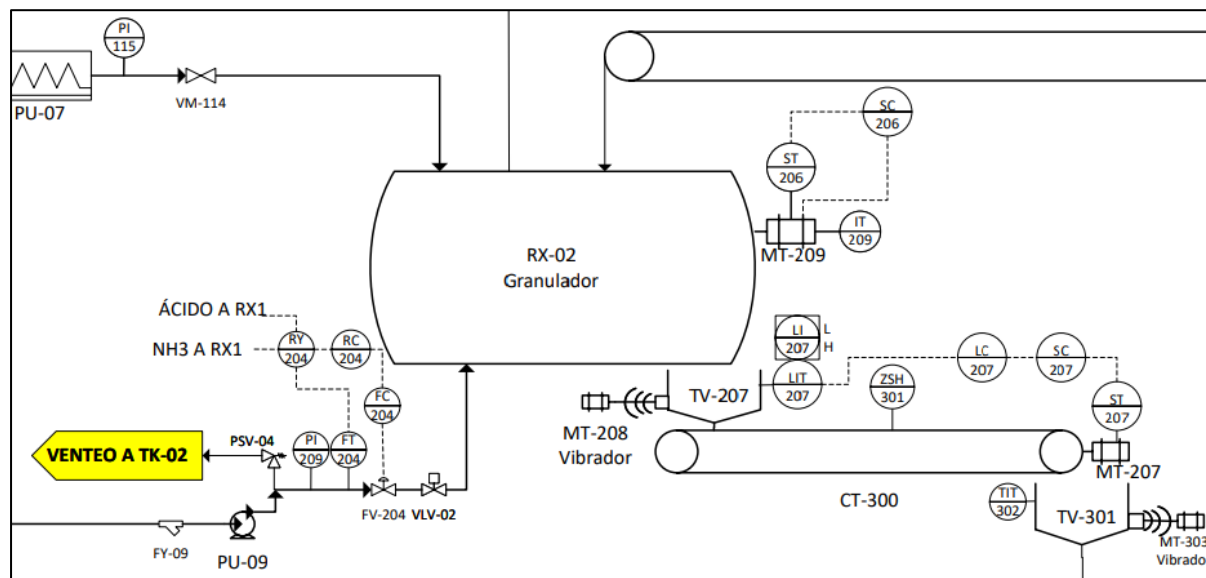


Imagen 3: Etapa de obtención y granulación de DAP.

8.2.1 Control de relación molar – Lazo 204

La relación molar amoníaco:ácido óptima para la conversión de MAP en DAP es de aproximadamente 2,2. Esta relación molar también se corresponde con el punto de menor solubilidad, lo que posibilita operar con tasas de recirculación bajas y facilita el control durante el proceso de granulación.

Se emplea un control en relación en cascada con un controlador de caudal para cumplir con el SP. El transmisor de caudal FT-204 monitorea el flujo de la corriente y envía esta señal a un calculador de ratio RY-204. El resultado obtenido en este calculador es comparado con el SP mediante el controlador de ratio RC-204. Basado en la discrepancia entre estos valores, el controlador envía una corrección al controlador de caudal FC-204, el cual actúa sobre la válvula de alimentación de amoníaco FV-204.

8.2.2 Control de velocidad de rotación del granulador – Lazo 206

Es de vital importancia controlar la velocidad de rotación ya que el mismo incide sobre el tiempo de residencia, el cual es inversamente proporcional a la de rotación. Es por esto mismo que el granulador está equipado con un sistema de control de variación de frecuencia en su motor, el cual permite regular la velocidad de rotación. Para ello, el transmisor de velocidad ST-206 monitorea la frecuencia de operación suministrada al motor y envía esta señal al controlador de velocidad SC-206, el cuál procesa la información recibida y efectúa el ajuste de la frecuencia de la señal eléctrica suministrada al motor.

8.2.3 Control de la banda transportadora – Lazo 207

El producto que egresa del granulador se encuentra en estado sólido con contenido de humedad, por lo cual se dispone de la tolva TV-207 que lo descarga en la banda transportadora CT-300 para su posterior transporte al interior del secador DR-01. Esta tolva está equipada con un transmisor indicador de nivel LIT-207, que brinda visualización en campo, y una alarma de nivel LI-207, que alerta sobre bajo o alto nivel. El transmisor LIT-207 proporciona esta información al controlador LC-207, el cual ajusta la frecuencia del motor de la banda transportadora a través del controlador SC-207, que

compara este con la velocidad del motor obtenida del transmisor ST-207. De esta manera, en presencia de alto nivel en la tolva, incrementa la velocidad del motor de la banda; en caso contrario, disminuye la velocidad ante la detección de bajo nivel. Además, la tolva TV-207 cuenta con un vibrador MT-208 que permite un descenso uniforme del producto y de esta manera evitar canalizaciones que podrían producirse por acumulación de este en las paredes de la tolva.

Adicionalmente, el motor del granulador posee un medidor de corriente (amperímetro) IT-209, que permitirá advertir sobre el funcionamiento del mismo.

8.3 Área 300 – Secado del producto

El producto que egresa del RX-02 ingresa a un secador de tipo rotatorio DR-01 para obtener la especificación deseada de producto terminado. Este equipo utiliza aire caliente en contacto directo como medio para la evaporación de la humedad.

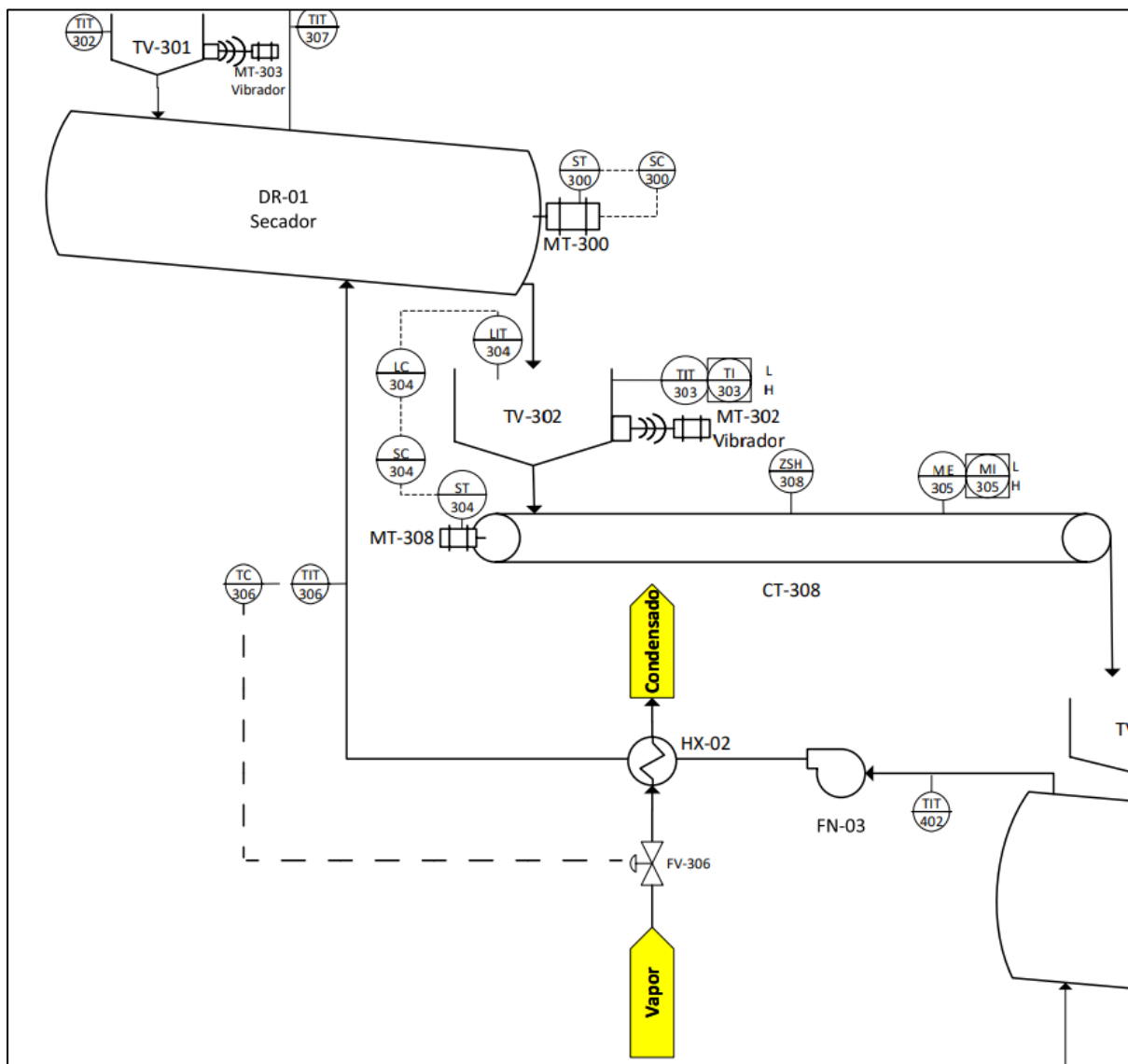


Imagen 4: Etapa de secado del producto.

8.3.1 Control de velocidad de rotación del secador – Lazo 300

El secador está equipado con un sistema de control de velocidad de rotación en su motor. Para ello, el transmisor de velocidad ST-300 monitorea la frecuencia de operación suministrada al motor y envía

esta señal al controlador de velocidad SC-300, el cuál procesa la información recibida y efectúa el ajuste de la frecuencia de la señal eléctrica suministrada al motor.

Este control es de gran importancia debido a que la velocidad de rotación afecta el tiempo y residencia del producto en el interior del equipo. A mayor velocidad de rotación, menor tiempo de residencia, lo que puede afectar la eficiencia del secado. Un control adecuado permite ajustar este tiempo para lograr la humedad deseada en el producto final. Además, una velocidad adecuada garantiza una distribución uniforme del calor y la humedad en el interior del secador, lo que contribuye a un secado más homogéneo.

8.3.2 Control de la banda transportadora – Lazo 304

El producto que egresa del secador desciende a través de la tolva TV-302 que lo descarga en la banda transportadora CT-308 para su posterior transporte al interior del enfriador HX-01. Esta tolva está equipada con un transmisor indicador de nivel LIT-304, el cual proporciona información sobre el nivel en el interior de la tolva al controlador LC-304, el cual ajusta la frecuencia del motor de la banda transportadora a través del controlador SC-304, que compara este con la velocidad del motor obtenida del transmisor ST-304. De esta manera, en presencia de alto nivel en la tolva, incrementa la velocidad del motor de la banda; en caso contrario, disminuye la velocidad ante la detección de bajo nivel. Además, la tolva TV-302 cuenta con un vibrador MT-302 que permite un descenso uniforme del producto para evitar canalizaciones que podrían producirse por acumulación de producto en las paredes de la tolva y, también, con un transmisor indicador de temperatura TIT-303, el cual mide y transmite la temperatura del producto de salida del secador al indicador de temperatura TI-303 que activará una alarma de alta o baja temperatura dependiendo del desvío que presente la medición.

8.3.3 Control de temperatura del aire de secado – TIT 306

La corriente de aire de secado cuenta con un transmisor indicador de temperatura TIT-306, con la finalidad de detectar posibles desvíos de temperatura que ocurran como consecuencia de inconvenientes en la operación de secado. El TIT-306, mide la temperatura de ingreso de aire y envía esta señal a un controlador de temperatura TC-306, que corrige los desvíos de temperatura modificando la apertura de la válvula de ingreso de vapor al calentador HX-02.

8.3.4 Alarma de desalineación de cinta – ZSH 308

Este sensor detecta cuando existe un desalineamiento en la cinta, y envía una señal de advertencia antes de activar el paro total de la misma.

8.3.5 Alarma de alto o bajo contenido de humedad – Lazo 305

En la tolva TV-400 también se cuenta con un sensor de humedad ME-305 asociado a alarmas de alto y bajo contenido de humedad del producto MI-305, con la finalidad de detectar posibles desvíos en el contenido de humedad del producto terminado que ocurran como consecuencia de inconvenientes en la operación de secado.

8.4 Área 400 – Enfriamiento del producto terminado

En el enfriador HX-01 ingresa el producto en especificación obtenido del secador DR-01 a través de la tolva TV-400. Esta tolva cuenta con un vibrador MT-400 que permite un descenso uniforme del producto para evitar canalizaciones que podrían producirse por acumulación de producto en las paredes de la tolva.

En el enfriador HX-01, el producto que egresa del secador disminuye su temperatura de 95.6°C a aproximadamente 36°C para facilitar su manipulación y almacenamiento.

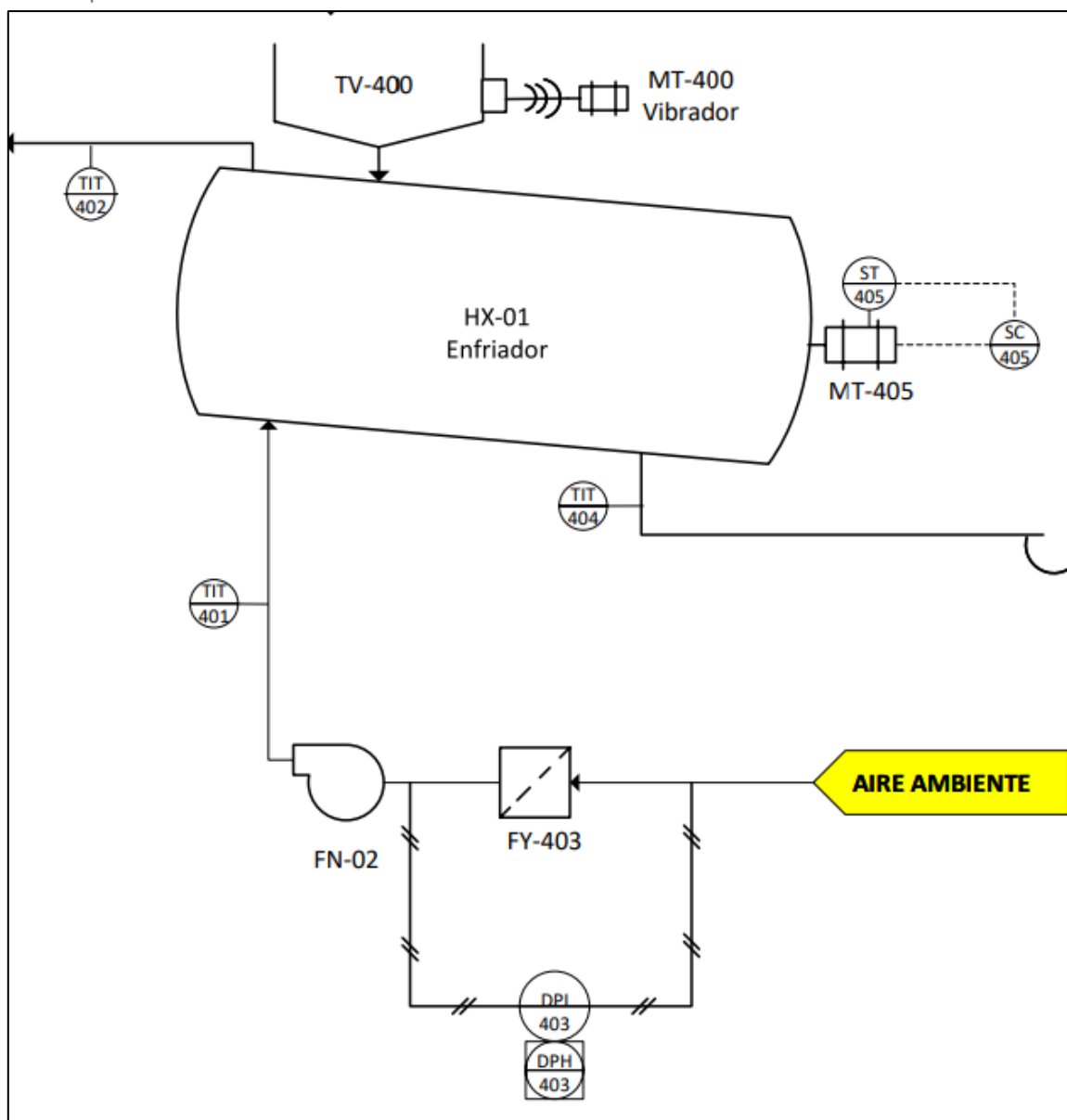


Imagen 5: Etapa de enfriamiento del producto.

8.4.1 Acondicionamiento del aire de enfriamiento – Lazo 403

El aire que se introduce en el enfriador HX-01 pasa por un filtro de partículas FY-403, garantizando así la pureza del aire dentro del equipo. Este filtro está equipado con un indicador diferencial de presión, DPI-403, que mide la diferencia de presión entre la entrada y la salida. Esta medida permite detectar la saturación del filtro con partículas, ya que a medida que esto sucede, la diferencia de presión tiende a aumentar. Además, se dispone de una alarma de presión diferencial DPH-403 con un valor prefijado. Esta alarma se activa cuando detecta la saturación del filtro, lo que permite tomar medidas de limpieza o sustitución correspondientes.

8.5 Área 600 – Alimentación de ácido y lavado de gases

El scrubber SC-01 consiste en una torre rellena que opera a presión atmosférica, cuya finalidad es lavar el amoníaco de la corriente gaseosa con una corriente de ácido fosfórico caliente. Para asegurarnos el correcto lavado del gas antes de emitirlo a la atmósfera, es necesario monitorear sus variables principales.

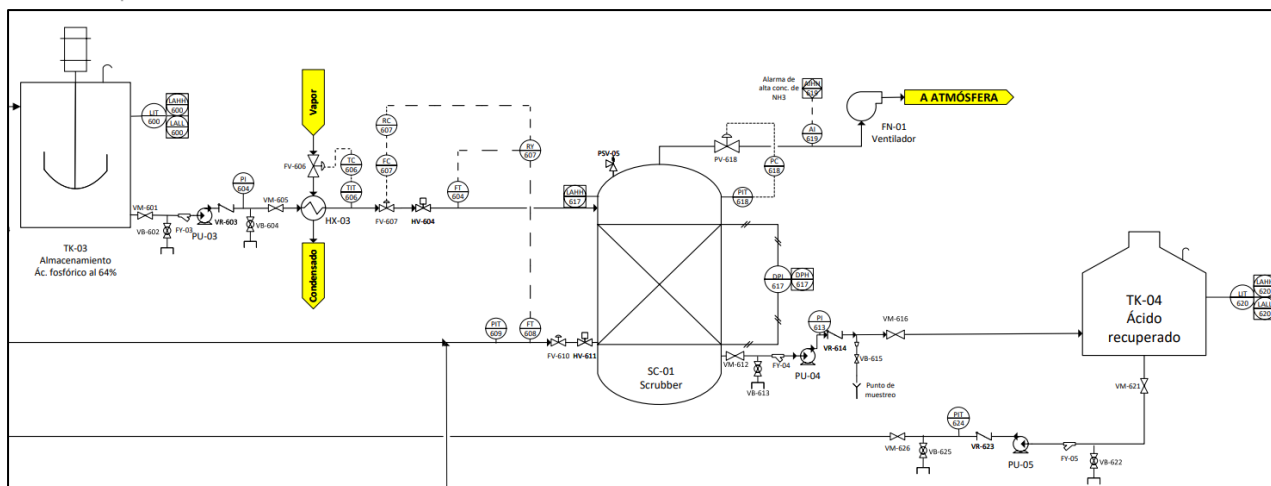


Imagen 6: Etapa de alimentación de ácido y lavado de gases.

8.5.1 Instrumentación de tanques de almacenamiento de ácido

En primer lugar, tenemos el tanque de ácido fosfórico fresco. Dicho tanque dispone de un medidor de nivel LIT-600, el cual tiene asociado las alarmas de alto alto y bajo bajo nivel (LAHH 600 y LALL 600 respectivamente).

Luego, tenemos el tanque de almacenamiento de ácido recuperado, cuya función es generar un pulmón de ácido disponible para utilizar en el RX-01. Este tanque contiene un sensor de nivel LIT-620, con las alarmas de alto alto y bajo bajo nivel: LAHH-620 y LALL-620.

8.5.2 Instrumentación del scrubber SC-01

8.5.2.1 Control de temperatura de ácido de entrada – Lazo 606

Para llevar a cabo el correcto lavado de los vapores que contienen amoníaco, es necesario que la solución de ácido fosfórico de ingrese a 60°C al scrubber. Para ello, disponemos del lazo de control de temperatura, el cual consta de una termocupla TIT-606 que mide la temperatura de ingreso al scrubber y el controlador de temperatura TC-606 actúa sobre la válvula controladora FV-606 de ingreso de vapor al calentador HX-03

8.5.2.2 Control de relación L/G - Lazo 607

Para efectuar un eficiente lavado del gas, es necesario mantener una relación de líquido de lavado y gas óptima. Para ello, se dispone de un controlador de ratio en cascada con un controlador de caudal. De esta forma, ante un aumento del caudal de ingreso de gas, obligatoriamente aumentará el caudal de ácido de lavado para mantener la relación constante,

8.5.2.3 Control de presión - Lazo 618

La absorción se lleva a cabo a presión atmosférica. Para controlar la presión, el transmisor PIT-618 toma la presión de la torre y envía una señal al controlador PC-618 que regula la apertura de la válvula PV-618. Por ejemplo, ante un escenario de sobrepresión en el sistema, el controlador aumentará la apertura de la válvula de gas de salida hacia la atmósfera.

8.5.2.4 Alarmas

La torre posee dos alarmas importantes: una para detectar el alto alto nivel de líquido LAHH-617 y otra para detectar una alta pérdida de presión a través del relleno de la torre (DPH-617). Esta última es imprescindible para monitorear el ensuciamiento del material de relleno, ya que una alta pérdida de carga denota un alto ensuciamiento del material, generando resistencia en la transferencia de masa desde la corriente gaseosa hacia la líquida.

8.5.2.5 Válvula de alivio – PSV-05

Se dispone de una válvula de alivio para proteger la integridad del scrubber por sobrepresión ante un escenario de falla del sistema de control de presión.

8.6 Área 700 – Almacenamiento de producto terminado

La instrumentación del silo de producto terminado (PT) consiste en:

- Control de nivel: se cuenta con un transmisor indicador de nivel LIT-701 y con dos alarmas de nivel: una por alto alto nivel (LAHH-700) y otra por bajo bajo nivel (LALL-700).
- Fondo vibratorio (MT-702), el cual permite un descenso uniforme del producto para evitar canalizaciones que podrían producirse por acumulación de producto en las paredes de la tolva.

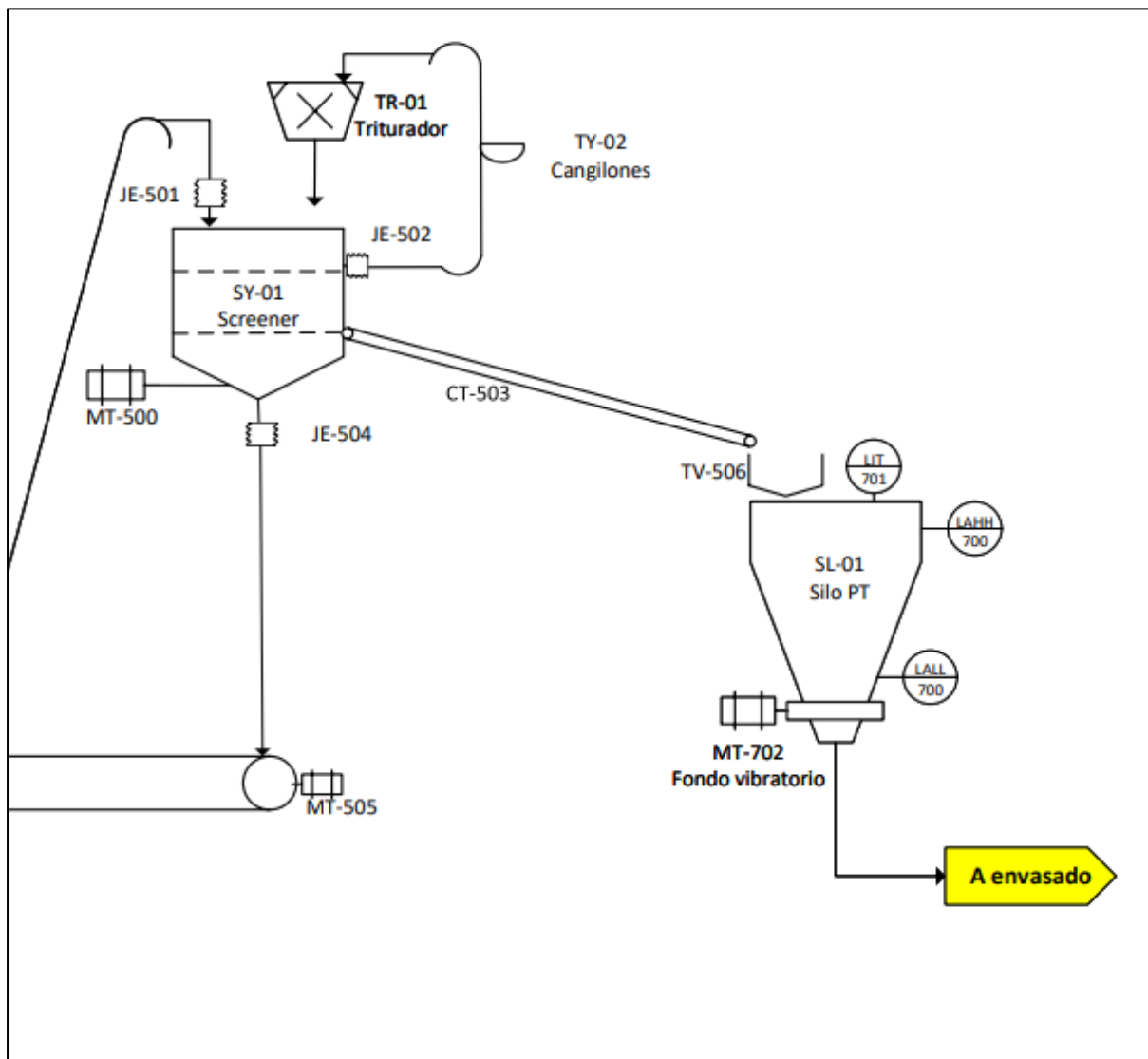


Imagen 7: Etapa de almacenamiento de producto terminado.

8.7 Área 800 – Acondicionamiento de materias primas

Para la etapa de recuperación de amoníaco en el SC-01, se requiere un ácido fosfórico con una concentración de aproximadamente 64%. Puesto que el ácido fosfórico no se comercializa con esta concentración, se adquiere con una concentración del 85%, motivo por el cual este se diluye en el TK-02, previo a ingresar al SC-01.

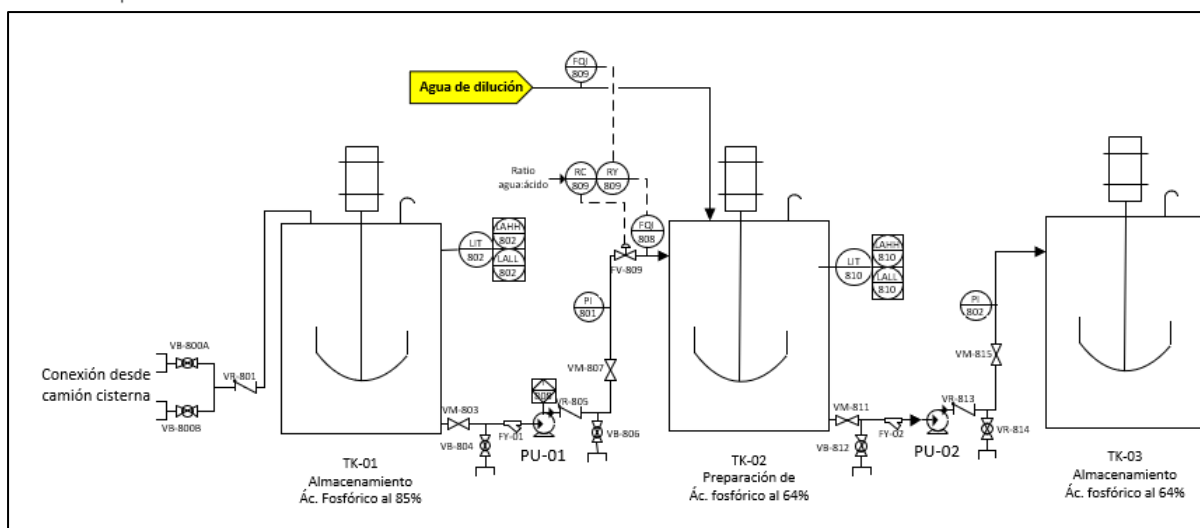


Imagen 8: Etapa de acondicionamiento de materias primas (ácido fosfórico).

8.7.1 Control de relación másica – Lazo 809

La relación másica agua:ácido requerida para obtener la dilución deseada es de aproximadamente 0,33.

Para realizar la dilución de ácido de manera segura, en primer lugar, se alimenta al TK-02 la cantidad total de agua necesaria. Luego, a través de un calculador de ratio RY-809, que recibe las señales de los totalizadores de agua y ácido, FQI-809 y FQI-808 respectivamente, se calcula la relación, la cual es comparada con el valor seteado en el RC-809. Éste último actuará sobre la válvula FV-809 para habilitar el envío de ácido hasta que se cumpla la relación de 0,33. Cuando esto ocurre, el interlock I-808 se activará para detener la bomba PU-01.

8.7.2 Alarmas

La zona de acondicionamiento de materias primas posee dos alarmas importantes. Por un lado, aquella que se encuentra en el TK-01 de almacenamiento de ácido fosfórico al 85% para detectar el alto alto nivel de líquido LAHH-802 y para detectar el bajo bajo nivel de líquido LALL-802. Por otro lado, aquella que se encuentra en el TK-02 de preparación de ácido fosfórico al 64% para detectar el alto alto nivel de líquido LAHH-810 y para detectar el bajo bajo nivel de líquido LALL-810.