

Puesta en marcha

CAPITULO 6



6.1 Introducción

Una vez construida la planta de producción de caucho e-SBR será necesario cumplir con una serie de pruebas y protocolos estrictos para una exitosa puesta en marcha de esta.

El arranque de un proceso que opera en régimen continuo es complicado ya que se tiene que llevar a régimen en todos los equipos.

Para ello se realizan una serie de pasos y protocolos a seguir para minimizar o eliminar cualquier complicación en el funcionamiento de esta:

- 1) *Tareas previas* → Se establecerán una serie de pruebas y verificaciones para comprobar que los equipos e instalaciones presentes en el proceso funcionen correctamente.
- 2) *Servicios auxiliares de planta* → Se pondrán en marcha los equipos auxiliares encargados de proporcionar los fluidos necesarios para el funcionamiento de los equipos de proceso y la red de incendios.
- 3) *Puesta en marcha propiamente dicha*

La puesta en marcha de la planta se puede dar de tres maneras diferentes:

- *Puesta en marcha inicial* → Todos los equipos deberán comenzar a funcionar vacíos. Es por ello que deberán cebarse o llenarse.
- *Puesta en marcha después de una parada de emergencia* → En este caso, los equipos deben comenzar a funcionar nuevamente con producto en su interior (en caso de que no hay sido necesario su vaciado).
- *Puesta en marcha después de una parada estipulada* → Estas paradas suelen ocurrir por razones de mantenimiento programado. Además de tareas de mantenimiento, se suelen efectuar tareas de proceso que amerite la planta parada. Al ser paradas de poco tiempo, los equipos quedan con productos en su interior (en caso de que no haya sido necesario su vaciado o que no involucre un riesgo).

Este apartado solo se basará en la puesta en marcha inicial, debido a que esta es la más compleja ya que los equipos deben ser previamente llenados y cebados.

En el caso de la parada de emergencia, el arranque de la planta puede convertirse en una situación muy compleja de resolver, ya que la parada de emergencia puede

deberse a muchos motivos y por lo tanto los puntos de partida de los cuales se inicia la misma pueden ser muy diversos.

6.2 Tareas previas a la puesta en marcha

Previo a la puesta en marcha, se deben realizar un conjunto de tareas para verificar que todo está preparado y organizado para que no existan futuras complicaciones durante la misma. A grandes rasgos, podemos mencionar las siguientes:

Organización	Estas tareas se encuentran relacionadas con la organización del personal (los distintos turnos), la disponibilidad de los proveedores, el stock de materiales, la documentación necesaria y las habilitaciones pertinentes.
Inspección	Estas tareas se llevan a cabo mediante la inspección de equipos, cañerías, accesorios e instrumentos. Dentro de estas tareas se ve involucrada la inspección de la red de incendios y los distintos dispositivos de seguridad en planta.
Pruebas	Estas tareas se realizan en los distintos equipos, instrumentos y accesorios. Las pruebas pueden ser de presión, hidráulicas, de paso y continuidad y de estanqueidad.
Mantenimiento	Las tareas de mantenimiento abarcan un rango muy grande de posibilidades. Entre ellas se pueden encontrar la calibración de los distintos instrumentos de medición, cambio de repuestos o reparación de equipos y mantenimiento general (como, por ejemplo, colocación de lubricantes)

Para los distintos equipos de proceso, se llevarán a cabo ciertas acciones:

Limpieza y soplado de equipos

En primer lugar, se efectuará un soplado de las cañerías mediante vapor, aire comprimido o agua. Para esto se desconectarán las terminales y se soplarán con alguno de los fluidos indicados. Esto tiene por objeto eliminar el polvo y partículas metálicas o de soldadura que puedan haber quedado en el interior debido a alguna intervención.

Luego se desarmen las carcasas de las bombas y compresores para proceder a su limpieza interior, así como también a los distintos filtros que pueda haber en la línea y equipos que ameriten ser limpiados previo al arranque.

Pruebas hidráulicas y de presión

Las pruebas hidráulicas consisten en la introducción de una mezcla de agua y pigmento o gas (según corresponda) por todo el circuito de tuberías de la planta, de esta manera se consigue localizar con facilidad la presencia de fugas, poros y errores en las soldaduras de tuberías, uniones, válvulas, bombas y accesorios.

Para las partes del proceso en las cuales el flujo de los materiales es del tipo sólido se suele emplear un producto que sea de bajo costo, como arena o sal, haciéndose recircular a través del sistema, como son en nuestro caso el sistema de dosificación de SFS y sulfato de hierro, los filtros rotativos, el extrusor y el secadero. Esta circulación sirve para probar el equipo y al mismo tiempo para capacitar al personal para cuando comience la operación normal de planta.

Las pruebas hidráulicas también permiten comprobar que los equipos que tienen que soportar peso no sufren vibraciones o deformaciones mecánicas durante la operación.

El propósito de estas pruebas es recoger datos relacionados con el análisis mecánico de parámetros que puedan ser potencialmente peligrosos para el sistema, como la vibración o las deformaciones durante las pruebas efectuadas. Estas pruebas solamente se llevan a cabo después de la construcción de la planta para comprobar que todas las unidades del proceso y áreas implicadas funcionen adecuadamente.

Es importante que una vez terminadas las mismas se purgue cada línea totalmente y se seque el circuito del proceso con aire, ya que podrían producirse problemas de contaminación o incompatibilidades en el proceso de puesta en marcha con los fluidos del proceso.

Finalmente, las pruebas de presión son similares a las hidráulicas, aunque consisten en el paso de un gas seco, en este caso aire, para comprobar que los equipos del proceso cumplen estrictamente las condiciones de presión máxima generadas y garantizan la seguridad y condición mecánica estipulada en el diseño.

En el caso de los equipos que trabajarán a presión, estos se llenarán de agua y con una bomba hidráulica de mano se aumenta la presión hasta los límites de prueba. Se deja durante varias horas y se observa la disminución de esta. Si esta pérdida es menor a 2 psi por hora, el equipo es aceptado, en caso contrario hay que investigar la causa de estas pérdidas.

Puesta a punto de bombas y compresores

En el caso de la puesta a punto de equipos de bombeo, es importante tener en cuenta que las bombas centrífugas utilizadas en la planta, a diferencia de las de desplazamiento positivo, con las que también contamos, no son autocebantes y por

lo tanto se tendrá que seguir un procedimiento a la hora de ponerlas en marcha, evitando la presencia de aire en ellas y poder evitar una posible cavitación en las bombas.

Para realizar las pruebas correspondientes y poner en marcha las bombas centrífugas, será necesario que el eje interno de la bomba esté totalmente inundado. Esto se consigue abriendo completamente la válvula de compuerta de aspiración, aflojando la tuerca de purga de aire y esperar a que tanto la tubería de aspiración como el cuerpo de la bomba estén totalmente llenos con el fluido a bombear para, a continuación, cerrar nuevamente la rosca de purga de la bomba.

En caso de una aspiración negativa se emplearán métodos alternativos de cebado, como llenar la tubería y la bomba con una fuente de alimentación externa del fluido conectada al orificio de cebado y aflojando el tapón de purga.

En cuanto a los equipos de compresión se requiere abrir la válvula de purgados que incorporan en el depósito que presentan y abrir el regulador de gas de salida. Seguidamente el compresor desprenderá aire por la salida y por la válvula de purgados: hay que mantenerlo en funcionamiento unos minutos para que las impurezas que pueda haber salgan durante este procedimiento. A continuación, se tiene que realizar la conexión con su respectiva salida de aire y esperar hasta que el depósito de aire esté totalmente cargado y verificar que se detiene al llegar a la presión máxima.

Calibración de los instrumentos de control

Esta operación se efectúa en forma paralela a las otras pruebas, aprovechando que el equipo está en funcionamiento y tiene por objeto efectuar los ajustes correspondientes a fin de que controlen la operación según lo especificado.

Cómo en las pruebas se pueden variar los diferentes parámetros sin afectar al proceso, se puede verificar el funcionamiento en diversos rangos y sometiénolos a una comparación con instrumentos patrones, lo que permite una regulación muy precisa y fina.

6.3 Puesta en marcha de servicios auxiliares

Los servicios incorporados a la planta tienen que estar activos y operativos, estos deberán presentar una gran fiabilidad y, por lo tanto, necesitarán un riguroso mantenimiento para cumplir estas expectativas. Generalmente los equipos de servicios son instalados por empresas externas especializadas y, por lo tanto, se recurrirá al personal de mantenimiento de dichas empresas para que aseguren que la instalación y el funcionamiento sea el correcto.

Antes de hacer la puesta en marcha de todos los equipos de la planta se deben poner en marcha los servicios auxiliares de ésta. En la presente planta, se deberá poner en marcha los equipos correspondientes para la obtención de:

- *Vapor* (tanto para calefacción como para dosificación al stripping) → Para este servicio se suele utilizar una caldera de vapor. Este equipo es alimentado por una corriente de gas natural. Cuando la caldera se encuentra en funcionamiento se espera a que se llegue a la temperatura y presión requeridas para el proceso y, una vez que se llega a las condiciones óptimas, se suministrará el vapor a los equipos que lo requieran.



Figura 6.3-1: Caldera acuotubular

- *Refrigerante* → Para el servicio de enfriamiento de etilenglicol 35% se suelen utilizar chillers. Para poner en marcha estos equipos, primero se llenarán con el fluido refrigerante que operarán y se mantendrá en circuito cerrado hasta que lleguen a la temperatura y condiciones deseadas en cada caso. Una vez que esto suceda se pasará a suministrar de fluido refrigerante los equipos que lo requieran.



Figura 6.3-2: Equipo de enfriamiento

- *Agua desmineralizada* → Para la obtención de agua desmineralizada (DEMI) se suele utilizar equipos de intercambio iónico. La desionización supone la eliminación de sustancias disueltas cargadas eléctricamente (ionizadas)

sujetándolas a lugares cargados positiva o negativamente en una resina al pasar el agua a través de una columna rellena con esta resina. Este equipo se suele mantener en marcha hasta que se produzca el llenado de los tanques de agua DEMI y, en caso de descarga de ácido sulfúrico y cloruro de sodio, también debe dosificarse el agua DEMI hasta completar el tanque.



Figura 6.3-3: Equipo de intercambio iónico

- *Aire caliente* → Para la obtención de aire caliente, se suelen usar quemadores. Este equipo, con ayuda de gas natural, genera una llama que calientan la corriente de aire frío ingresante. De esta forma la salida del equipo es aire caliente.



Figura 6.3-4: Quemador

- *Agua caliente* → Para poder obtener el agua caliente, se utilizará un intercambiador de calor en donde la corriente caliente será vapor.



Figura 6.3-5: Intercambiador de calor

En relación con la red de incendio, su puesta en marcha simplemente consistirá en llenar los tanques de agua que se encuentran distribuidos en la planta y activar el sistema de gestión contra incendios.

6.4 Puesta en marcha de la planta

Para la operación normal de la planta deben establecerse una serie de procedimientos de rutina como disponer del abastecimiento suficiente de materias primas por plazo determinado, operar la planta de acuerdo con las condiciones establecidas por el manual de operación, efectuar los controles de laboratorio cada cierto número de horas al día, llevar control y registro de las condiciones de operación y de producción y finalmente proceder al despacho de los productos terminados.

Además del personal de operación, debe disponerse del destinado al mantenimiento, seguridad, laboratorio, oficinas administrativas, logística, entre otros, ya que las personas son un punto clave para asegurar un correcto funcionamiento de la planta.

Como se hizo referencia al inicio de este apartado, la puesta en marcha de nuestra planta de e-SBR se dividirá en 4 secciones. Cada una de ellas corresponde a una zona del proceso:

- 1) *Zona de almacenamiento y acondicionamiento de materia prima* → Considerando que los tanques de materia prima se encuentran llenos con producto, para arrancar esta zona y también así la planta, se deberá prender todas las bombas de dosificación que lleven a los distintos productos a los tanques de mezclado. En caso de los sólidos, se encenderán los tornillos. En la dosificación tanto de estireno como de butadieno, las corrientes deberán pasar por torres de alúmina que quiten el TBC presente. Una vez alcanzado el nivel en ambos tanques de mezclado, se encienden las bombas de dosificación al primer reactor.
- 2) *Zona de reacción* → Las corrientes de la zona 1 se dosifican al primer reactor. Una vez alcanzado el nivel y el tiempo de residencia correspondiente (deberán coincidir el tiempo de llenado con el de residencia), se enciende la bomba que lleva al producto al segundo reactor. Se alcanza el nivel y el tiempo de residencia de este, y se enciende la bomba entre el reactor 2 y 3. Así sucesivamente hasta llegar al reactor 9. Una vez que se cumpla el tiempo de residencia y llenado del último reactor, se enciende la bomba que dosifica al tanque pulmón de la zona 3.

- 3) *Zona de recuperación de materia* → Una vez alcanzado el nivel de trabajo del tanque pulmón, se comienza a dosificar el látex hacia el intercambiador de calor y los evaporadores flash. Mientras el producto se encuentra en el intercambiador de calor, se comienzan a encender los compresores que generan vacío en los evaporadores. Una vez alcanzado el nivel del primer evaporador, se procederá a dosificar al segundo. Una vez alcanzado el nivel de este último, se dosificará el látex libre de butadieno al stripping junto con la corriente de vapor ascendente.
- 4) *Zona de coagulación, secado y acabado* → Esta zona tiene un tanque pulmón al igual que la zona 3. Es por ello por lo que la sección 4 comenzará su trabajo una vez alcanzado el nivel de trabajo del tanque pulmón. Una vez alcanzado este nivel, se enciende la bomba que dosifica al tanque que se mezcla con antioxidante. Lo mismo ocurre con el tanque de coagulado. Una vez alcanzado el nivel en el tanque de mezclado, se enciende la bomba que dosifica al tanque de coagulado. Se alcanza el nivel de trabajo del coagulador, y se procede a filtrar. Este mismo procedimiento en cascada ocurre con el tanque de lavado. Finalmente, se enciende el extrusor y el secadero. Este último se deberá encender con antelación ya que se deberá alcanzar la temperatura de trabajo de este.

A continuación, se describe en líneas generales la secuencia de puesta en marcha detallando algunos equipos involucrados:

1^{ra} Sección: Almacenamiento y acondicionamiento de materias primas

Esta zona corresponde a los tanques y tolvas de almacenamiento de materias primas utilizadas en el proceso, torres de alúmina, tornillos y tanques mezcladores. Para llenar cada uno de los tanques y tolvas (en caso de ser pequeña la cantidad de sólido, como en el caso del SFS y del sulfato de hierro, la carga de la tolva se realizará de forma manual) se debe seguir el siguiente protocolo:

- 1) Los camiones ingresan a la zona de descarga (la misma dependerá del producto a descargar). Allí se enlazan a la planta conectándose con las cañerías previas a los recipientes de almacenamiento para bombear las materias primas.
- 2) Una vez conectado el camión, se procede a la abertura de las válvulas para llenar los tanques:

- Zona de descarga de materia prima inflamable → Corresponde de los tanques TK-101 y TK-102.
 - Zona de descarga de materia prima no inflamable → Corresponde a los tanques TK-106, TK-107, TK-108, TK-110, TK-111 TK-404 y TK-403. La mayoría de estos tanques no son de grandes dimensiones ya que no se requiere de mucha cantidad de ese producto. Es por ello que algunos de ellos son shuttles que a medida que se consumen, se reemplazan. Este trabajo lo hace un autoelevador tomando el shuttle vacío y colocando el lleno. En el caso del agua DEMI TK-105 esta se ve provista por la zona de servicios auxiliares.
- 3) En cuanto se comienzan a llenar los tanques, el control de estos también se pone en marcha para asegurar que no se produzca ningún inconveniente.
 - 4) Finalizada la carga de los tanques de almacenaje, se procede al cierre de las válvulas y la desconexión de la corriente con el camión.

Luego de tener los tanques y las tolvas llenos con las materias primas necesarias, se procede con el siguiente protocolo para continuar con el proceso:

- 5) Se comienza a dosificar las diferentes materias primas a los tanques mezcladores (M-112 y M-113), por ende, se encienden las bombas (P-101, P-102, P-103, P-104, P-105, P-106, P-107, P-108 y P-110) y los tornillos dosificadores (SF-109 y SF-111). Junto con esta maniobra se van a ir abriendo las diferentes válvulas asociadas y, con ayuda del controlador de caudal, se dosifican las corrientes en base a la corriente de butadieno. De esta forma, se asegura una correcta estequiometría. Además, ambos mezcladores poseen un sistema de agitación que se pone en marcha para asegurar el correcto homogeneizado. En relación con el mezclador M-113, se deberá tener en cuenta no solo el nivel, sino también la temperatura. Ambas variables se alcanzarán en simultáneo.
- 6) Una vez alcanzado los niveles seteados (y en caso del M-113 también la temperatura) para estos mezcladores, se encienden las bombas de dosificación al reactor (P-112 y P-113) y sus respectivas válvulas controlaran el caudal necesario para mantener el nivel, es decir, el caudal total de entrada será igual que el de salida.

2^{da} Sección: Producción de e-SBR

Luego de la puesta en marcha de los homogeneizadores y las dosificaciones de la mezcla se inicia la reacción correspondiente al primer reactor:

- 1) Se pone en marcha el agitador del primer reactor y el sistema de regulación de presión hará su trabajo para que la presión dentro del reactor se mantenga en la operativa.
- 2) Una vez alcanzado el nivel y el tiempo de residencia del primer reactor (R-201), se enciende la bomba de dosificación (P-202) y se abre la válvula para que se produzca el llenado del segundo reactor (R-202). Tanto el nivel como el tiempo de residencia, ocurren al mismo tiempo.
- 3) De igual forma que el primero, una vez se alcanzó el nivel y el tiempo de residencia, se enciende la bomba que dosifica al tercer reactor (R-203).
- 4) Así sucesivamente hasta llegar al noveno reactor (R-209). En este último, donde se produce el stop de la reacción, se enciende la bomba de dosificación de TBC (P-111) y se suministra según las especificaciones.
- 5) Una vez alcanzado el nivel y el tiempo de residencia del último reactor, se enciende la bomba (P-209) que envía el látex al tanque pulmón de la zona 3. Una vez encendida esta bomba, se proceden a encender los compresores (JB-301, JB-302 y JB-305) de la zona 3 que producen vacío en los evaporadores flash y la torre de destilación. Esto se debe a que la generación de vacío lleva un tiempo apreciable.

3^{ra} Sección: Recuperación de materia prima

Una vez que el tren de reactores entre en régimen, se procede a la recuperación de butadieno y luego de estireno:

- 1) Una vez alcanzado el nivel del tanque pulmón (TK-301) se procede con el encendido de la bomba (P-301) y la apertura de la válvula correspondiente que dosifica el látex hacia los evaporadores flash. Previo a ello, un intercambiador de calor (E-302) lo lleva a la temperatura de trabajo. La placa orificio provoca una disminución brusca de la presión de la mezcla.
- 2) Al momento que se enciende la bomba (P-210), los compresores (JB-303 y JB-304) que generan vacío en los evaporadores (V-303 y V-304) se

encienden. Entonces, al momento de la llegada del látex, los evaporadores ya estarán en las condiciones de operación. La presión en los evaporadores y el vacío son controlados por las válvulas reguladoras correspondientes.

- 3) El látex libre de butadieno es bombeado por la bomba (P-304) hacia el stripping (D-305). En el mismo instante, ingresa el vapor en la torre. Cuando se arranca la bomba (P-201), se pone en marcha el compresor del stripping (JB-305). De esta forma, la torre de destilación ya estará a la presión de trabajo.
- 4) Una vez alcanzado el nivel de líquido en el separador (S-305) se enciende la bomba (P-305).
- 5) En relación con la bomba (P-305), esta se enciende cuando la torre stripping alcanza un nivel determinado. De esta forma, el látex sin butadieno ni estireno se dosifica al tanque pulmón de la zona 4.

4^{ta} Sección: Coagulado, secado y acabado

Una vez puesta en marcha la sección de recuperación de materia prima, se comienza a poner en marcha la última zona de la planta, cuyo procedimiento es el siguiente:

- 1) Una vez alcanzado el nivel en el tanque pulmón (TK-401) se procede a encender la bomba de dosificación del látex libre de butadieno y estireno (P-401) y a abrir la válvula reguladora correspondiente. Esta línea abastece el mezclador del látex con el antioxidante (M-402).
- 2) Una vez encendida la bomba que dosifica el látex, se enciende el tornillo que dosifica el antioxidante (SF-402) y el agitador del tanque mezclador.
- 3) Una vez alcanzado un nivel específico del tanque mezclador, se enciende la bomba (P-402) que dosifica la mezcla hacia el coagulador (CG-401). En el instante que se enciende esta bomba, también lo hacen las bombas de dosificación de la solución ácido sulfúrico (P-404) y la solución de cloruro de sodio (P-403). En la puesta en marcha no existirá reproceso de la mezcla del filtro. Estas tres corrientes se comenzarán a dosificar lentamente ya que deberán cumplir el tiempo de residencia necesario para una correcta coagulación. Cuando el reproceso sea considerable, estas corrientes entraran al estado estacionario y cumplirán con el set point.

- 4) Al llegar al nivel de trabajo del coagulador, se abre la válvula que permite el paso del e-SBR en forma de migajas y en suspensión hacia el filtro rotativo (FR-401) que ya estará en funcionamiento.
- 5) El e-SBR filtrado avanza hacia el tanque de lavado (W-401) al mismo tiempo que lo hace el agua caliente dosificado por la bomba (P-407). Inicialmente, la dosificación de agua caliente será mayor hasta que la recirculación tenga el valor en estado estacionario. El tanque alcanzará el nivel de trabajo y luego, una válvula permitirá el paso de la mezcla hacia el último filtro rotativo (FR-402) que ya estará en funcionamiento.
- 6) Una vez alcanzando el nivel del tanque de lavado, el extrusor (E-401) se encenderá, para que luego del filtrado, las migajas atraviesen el extrusor y procedan al secado.
- 7) Los pellets ya formados comienzan a atravesar el secadero (SC-401), en el cual el aire se encuentra circulando y la cintas en funcionamiento. Una vez atravesado el secado, el producto final se dirige a la zona de envasado.

Cabe destacar que todos los servicios auxiliares se encuentran listos para ser utilizados o, en algunos casos, ya circulando por los equipos para elevar o disminuir la temperatura del mismo previo a la llegada del producto.