
PUESTA EN MARCHA

Capítulo VIII

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÁCIDO FÓRMICO

Curso 2015-2016
Tutor: Rafael Bosch



UAB
Universitat Autònoma
de Barcelona

Borja Sieiro Pereira
Gil Garcia Casassas
Margalida Servera Monserrat
Raphaela Tkatchenko
Raúl Ferrà Giménez de la Fuente

Capítulo VIII: Puesta en marcha

8.1 INTRODUCCIÓN.....	3
8.2. TAREAS PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA	4
8.3. PUESTA EN MARCHA INICIAL.....	5
8.3.1. ÁREA DE SERVICIOS	5
8.3.2. ÁREA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS	6
8.3.3. ÁREA DEL ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMAS (ZONA-100)	7
8.3.4. ÁREA DE REACCIÓN DE CARBONILACIÓN (ZONA-200)	9
8.3.5. ÁREA DE SEPARACIÓN (ZONA-300)	11
8.3.6. ÁREA DE REACCIÓN DE HIDRÓLISIS (ZONA-400)	13
8.3.7. ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE EXTRACTANTE (ZONA-500)	15
8.3.8. ÁREA DE SEPARACIÓN (ZONA-600)	16
8.3.9. ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO (ZONA-700)	20
8.4. PARADA DE LA PLANTA	21

8.1 INTRODUCCIÓN

Ahora con el diseño de toda la planta está finalizado, se estudia la puesta en marcha, ya que todo el proceso está diseñado para trabajar en continuo.

Para ello se estudia la puesta en marcha des de cero pero también el arranque después de que la planta haya sufrido una parada para mantenimiento o por una interrupción inesperada.

Se establecen un protocolo, el cual determina el procedimiento a ser seguido, para así asegurar de que cada paso es seguro y facilitar la intervención en el caso de que surjan complicaciones.

Los pasos a seguir, básicamente serán:

- Pasos previos:

Donde se ponen en marcha el área de servicios de la planta, sin el cual ésta no funcionaría.

Simultáneamente se acciona el área de tratamiento de residuos, ya que desde el principio, la planta genera residuos, ya sean nocivos para el medio ambiente o no.

- Puesta en marcha del proceso

Aquí se sigue un protocolo, donde cada área de la planta tiene su momento determinado de arrancar y cada equipo tiene pautas que deben ser seguidas para su correcto funcionamiento.

Tal como se ha mencionado, la puesta en marcha puede ser desde la primera arrancada de la planta, pero también después de una parada.

Si esta parada es por mantenimiento, volver a reiniciar el proceso se hace de manera similar a la primera puesta en marcha.

En el caso que la parada sea debido a una interrupción inesperada, una situación de emergencia, volver a arrancar es más complicado, ya que depende del motivo de la detención y de las circunstancias en las que se encuentran los equipos y el proceso en sí.

Por eso, es importante que el personal esté debidamente preparado para ambas situaciones.

Para ello, se harán sesiones intensivas de formación de todo el personal, incluyendo a aquellos que no estén necesariamente en contacto directo con equipos y sustancias peligrosas.

Con lo cual, la planta contará con empleados altamente preparados, desde personal de mantenimiento, a los técnicos de laboratorio que se encargarán de hacer análisis de las primeras gotas que empiecen a salir del producto.

A continuación se disponen listas de acciones que determinan el protocolo a ser seguido. Las acciones que tienen el mismo número de orden, se harán simultáneamente.

8.2. TAREAS PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA

A continuación se dispone una hoja de especificación de check-list de las tareas más importantes e indispensables de ser realizadas previamente a la puesta en marcha.

	HOJA 1 DE 1		CHECK LIST 0									
	PLANTA	ÁCIDO FÓMICO										
	LOCALIDAD	IGUALADA	FECHA									
	SUPERVISOR											
	FIRMA											
<i>Si el estado de la tarea es realizada/activa/correcta marque</i>		<input checked="" type="checkbox"/>										
<i>Si el estado de la tarea es Pendiente / inactivo / incorrecto</i>		<input type="checkbox"/>										
ORGANIZACIÓN												
Disponibilidad de personal de operación, mantenimiento y control de calidad												
Turnos establecidos y cubiertos con la correcta distribución de personal												
Asegurar contacto fluido con proveedores y su disponibilidad												
COMPROBACIÓN												
¿Coincide disposición de los equipos con el diagrama de ingeniería?												
Actualizar inventario de equipos, accesorios y recambios												
Disponibilidad de herramientas de mantenimiento												
Fácil acceso a catálogos, hojas de especificaciones y fichas de seguridad												
Existe total disponibilidad de todos los servicios requeridos a la planta												
Correcta conexión de los equipos a los servicios												
No hay fugas de cualquier tipo en los corrientes entre servicios y equipos												
Medidas antiincendios disponible y correctamente señalizada												
Piscina de incendios con agua/ bocas de incendios con caudal de agua adecuado												
Disponibilidad adecuada de los EPI												
Disponibilidad de material de primeros auxilios												
Existencia de plantes de emergencia y evacuación												
Correcto funcionamiento de alarmas y sensores												
Limpieza adecuada de la instalación y de todos los equipos y accesorios												
PRUEBAS												
Estanqueidad y continuidad en las tuberías												
Realización de pruebas de presión en las tuberías y equipos												
Lubricación adecuada de los accesorios												
Correcta inertización de los equipos												
Correcta conexión entre equipos												
Funcionamiento correcto y fluido de los programas de control de proceso												
LABORATORIO												
Disposición de materiales de muestreo y obtención de composiciones												
Correcto funcionamiento de equipos de análisis y control de calidad												
Especificación de todas las substancias manipuladas en la planta												

8.3. PUESTA EN MARCHA INICIAL

A continuación se muestran los pasos a seguir para la puesta en marcha de la planta, desde cero y desde un paro programado por mantenimiento de la misma.

Para ello, se planifica un protocolo que abarca desde la secuencia de prioridad de encendido y apagado, hasta especificar en qué condiciones y mecanismos se manipulan una válvula.

Este protocolo arranca con poner en marcha el área de servicio simultáneamente con el área de tratamiento de residuos, pasando por las diferentes zonas del proceso y finalizando con el área de almacenamiento de producto.

8.3.1. ÁREA DE SERVICIOS

Sin el correcto funcionamiento de los servicios, no se puede proceder a poner en marcha ningún equipo del proceso, con lo cual, esta área debe ser el primero en ponerse en marcha.

El protocolo a ser seguido se muestra en la tabla 8.3.1.

Tabla 8.3.1. Protocolo de puesta en marcha del área de servicios de la planta.

Orden de prioridad	Acción
1	Abrir la llave de paso de agua potable
1.1	Comprobar que llega agua a todas las fuentes
2	Arrancar TRAFO
2.1	Comprobar ausencia de fallo eléctrico y que éste llega a los sitios determinados por diseño
3	Arrancar grupo electrógeno
4	Poner en marcha sistema de venteo
4.1	Comprobar que se inertizan los equipos correctamente
5	Abrir válvula de paso de agua a torres y calderas
5.1	Comprobar el correcto funcionamiento de la descalcificadora
6	Abrir válvula de entrada de gas natural
6.1	Comprobar que llega suficiente caudal de gas a la caldera
7	Poner en marcha el grupo de aire comprimido
7.1	Asegurar que llega aire comprimido a todas las válvulas neumáticas

8.3.2. ÁREA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS

Tal como se ha mencionado en el apartado 8.1, el área de tratamiento de residuos se pondrá en marcha simultáneamente cuando se accione el punto 4 de la tabla 8.3.1, ya que a partir de ese momento la planta empezará a generar residuos, los cuales, por legislación, hay que tratarlos para evitar emisiones y abocamiento de contaminantes.

Tabla 8.3.2. Protocolo de puesta en marcha del área de tratamiento de residuos.

Orden de prioridad	Acción
1	Poner en marcha el equipo de oxidación térmica regenerativa (RTO)
2	Abrir válvula de entrada de O ₂

8.3.3. ÁREA DEL ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMAS (ZONA-100)

A continuación se establece el protocolo a seguir para activar el área de almacenamiento de metanol y monóxido de carbono, las materias primas del proceso, presentada en la figura 8.3.1

En las tablas 8.3.3.1 y 8.3.3.2 se disponen el orden de prioridades de las acciones a realizar para llevar a cabo la activación de la ZONA-100.

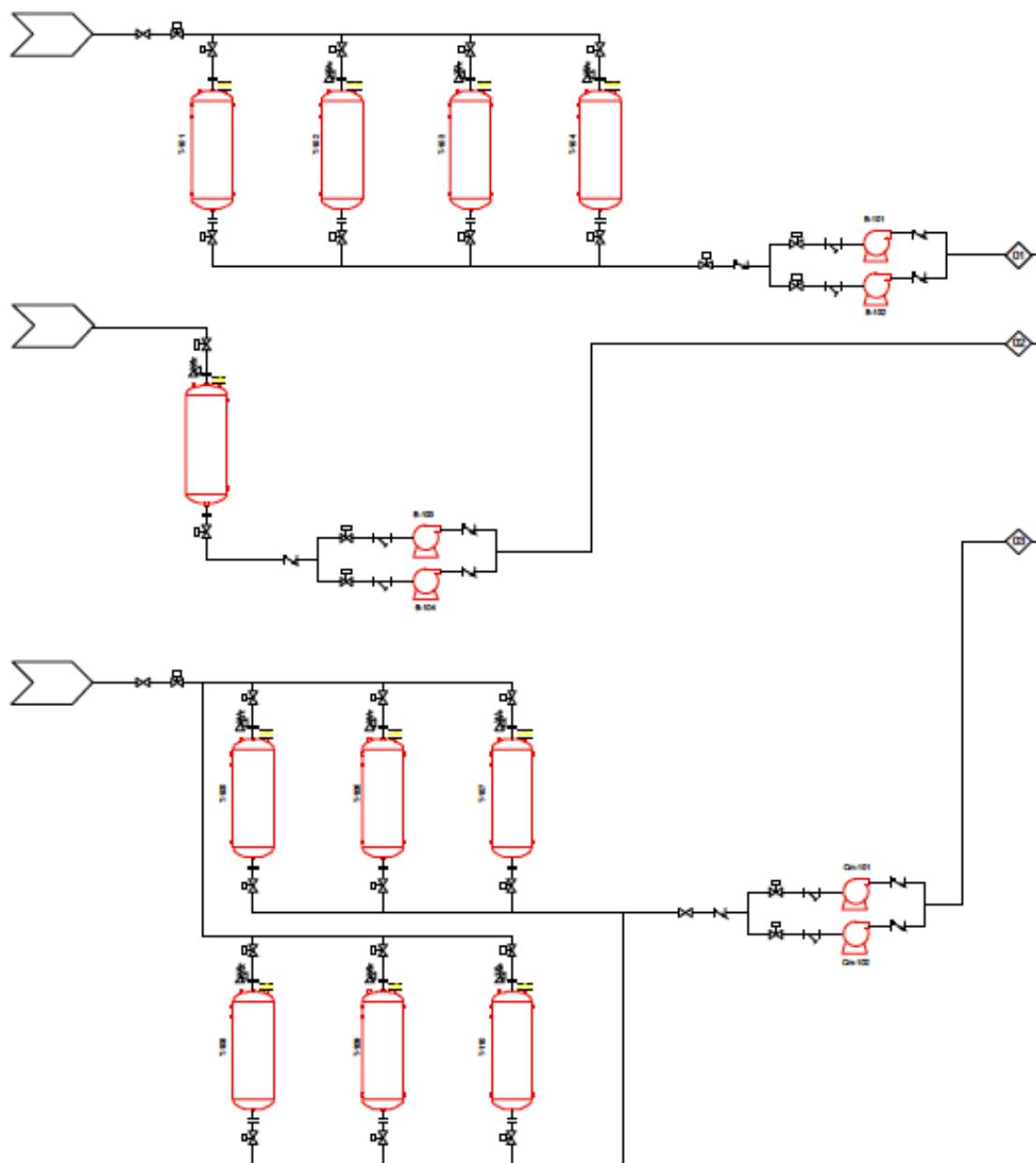


Figura 8.3.1. Ilustración del área de almacenamiento de materia prima.

Tabla 8.3.3.1. Puesta en marcha de los tanques de metanol

Orden de prioridad	Acción
1	Comprobar que todas las válvulas están cerradas
2	Activar todos los sistemas de control
3	Abrir válvula de venteo
4	Presurizar los tanques con N ₂
5	Abrir la válvula de llenado
6	Arrancar bomba de llenado
7	Apagar la bomba cuando el control de nivel indique el nivel de consigna
8	Cerrar válvulas de llenado

Respecto al tanque criogénico de CO, el proveedor LINDE se hace responsable del llenado de estos, con lo cual, AFOR se encargará de hacer las debidas medidas adecuadas para ponerlo operativo.

Tabla 8.3.3.2. Puesta en marcha de los tanques criogénicos de CO

Orden de prioridad	Acción
1	Poner en marcha todo el sistema de control
2	Abrir válvula de venteo
3	Activar válvula NRV (Non Return Valve)
4	Abrir válvula 11, de descarga

8.3.4. ÁREA DE REACCIÓN DE CARBONILACIÓN (ZONA-200)

En esta zona tendrá lugar la reacción de carbonilación, a condiciones de presión y temperatura elevada, con lo cual es imprescindible que todo el sistema de control esté funcionando de manera impecable.

Al tratarse de una reacción donde los reactivos están en fase gas y líquida, no hay un buen contacto entre ellos, aun habiendo agitación en el reactor, con lo cual, en activarse esta zona, se abrirá un circuito de recirculación, el cual no dejará que los productos de reacción avancen hacia el tanque pulmón que hay después del reactor, hasta que el control de composición de esa línea de recirculación muestre que ya se ha alcanzado una conversión aceptable dentro del reactor, dando así continuidad a la secuencia del proceso.

A la figura 8.3.2 se ilustra los equipos y corrientes que componen el área de la reacción de carbonilación.

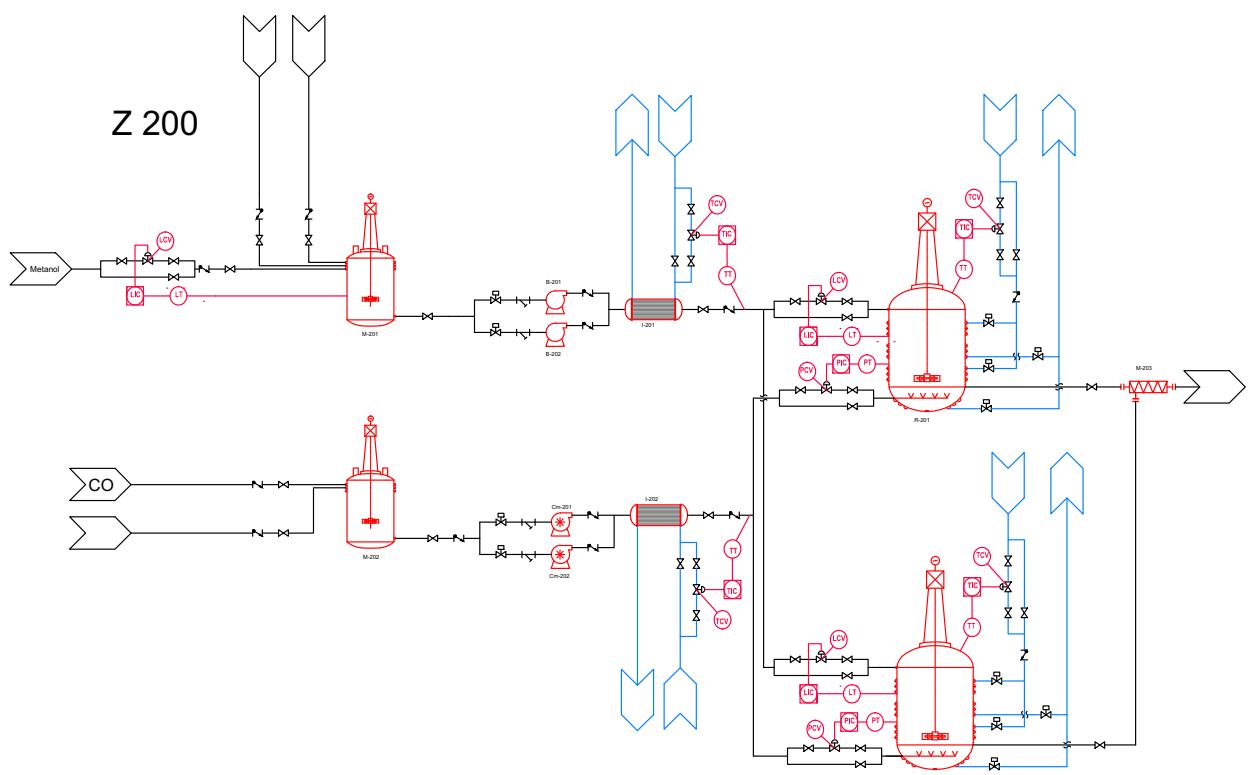


Figura 8.3.2. P&ID de la ZONE-200.

A la tabla 8.3.4 se detallan los pasos a seguir para la puesta en marcha de esta zona, respectando la prioridad de cada etapa.

Tabla 8.3.4. Puesta en marcha de la zona de reacción de carbonilación

Orden de prioridad	Acción
1	Abrir válvula de proceso del corriente de 1
2	Abrir válvula de proceso del corriente 2
3	Abrir válvulas de salida del tanque de CO y del tanque de la mezcla MetOH + Catalizador
4	Proceder al llenado de M-201 y M-202
5	Encender B-201/ B-202 y Cm-201/ Cm-202
6	Comprobar que no haya fugas en tuberías y/o equipos
7	Abrir la válvula de servicio de I-201/ I-202
8	Abrir la válvula de entrada de R-201/ R-202
9	Abrir válvula de recirculación de los reactores
10	Comprobar que la composición de línea de recirculación es la deseada dentro de R-201/R-202
11	Abrir válvula de entrada de M-203
10	Abrir válvula de salida de R-201/ R-202

8.3.5. ÁREA DE SEPARACIÓN (ZONA-300)

Una vez en operación la zona de reacción, se procede a poner en marcha la siguiente zona, donde se lleva a cabo las primeras separaciones, mediante una columna flash y una torre de destilación.

En la columna flash, F-301, debido al cambio repentino de presión de la válvula de presión, se separa el CO_(gas) del CH₃OH_(liq) y HCOO-CH₃_(liq). Por lo tanto, empiezan la primera recirculación de la planta, retornando el CO a la ZONA-200 para volver a reaccionar en R-201/R-202.

Después, para separar el metanol del formiato de metilo, se utiliza una columna de destilación, C-301, donde el Metanol, al ser menos volátil, sale por la parte del reboiler de la columna y se le envía a M-201, para volver a reaccionar en la ZONA-200.

El formiato de metilo sale por la parte superior de la columna, listo para ser enviado a la ZONA-400 (hidrolisis).

En la figura 8.3.3 se representa los diferentes equipos y accesorios de la ZONA-300.

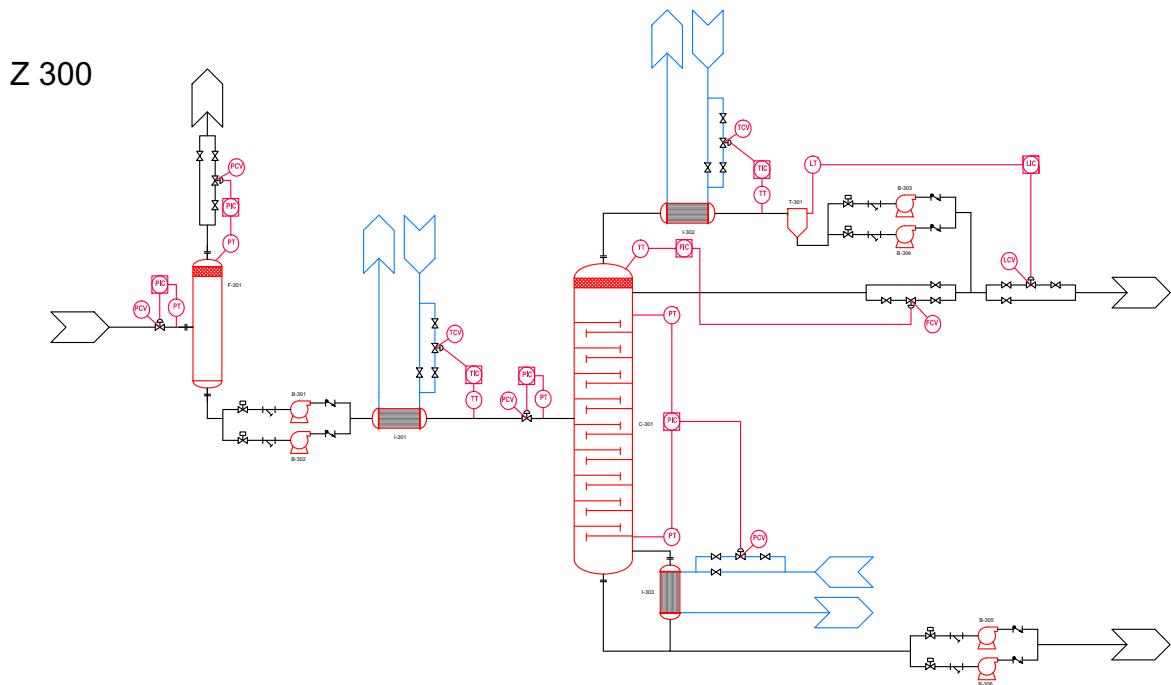


Figura 8.3.3. P&ID de la ZONA-300. Primera separación del proceso.

En la tabla 8.3.5.1 se detallan el procedimiento a seguir para activar esta área.

Tabla 8.3.5.1. Puesta en marcha de la ZONA- 300

Orden de prioridad	Acción
1	Abrir válvula de salida del M-203
2	Abrir válvula de expansión de entrada a la F-301
2	Abrir válvulas de salida de vapor y de líquido de F-301
2	Abrir válvula de entrada de recirculación del CO a M-202
5	Encender B-301/ B-302
6	Poner en marcha I-301
7	Abrir la válvula de servicio de vapor a I-301
8	Abrir válvula de servicio de agua a 22°C a I-302
9	Comprobar que válvulas de salida del destilado de la ZONA-300 están cerradas
10	Abrir válvula de entrada de C-301
11	Abrir válvula de servicio de I-303 cuando se alcance el nivel de líquido estipulado en la parte inferior de la columna
12	Abrir totalmente la válvula de reflujo, a reflujo total
13	Activar el lazo de control de temperatura y nivel del T-301, el cual indicará cuando la C-301 ha alcanzado el estado estacionario.
14	Cuando haya estado estacionario, abrir válvula de entrada a C-301
14	Abrir válvula de salida del reloiver
14	Encender B-307/ B-308
14	Abrir válvula de entrada de recirculación de MetOH a M-201

8.3.6. ÁREA DE REACCIÓN DE HIDRÓLISIS (ZONA-400)

Una vez en marcha y en estado estacionario la columna de destilación C-301, se procede a activar la zona de la segunda reacción del proceso, donde tiene lugar la hidrólisis.

Las primeras gotas del destilado que salgan de C-301 tendrán la mejor composición que todas las posteriores, ya que el primer destilado proviene justo del reflujo continuo.

Con lo cual, la composición de entrada a los reactores de la zona 400 serán las más elevadas, a más a más, el hecho de que la reacción de hidrólisis tiene lugar entre dos reactivos en estado líquido ambos, no hay necesidad de la existencia de un corriente de recirculación en los reactores para mejorar el contacto entre éstos, ya que con la agitación proporcionada por el agitador, permitirá que el agua y el formiato de metilo tengan un buen contacto.

Por lo tanto en esta zona, se introduce también un corriente que traerá agua de proceso, para hidrolizar al formiato de metilo proveniente del destilado de C-301.

En la figura 8.3.4 se presenta una ilustración resumida de los diferentes equipos que componen esta área.

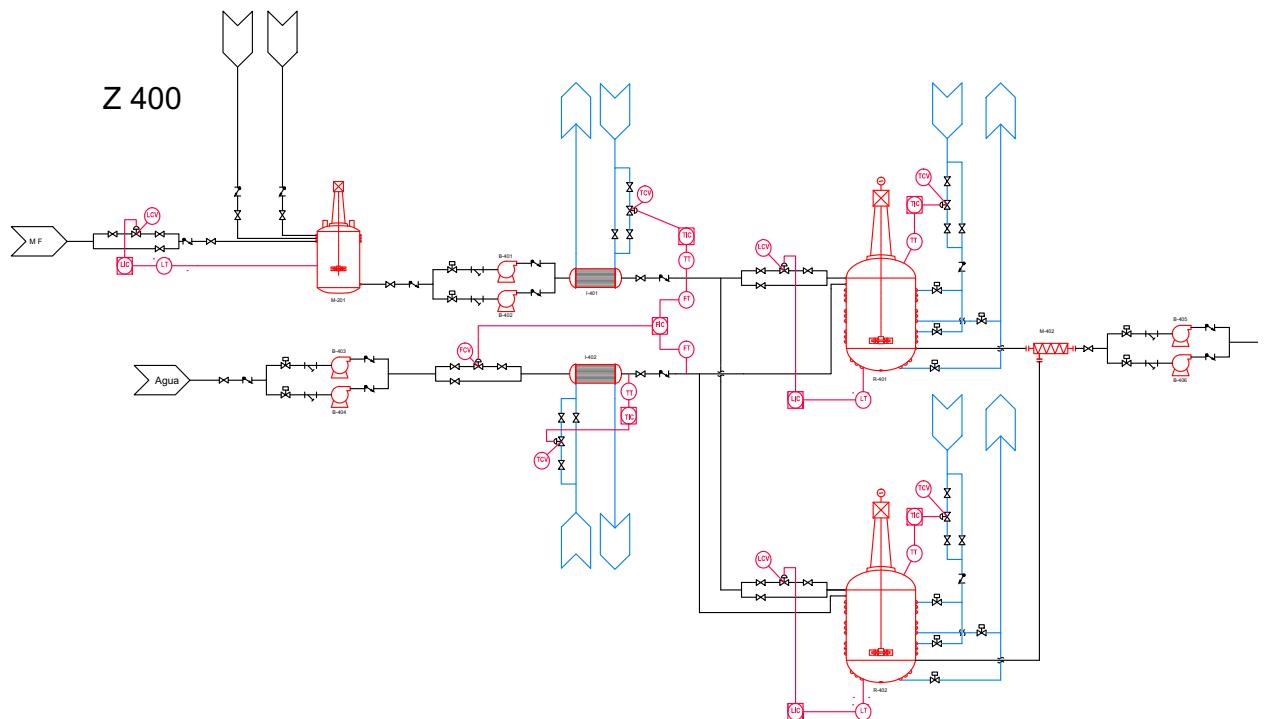


Figura 8.3.4. P&ID de la ZONA-400. Reacción de hidrólisis del formiato de metilo.

En la tabla 8.3.6.1 se especifican el orden de prioridad de acción.

Tabla 8.3.6.1. Puesta en marcha de la ZONA-400

Orden de prioridad	Acción
1	Abrir válvula de entrada del fluido del proceso a M-401
2	Abrir válvula de entrada de agua del proceso a M-402
3	Encender B-401/B-402
4	Abrir válvula de entrada de servicio a I-401/I-402 hasta que estos alcance las condiciones estipuladas y sean estables
5	Abrir válvula de salida de M-401/M-402
6	Abrir válvulas de entrada/salida del fluido del proceso a I-401/I-402
7	Encender B-403/B-404/ B-405/ B-406
8	Abrir válvula de entrada a R-401/R-402
9	Comprobar con control de composiciones de R-401/R-402 que se ha alcanzado las condiciones estipuladas
10	Abrir válvula de M-403
11	Abrir válvula de salida de R-401/R-402

8.3.7. ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE EXTRACTANTE (ZONA-500)

Esta zona consta de 4 tanques que se ocuparán de almacenar N,N-dimetilformamida, utilizado como extractante.

El protocolo a seguir para el llenado de esos tanques se asimilan a lo explicado en la tabla 8.3.3.1, donde se pone en marcha la zona de almacenamiento de metanol.

A la figura 8.3.5 se ilustra los equipos y accesorios de la zona de almacenamiento del extractante.

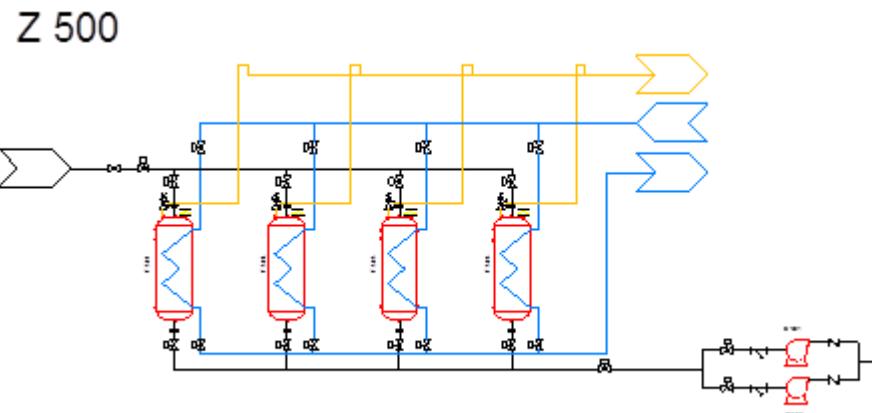


Figura 8.3.5. P&ID de la ZONA-500

Tabla 8.3.7.1. Puesta en marcha de la ZONA-500

Orden de prioridad	Acción
1	Comprobar que todas las válvulas están cerradas
2	Activar todos los sistemas de control
3	Abrir válvula de venteo y presurizar con N ₂
4	Abrir la válvula de llenado
4	Arrancar bomba de llenado
5	Apagar la bomba cuando el control de nivel indique el nivel de consigna
5	Cerrar válvulas de llenado

8.3.8. ÁREA DE SEPARACIÓN (ZONA-600)

Esta zona es la más compleja de todo el proceso, donde se encuentran 5 columnas de destilación de las 6 que hay en total de toda la planta.

Aunque tratando del mismo tipo de equipo, el protocolo de puesta en marcha de las columnas de destilación se asimila mucho entre ellas.

A continuación se explicarán todos los pasos a seguir para llevar a cabo la purificación del producto por el cual se diseña esta planta.

En la primera columna de esta área, C-601, entrarán los productos de la reacción de hidrólisis, $\text{CH}_3\text{OH} + \text{HCOOH}$, pero también parte de los reactivos, $\text{H}_2\text{O} + \text{HCOO-CH}_3$, ya que se trata de una reacción de equilibrio, donde todas las especies coexisten en equilibrio.

Por el corriente de destilados de esta columna, saldrán principalmente metanol y formiato de metilo, aunque, en bajas composiciones, también saldrán agua y ácido fórmico.

Este corriente se enviará a la C-602, donde se separará el ácido fórmico del agua, metanol y formiato de metilo.

Posteriormente, el destilado de la C-602, agua, formiato de metilo y metanol, se envían a una tercera columna, C-603, donde se separará el metanol y se enviará a la ZONA-200 para que vuelva a reaccionar, y el agua y formiato de metilo, a la ZONA-400 para volver a pasar por la hidrólisis.

Por otro lado, del corriente de residuos de la primera columna, C-601, saldrá agua y ácido fórmico, los cuales serán enviados a la columna extractiva para separarlos, utilizando DMF, ya que con una simple columna de destilación no se separan, dada a la proximidad de su punto de ebullición.

El corriente de extractante, el cual contiene HCOOH y DMF, se enviará a la última columna del proceso, la C-604, donde obtendremos finalmente ácido fórmico 90%.

Por el reboiler, saldrá DMF, el cual se enviará al M-601 para mezclarse con el caudal fresco que entra del extractante y se enviará a la columna extractiva de nuevo.

En la figura 8.3.6 se muestra la ilustración de los equipos y accesorios que componen las zonas 500, 600 y 700.

En la tabla 8.3.8.1.e detallan los pasos a seguir para la puesta en marcha en cada torre de destilación y de extracción que constituyen la zona de purificación detallada en este apartado.

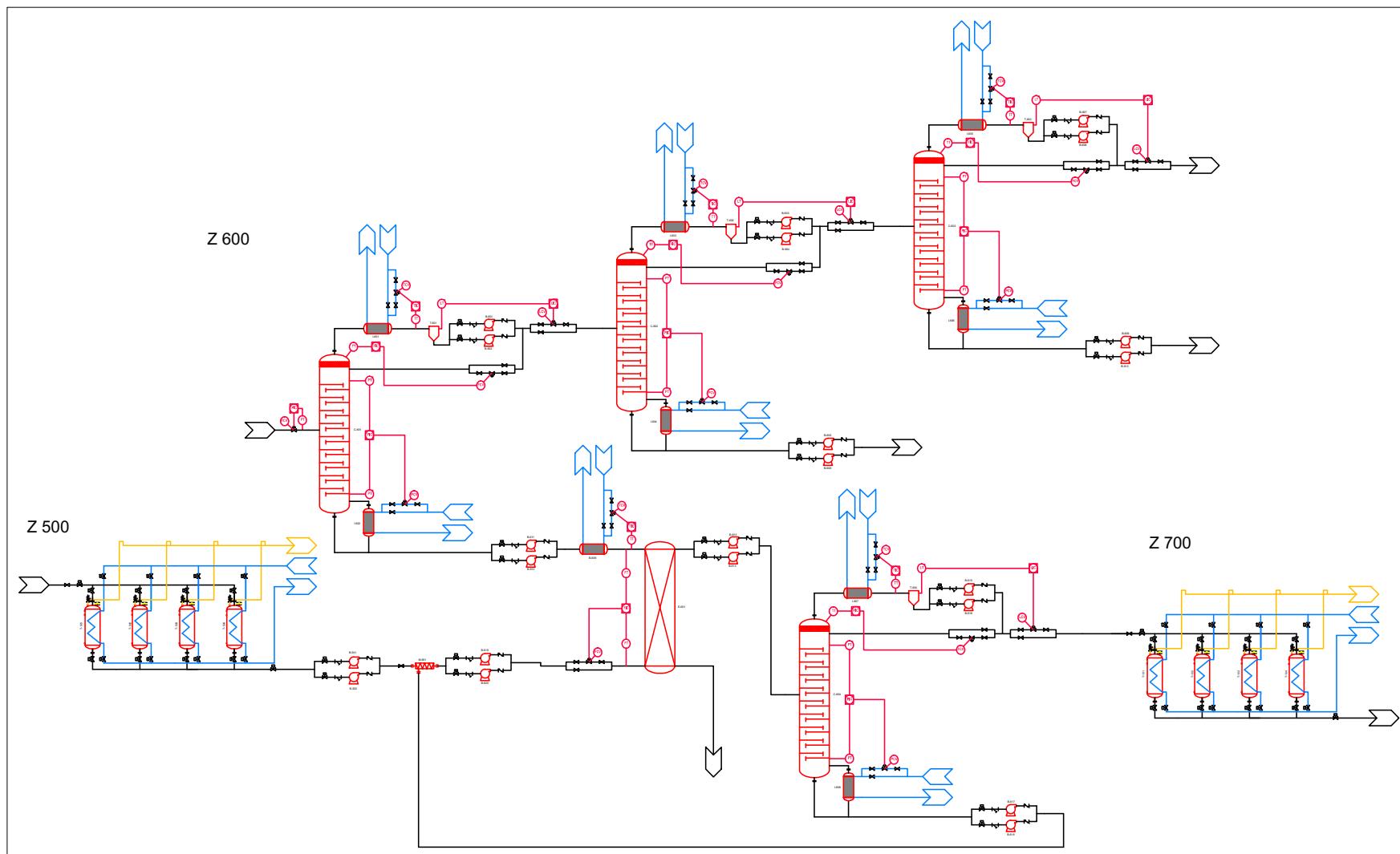


Figura 8.3.6. P&ID de las zonas de almacenamiento DMF, purificación del producto y almacenamiento de HCOOH

Tabla 8.3.8.1. Puesta en marcha de columnas de destilación C-601/C-602/C-603

Orden de prioridad	Acción
1	Abrir válvula de salida del M-403
1	Encender B-405/ B-406
2	Comprobar que válvulas de salida del del destilado de C-601 están cerradas
3	Abrir válvula de entrada de C-601
4	Abrir válvula de servicio de I-602 cuando se alcance el nivel de líquido estipulado en la parte inferior de la columna
5	Abrir válvula de servicio de I-601 cuando empiece a producir vapor
6	Cuando se alcance el caudal de destilado adecuado, cerrar la válvula de entrada a C-601 y esperar a que se consiga el estado estacionario
7	Cuando haya estado estacionario, abrir válvula de entrada a C-601
7	Abrir válvula de salida del reboiler de C-601
7	Abrir válvula de salida de C-601 del destilado a L/D estipulada
7	Abrir válvula de entrada de C-602
8	Abrir válvula de servicio de I-604 cuando se alcance el nivel de líquido estipulado en la parte inferior de la columna C-602
9	Abrir válvula de servicio de I-603 cuando empiece a producir vapor
10	Cuando se alcance el caudal de destilado adecuado, cerrar la válvula de entrada a C-602 y esperar a que se consiga el estado estacionario
11	Cuando haya estado estacionario, abrir válvula de entrada a C-602
11	Abrir válvula de salida del reboiler de C-602
11	Abrir la válvula de entrada de recirculación de M-402
11	Abrir la válvula de salida del destilado de C-602
12	Abrir válvula de entrada a C-603
13	Abrir válvula de servicio de I-606 cuando se alcance el nivel de líquido estipulado en la parte inferior de la columna C-603

Continuación tabla 8.3.8.1

14	Abrir válvula de servicio de I-605 cuando empiece a producir vapor
14	Comprobar que están cerradas las válvulas de salida del destilado de la C-603 y que L/D es total
15	Cuando se alcance el caudal de destilado adecuado, cerrar la válvula de entrada a C-603 y esperar a que se consiga el estado estacionario
16	Cuando haya estado estacionario, abrir válvula de entrada a C-603
16	Abrir la válvula de salida del Reboiler de C-603
16	Abrir válvula de entrada de recirculación a M-201
16	Abrir válvula de salida del destilado de C-603 a L/D estipulada
16	Abrir válvula de recirculación de M-401

Tabla 8.3.8.2. Puesta en marcha de columna E-601 y C-604

Orden de prioridad	Acción
1	Abrir válvula de salida del M-601
1	Abrir válvula de entrada de E-601
1	Abrir válvulas de salidas de E-601
2	Abrir válvula de entrada de C-604
3	Abrir válvula de servicio de I-608 cuando se alcance el nivel de líquido estipulado en la parte inferior de la columna C-604
4	Abrir válvula de servicio de I-607 cuando empiece a producir vapor
4	Comprobar que válvula de salida del destilado de C-604 está cerrada
5	Cuando se alcance el caudal de destilado adecuado, cerrar la válvula de entrada a C-604 y esperar a que se consiga el estado estacionario
6	Cuando haya estado estacionario, abrir válvula de entrada a C-604
6	Abrir válvula de salida del reboiler de C-604
6	Abrir válvula de recirculación de DMF a M-601
6	Abrir válvula de salida de C-604 del destilado a L/D estipulada
6	Analizar si la composición del destilado es la requerida

8.3.9. ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO (ZONA-700)

En esta zona se almacena el producto que sale por el corriente de destilado de C-604, ácido fórmico con una pureza del 90%, el cual tiene un punto de inflamación de 69°C, y sale de la columna de destilación a 100°C y posteriormente es disminuida a 20°C mediante el intercambiador de calor I-611 con lo cual la debida inertización de los tanques de almacenamiento de este producto es indispensable.

Por otro lado, esta substancia tiene un punto de fusión de 8°C, con lo cual, en épocas de invierno, se activa la circulación de vapor en los serpentines que contienen en el interior de cada tanque, mediante un lazo de control que activará el servicio cuando detecte que la temperatura del tanque sea de 15°C, subiéndola a 20°C.

Sin embargo, la utilización de este servicio será esporádica y necesaria solamente en el caso de algún fallo en el proceso o en una parada por mantenimiento, ya que el proceso está diseñado para que se produzca continuamente esta substancia.

En la tabla 8.3.9.1 se presentan el orden de prioridad de las acciones que llevan a cabo la puesta en marcha de esta zona, detallando el funcionamiento de llenado y vaciado de los tanques T-701 y T-702, ya que los tanques T-703 y T-704 funcionarían exactamente igual.

Tabla 8.3.9.1 Puesta en marcha de la ZONA-700

Orden de prioridad	Acción
1	Comprobar que todas las válvulas de salida de los tanques están cerradas
2	Abrir válvula de inertización y presurizar con N ₂
3	Abrir la válvula de llenado de T-701
4	Cuando el nivel de líquido en el tanque alcanza el 80% del volumen del mismo, abrir válvula de entrada de T-702
4	Cerrar válvula de entrada de T-701
5	Conectar manguera del camión cisterna a la válvula de salida de T-701
6	Cuando el nivel de líquido en el tanque sea el 10% de este, cerrar válvula de salida, apagar bomba, cerrar válvula todo-nada del camión y desconectar la manguera
7	Abrir válvula de entrada de T-701

8.4. PARADA DE LA PLANTA

Para la parada de la planta, se seguirán también una serie de pasos secuenciales para detener el proceso en condiciones seguras, sin comprometer a ningún equipo ni accesorios del proceso o de servicios.

Las acciones seguirán el orden detallado a continuación:

1. ZONA-100 y ZONA 200:

Para dejar de alimentar el proceso, se cierran las válvulas de salida de los tanques de almacenamiento de materia prima, ZONA-100, y se espera a que el control de nivel de los mezcladores M-201/M-202 indiquen que el nivel del líquido ocupa menos 10% del volumen total del equipo.

El siguiente paso será esperar a que los reactores de la ZONA-200 se vayan vaciando, ya que siguen saliendo productos, y no hay entrada de reactivos.

Lo mismo pasará con el mezclador M-203. De esta forma, se va deteniendo la operación de la zona 200.

2. ZONA-300

Se cierra el suministro de vapor a los intercambiadores de F-301 y C-301. De esta forma, se dejará de producir vapor en todas las columnas de destilación, y se detenga la producción de destilado, que es el corriente que alimenta las demás zonas.

Cuando ya no haya destilado, se vacía el reboiler.

3. ZONA-400, ZONA-500 y ZONA-600

Con la parada de producción de destilado, los mezcladores M-401 y M-402 dejarán de recibir productos provenientes de la ZONA-300, pero aún siguen recibiendo la entrada de los productos que recirculan de la ZONA-600, por eso se cerrarán la entrada de servicio de vapor a los intercambiadores de los reboilers de todas las columnas de destilación.

También se cierra la válvula de salida de los tanques de DMF, seguidamente las bombas de la ZONA-500 se apagan, dejando de alimentar a M-601, que a su vez, al alcanzar el nivel mínimo de líquido, se cierra su válvula de salida, y dejará de alimentar a la columna E-601.

Cuando el nivel de líquido de M-401 y M-402 sea el mínimo, se cerrará la válvula de salida de éstos y se apagarán las bombas que alimentan a los reactores de la zona 400, que a su vez dejarán de enviar producto a las torres de destilación.

Finalmente, la última columna de destilación, dejará de ser alimentada y a su vez, de enviar producto a los tanques de almacenamiento de la ZONA 700.

Se procederá a vaciar las columnas de destilación y los reactores, que son los equipos que trabajan a elevadas temperaturas, cuando el control de temperatura indique que ésta se iguala a la ambiente.

Por último, se cierran las entradas de frío y se apagan las torres de refrigeración.