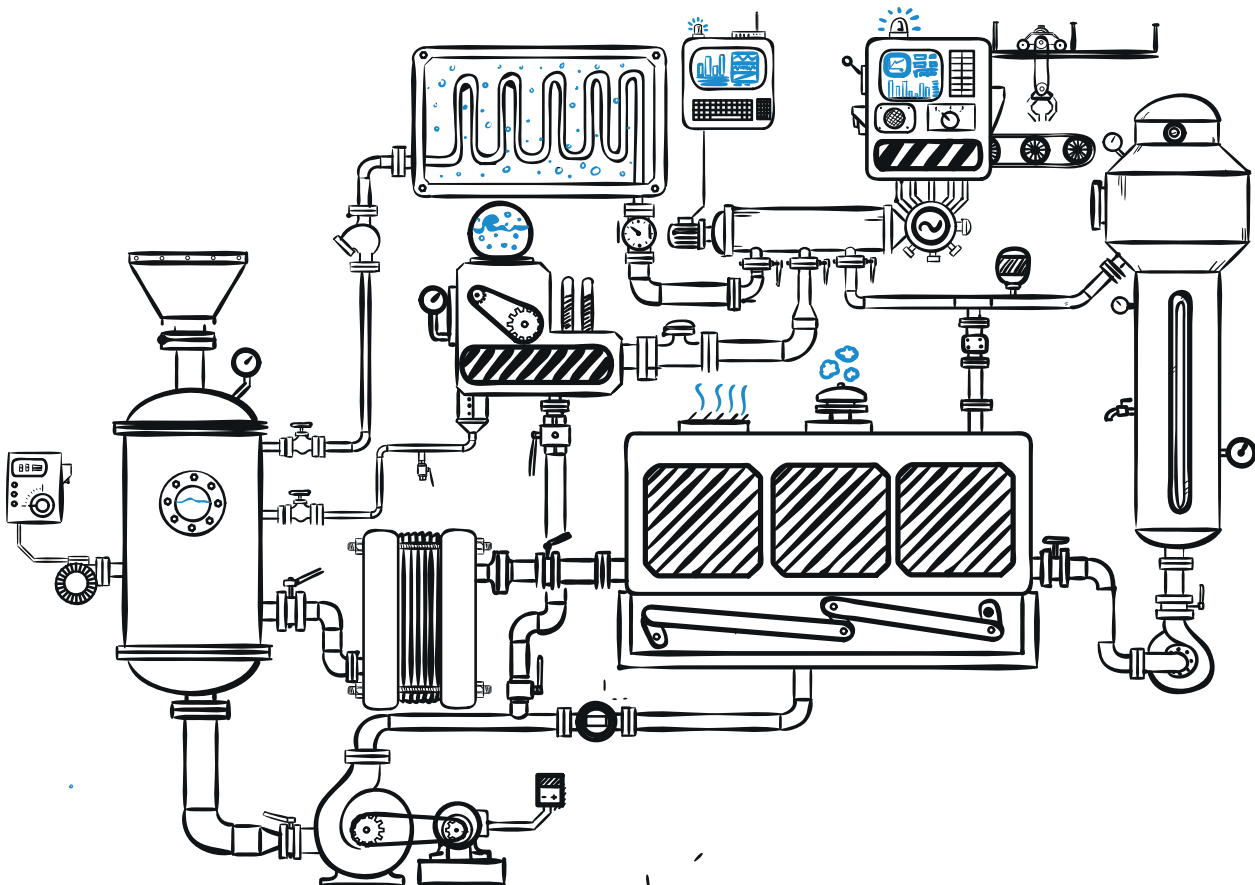


# APARTADO 8

## PUESTA EN MARCHA



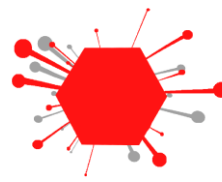


## PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA

---

8	PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA .....	3
8.1	INTRODUCCIÓN.....	3
8.2	TAREAS PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA .....	4
8.3	PUESTA EN MARCHA INICIAL DE LA PLANTA .....	6
8.3.1	PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA DE SERVICIOS (A-1500 / A-1600).....	6
8.3.2	PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS (A-500) .....	7
8.3.3	PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA DE ALMACENAJE DE MATERIAS PRIMAS (A-100) .....	8
8.3.4	PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA DE REACCIÓN (A-200).....	9
8.3.5	PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA DE SEPARACIÓN (A-300) .....	11
8.3.6	PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA DE ALMACENAJE DE PRODUCTO (A-400) .....	14
8.4	PARADA DE LA PLANTA .....	15





## 8 PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA

### 8.1 INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de la puesta en marcha de una planta es la de llegar a la operación en continuo de un modo rápido, seguro y con las mínimas interrupciones. El control de la planta durante esta puesta en marcha será de forma manual y será llevada a cabo por personal cualificado y experto, además de contar, en todo momento, con un equipo de mantenimiento para posibles contratiempos, que pueden ser: mecánicos, eléctricos o de construcción; a su vez también estarán presentes un equipo de seguridad adicional y personal de laboratorio.

En este punto del proyecto también se llevará a cabo un entrenamiento del personal de la fábrica, ejecutado por instructores y personal con experiencia en plantas similares. Habrá que adecuar el nivel de entrenamiento a cada tipo de operario de la planta.

Este entrenamiento será llevado por personal externo y se darán clases teóricas de todo tipo:

- Protección contra el fuego y atmosferas explosivas.
- Primeros auxilios.
- Simulación del proceso.
- Manuales de operación.
- Pequeña escala del proceso.

Además, a modo práctico, se hará una simulación de operación en una planta similar de producción de cumeno en Palos de la Frontera (Huelva), refinería "La Rábida".

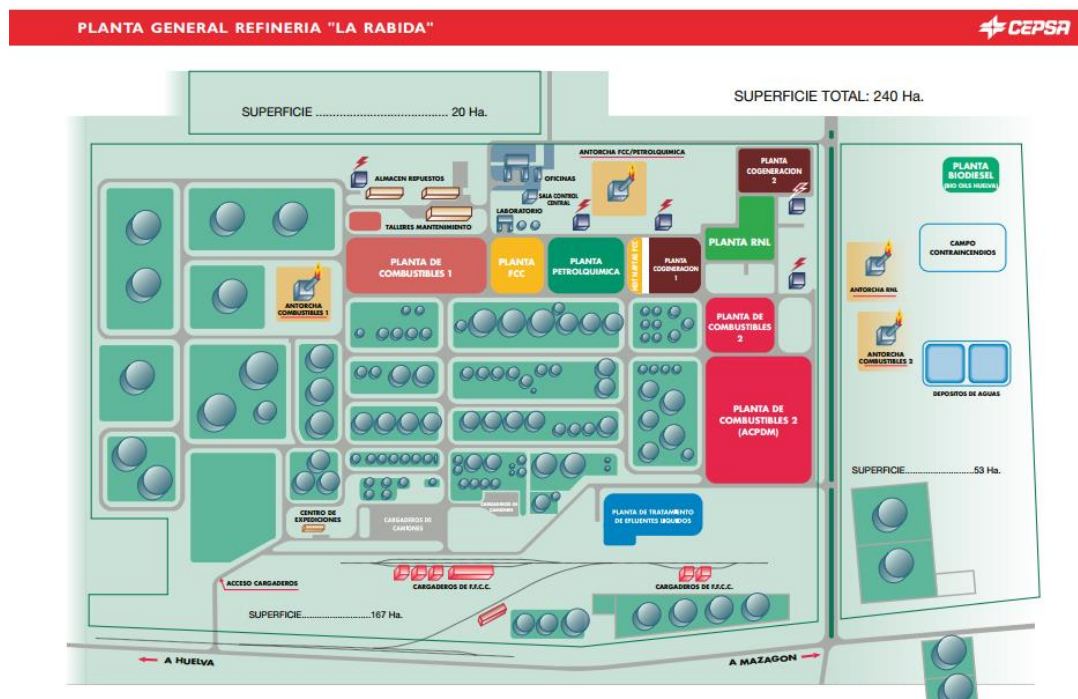


Figura 8.1 Planta de producción de cumeno de CEPSA, S.A.



Así pues, se empezará a introducir la puesta en marcha diferenciándola en dos tipos:

- La primera puesta en marcha en la planta después de su construcción.
  - Esta tiene el inconveniente que los equipos y tuberías están totalmente vacíos y por eso las recirculaciones presentes en el proceso no se producirán. Es por eso que se añadirá la misma cantidad de benceno recirculado teórica como materia prima, hasta que se pueda obtener una calidad de recirculado aceptable, analizado por el personal de laboratorio.
- Las puestas en marcha después de los respectivos paros por mantenimiento o bien por paradas no previstas.
  - Estas, a diferencia de las anteriores, es que ya se conoce la puesta en marcha de todas las instalaciones, y sobre todo los puntos críticos que han aparecido otras veces.

## 8.2 TAREAS PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA

Hay que tener en cuenta ciertos puntos previos antes de la verdadera puesta en marcha a nivel de fluidos de proceso. Estos puntos se basan en limpiar, comprobar, verificar y activar equipos e instalaciones.

Es por eso que es importante disponer de una lista exhaustiva de todos los equipos con sus funciones, datos constructivos y técnicos, etc. (apartado 2 del proyecto) y también un “Checklist” de las tareas a realizar y comprobar:

### CHECKLIST

Marcar los cuadros si la acción que describen está hecha o se encuentra activa con



Marcar los cuadros si la acción que describen no está hecha o no se encuentra activa con



### SERVICIOS:

- Los servicios llegan a la planta de manera externa correctamente.
- Los servicios con todos los equipos de la planta están debidamente conectados (electricidad, gas natural y agua).
- No hay fugas de ningún tipo.
- La calidad y cantidad de los servicios es la establecida y acordada con los proveedores.



## **PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA**

---

### **EQUIPOS DE PROCESO:**

- Comprobar certificaciones de materiales, leyes de construcción y calibraciones.
- Establecer contacto con proveedores y fabricantes.
- Comprobación con los diagramas de ingeniería y de construcción que: tuberías, equipos y control están de acuerdo con estos.
- Inertización de tanques, tuberías y equipos en general (la electricidad estática que se genera por el rozamiento de los fluidos puede producir combustión).
- Inspección del interior de todos los equipos y recipientes.
- Prueba hidráulica a lo largo de todo el proceso con ninguna fuga (circulación de agua con pigmento).
- Herramientas y piezas de recambio para todos los equipos de la planta.
- Cebado de las bombas centrífugas con fluido.
- Limpieza de equipos, tuberías con agua y soplado con nitrógeno.
- Lubricado de equipos mecánicos.
- Programas de control del proceso instalados correctamente y funcionamiento correcto del control manual.
- Expansión de tuberías y equipos (comprobación de libre movimiento).

### **SEGURIDAD:**

- Extintores, hidrantes y EPIs en buen estado y en regla.
- Permisos y escrituras en regla.
- Válvulas de seguridad i discos de ruptura debidamente instalados.
- Personal de emergencia y seguridad a punto de actuación.
- Calibración de alarmas y sensores en funcionamiento.
- Orden en la planta y señalización debida de salidas de emergencia.
- Iluminación mínima instalada.
- Duchas y lavaojos instalados y en funcionamiento.
- Procedimiento de actuación en caso de incendio.
- Planes de emergencia y evacuación.
- Material de primeros auxilios y personal médico disponible.

### **LABORATORIO DE CONTROL:**

- Planificación de los horarios y las funciones de personal para los controles de calidad.
- Establecer zona de almacenaje de muestras.
- Etiquetaje de muestras.
- Material de muestreo y de obtención de composiciones.



## **8.3 PUESTA EN MARCHA INICIAL DE LA PLANTA**

### **8.3.1 PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA DE SERVICIOS (A-1500 / A-1600)**

Los servicios de la planta es la primera fase de la puesta en marcha. Hay que ponerlos en marcha porque de ellos dependen todos los otros equipos de la planta.

El orden que se va a seguir para su correcta puesta en marcha es el siguiente:

1. Proveer la piscina de incendios con agua, y comprobar que hidrantes y bocas de incendios disponen del caudal de agua implantado según la ley.
2. Abrir la llave de paso de agua potable y comprobar que ésta llega a todas las fuentes, duchas y lavajos de la planta.
3. Poner en marcha el transformador eléctrico y comprobar que no hay ningún fallo y que se abastece a la totalidad de la planta. Después se pondrá en marcha el grupo electrógeno, que será encargado de evitar caídas de tensión y proveer electricidad temporalmente durante estas.
4. Poner en marcha el sistema de inertización de equipos y tuberías y de venteo por nitrógeno.
5. Abrir las válvulas del agua del sistema de refrigeración, que se distribuirán hacia:
  - (1º) Las descalcificadoras, con el fin de eliminar la cal que a la larga obstruye tuberías.
  - (2º) Calderas y torre de refrigeración.
6. Abrir la llave de paso de gas natural, hacia la caldera de la planta. También hará falta poner en marcha el sistema mecánico de la caldera, así como abrir la llave de paso de aceite térmico. Una vez empieza la combustión de gas natural, será necesario recircular el aceite térmico que se genere con el fin de alcanzar la temperatura deseada.
7. Poner en marcha el compresor que genera aire comprimido para todas las válvulas automáticas que trabajan de forma neumática de la planta.

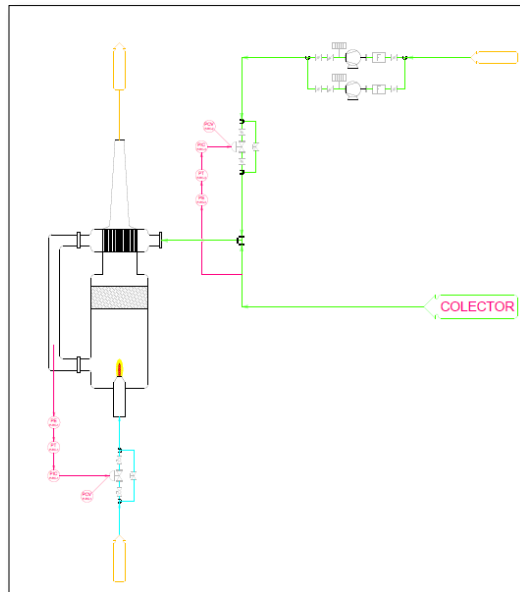


## PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA

**8.3.2 PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS (A-500)**

Antes de poner en marcha el proceso en sí, hay que tener total certeza que los residuos gases y residuos líquidos que se van a producir están totalmente controlados y no se van a lanzar al medio ambiente como tal, sino que serán debidamente tratados. Así pues, se van a poner en marcha la antorcha de incineración para quemar los gases residuales de la planta, que principalmente vienen de la columna flash (C-301) y están impulsados por un compresor (CO-301-A/B), que como ya se ha explicado con detalle en el punto 6 destinado al estudio sobre medio ambiente, junto con oxígeno, se generará  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  y estos gases serán lanzados a la atmósfera.

Así pues, se pondrá en marcha el circuito de oxígeno abriendo válvulas y compresores cuando se pongan en marcha los servicios. También se procederá a mantener las válvulas de entrada de hidrocarburos totalmente abiertas.



**Figura 8.2** Esquema de P&ID del área 500.





### 8.3.3 PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA DE ALMACENAJE DE MATERIAS PRIMAS (A-100)

Se comprueba primero de todo que en los tanques (T-101 a T-104) se encuentra la materia prima adecuada y que están al nivel establecido. También se comprueba que las presiones y temperaturas son las de trabajo y se encuentran estables.

A continuación se abren las válvulas y bombas y compresores de esta área y se procede a enviar fluido a la siguiente área, controlando el caudal, presión y temperatura en todo momento a través de los manómetros y termopares.

Las válvulas que se abrirán serán las mencionadas, por orden, a continuación:

1. Válvulas de mariposa:

- 2"-AI2-M-101
- 4"-AI2-M-127

2. Válvulas de tres vías:

- 2"-AI2-TV-110
- 2"-AI2-TV-111
- 4"-AI2-TV-136
- 4"-AI2-TV-137

3. Válvulas de asiento:

- 2"-AI2-AS-105
- 2"-AI2-AS-115
- 4"-AI2-AS-131
- 4"-AI2-AS-141

Los compresores y bombas que se pondrán en marcha una vez reciban producto serán:

Compresores:

- CO-101-A/B

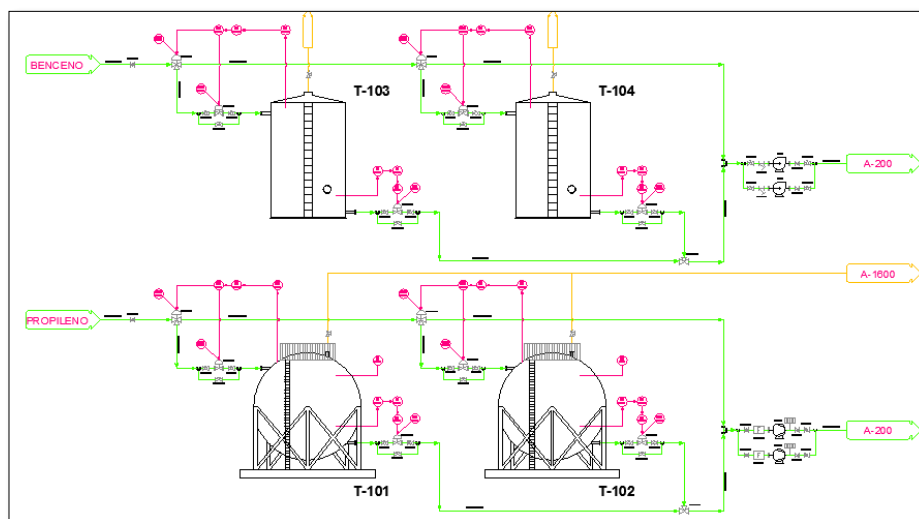
Bombas:

- P-101-A/B

En la figura 8.3, se muestra el esquema de P&ID del área 100.



## PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA



**Figura 8.3** Esquema de P&ID del área 100.

### 8.3.4 PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA DE REACCIÓN (A-200)

Esta área es la más crítica y la que se tiene que prestar especial atención, ya que se alcanzan altas temperaturas y presiones y si todos los sistemas de control no funcionan debidamente, pueden ocurrir verdaderas catástrofes.

Se abren, en primer lugar, las primeras válvulas del proceso que son las que se encuentran entre los tanques de almacenaje de materias primas y el área 200, transportando así los fluidos hacia esta. Habrá que diferenciar entre fluidos gases y líquidos al inicio de esta área, siendo todos gases al final.

Se hará una comprobación final de posibles fugas, funcionamiento correcto de los equipos, temperaturas de líquidos de refrigeración e aceites térmicos adecuadas, presiones de operación dentro de margen, etc.

Los reactivos del área 100 irán hacia los intercambiadores (E-201 a E-203). Primero, el benceno fresco se mezcla antes del intercambiador con el benceno recirculado (M-201), parado en el momento de la puesta en marcha. Cuando el nivel en el mezclador sea el adecuado, se abrirá la siguiente válvula en el proceso con el fin de pasar a fase gas el benceno en el intercambiador (E-201) y el corriente se unirá con el de propileno. El primer punto crítico es cuando se tiene que calentar la mezcla de gases en el intercambiador (E-202), ya que este usa el fluido de proceso que sale del reactor a alta temperatura para calentar la mezcla de propileno y benceno antes de entrar al reactor. En vez de usar este intercambiador E-202 se usará el intercambiador E-203 para hacer este trabajo, siendo dimensionado para ello. Cuando en el reactor se dé la reacción y la temperatura de los fluidos de proceso aumente, se reducirá el caudal de aceite térmico del E-203 y se usará el fluido de proceso para calentar la mezcla en el E-202. Esto se hará manualmente, observando de cerca las diferentes temperaturas y modificando caudales.

A continuación, se abrirán las válvulas que permiten el paso del fluido de proceso hacia el área 300.

Las válvulas que se abrirán serán las mencionadas, por orden, a continuación:



1. Válvulas de Asiento:

- 2"-AI2-AS-204

2. Válvulas de Bola:

- 2,5"-AI2-B-205
- 2,5"-AI2-B-206
- 2,5"-AI2-B-207
- 8"-AI2-B-212
- 4"-AI2-B-219
- 4"-AI2-B-220

3. Válvulas de Mariposa:

- 8"-AI2-M-213
- 4"-AI2-M-216

4. Válvulas de Bola:

- 4"-AI2-B-221
- 6"-AI2-B-222
- 6"-AI2-B-223
- 6"-AI2-B-224
- 6"-AI2-B-225

5. Válvulas de Asiento:

- 4"-AI2-AS-229

6. Válvulas de Mariposa:

- 5"-AI2-M-230

Los compresores y bombas que se pondrán en marcha una vez reciban producto serán:

Compresores:

- CO-201-A

Bombas:

- P-201-A



## PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA

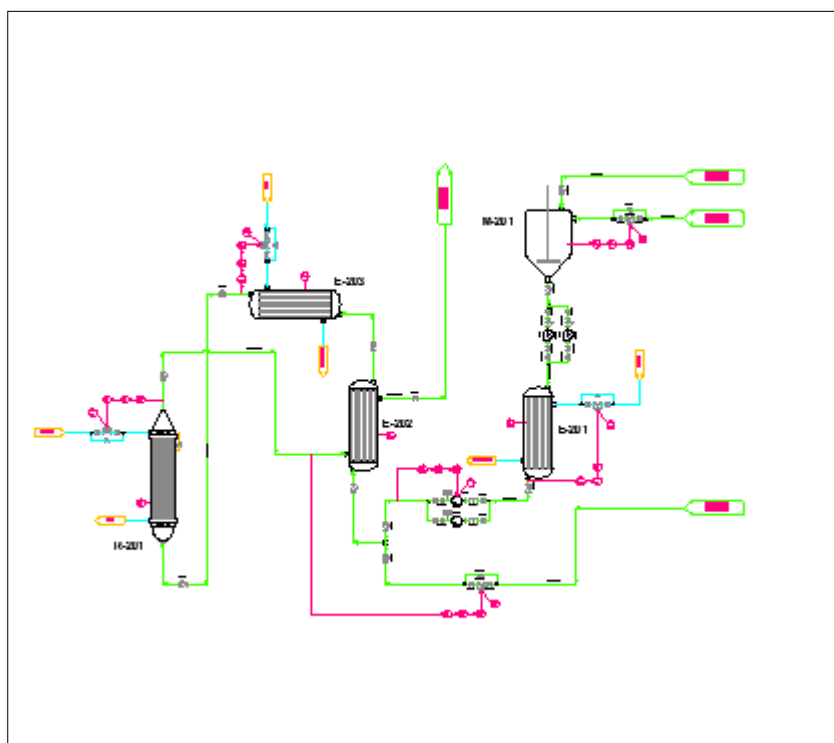


Figura 8.4 Esquema de P&ID del área 200.

### 8.3.5 PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA DE SEPARACIÓN (A-300)

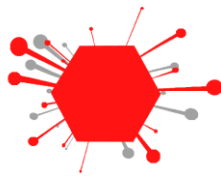
Esta área empieza con el intercambiador E-301 que calentará la mezcla a la temperatura de entrada de la columna flash C-301. La columna flash se llenará hasta un nivel de líquido en la parte inferior (los 23 minutos de tiempo de residencia) y cuando esté llena se abrirá la válvula de la parte inferior para dejar circular el fluido de proceso hacia las columnas de destilación de platos C-302 y C-303. Estas columnas tendrán la peculiaridad que hasta que no cojan temperatura cedida por el calentamiento de colas del reboiler no obtendremos destilado y no habrá reflujo así que tendremos que ir con cuidado con posibles inundaciones y regular el caudal de entrada. El reboiler y el condensador, funcionarán con aceite térmico y agua refrigerante respectivamente. Estos equipos se conectarán a sus servicios, los cuales previamente han estado preparados para su temperatura de entrada.

Una vez separado el producto en la columna C-303, tendremos que abrir la válvula que deja paso al último intercambiador de calor (E-306 y E-307), que enfriará el destilado y el residuo para almacenarlos posteriormente a temperatura ambiente en los tanques de cumeno y DIPB en el área 400 (T-401 a T-403).

Las válvulas que se abrirán serán las mencionadas, por orden, a continuación:

1. Válvulas de Bola:

- 5"-AI2-B-301
- 5"-AI2-B-302
- 5"-AI2-B-303



2. Válvulas de Asiento:

- 3"-AI2-AS-307

3. Válvulas de Bola:

- 3"-AI2-B-309
- 3"-AI2-B-313

4. Válvulas de Mariposa:

- 2,5"-AI2-M-335
- 2,5"-AI2-M-336
- 2"-AI2-M-320

5. Válvulas de Asiento:

- 2"-AI2-AS-323

6. Válvulas de Bola:

- 2"-AI2-B-314
- 2"-AI2-B-316

7. Válvulas de Asiento:

- 2,5"-AI2-AS-340
- 2"-AI2-AS-327

8. Válvulas de Bola:

- 2,5"-AI2-B-341
- 2,5"-AI2-B-343
- 2"-AI2-B-329
- 2"-AI2-B-331

9. Válvulas de Mariposa:

- 3/8"-AI2-M-368
- 3/8"-AI2-M-336
- 2,5"-AI2-M-353

10. Válvulas de Asiento:

- 2,5"-AI2-AS-356

11. Válvulas de Bola:

- 2,5"-AI2-B-347
- 2,5"-AI2-B-349



**PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA**

---

12. Válvulas de Asiento:

- 3/8"-AI2-AS-373
- 2,5"-AI2-AS-361

13. Válvulas de Bola:

- 2,5"-AI2-B-362
- 2,5"-AI2-B-364
- 2,5"-AI2-B-381
- 3/8"-AI2-B-374
- 3/8"-AI2-B-376
- 3/8"-AI2-B-380

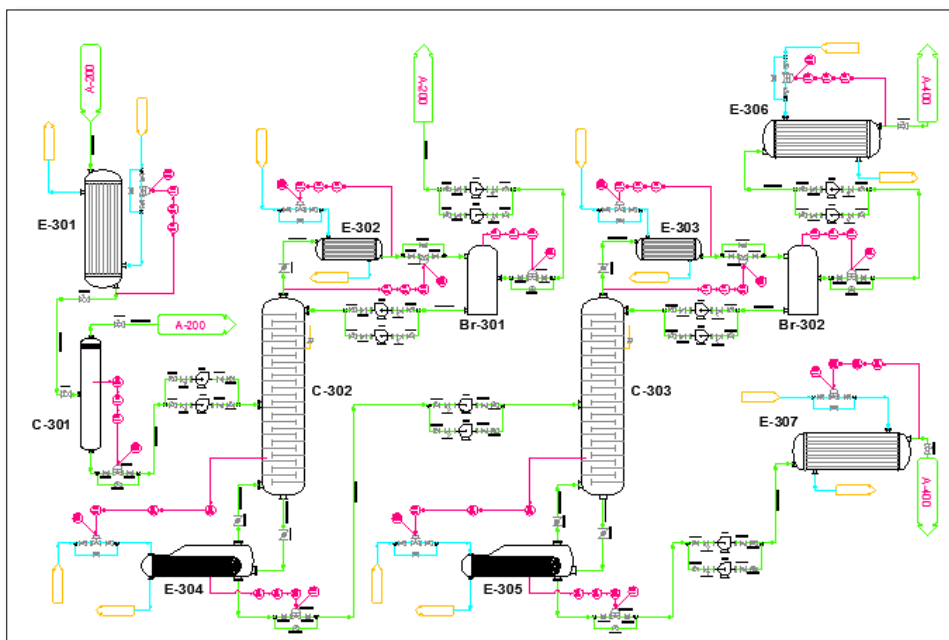
Los compresores y bombas que se pondrán en marcha una vez reciban producto serán:

Compresores:

- CO-201-A

Bombas:

- P-301-A
- P-302-A
- P-303-A
- P-304-A
- P-305-A
- P-306-A
- P-307-A



**Figura 8.5** Esquema de P&ID del área 300.

### 8.3.6 PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA DE ALMACENAJE DE PRODUCTO (A-400)

Esta área está formada por tres tanques de almacenaje de producto: dos tanques de almacenaje de cumeno (T-401 y T-402) y un tanque de almacenaje de DIPB (T-403). A partir de estos tanques se recogerá el producto ya sea en camiones (DIPB) o bien por tubería (Cumeno) impulsados ambos por bombas de proceso hasta el área 700, zona de carga y descarga.

Las válvulas que se abrirán serán las mencionadas, por orden, a continuación:

1. Válvulas de tres vías:

- 2,5"-AI2-TV-401A/B
- 2,5"-AI2-TV-418

2. Válvulas de asiento:

- 2,5"-AI2-AS-405
- 2,5"-AI2-AS-413
- 2,5"-AI2-AS-409
- 2,5"-AI2-AS-417
- 3/8"-AI2-AS-422
- 3/8"-AI2-AS-426



Esquema del proceso en el área 400

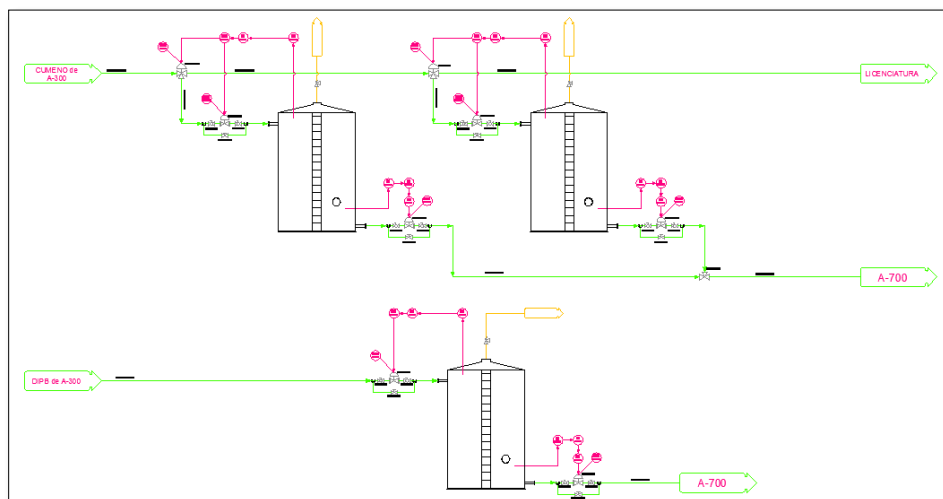


Figura 8.6 Esquema de P&ID del área 400.

## 8.4 PARADA DE LA PLANTA

La parada de la planta estará establecida en dos periodos al año: invierno y verano. Cada parada tendrá una duración aproximada de unos 30-35 días. En esta parada se llevarán a cabo las tareas de limpieza, mantenimiento y renovación, si es necesario, de equipos e instalaciones. También se harán las ampliaciones durante estos periodos además de cualquier modificación del proceso.

La parada de la planta empieza, como es lógico, desde el inicio del proceso y dejando de suplir de materias primas todo el proceso. En función de los días de materia prima disponible almacenada en los tanques, se pedirá al proveedor el corte de suministro de estas el número de días anteriormente mencionados.

Una vez el nivel de materia prima es lo suficientemente bajo, se empiezan a cerrar válvulas, bombas y compresores que ya no pueden impulsar fluido en el orden descrito en la puesta en marcha, vigilando desde el minuto cero de la parada que la composición de salida de cumeno es constante y se puede ir almacenando sin problema.

En el mezclador de benceno, habrá un punto crítico ya que aunque se pare la entrada de materias primas, habrá benceno recirculado de la columna C-302 que irá llegando. Así pues, las medidas que se tomarán serán de hacer un bypass en la tubería de recirculación que se desvíe hasta el tanque de almacenaje de benceno y allí se almacenará desde el minuto cero. Luego se valorará el uso que se le da, ya que el tanque deberá estar vacío para su limpieza.

Una vez han pasado unos minutos, se empezarán a coger muestras de producto acabado de cumeno de forma constante y se irá analizando su composición. Cuando se intuya un mínimo cambio, se dejará de almacenar y se almacenará en un tanque pulmón auxiliar, donde se llevará a tratar como residuo.





Una vez se ha parado toda la circulación de fluidos en el proceso, se procederá a decantar todos los equipos y tuberías teniendo en cuenta las fichas de seguridad de los materiales y trabajando sin ninguna fuente de ignición, ya que es una atmósfera explosiva.