

TEMA 6

PUESTA EN SERVICIO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Introducción.
2. Programa de puesta en servicio.
3. Organización de la puesta en servicio.
4. Operaciones preliminares. Pruebas.
5. Puesta en marcha en circuito cerrado en plantas de proceso.
6. Puesta en operación.
7. Garantías de funcionamiento. Recepción definitiva.
8. Referencias bibliográficas.

1. INTRODUCCIÓN

La firma del Acta de Recepción Provisional, por parte del cliente, contratista e ingeniería, marca el inicio del periodo de garantía. Durante este periodo que se suele fijar en un año deben repararse todos los defectos detectados así como los que puedan aparecer u observarse durante dicho periodo. También se toma como referencia esta fecha para solicitar las licencias y permisos necesarios para iniciar las actividades productivas de las nuevas instalaciones. Estos trámites (licencia de actividad, alta en industria, contratos de suministro de energía y agua) básicamente tienen un carácter administrativo aunque, a veces, adquieren un cierto carácter técnico que exige la comprobación en obra de las prescripciones establecidas en su día por las diferentes administraciones.

Por otra parte, es imprescindible pasar por el periodo de puesta en servicio, etapa cuya finalidad es alcanzar el funcionamiento acorde con lo establecido en las prescripciones técnicas de los proveedores del conjunto diseñado y cuyos detalles se comentan a continuación.

En la Figura 1 se muestran las relaciones y actividades necesarias desde la finalización de las obras de construcción hasta la aceptación definitiva de las instalaciones y por tanto el comienzo de la etapa de producción o explotación del objeto del proyecto desarrollado.

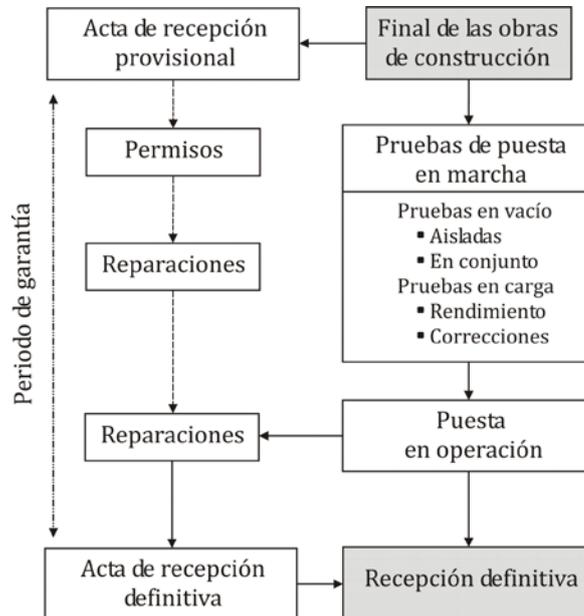


Figura 1. Etapa de finalización del proyecto

2. PROGRAMA DE PUESTA EN SERVICIO

La terminación mecánica pone fin a la fase de construcción y montaje, y el proyecto queda en condiciones de iniciar la puesta en servicio.

Esta última fase de la ejecución material del proyecto, desde que se da por finalizado el montaje hasta que se inicia la operación normal, se define como puesta en servicio y tiene tres etapas definidas bien identificable aunque se superpongan en el tiempo:

- Operaciones preliminares.
- Puesta en marcha.
- Puesta en operación.

La puesta en servicio requiere una serie de precauciones normales, y sobre todo una programación detallada que no debe dejarse para el último momento, sino que ha de realizarse durante la fase de Ingeniería de Detalle.

El programa de puesta en servicio tiene que considerar, en primer lugar, todas las actividades que se van a incluir en esta fase, establecer su ordenación y sus prioridades y fijar así en qué momento, muy anterior a veces a su ejecución, hay que iniciar ciertas actividades o tomar decisiones que puedan condicionar el buen fin de esta última fase del proyecto.

Entre otros puntos importantes el programa debe tener en cuenta elementos y actividades tales como:

- Recursos necesarios para la puesta en marcha.
- Manual de operación.
- Personal de operación.
- Manual de mantenimiento.
- Personal de mantenimiento.
- Laboratorios.
- Operaciones preliminares.
- Pruebas.
- Hojas de registro.
- Puesta en marcha (parciales y totales).
- Administración de la planta.

Para poder efectuar las actividades correspondientes a esta etapa es imprescindible disponer del Manual de Operación, Catálogo Mecánico y Manual de Mantenimiento.

- **Manual de operación.** Contiene los datos necesarios para el manejo de la planta.
 - Programa general de operación.
 - Instrucciones de seguridad y precauciones específicas.
 - Especificaciones de calidad de materias primas y productos.
 - Diagramas de flujo.
 - Lista de líneas, con toda su información: materiales, presiones, temperaturas, aislamientos, condiciones de prueba....
 - Instrucciones detalladas de operación.
 - Sistema de manejo de productos.
 - Formatos de datos e informes de operación.
- **Catálogo mecánico.** Recoge toda la información sobre cada equipo desde la requisición de compra hasta las recomendaciones de mantenimiento pasando por planos, instrucciones de montaje, lista de repuestos, etc.
- **Manual de mantenimiento.** Se reduce fundamentalmente al Catálogo mecánico que se completa con los planes de mantenimiento tanto preventivo como normal y el procedimiento de manejo de repuestos.

Un aspecto importante es el económico, y habrá que disponer de un presupuesto adecuado para esta fase que cubra no sólo los costes de personal y materiales utilizados, sino también aquellas modificaciones de la instalación que, en el curso de la puesta en operación, se manifiesten como necesarias.

El esquema de la Figura 2 permite fijar en el tiempo las distintas actividades incluidas en el programa de puesta en servicio.

2. ORGANIZACIÓN DE LA PUESTA EN SERVICIO

La puesta en servicio de una instalación requiere una organización específica, encabezada por responsable claro, el jefe de operación, que dirige, coordina y controla todas las actividades a lo largo de estos trabajos.

La calidad técnica y humana de esta persona garantiza, en gran medida, el buen éxito del proyecto.

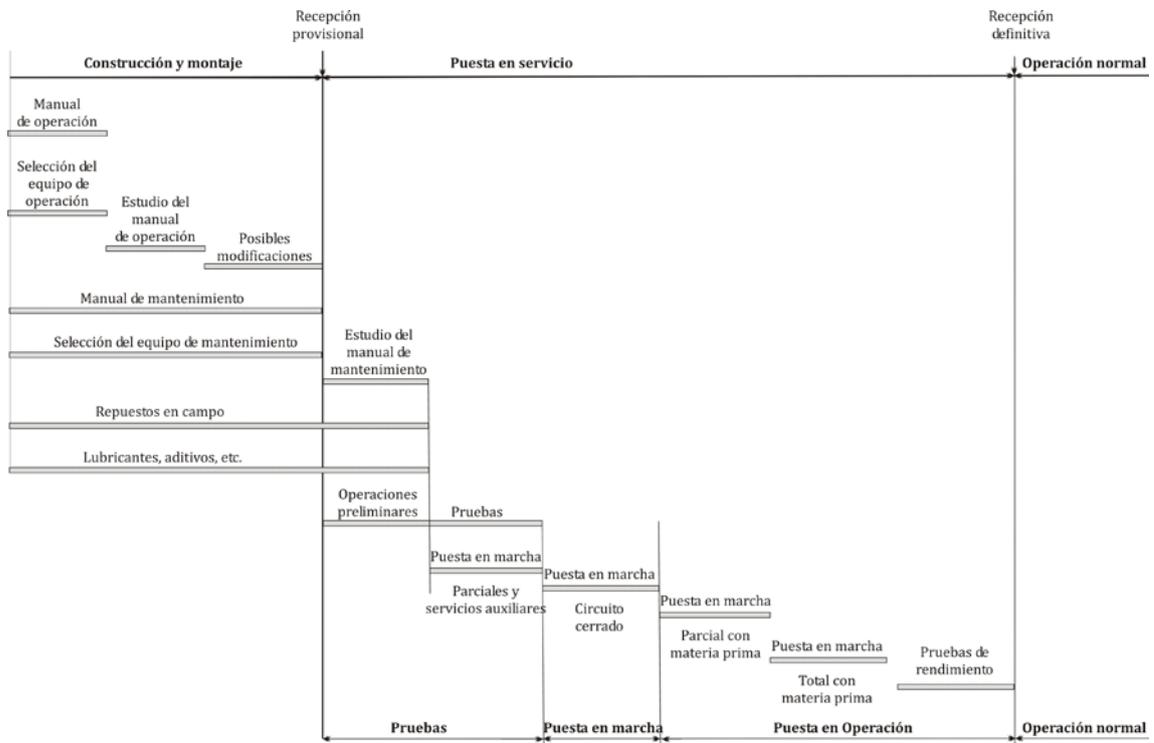


Figura 2. Programa de puesta en servicio

Hay que tener en cuenta que el objetivo de esta fase es poner la instalación en condiciones normales de producción, alcanzando por lo menos los rendimientos fijados como normales en las especificaciones básicas.

El jefe de operación puede pertenecer al personal del contratista, situación normal en los contratos “llave en mano”, a la empresa de ingeniería y, más frecuentemente a la propiedad. En algunos casos toda esta etapa se contrata con una firma especializada que es la que suministra el personal necesario.

En cualquier caso el jefe de operación debe manejar un grupo de operadores a la vez que el equipo de mantenimiento, y tiene que contar con la asistencia de algunos elementos de los que participaron en el suministro del proceso y en la ingeniería de detalle. Asimismo necesita disponer de un soporte administrativo suficiente, que suele estar formado por el propio equipo que después va a administrar la instalación.

Los operadores pueden pertenecer a la plantilla de la propiedad y proceder de otras instalaciones similares, lo que es muy aconsejable, aunque también puede ser personal especialmente contratado para que, posteriormente, se haga cargo de las instalaciones. En este último caso debe ser seleccionado con tiempo suficiente para poder entrenarlo en sus cometidos. A estos efectos, es indispensable disponer de un manual de operación que les permita conocer en todos sus detalles el trabajo que van a realizar.

El equipo de mantenimiento suele también seleccionarse con tiempo suficiente para familiarizarse con la instalación, de forma que pueda resolver lo mejor y más rápidamente posible las naturales incidencias de una puesta en servicio.

A lo largo de la puesta en marcha es necesario analizar y controlar los productos intermedios y finales que se van obteniendo, a fin de ajustar el proceso y obtener datos fiables para comprobar si las garantías de proceso se están o no cumpliendo, lo que exige contar con un buen laboratorio, próximo y disponible.

Es conveniente la presencia de alguna persona del suministrador del proceso para disponer no sólo de todos los documentos en base de los cuales se ha diseñado la instalación, sino de alguien que pueda estudiar cómo influirá en el conjunto cualquier cambio que se presente como necesario o conveniente.

Todo este trabajo requiere un control de costes, con personal auxiliar y un soporte administrativo que suele ser proporcionado por el propio personal que administrará posteriormente la instalación.

La Figura 3 refleja un organigrama típico de cómo se organiza la puesta en servicio de un proyecto.

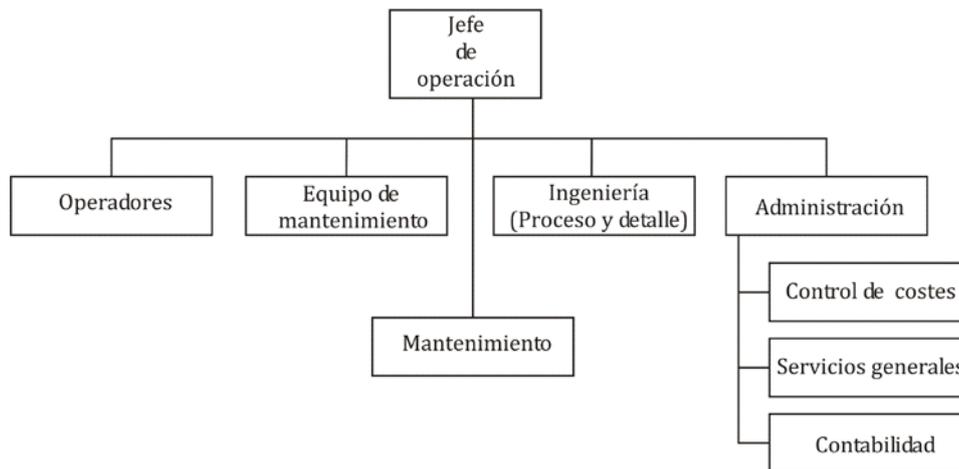


Figura 3. Organización típica de la puesta en servicio de un proyecto

3. OPERACIONES PRELIMINARES. PRUEBAS

Establecida la organización correspondiente, conocer todo el personal del funcionamiento previsto para las instalaciones mediante manuales de operación y mantenimiento, y aprobado el programa de puesta en servicio, el primer trabajo es el que se define como operaciones preliminares y pruebas.

Esta etapa hace de puente entre la terminación mecánica y la auténtica puesta en marcha, y las actividades propias de ella son las que se reflejan en la Tabla 1.

En paralelo a estas pruebas se almacenan todos los materiales necesarios para la puesta en marcha, como son:

- Lubricantes.
- Activos químicos.

- Catalizadores (si existen).

También habrá de comprobarse que se dispone de todos los repuestos necesarios a fin de reparar rápidamente cualquier bomba, válvula, instrumento, etc., que pueda fallar durante la operación. Las materias primas necesarias, su almacenamiento y el correspondiente a los productos intermedios y finales, deben estar totalmente preparados al final de esta etapa.

Tabla 1. Actividades incluidas en las operaciones preliminares y pruebas

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Puesta en marcha de todos los servicios auxiliares. Pruebas oficiales de aquellos que lo requieran (calderas de vapor, etc.). 2. Comprobación del buen funcionamiento de aquellos equipos accionados por vapor (turbinas, etc.). 3. Secado de hornos, si existen, mediante el programa aconsejado por el propio fabricante. 4. Pruebas de estanqueidad con agua de todos los circuitos a la presión máxima de trabajo permisible. 5. Limpieza de todos los circuitos mediante el funcionamiento de bombas. 6. Drenaje de todos los circuitos y comprobación del sistema de recogida. 7. Secado de circuitos y unidades. 8. Comprobación de los sistemas de emergencia. |
|--|

4. PUESTA EN MARCHA EN CIRCUITO CERRADO EN PLANTAS DE PROCESO

Entre las operaciones preliminares aparece toda una serie de puestas en marcha parciales y pruebas de determinados equipos y circuitos.

Cómo final de esta etapa, en el caso de plantas de proceso, se inicia la puesta en marcha de las instalaciones, pero en vez de utilizar las materias primas señaladas por el proceso, se utilizan fluidos más seguros y convencionales como el agua, aire o nitrógeno.

La instalación se pone en marcha en su totalidad, en circuitos cerrados tan largos como sea posible, sustituyendo los fluidos de proceso por agua (líquidos), aire o nitrógeno (gases).

Naturalmente las condiciones de operación no serán las propias del proceso y tampoco se produce ninguna reacción química. Sin embargo, si esta puesta en marcha está bien estudiada y se ha realizado un diagrama de proceso adecuado a los fluidos de prueba, es posible comprobar la adecuación de la instalación y de los sistemas de control a la futura operación real.

Estas pruebas con fluidos inertes permiten comprobar el funcionamiento de los equipos mecánicos, familiarizar a los operadores con la planta, y determinar la posición de los instrumentos y su respuesta.

Las pruebas pueden durar varias semanas y durante este tiempo es conveniente tratar de llevar los distintos equipos a sus condiciones normales de operación, a fin de poder observar su comportamiento así como el de los instrumentos que los controlan.

Estas pruebas ponen frecuentemente de manifiesto distintas deficiencias de la instalación, que pueden corregirse antes de la puesta en operación.

Naturalmente en instalaciones industriales que no sean de proceso, esta puesta en marcha en circuito cerrado no se realiza en la misma forma, y una vez probados y puestos en funcionamiento equipos y sistemas se inicia directamente la puesta en operación.

5. PUESTA EN OPERACIÓN

De acuerdo con el programa previsto y siguiendo las instrucciones del jefe de operación, una vez terminada la puesta en marcha en circuito cerrado, la instalación está en condiciones de comenzar la operación manual.

La puesta en operación supone alimentar la instalación con las materias primas correspondientes y seguir sus transformaciones hasta la obtención del producto o productos finales previstos.

Como la mayoría de las instalaciones constan de distintas secciones, es frecuente poner primero en operación las más simples, utilizando como materias primas productos intermedios que, en la operación normal, deberán proceder de la sección anterior. Cuando se consigue ajustar cada sección y comienza a funcionar normalmente, se comienza su integración con la anterior y la siguiente, hasta completar así la totalidad de la instalación.

A lo largo de la operación es necesario llevar un control, diario como mínimo, aunque es aconsejable cada cuatro o seis horas, mediante las hojas de registro; en ellas se reflejan las principales constantes y características de la instalación tomadas en todas las unidades, equipos y en aquellos puntos que sea aconsejable controlar.

Esta información debe permitir calcular el funcionamiento diario de la instalación en una forma simple y rápida, utilizando suficientes cálculos de mediana precisión, que simplifiquen el cálculo exacto de todo el sistema.

Tanto los productos finales como los intermedios deben ser objeto de frecuentes análisis de laboratorio, mediante la obtención de muestras representativas en los puntos adecuados. Los resultados de estos análisis deben ser rápidos y totalmente fiables.

A partir de los resultados del laboratorio y de los registros que reflejan las características y parámetros en los puntos importantes de la instalación, es posible establecer la comparación entre las condiciones de cálculo que se habían previsto para el proceso y la evolución real del mismo.

Con independencia de disponer de un buen proceso, de una ingeniería cuidadosa y de una puesta en marcha eficiente, es muy probable que aparezcan dificultades durante la puesta en operación.

Estas dificultades suelen ser originadas por distintas causas, como son: fallos del equipo o de sus materiales, insuficiencia del tamaño del equipo, fallos en la construcción o el montaje, fallos del proceso tecnológico en relación con experiencias anteriores, etc.

Para el caso de las plantas de proceso se estableció el origen de las dificultades en la puesta en operación, clasificándolas en los siguientes apartados y porcentajes:

- Fallos de equipo y/materiales: 61%
- Errores de diseño: 10%
- Errores de construcción y/o montaje: 16%
- Fallos de operación: 13%

6. GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO. RECEPCIÓN DEFINITIVA

Durante la puesta en operación y cuando el funcionamiento de la instalación se aproxima a las condiciones consideradas como normales, es el momento de efectuar las pruebas de rendimiento ligadas frecuentemente a las garantías dadas por el suministrador de la tecnología, directamente o a través de la empresa de ingeniería.

En las condiciones contractuales de compra del proceso tecnológico suelen establecerse con detalle las garantías que el vendedor presta a su cliente; sin embargo, no suele precisarse con el mismo detalle los procedimientos y metodología para efectuar su medición. Estas condiciones suelen ser establecidas por el representante del propietario de la licencia y el personal de operación de la propiedad.

Las pruebas se realizan durante el tiempo acordado, controlando las condiciones de proceso dentro de lo establecido por el licenciante y midiendo consumos, rendimientos y características de la operación.

Efectuada una primera serie de pruebas, si los resultados no son positivos, es decir, no se cumplen las garantías ofrecidas, es frecuente que figure en el contrato una segunda tanda de pruebas una vez realizadas las modificaciones que se hayan hecho aconsejables tras el análisis de las pruebas primeras.

Efectuada esta segunda tanda es frecuente también que, si no se consiguen los resultados garantizados, existan previsiones contractuales para el pago de penalidades en función de las diferencias entre las condiciones ofrecidas y las realmente conseguibles.

En este momento suelen cesar los compromisos contractuales entre el licenciante de proceso y la propiedad; y es ahora cuando se efectúa la recepción definitiva de la planta, también llamada aceptación final.

A partir de este instante las únicas garantías que quedan en vigor son las de los suministradores de equipos, en cuanto al funcionamiento mecánico de los mismos, si es que no han transcurrido ya los plazos de garantía ofrecidos.

En ocasiones la recepción definitiva se pacta en función de un tiempo fijo desde la provisional, lo que puede ocasionar que aquella todavía se demore algunos meses a pesar de finalizar las pruebas de garantía de proceso.

Esto último es frecuente en plantas “llave en mano” donde la recepción provisional suele ligarse a la terminación mecánica, juntamente con la transferencia de propiedad, y la definitiva un año o seis meses después.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. De Cos Castillo, M. “Teoría General del Proyecto. Ingeniería de Proyectos/Project Engineering”. Ed. Síntesis. 1995.
- [2]. Gómez-Senent Martínez, E. y otros “Cuadernos de Ingeniería de Proyectos II. Del diseño de Detalle a la realización”. Ed. S. P. UPV. 2000.
- [3]. Martínez De Pisón Ascacibar, F. J. y otros. “La oficina técnica y los proyectos industriales. Volumen II”. Ed. S. P. UR. 2002.