

**GUÍA PARA REALIZAR PRECOMISIONAMIENTO Y
COMISIONAMIENTO EN LA CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN
OPERACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA INDUSTRIA
PETROLERA**

MAURICIO ALBERTO ORTEGA ÑUSTEZ.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE HIDROCARBUROS
BUCARAMANGA**

2014

**GUÍA PARA REALIZAR PRECOMISIONAMIENTO Y
COMISIONAMIENTO EN LA CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN
OPERACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA INDUSTRIA
PETROLERA**

**TRABAJO DE MONOGRAFÍA DE GRADO REALIZADO PARA EL
OPTAR AL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN GERENCIA DE
HIDROCARBUROS.**

MAURICIO ALBERTO ORTEGA ÑUSTEZ.

DIRECTOR

INGENIERO MANUEL ENRIQUE CABARCAS.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE HIDROCARBUROS
BUCARAMANGA**

2014

Agradecimientos,

A todas las personas cercanas, como mi Familia, amigos y compañeros de estudio y trabajo; que con mucho afecto, brindaron su apoyo y optimismo para que este programa académico concluyera satisfactoriamente.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.	13
1. GENERALIDADES	15
1.1 PRECOMISIONAMIENTO.	15
1.2 COMISIONAMIENTO.	16
1.3 PUESTA EN MARCHA – ARRANQUE.....	17
1.3.1 Operación antes del ingreso de crudo o gas al sistema.	17
1.3.2. Operación posterior al ingreso de crudo o gas al sistema.	17
2. METODOLOGÍA DE PRECOMISIONAMIENTO Y COMISIONAMIENTO.....	19
2.1 METODOLOGÍA DE “SISTEMAS”	20
2.1.1 El “enfoque de los sistemas”	20
2.1.2 Delimitación de sistemas/subsistemas.	21
2.2 METODOLOGÍA DE PRECOMISIONAMIENTO.....	24
2.2.1 Listas de chequeo.....	24
2.2.2 Formatos de prueba.	25
2.2.3 Pruebas de tubería o paquete de prueba.....	25
2.2.4 Requerimiento particular para equipo subacuático y paquete de superficie en la fase de Construcción y Precomisionamiento.	26
2.2.5 Índice de Estatus.....	26
2.2.6 Lista de Verificación (Durante el Precomisionamiento).	27
2.2.7 Dossiers de Precomisionamiento.	27
2.2.8 Resumen de actividades del Precomisionamiento.	28
2.3 METODOLOGÍA DE COMISIONAMIENTO.....	29
2.3.1 Chequeos preliminares.	29
2.3.2 Pruebas funcionales.	30
2.3.3 Actividades del pre-arranque.	31
2.3.4 Pruebas Operacionales.....	32

2.3.5 Condiciones particulares a ser consideradas para casos subacuáticos.....	33
2.3.6 Particularidades a ser consideradas en Pruebas Operacionales en “En Caliente”...	33
2.3.7 Operación y mantenimiento durante el Comisionamiento.....	34
2.3.8 Base de datos técnica.	35
2.3.9 Lista de Verificación (Durante el Comisionamiento).....	35
2.3.10 Dossier de Comisionamiento.	35
2.3.11 Resumen de las actividades de Comisionamiento.....	36
2.4 ESTRATEGIA DEL PRECOMISIONAMIENTO Y COMISIONAMIENTO.....	37
2.4.1 Preparación general.	38
2.4.2 Preparación del Precomisionamiento.	39
2.4.3 Preparación del Comisionamiento.....	40
2.4.4 Principio general de la Lista de Verificación.	42
2.4.5 Principio del progreso y del estatus	44
2.5 METODOLOGÍA DEL ARRANQUE.	44
2.5.1 Arranque y preparación de Prueba de funcionalidad.	45
2.5.2 Documentos.	45
2.5.3 Planeación.....	45
2.5.4 Contratos.	45
2.5.5. Soportes.	46
2.5.6 Atestiguamiento.....	46
2.5.7 Funcionamiento del arranque.....	46
2.5.8 Dossier del arranque.	48
3. TALENTO HUMANO.....	49
3.1 Grupo de Precomisionamiento.....	49
3.1.1 Líder de Precomisionamiento.	50
3.1.2 Ingenieros de Precomisionamiento.	50
3.1.3 Ingeniero de certificación.	51
3.2 Grupo de Comisionamiento.	52
3.2.1 Líder de Comisionamiento.....	52
3.2.2 Especialista Mecánico / Tubería.....	52

3.2.3 Especialistas Eléctrico / Instrumentación..... 53

3.2.4 Especialista de Certificación..... 54

CONCLUSIONES..... 55

RECOMENDACIONES 56

BIBLIOGRAFÍA..... 57

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Resumen de las actividades de afinamiento e hitos	23
Cuadro 2. Resumen de la metodología del Precomisionamiento	28
Cuadro 3. Resumen de la metodología del Comisionamiento.....	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. El enfoque de los sistemas	23
Figura 2 . Flujo de procesos de Precomisionamiento.	28
Figura 3. Flujo de procesos de Comisionamiento	37
Figura 4. Organigrama Precomisionamiento	51
Figura 5. Organigrama Comisionamiento.	54

RESUMEN

TITULO: GUÍA PARA REALIZAR PRECOMISIONAMIENTO Y COMISIONAMIENTO EN LA CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN OPERACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA INDUSTRIA PETROLERA.¹

AUTOR: MAURICIO ALBERTO ORTEGA ÑUSTEZ²

PALABRAS CLAVES: Metodología, Precomisionamiento, Comisionamiento.

El Precomisionamiento y Comisionamiento son metodologías complementarias a una Interventoría con el objetivo de asegurar las buenas prácticas de ingeniería, por medio de pruebas en frío del completamiento mecánico, pruebas funcionales en el arranque y puesta en marcha de sistemas y subsistemas de una planta de procesos.

Teniendo en cuenta lo anteriores aspectos, este documento brinda la herramientas necesarias para desarrollar un instructivo, donde se estandarizan lineamientos para la implementación de los procesos de Precomisionamiento y Comisionamiento. De esta manera se propone un instrumento académico que facilita la capacitación e implementación de dichos procesos, garantizando el cumplimiento de los requisitos para obtener resultados positivos respecto a la construcción de plantas seguras y disminuyendo las afectaciones a personas, ambiente y bienes en general, garantizando la confiabilidad en las operaciones.

El instructivo propuesto establece el alcance y actividades del grupo de Precomisionamiento y Comisionamiento, especifica un manual de funciones de los especialistas de las distintas disciplinas constructivas como Civil, Tubería, Mecánica, Eléctrica, Instrumentación y Control; detalla las competencias profesionales requeridas para cumplir el objeto de las metodologías, formula procedimientos para el seguimiento, control y soporte a la construcción de infraestructura, Precomisionamiento y Comisionamiento para la explotación y producción de hidrocarburos y por último definir las pruebas en frío y pruebas funcionales a certificar por disciplina, generando documentos entregables de los sistemas o subsistemas a certificar y poner en marcha plantas de procesos de operación segura y confiable.

¹ Monografía

² Facultad Ingeniería Físicoquímica, Especialización en Gerencia de Hidrocarburos

ABSTRACT

TITLE: PRECOMMISSIONING AND COMMISSIONING, GUIDE TO PERFORM CONSTRUCTION AND START-UP OF THE OIL INDUSTRY INFRASTRUCTURE*

AUTHORS: ORTEGA ÑUSTEZ, MAURICIO ALBERTO **

KEYWORDS: Methodology, Precommissioning, Commissioning.

DESCRIPTION

The Precommissioning and Commissioning are methodology complementary to a Supervision order to ensure good engineering practices, through cold testing of mechanical completion, functional testing at startup of systems and subsystems of a process plant.

Considering the above aspects, this paper provides the necessary tools to develop an instructional, where guidelines for the implementation of the Precommissioning and Commissioning processes are standardized. Thus an academic tool that facilitates the training and implementation of such processes is proposed, ensuring compliance with the requirements for positive results regarding the construction of safe plants and decreasing the effects on people, environment and property in general, ensuring reliability in operations.

The proposed instruction establishes the scope and activities of the Precommissioning and Commissioning group, specify a manual features specialists from different construction disciplines such as Civil, Piping, Mechanical, Electrical, Instrumentation and Control; details the skills required to fulfill the purposes of the methodologies, provides procedures for monitoring, control and support to infrastructure construction, Precommissioning and Commissioning for the exploration and production of hydrocarbons and finally define cold testing and functional testing certify discipline deliverables generating systems or subsystems to certify and implement process plants safe and reliable operation.

* Monograph.

** Physico - Chemical Engineering Faculty, Petroleum Engineering School, Director: Manuel Enrique Cabarcas.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento en los procesos constructivos, los avances tecnológicos y el cumplimiento de estándares de calidad son algunos factores relevantes en el constante avance de industrialización en el mundo entero. En la actualidad garantizar la confiabilidad de un proceso puede resultar realmente favorable para el funcionamiento de una facilidad o equipo, tanto en el factor económico como operacional.

El sector de explotación de hidrocarburos ha estado enmarcado en el cumplimiento de normas y estándares que llevan a optimizar los procesos constructivos, las mejores prácticas y la mejora continua. Debido a ello, se han buscado estrategias o procedimientos que den cumplimiento técnico a dichas normas.

La gestión de calidad es hoy un imperativo para cualquier compañía competitiva; miles de empresas en el mundo entero dedican esfuerzos humanos y financieros para organizar, gestionar, mantener y mejorar la calidad de sus procesos y productos. Esto se ve reflejado en el número de empresas que han alcanzado certificación a través de diferentes normas. La certificación genera confianza en el público, confiere credibilidad y prestigio; por ello la necesidad de la creación de procesos como el Precomisionamiento y Comisionamiento en el sector de hidrocarburos.

Una de las principales preocupaciones de una compañía debe ser el control de riesgos que atentan contra la salud de sus trabajadores y contra sus recursos materiales y financieros. Los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales son factores que interfieren en el desarrollo normal de la actividad empresarial, incidiendo negativamente en su productividad y por consiguiente amenazando su solidez y permanencia en el mercado; conllevando además graves implicaciones en el ámbito laboral, familiar y social. En consideración a lo anterior, los administradores y dirigentes de las compañías deben asumir su responsabilidad en buscar y poner en práctica las medidas necesarias que contribuyen a mantener y mejorar los niveles de eficiencia en las operaciones de la empresa y brindar a sus trabajadores un medio laboral seguro.

A continuación se presenta una guía práctica en la que se muestra el procedimiento para realizar Precomisionamiento y Comisionamiento en la

construcción y puesta en operación de la infraestructura utilizada para la producción y explotación de hidrocarburos en Colombia.

1. GENERALIDADES

Una planta nueva de hidrocarburos, necesita en una serie de verificaciones, que se deben realizar a cabo antes de que la planta sea puesta en funcionamiento. El objetivo de estas inspecciones es asegurar completamente, que cada pieza de equipo opere de acuerdo al diseño aprobado. Estas verificaciones también son la última revisión crítica del diseño antes de su puesta en marcha y la finalidad es garantizar que la planta de crudo o gas opere de la manera más segura.

Estas actividades de verificación se encuentran divididas en dos fases llamas, Precomisionamiento y Comisionamiento, en la primera fase se realizan pruebas estáticas y en la segunda verificaciones dinámicas.

1.1 PRECOMISIONAMIENTO.

La etapa de Precomisionamiento, está compuesta por tres principales actividades de campo:

- **Chequeos de conformidad:** Inspección de cada componente del equipo, como instrumentos, paquetes, motores, cables, recipientes, etc., para verificar visualmente la condición del equipo, calidad de la instalación, conformidad con planos y especificaciones del Proyecto, las instrucciones del proveedor de equipos, normas de seguridad, códigos y estándares, para verificar una buena práctica de fabricación.
- **Pruebas Estáticas o Desenergizadas:** Se realiza en el equipo para asegurar la calidad de un número de componentes críticos. Las pruebas “en frío” involucran varias disciplinas, por ejemplo, calibración de los instrumentos ESD, alineamientos de la máquina, configuración de las válvulas de seguridad, pruebas de presión en la tubería, continuidad de cables, etc.
- **Prueba de Tubería y Recipientes (Piping test – test pack):** Se Lleva a cabo en líneas de tubería y recipientes, consiste en vaciar agua o aire para limpieza de estos elementos, pruebas de hidrostáticas (hydrotest) y verificar que no existan filtraciones.

1.2 COMISIONAMIENTO.

Principalmente en la fase de Comisionamiento se realizan las siguientes actividades:

- Verificaciones dinámicas: En cada función básica de la planta, como el sistema eléctrico, telecomunicaciones e instrumentos; deben tener un desempeño propio de acuerdo a su criterio de diseño. Ejemplos típicos de verificaciones son: corridas de motores eléctricos acoplados, pruebas cíclicas de instrumentos, operación eléctrica del tablero de protecciones. La energización de la red de distribución eléctrica es parte de esta actividad.
- Pruebas en línea y funcionamiento: Se realizan por un periodo significativo en los componentes de la planta (eléctricos, aire, ventilación, calefacción, acondicionador de aire, tratadores de agua, grúas, etc.), en los principales equipos de proceso, en circuitos cerrados de fluidos inertes o donde se pueda implementar. El atestiguamiento y asistencia del futuro Operador de la planta en pruebas de línea y funcionamiento, es requerido para permitir una transferencia suave de las facilidades desde el equipo de Comisionamiento al Operador, con confianza y con toda la seguridad requerida.
- Actividades antes de la puesta en marcha: Son un número de actividades relacionadas con el secado de la tubería, limpieza química, proceso pruebas de filtraciones, inertización, carga de químicos y catalizadores.
- Paquetes de superficie y equipo subacuático: El Comisionamiento de los paquetes de superficie y el equipo subacuático tienen algunas particularidades, al compararlo con las facilidades convencionales. Lo recomendable para los paquetes de superficie y el equipo subacuático, es que sean probados al máximo por el fabricante, antes del despacho de este tipo de equipos. Estos ensayos son realizadas a través de pruebas de aceptación de fábrica (FAT's – Factory Acceptance Tests) y deberán ser llevadas a cabo de acuerdo a la metodología y plan de calidad del Operador, cuando éste pueda implementar. Teniendo en cuenta que los paquetes de superficie y el equipo subacuático, comúnmente forman parte de un sub-sistema funcional de la planta, el Comisionamiento adicional será requerido en sitio, tanto en zona de ensamble, como en localización final de la planta. Generalmente, la razón para requerir un Comisionamiento adicional o repetitivo en sitio, es porque el sub-sistema funcional de la planta normalmente se encuentra incompleto (control local y remoto). Todos

los sistemas tendrán que ser finalmente Comisionados después de la instalación y montaje, por lo cual el Comisionamiento y la puesta en marcha deberán ser llevados a cabo secuencialmente. En cualquier caso, las pruebas realizadas por el Fabricante o Vendor, tendrán que demostrar el correcto diseño, manufactura y operación del equipo, de igual forma su funcionamiento de acuerdo a la especificación u Hoja de datos (Data Sheet).

Por esta razón, todas las pruebas realizadas por calidad del Vendor son consideradas como parte de las actividades de Precomisionamiento y por ende serán responsabilidad del Contratista de Precomisionamiento. Finalmente, aquellas pruebas tendrán que ser corroboradas por un equipo de Comisionamiento.

1.3 PUESTA EN MARCHA – ARRANQUE.

Las actividades de puesta en marcha, comienzan al final de la preparación para el ingreso de materia prima a la planta de proceso y consiste en serie de pruebas que se realizan simultáneamente al funcionamiento de la planta. El objetivo de estas pruebas es asegurar que el equipo opere normalmente y de manera segura. La asistencia técnica para el arranque por parte del equipo de Comisionamiento es requerida.

Las actividades de la puesta en marcha, son preparadas con la integración de arranques específicos y con procedimientos de rutina, que son esquematizados de acuerdo a la metodología de arranque del Operador.

En general las actividades de arranque comprenden dos sub-fases:

1.3.1 Operación antes del ingreso de crudo o gas al sistema.

Alineación de tuberías y recipientes (válvulas, PSV, señales de control, enclavamientos, etc.), realización de pruebas finales de seguridad con los documentos requeridos (procedimientos de seguridad, inhibición y certificados de Comisionamiento si es necesario, etc.).

1.3.2. Operación posterior al ingreso de crudo o gas al sistema.

Es el proceso de operación con el gas o crudo dentro del sistema, asegurar la aceleración y realización de pruebas de funcionamiento, para probar que la planta y los equipos, están funcionando de acuerdo a las capacidades de diseño y determinar si puede entregar el producto dentro de las especificaciones requeridas.

Para realizar una transferencia suave y ordenada al Operador o Cliente, el equipo de arranque tendrá que hacer seguimiento, asistir y chequear las Pruebas de Aceptación en sitio (Site Acceptance Tests) y las actividades del alcance de Comisionamiento (pruebas de filtraciones, correcto funcionamiento de las unidades de la planta, preparación de la entrada del crudo o gas, demostración del ESD, etc.).

2. METODOLOGÍA DE PRECOMISIONAMIENTO Y COMISIONAMIENTO.

Las pruebas a realizar durante las actividades del Precomisionamiento y el Comisionamiento tendrán que ser sistemáticas y exhaustivas, de acuerdo a la metodología descrita a continuación. Ningún equipo o parte de la instalación debe ser aceptada sin las pruebas y el chequeo asociado, antes de la energización y el arranque. Cada prueba tendrá que ser registrada a través de una respectiva hoja, fechada y firmada por las partes involucradas, de acuerdo a la organización contractual y debe ser presenciada. El nombre del representante de cada parte y deberá ser claramente registrado.

En el caso de que las listas de chequeo y formatos de pruebas en frío (Check Lists – CCK y Test Sheets – STS) y formatos de pruebas funcionales (Functional Test Sheets – FTS), definidas en el plan de calidad del Operador, omitan algún ítem del equipo, el Contratista deberá informar al Cliente, revisar los requerimientos, desarrollar un nuevo formato y para la aprobación por parte del mismo e implementarlo en la metodología.

La omisión de esta especificación para cualquier ítem esencial y el correcto desarrollo de actividades de Precomisionamiento/Comisionamiento, tendrán que ser traído a evaluación al Operador por parte del Contratista. Si el contratista desea hacer un cambio a una desviación de una especificación, esta deberá ser sometida a la aprobación del Cliente, la cual debe ser recibida por escrito, antes que cualquier cambio sea realizado.

Finalmente, el Contratista a cargo del Precomisionamiento y/o Comisionamiento tendrá que asegurar que su equipo de trabajo, cuenta con buen conocimiento de la metodología que ha implementado el Operador.

2.1 METODOLOGÍA DE “SISTEMAS”.

2.1.1 El “enfoque de los sistemas”.

Las fase de chequeo y pruebas de una planta nueva, son necesarias por ser un proceso relativamente detallado y sofisticado. No todas las partes de la planta alcanzan el mismo grado de afinación al mismo tiempo, por lo tanto, algunas áreas o unidades deberán ser completadas mecánicamente mientras que otras no. Por consiguiente, será una pérdida de tiempo esperar a que toda la planta esté completada mecánicamente, antes de empezar las actividades de Precomisionamiento, Comisionamiento y Arranque.

La secuencia de arranque de una planta nueva está condicionada por limitaciones operacionales: donde el equipo de seguridad y las fases críticas serán la principal prioridad.

La generación de energía es requerida antes que el proceso de equipamiento. Así que es diferente el desarrollo del trabajo de construcción, el cual es planeado por tipos de tarea, áreas y tonelaje de los equipos; la optimización de la fase de un arranque se desarrolla a través de una afinación sistemática de unidades operacionales: bombas contra incendios, aguas producidas, gas, generación de energía, etc.

Adicionalmente, por razones de optimización de medios y recursos, no todas las tareas relacionadas con las diferentes disciplinas que conforman el equipo de Precomisionamiento y Comisionamiento deberán ser realizadas simultáneamente.

De esta manera, la planeación del Proyecto tendrá que ser optimizada, las actividades de afinación deben ser organizadas como Sistemas y Subsistemas Operacionales y no como un conjunto de actividades de la planta.

Un sistema es una mayor subdivisión de una instalación de proceso, que realiza una función operacional mayor de la planta. El sistema incluye todos los diferentes equipos que le permiten operar. Las bombas contra incendio, la generación de energía, los sistemas de control, telecomunicaciones, crudo, gas, procesamiento de agua, etc., son ejemplos típicos de sistemas.

Un subsistema es una subdivisión más allá de un sistema, que realiza una función operacional parcial del sistema, con poca o sin interferencia en

límites de otros subsistemas. Diferentes equipos con la misma función en el sistema y los paquetes principales son típicos ejemplos de subsistemas.

El “enfoque de los sistemas” induce a la siguiente terminología, relacionada con los sistemas, subsistemas e hitos:

- El Precomisionamiento se realiza después de llegar a un completamiento mecánico o ha terminado el proceso de fabricación o montaje.
- Los Subsistemas están listos para el Comisionamiento cuando todas las actividades del Precomisionamiento están completadas.
- Subsistemas están listos para el arranque cuando todas las actividades del Comisionamiento son realizadas.
- Sistemas o grupos de subsistemas, están listos para la operación cuando todas las actividades del arranque han sido realizadas.

El grupo de Arranque o el Operador deberá prestar atención particular cuando es emitido el certificado de Comisionamiento. Pero este documento que certifica el Comisionamiento realizado no autoriza que el subsistema correspondiente, permita el ingreso de crudo o gas al sistema.

Existe un caso particular para los paquetes de superficie y el equipo subacuático. El paquete alcanzará el estatus de Listo para la entrega después que las pruebas del Vendor sean llevadas a cabo y a satisfacción. El Visto bueno para el Comisionamiento del paquete (si el paquete es un sub-sistema) será logrado cuando el paquete se instale en el lugar objetivo, sea completamente chequeado y probado antes de su acoplamiento.

2.1.2 Delimitación de sistemas/subsistemas.

La división específica de una planta en sistemas y subsistemas para actividades de afinamiento toma lugar al inicio del proceso, en la fase de Ingeniería Básica y siempre debe ser sometido para la aprobación del Operador.

La división de la planta es clave para la preparación de actividades, puesto que tiene el mayor impacto en todos los aspectos del afinamiento de la operación. Los subsistemas tendrán que ser definidos de tal manera que sean lo más independientes posibles, no muy pequeños, pero de un tamaño

manejable y exactamente adaptados a la secuencia de arranque. El número de subsistemas dependerá del tamaño de la planta.

Es realizado por el grupo de Comisionamiento, de acuerdo a las reglas de delimitación de subsistemas y documentadas en Diagramas de proceso (Diagramas de tuberías e instrumentos - PID's) y en los diagramas de línea como documentos de soporte.

En total los documentos de ingeniería requeridos para la delimitación de sistemas y subsistemas, son los siguientes:

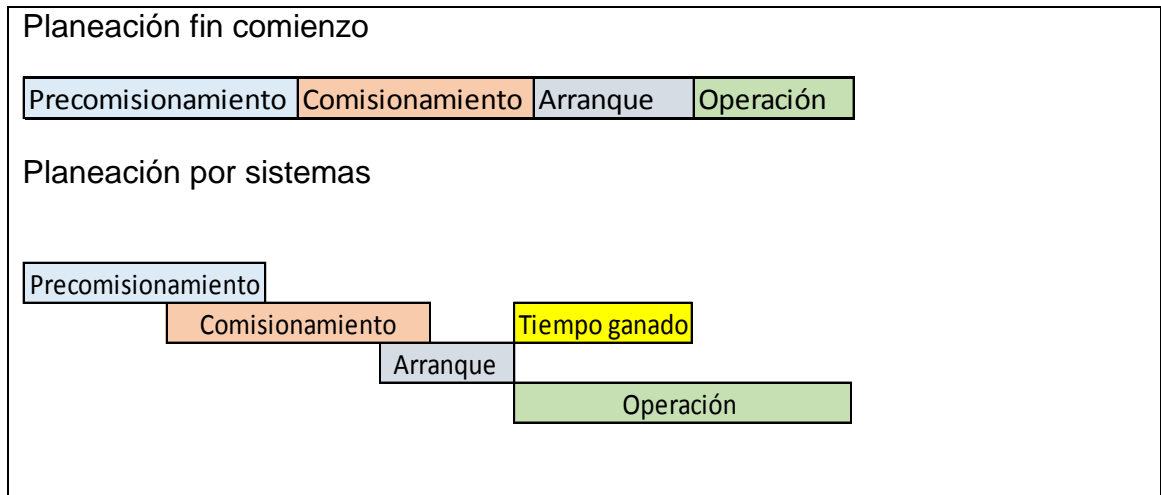
- Filosofía de operación.
- PFD: Diagramas de flujo de proceso.
- Maqueta 3D.
- P&ID: Diagramas de tubería e instrumentación
- Diagramas unifilares.
- Diagramas de lazos de control
- Listado de tubería
- Listado de cables potencia
- Listado de cables de control
- Listado de instrumentos
- Listado de señales
- Listado de equipos mecánicos
- Listado de equipos eléctricos
- Hoja de datos equipos mecánicos
- Hoja de datos equipos eléctricos
- Hoja de dato Instrumentos

El principio básico de las actividades de afinamiento serán para:

- Definir, organizar, preparar, realizar y reportar todas actividades de Precomisionamiento y Comisionamiento por sistemas y subsistemas. El afinamiento se reporta en la marcación de PID's y en los diagramas de línea como documentos de soporte.
- El progreso de las actividades de afinamiento serán reportadas con un traslapeo parcial entre los sistemas y subsistemas, de acuerdo a la secuencia de arranque.

•

Figura 1. El enfoque de los sistemas



Fuente: Autor

Cuadro 1 Resumen de las actividades de afinamiento e hitos

Fase	Actividades	Hitos designados
Paquete/equipo subacuático	Chequeos de conformidad. Pruebas estáticas/desenergizadas Equipo de prueba. Verificaciones dinámicas locales. Pruebas en Fabrica, Pruebas en campo, etc.	Listo para la entrega Por paquete
Precomisionamiento	Chequeos de conformidad. Pruebas estáticas/desenergizadas. Equipo de prueba. Verificación dinámica.	Listo para Comisionamiento Por subsistemas
Comisionamiento	Pruebas en línea y en funcionamiento. Actividades previas al arranque.	Listo para el arranque Por subsistemas
Arranque	Preparación/Testigos	Listo para la operación Por sistemas

Fase	Actividades	Hitos designados
	Prueba final con crudo o gas en el sistema. Operación.	

Fuente: Autor

2.2 METODOLOGÍA DE PRECOMISIONAMIENTO.

Las actividades de Precomisionamiento están organizadas por sistemas y subsistemas, siguiendo una secuencia aprobada, que optimiza la fase de arranque.

El alcance físico del Precomisionamiento consiste, como se mencionó anteriormente en:

- Conformar chequeos sistemáticos de los ítems de equipos.
- Pruebas estáticas/desenergizadas de los ítems de los equipos seleccionados.
- Vaciado de tubería y pruebas de presión agrupados por equipos de pruebas (Prueba hidrostática).

2.2.1 Listas de chequeo.

El primer tipo de tarea del alcance del trabajo del Precomisionamiento, son los chequeos de conformidad que deberán ser realizados y reportados en registros (Listas de Chequeo) aprobados en el plan de calidad del Cliente. Las listas de chequeo definen el alcance exacto del trabajo que deberá ser realizado sistemáticamente en cada ítem del equipo o de los paquetes seleccionados.

El Operador debe contar con un paquete de formatos de listas de chequeo estándar, cada uno adaptado a un equipo específico o a paquetes, los cuales deben estar disponibles en el plan de calidad del Cliente (Operador).

Se requiere que una lista de chequeo, que cuente con un encabezado para registrar datos de sistema, subsistemas, por tipo de equipo inspeccionado y la disciplina responsable disciplina.

Para el paquete y la instalación de equipos subacuáticos, hay que implementar formatos de prueba para cada tipo de equipo y/o grupo de equipos (por

actividad). Si es necesario realizar pruebas adicionales, el Contratista deberá definir el alcance de este Precomisionamiento, bajo aprobación del Operador y de acuerdo a las especificaciones del Vendor.

2.2.2 Formatos de prueba.

La segunda clave del Precomisionamiento, es que los formatos de pruebas estáticas y desenergizadas deberán ser realizadas de acuerdo con especificaciones técnicas requeridas; de igual forma ser reportadas en los formatos de prueba.

El Operador contar con un grupo requerido de formatos estándar, que deben estar disponibles en el plan de calidad para cada tipo de prueba de Precomisionamiento, listada y clasificada por actividades.

Un formato de prueba es llenada para cada prueba realizada.

2.2.3 Pruebas de tubería o paquete de prueba.

Son la tercera clave del Precomisionamiento, los paquetes de prueba deberán agrupar las actividades del Precomisionamiento sobre el trabajo de tuberías y recipientes, como vaciado de aire o agua, pruebas de presión (hydrotest).

El paquete de pruebas puede ser llevado a cabo en las líneas, incluidos en diferentes subsistemas. Procedimientos específicos, reportes, listas de chequeo y formatos de prueba que deben disponibles, en plan de calidad del Operador.

Para cada elemento que hace parte del Paquete de prueba, el Contratista deberá registrar, pero no limita a lo siguiente:

- El tipo de tubería y bridas
- La calidad de la soldadura
- La calidad de la pintura
- El tipo de junta usada para el ensamblaje

Todos estos tipos de registros deberán estar disponibles para el chequeo del Cliente.

Los paquetes de prueba separados pueden no coincidir completamente con el desglosamiento de los subsistemas jerárquicos. El Contratista debe proveer los dossier de los paquetes de prueba con sus respectivos subsistemas asociados junto con el listado de las líneas incluidas (Identificación PI&D) y el dossier del

paquete de prueba de referencia deberá ser aceptado y aprobado por la Operadora.

2.2.4 Requerimiento particular para equipo subacuático y paquete de superficie en la fase de Construcción y Precomisionamiento.

El equipo subacuático y los paquetes de superficie son mecánicamente completados (Cumpliendo con la fase de construcción y Precomisionamiento) después de su instalación en el lugar especificado, sin considerar la cantidad de pruebas que pueden haber sido hechas el Vendor, debido al hecho de que las pruebas de fábrica:

- Son realizadas con cableado temporal entre el paquete y su panel de control y sin el ambiente (ESD, F&G, Control Remoto)
- Son esencialmente dirigidas a demostrar el punto de funcionamiento contractual, donde el Comisionamiento tiene que probar todas las secuencias, situaciones y sistemas de seguridad.
- Son realizadas antes del arranque en sitio, por tanto su validez es dudosa y a menudo no asumida por el mismo Vendor por razones de garantía contractual.

Para equipo subacuáticos (Árboles de navidad, Manifold, etc.) la fase de construcción y Precomisionamiento, es presentada después de que todas las conexiones subacuáticas son realizadas y el Precomisionamiento es terminado.

Las Pruebas de aceptación del sitio específico (SAT's), deben ser requeridas para demostrar que los paquetes pueden funcionar en sitio cuando estos sean conectados a los suministros finales de energía y proceso. Aquellas pruebas pueden ser divididas de acuerdo en ambas fases (Precomisionamiento antes de la energización y Comisionamiento después de la energización).

2.2.5 Índice de Estatus.

El alcance del trabajo del Precomisionamiento es listado en referencia a un Índice de Status. El Índice de Estatus, es una lista de todos los equipos sujetos a uno o más operaciones del Precomisionamiento. Esta lista, ordenada por subsistema, disciplina y tipo de equipo, deberá ser creada por el Contratista, con las diferentes listas de ingeniería y Vendor (lista de instrumentos, listado de cables, listado de tuberías, etc.).

El Índice de Estatus indica para cada ítem del equipo (instrumento, cables eléctricos, bombas, etc.), las tareas del Precomisionamiento correspondientes, por ejemplo: Chequeos y pruebas, cuando aplica, para mostrar el número de referencia y documento del reporte de la tarea. Ejemplo: Números de Listas de chequeo y formatos de prueba. El índice de Estatus, es el resumen del alcance del trabajo del Precomisionamiento.

La información de afinamiento para cada tarea es registrada en el Índice de Estatus, de tal manera que pueda servir como un documento usado para hacer seguimiento del trabajo en proceso.

2.2.6 Lista de Verificación (Durante el Precomisionamiento).

Mientras que los chequeos y pruebas del Precomisionamiento son realizados, todas las discrepancias, equipos dañados o faltantes, malfuncionamientos y documentos faltantes, no son corregidos inmediatamente, son registrados para la trazabilidad de subsistema, en un “Punch List”.

En la etapa de “Listo para Comisionamiento”, debe incluir una Lista de Verificación acordada y ser emitido para la aprobación por parte del grupo de Comisionamiento. Esto no absuelve al Contratista de la Construcción / Precomisionamiento de sus obligaciones contractuales. Durante el Comisionamiento y el Arranque ítems de la Lista de Verificación adicionales que sean encontrados tendrán que ser incluidos en la Lista de Verificación, para que los pendientes sean subsanados por el Contratista apropiado y/o el Vendor.

2.2.7 Dossiers de Precomisionamiento.

Toda la documentación perteneciente a las operaciones del Precomisionamiento, es compilada en un dossier específico, ordenado por:

- Sistema
- Subsistema

Estos contienen toda la información requerida para demostrar que un subsistema ha alcanzado el estatus de “Listo para el Comisionamiento”.

Su contenido es definido completamente en el plan de calidad del Operador.

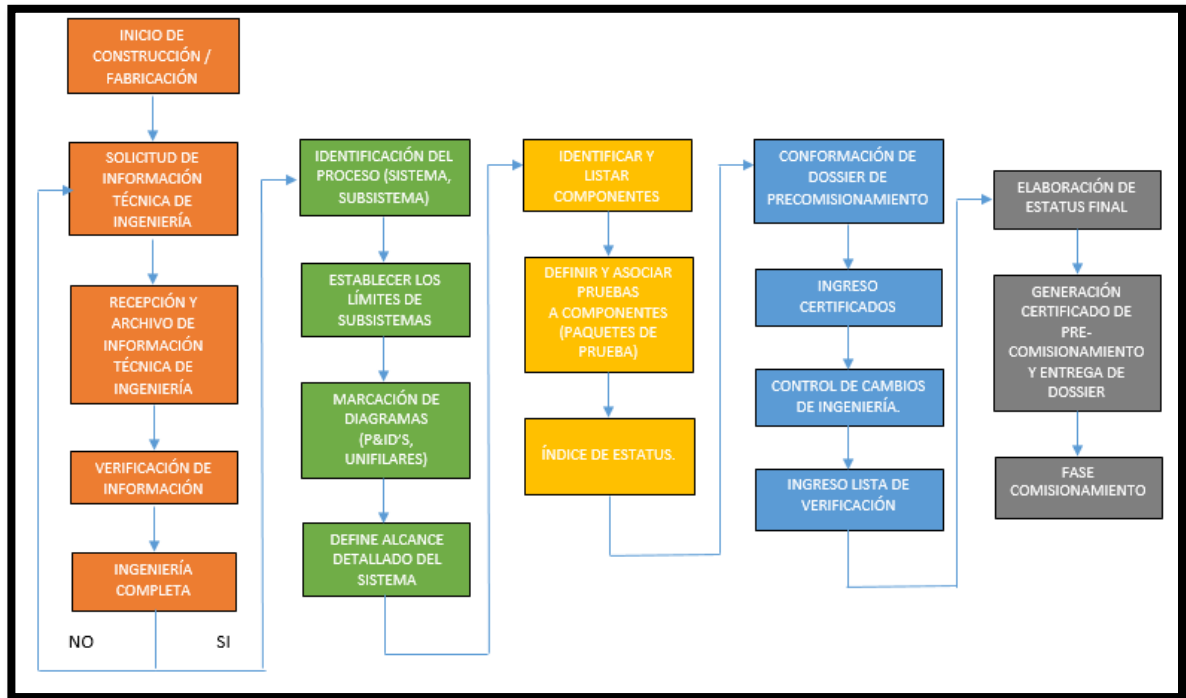
2.2.8 Resumen de actividades del Precomisionamiento.

Cuadro 2. Resumen de la metodología del Precomisionamiento

Tarea	Disciplina	Numero	Documento de soporte
Chequeos de conformidad	Todas	1 por ítem de equipamiento (campo) 1 por paquete.	1 Lista de Chequeo por tipo de equipo, paquete y subsistema (campo) Lista de chequeos en el Índice de Estatus
Pruebas estáticas	Todas	1 prueba por ítem especificado (campo) 1 prueba por ítem de seguridad del paquete.	1 Hoja/formato de prueba por prueba Lista de pruebas en el Índice de Estatus
Paquete de pruebas	Tubería	1 por grupo de líneas por subsistema o red de tubería.	Procedimiento específico y reporte Hoja/formato de prueba
Pruebas de aceptación de fabrica	Todas	Lo apropiado, para cada paquete suministrado por el Vendor.	Reporte de funcionamiento del Vendor y cualquier Lista de Verificación, con su respectivo certificado

Fuente: Autor

Figura 2 . Flujo de procesos de Precomisionamiento.



Fuente: Autor

2.3 METODOLOGÍA DE COMISIONAMIENTO.

El alcance de las actividades de Comisionamiento consiste en:

- La verificación dinámica de las funciones elementales de la planta.
- Las pruebas en línea y de funcionamiento de utilidades de los sistemas de la planta y las pruebas en línea y de funcionamiento con fluidos inertes en el sistema de proceso.
- Las actividades de pre-arranque.

Todas las operaciones son organizadas por subsistemas, siguiendo la siguiente secuencia, idéntica a la de Precomisionamiento, la cual optimiza la fase de arranque.

Finalmente, dependiendo de la estrategia de entrega, el grupo de Comisionamiento deberá operar una parte de la instalación.

2.3.1 Chequeos preliminares.

Los chequeos preliminares son la verificación cruzada del grupo de Comisionamiento para saber si efectivamente se encuentra en el estatus de

“Listo para Comisionamiento”. Estas toman lugar cuando un subsistema se acerca o alcanza el estatus de “Listo para el Comisionamiento” y consiste en:

- Un chequeo físico en el sitio de instalación.
- Una revisión exhaustiva del dossier de Precomisionamiento.

Los chequeos preliminares son realizados por cada disciplina y formalizados por un formato de reporte específico que debe estar disponible en plan de calidad del Operador.

Levar un orden para evitar retrocesos o el re-chequeo (Una vez el grupo de Precomisionamiento, una vez el grupo de Comisionamiento), el representante del Precomisionamiento para el Comisionamiento, deberá acompañar el Proceso de Chequeos Preliminares (Preliminary Checks - PRC).

En esta etapa, un número de nuevos pendientes para la Lista de Verificación, encontrados por el grupo de Comisionamiento y sus chequeos cruzados de la planta, son incorporados en la Lista de Verificación del subsistema (acordados entre el Contratista y la Compañía Operadora).

Una vez los chequeos preliminares sean terminados, el certificado de Precomisionamiento es contrafirmado por los representantes del Comisionamiento y la hoja del PRC puede ser emitida (firmada por cada representante del Comisionamiento para cada disciplina) después de que el dossier de Precomisionamiento es revisado.

2.3.2 Pruebas funcionales.

Estas son las pruebas se realizan en cada instrumento, medios de telecomunicación y el sistema eléctrico.

Para mayor facilidad, un ítem general por grupo de ítems del equipamiento que realice una función elemental de la planta, es llamado una función básica. Es el equipo más pequeño que puede ser sujeto a la operación del Comisionamiento. En el plan de calidad hay que definir los principales tipos de funciones básicas de una planta: tableros, transformadores, calentadores, procesos cíclicos de control, Válvula de parada de emergencia (ESDV's), Altavoces de señal sonora (loudspeaker), lazos de control, etc.

Las pruebas funcionales son realizadas de acuerdo con las especificaciones técnicas y los resultados deberán ser reportados en las Hojas de Pruebas Funcionales.

Un formato de hoja de prueba debe estar disponible en el plan de calidad del Operador, para cada tipo de Prueba funcional, ordenado en un listado maestro de actividades y elaborar un formato para cada prueba realizada.

No existen pruebas aleatorias funcionales: Cada instrumento y cada función básica eléctrica o de telecomunicación de la planta, está sujeto a una Prueba funcional, siendo parte del campo o equipamiento de empaque.

2.3.3 Actividades del pre-arranque.

Todas estas actividades específicas del Comisionamiento requieren preparación de la red de tubería antes de la introducción de la materia prima en la planta:

- Prueba de filtraciones.
- Drenado (Drying-out).
- Inertización (Limpieza de líneas de gas con nitrógeno, para retirar la humedad)
- Cargue de químicos
- Limpieza química

Hay que registrar estas actividades en reportes y procedimientos específicos.

Puede pasar que algunas de estas actividades no estén relacionadas con un sistema singular o subsistema (La prueba de filtraciones, por ejemplo, es llevada a cabo por el nivel de presión más que por un subsistema). El reporte de una tarea debe ser creado para reportar los resultados, los cuales deben referirse a todos los dossiers de los subsistemas de Comisionamiento concernientes.

2.3.4 Pruebas Operacionales.

Una vez todas las Funciones Básicas hayan sido sistemáticamente probadas, los equipos de mayor gama, sistemas, subsistemas o los grupos de subsistemas; serán sujeto de Pruebas Operacionales, cuando sea necesario o se pueda implementar.

Este consiste en llevar el sistema a operación bajo condiciones cercanas a la realidad operacional, con fluidos inertes, no solo para probar los dispositivos automáticos, controles, secuencias normales y de apagado, sino también para revelar posibles fallas mecánicas o eléctricas (estancamiento, vibraciones, sobrecalentamiento, sobrecarga, etc.) que pueden ocurrir durante el uso normal o prolongado.

Cada prueba operacional es una actividad multidisciplinaria, conducida de acuerdo al procedimiento de la Prueba Operacional (OTP-Operational Test Procedure), el cual fue establecido durante la fase de preparación del Comisionamiento y aprobado por la Operadora. No hay un procedimiento de estándar, puesto que varían con el tipo de planta.

Típicos subsistemas sujetos a una prueba operacional son: bombas sistema contra incendios, compresores de aire, generación de energía, sistemas ESD, exportación de bombas de recirculación, proceso de compresores de recirculación (con aire o con nitrógeno, si es posible, y si no, con gas después del arranque), equipos subacuáticos, paquetes de propano, bucles/circuitos de aceite caliente, etc.

Antes de la preparación de un procedimiento para Pruebas Operacionales, el principio o criterio de aceptación tendrá que ser definido si no existe un requerimiento contractual (duración de prueba, número de ciclos, etc.) y deberá ser aprobado por el Cliente.

La prueba operacional es la clave para la actividad del Comisionamiento. En cualquier caso, éste deberá ser presenciado, seguido, asistido y chequeado por el Operador y estará sujeto a un Certificado de Prueba Operacional.

Este certificado deberá especificar que el subsistema y/o equipo nombrado en el certificado tendrá que ser llevado a la condición operacional y que todos los equipos relacionados con el Vendor, han sido satisfactoriamente probados.

2.3.5 Condiciones particulares a ser consideradas para casos subacuáticos.

En el caso de que sea requerido metanol para ser inyectado en el árbol de navidad (cabezal de pozo), durante el Comisionamiento de las válvulas del árbol de navidad para propósitos de inhibición de hidratos, esto tendrá que ser considerado como una actividad de Comisionamiento y desarrollarlo bajo el control de Operaciones de Campo. El grupo de Operaciones de Campo deberá controlar las actividades de metanol requeridas, debido al riesgo inminente en las Instalaciones de superficie.

La apertura de la Válvula de Seguridad del Pozo (Down Hole Safety Valve – SCSSV) o desde la reserva no es considerada como una actividad del Comisionamiento, pero si como una actividad del arranque, maniobra que es liderada por el Operación de Campo. Durante la preparación, el equipo de Comisionamiento tendrá que emitir procedimientos de pruebas. El equipo de Comisionamiento será responsable del bosquejo de los procedimientos con el afinamiento final del Operador de Campo o del equipo de arranque.

En la fase de ejecución, el equipo de Comisionamiento deberá actuar en conjunto con el Operador de Campo o del equipo de Arranque.

2.3.6 Particularidades a ser consideradas en Pruebas Operacionales en “En Caliente”.

Algunas Pruebas Operacionales deben ser realizadas con crudo o gas después del arranque, estas deberán ser llevadas a cabo bajo control del Operador, con asistencia del equipo de Comisionamiento.

Este procedimiento deberá ser definido en una etapa previa y específica a través del contrato. De no ser el caso, en la fase de la Ingeniería de detalle, donde la lista de sistemas/paquetes a ser probados con crudo o gas, será definida y aprobada por el Cliente.

En la etapa Comisionamiento, el equipo multidisciplinario deberá identificar las Pruebas Operacionales faltantes a realizar con hidrocarburos, bajo el control del Operador de Campo o del equipo de arranque. Las actividades faltantes no deberán ser registradas en la Lista de Verificación.

2.3.7 Operación y mantenimiento durante el Comisionamiento.

Durante la etapa del Comisionamiento, es obligatorio que ciertos equipos sean operados antes de ser entregados al Operador, ejemplo: compresores de aire, generadores, etc. El Contratista deberá asegurar que antes del arranque los equipos operan y que todos los dispositivos de seguridad, lógicas de control y protecciones estén disponibles y sean confiables (Lógica ESD, Detección F&G, Sistemas anti incendio, protección eléctricas).

Algunos otros equipos necesitan ser suspendidos (en particular para los proyectos Costa fuera, durante el periodo de separación entre el final del Comisionamiento en campo y el inicio del Arranque). Por defecto, el equipo de Comisionamiento deberá realizar la operación inicial, mantenimiento y preservación del equipo y por consiguiente, deberá proveer los recursos apropiados.

Una vez el paquete o pieza del equipo haya iniciado, se recomienda que sea operado durante un corto periodo de tiempo por el equipo de Comisionamiento. Esto deberá ser sujeto a un programa de mantenimiento de rutina. La falla por implementar este mantenimiento podría llevar a disputas sobre garantías.

El equipo de Comisionamiento deberá presentar el programa de mantenimiento para la respectiva aprobación por parte del Operador, para que sea implementado.

El programa, mínimo tendrá que incluir lo siguiente:

- Inspecciones de rutina.
- Programación de lubricación y sustituto de la lista de lubricantes, si se requiere.
- Registro de la hoja correspondiente a la inspección de rutina.
- Procedimientos de suspensión, reinicio y formatos de chequeo.
- Provisión de consumibles y piezas de repuesto.
- Provisión de mano de obra para el trabajo de turno, si es requerido, etc.

2.3.8 Base de datos técnica.

Todas las Funciones Básicas, agrupadas por subsistemas, disciplina y tipo de Funciones, son listadas en una Base de Datos Técnica, la cual es una descripción exhaustiva del contenido físico de todos los subsistemas. Este es el equivalente del Índice de Estatus, usado por el Precomisionamiento.

La Base de Datos indica, cada Función Básica, el tipo de operación de Comisionamiento requerida, la referencia de los reportes de tareas de la operación y también provee cualquier tipo de información relevante.

La fecha de afinamiento de cada actividad también es registrada, de tal manera que pueda ser un documento de trabajo usado para hacer seguimiento a los procesos de Comisionamiento.

La Base de Datos Técnica, es la principal herramienta para la preparación y seguimiento del Comisionamiento y es establecida por el equipo Comisionado durante la fase de desarrollo.

2.3.9 Lista de Verificación (Durante el Comisionamiento).

La lista de verificación de los subsistemas, una vez establecida la etapa de “Listo para el Comisionamiento”, es continuamente actualizada durante las actividades del Comisionamiento y Arranque, añadiendo todos los ítems encontrados y eliminando aclarados o subsanados.

En el momento del “Listo para el arranque”, aquellos nuevos ítems identificados por el equipo de Comisionamiento o por el grupo Operador durante las inspecciones cruzadas de la planta, son incluidos en la Lista de Verificación. Todos los ítems de la lista de verificación que posterguen el inicio del sistema, tendrán que ser aclarados en esta fase.

2.3.10 Dossier de Comisionamiento.

Toda la documentación perteneciente a las actividades de Comisionamiento es compilada en un dossier específico, ordenado como el dossier de Precomisionamiento en:

- Sistema.
- Subsistema

Estos contienen toda la información requerida para demostrar que el subsistema ha alcanzado el estatus de “Listo para el Arranque”. Su contenido es completamente definido en el plan de calidad de Operador.

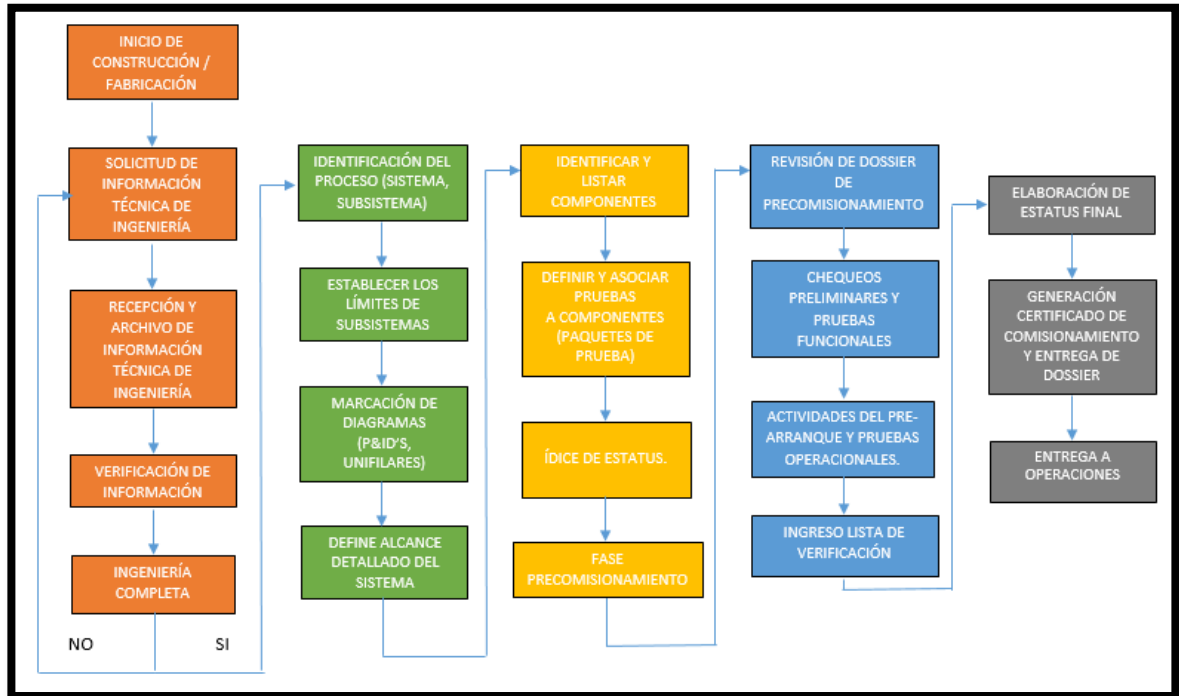
Para el equipamiento subacuático, se debe prestar atención al estatus de la instalación dejado por el equipo de Comisionamiento, a la documentación asociada y detalla por el Cliente, para la entrega a Operaciones de Campo.

2.3.11 Resumen de las actividades de Comisionamiento.

Cuadro 3. Resumen de la metodología del Comisionamiento.

Tarea	Disciplina	Número	Documento de soporte
Chequeos preliminares	Todas	1 por subsistema	1 formato de reporte de tarea por subsistema, más Lista de Verificación de los ítems de Precomisionamiento.
Pruebas Funcionales	Instrumentos Eléctricos Telecomunicaciones	1 Prueba por Función Básica	1 Hoja de Prueba Funcional por prueba Lista de pruebas en la base de datos técnicas
Actividades del Pre-Arranque	Proceso	1 por subsistema, o nivel de presión, o circuito principal	Prueba de filtración, reportes de inertización, documento específico a la instalación
Pruebas operacionales	Prueba Multidisciplinaria	1 Prueba por subsistema con el equipo mecánico principal (Dependiendo de la consistencia del desglose del subsistema y Planes de Trabajo, que pueden ser llevados a cabo por un subsistema)	1 Procedimiento de Prueba Operacional por subsistema, específico a la instalación. Certificado de plan de trabajo.

Figura 3. Flujo de procesos de Comisionamiento



Fuente: Autor

2.4 ESTRATEGIA DEL PRECOMISIONAMIENTO Y COMISIONAMIENTO.

La preparación del Precomisionamiento y del Comisionamiento es de suprema importancia. Es en este momento donde la optimización de tareas es realizada de acuerdo a los objetivos del arranque.

La preparación de las actividades comienza durante la fase de Ingeniería Básica y son desarrolladas completamente durante el Diseño Detallado.

Como se mostró en las respectivas metodologías, las actividades son operaciones relativamente sofisticadas, sin embargo sus duraciones son cortas cuando se comparan con el tiempo de Construcción.

Entonces es imposible permitir en estas áreas una curva de aprendizaje o un periodo inicial de pérdida de organización, que podría ser desastroso para aquellos trabajos cortos y para el calendario complejo del proyecto.

Para cumplir con la metodología la empresa Operadora debe preparar previa y completamente el inicio de las actividades de afinamiento, no solo de las tareas del Precomisionamiento y del Comisionamiento, sino también de todas las actividades paralelas, como la organización y la coordinación entre las diferentes partes, recogiendo documentación, presupuestos, etc. De tal manera que la

organización pueda ser eficiente desde el primer día, implementado una política de enfoque común, desde el final de la construcción hasta el arranque. Por esta razón, la planeación del Precomisionamiento y el Comisionamiento deberá ser procesada en particular, con respecto a tres fases:

Preparación técnica y general, desde la fase de ingeniería básica a ser completada a Ingeniería de Detalle, incluyendo los requerimientos y objetivos del arranque.

Preparación técnica dedicada de las actividades del Precomisionamiento con sus respectivos hitos.

Preparación técnica dedicada de las actividades del Comisionamiento con sus respectivos hitos.

2.4.1 Preparación general.

Las actividades de preparación general son las siguientes:

- Desarrollar procedimientos generales para Precomisionamiento y Comisionamiento, de acuerdo a la planeación estratégica del Operador.
- Validar la secuencia de arranque y asegurar el esquema de incentivo requerido (si es solicitado)
- Sincronizar la lista de subsistemas (Secuencia de Comisionamiento) y prioridad con arranque e incentivo.
- Detalle del alcance del trabajo en zona costera y Costa fuera, para los proyectos no costeros.
- Aclarar el proceso de entrega y atestiguamiento de actividades.
- Definir las listas de chequeo y el procedimiento detallado del arranque.
- Definir Lista de actividades con crudo/gas en el sistema.
- Emitir los PID's marcados y diagramas resaltados, mostrando límites de subsistemas.
- Especificar recursos requeridos para asegurar la implementación de la metodología.
- Emitir planeación/programación y reportes de control de costos.
- Anticipar medios y facilidades temporales para ser proporcionados al Comisionamiento y el arranque.
- Definir lista y cantidades del Calendario de Consumibles y completamiento de lista del Comisionamiento.

- Definir la lista de planes de trabajo a ser realizar, particularmente para los equipos y maquinas las principales
- Recolectar información de Ingeniería y del Vendor.
- Compilar las listas de equipos por subsistema.

2.4.2 Preparación del Precomisionamiento.

Durante la preparación del Precomisionamiento, muchos documentos deben ser emitidos en orden y optimizar herramientas, recurso, logística, etc. El Contratista tendrá que asegurar que todas las acciones sean proyectadas de acuerdo a esta planeación y que los medios, herramientas, presupuestos, consumibles y recursos estén disponibles en el debido tiempo.

- Documentos.

Estas actividades incluyen típicamente:

- Establecer, desde la definición de los subsistemas y las listas de equipos, el Índice de estatus numerando todas las listas de chequeo y hojas de pruebas
- Preparación de procedimientos específicos (Prueba hidrostática, vaciado de tubería y recipientes, etc.)
- Preparación del dossier del Precomisionamiento
- Planeación, plan de movilización de recursos, etc.
- Adaptar, si es necesario, la especificación del Precomisionamiento a las particularidades del proyecto, por medio de emisión de Listas de Chequeo y Hojas de Prueba para el equipo especial del proyecto.

- Planeación.

- Producir una red y una secuencia de Precomisionamiento basado en plan de trabajo de Construcción, los requerimientos del Comisionamiento y la secuencia de arranque.

- Evaluar la duración de las tareas y programación del Precomisionamiento.
- Contratos.
 - Preparar las cláusulas de los contratos de construcción del Precomisionamiento.
 - Emitir los contratos específicos del Precomisionamiento.
 - Preparar la asistencia de Vendor o Proveedor de equipos, durante las operaciones del Precomisionamiento.
 - Las actividades de Precomisionamiento mencionadas anteriormente, son realizadas por el Contratista de Ingeniería. Estas toman lugar en paralelo con la preparación del Comisionamiento, cerca de 6 a 8 meses antes de empezar las operaciones en sitio.

2.4.3 Preparación del Comisionamiento.

Durante la preparación del Comisionamiento, muchos documentos deberán ser emitidos en orden, para anticipar y optimizar en términos de provisiones/herramientas, recursos, logística, etc. El Contratista deberá asegurar que todas las acciones sean proyectadas de acuerdo con esta preparación y que recursos estén disponibles en su debido tiempo.

- Documentos.

Todas las actividades típicamente incluyen:

- Definir Funciones Básicas por subsistema.
- Desarrollar la Base de Datos Técnica.
- Adaptar la especificación de Comisionamiento y emitir las Hojas de Prueba Funcional, para el equipo especial del proyecto.
- Definir las pruebas de filtraciones principales y programas.
- Definir la lista de pruebas operacionales y emitir sus procedimientos.

- Preparar los dossiers del Comisionamiento.
- Planeación de movilización y asignación de recursos, etc.
- Planeación.
 - Producir el registro de las tareas y del programa de Comisionamiento.
 - Cuantificar el alcance del trabajo.
 - Producir los histogramas del talento humano.
 - Asegurar la planeación integrada, particularmente cuando el proyecto está dividido en varios sub proyectos y/o contratos, especialmente en plantas costa afuera.
- Contratos.
 - Preparar las cláusulas de “asistencia en el Comisionamiento” en los contratos de construcción.
 - Emitir los contratos específicos (Pruebas de filtraciones, Calefacción, Ventilación, aire acondicionado, etc.)
 - Preparar el acompañamiento del Vendor en actividades del Comisionamiento.
 - Incluir las partes de repuesto y las herramientas espaciales en las órdenes de compra del Comisionamiento.
- Soportes.
 - Recolectar toda la documentación requerida de Ingeniería y Vendor.
 - Realizar ingeniería detallada de facilidades temporales requeridas.
 - Preparar el disponibilidad de repuestos, consumibles, equipos de prueba, químicos y medios logísticos.

- Preparar la selección y movilización del personal ejecutor.
- Hay que tener en cuenta, que algunas actividades toman lugar en etapas previas del proyecto, especialmente las actividades relacionadas con los contratos. El Contratista de Ingeniería, por consiguiente, tendrá que llevarlas a cabo.

2.4.4 Principio general de la Lista de Verificación.

Mientras las actividades del Precomisionamiento, Comisionamiento y Arranque están siendo ejecutadas, todas las discrepancias y/o pendientes tendrán que ser registradas en la Lista de Verificación, de acuerdo al siguiente principio general de Lista de Verificación:

- Un punto es considerado como un punto de bloqueo si este desafía al concerniente subsistema.
- El aspecto de seguridad operacional para la siguiente actividad.
- La integridad del sistema, si hay riesgo de daño.
- La falta de requerimientos debido a reglas/regulaciones locales o particulares.
- Un punto es conectado a un subsistema (o equipo perteneciente a un subsistema)
- Desde la construcción a la rutina de operación, tres Listas de verificaciones deberán ser consideradas:
 - PL A: Ítem considerado como un punto de bloqueo para la actividad de Comisionamiento del subsistema.
 - PL B: Ítem considerado como punto de bloqueo para la actividad de Arranque del subsistema.
 - PL C: Ítem que no genera un punto de bloqueo para la actividad de Arranque, pero está relacionado con una acto contractual del equipo e hito (por ejemplo, Aceptación parcial, Entrega)
- Estas listas editadas de acuerdo con el representante del Contratista deberán ser actualizadas durante las actividades de afinamiento, de tal manera que tengan un estatus preciso de cada subsistema en los estatus “Listos para el Comisionamiento” y “Listo para el arranque”.

- Cada ítem de la Lista de Verificación deberá contener la siguiente información:
 - Número de identificación de subsistema y equipo.
 - Disciplina de la actividad.
 - Grado de prioridad.
 - Descripción del defecto, acción correctiva por realizar.
 - Material/Asistencia requerida.
 - Programación para cierre.

- Para el paquete o fabricación del equipo subacuático, las prioridades de la lista de verificación tendrán que ser adaptadas como se muestra a continuación:
 - PL 0 antes de “Listo para Entrega” (a ser aclarado en la premisa del Proveedor)
 - PL A antes del Precomisionamiento del subsistema al cual esta adjunto.
 - PL B antes del Comisionamiento del subsistema al cual esta adjunto.
 - PL C antes del hito final y antes de que el Proveedor se vea involucrado.

En proyectos subacuáticos el grupo de Comisionamiento antes de la aceptación del dossier de Precomisionamiento, deberá verificar los subsistemas como mecánicamente completos. Solo listas de verificación menores podrán ser aceptadas en la lista de verificación. Ningún ítem físico de la lista de verificación (equipo faltante, etc.) será aceptado para el equipo subacuático instalado. La documentación de los ítems de la lista de verificación podrá ser aceptada en esta etapa.

Finalmente, durante la fase de preparación, el Contratista debe poner particular atención a integrar en su organización el correcto uso del recurso, en orden y manejar la base de datos de la Lista de Verificación (Registrar, seguir, retroalimentar los procesos a ingeniería, acciones correctivas, etc.).

2.4.5 Principio del progreso y del estatus

El progreso y el estatus, se deben definir de acuerdo a la especificación del proyecto. Pero debido a la particularidad de las actividades del Precomisionamiento y del Comisionamiento, el progreso deberá ser calculado con una evaluación de horas-hombre y no con el número de actividades u hojas faltantes/completadas. El progreso y el estatus tendrán que ser divididos por subsistemas usando la siguiente definición:

- Horas-hombre estimadas: la evaluación del tiempo de las actividades faltantes.
- Horas-hombre ganadas: evaluación del tiempo de las actividades completadas basada en la evaluación estimada inicial.
- Horas-hombre gastadas: evaluación del tiempo real gastado por las actividades.

El progreso de un subsistema o para un grupo de actividades (si se presentan por disciplinas, por ejemplo), deberá ser el radio de la evaluación estimada y ganadas.

El estatus deberá declarar las actividades completadas y aquellas faltantes de acuerdo a la ponderación de las horas-hombre.

Finalmente, el factor de productividad, deberá ser calculado comparando con las horas-hombre ganadas y gastadas.

2.5 METODOLOGÍA DEL ARRANQUE.

Este capítulo apunta a describir el alcance técnico de las actividades de ejecución del arranque en orden de aclarar la interface entre el Arranque y el Comisionamiento, de igual forma identificar el traslapo entre las dos actividades.

Antes de ejecutar el Arranque desde cualquier punto de vista operacional, el alcance del trabajo del Arranque incluye actividades de preparación y atestiguamiento de las actividades del Comisionamiento. Después de ello, siguen las actividades operacionales propiamente dichas, las cuales son divididas en antes y después de la introducción del crudo/gas.

- Actividades operacionales, antes de la introducción del crudo/gas
- Actividades operacionales, después de la introducción del crudo/gas

2.5.1 Arranque y preparación de Prueba de funcionalidad.

Básicamente incluye las siguientes actividades:

- Aclarar la identificación, programación y planeación de las actividades con o sin hidrocarburos (metanol, diésel, gas).
- Definir actividades “Listo para introducción del crudo/gas.”
- Pre-requisitos para la definir las tareas del arranque.
- Evaluación del riesgo operacional y del impacto ambiental.

2.5.2 Documentos.

Estas actividades incluyen:

- Recoger información del Vendor y del licenciante del proceso de arranque.
- Preparar procedimientos detallados de arranque de acuerdo a la metodología de Operador.
- Preparar listas de chequeo asociadas con el arranque.
- Definir lista y descripción de las actividades “Listo para introducción del crudo/gas” (chequeos técnicos, auditorías de seguridad, auditorías organizacionales, etc.)
- Preparar procedimientos detallados de Prueba de funcionalidad.
- Preparar planeación, plan de movilización de recursos, etc.
- Listado de documentos a ser incluidos en el dossier de “Listo para operación”

2.5.3 Planeación.

Producir la planeación y el programa del Arranque y de Prueba de funcionalidad. (Asegurar planeación integrada, particularmente cuando el proyecto se encuentra dividido en varios sub proyectos y contratos.

- Cuantificar el alcance del trabajo.
- Producir histogramas de mano de obra.

2.5.4 Contratos.

- Preparar la “asistencia para el Arranque” (revisando la asistencia que será provista por el Contratista Ingeniería aporcada para construcción, Vendor, Licenciadores.

- Preparar la asistencia específica requerida para la realización de Prueba de funcionalidad (en particular la asistencia de laboratorio)
- Emitir todos los contratos específicos para el momento del arranque (para asuntos de logística, mantenimiento y subcontratos de operaciones, etc.)
- Incluir el arranque y las piezas de repuesto y herramientas especiales en proceso de orden de compra.

2.5.5. Soportes.

- Reunir toda la información requerida de ingeniería y del Vendedor/Proveedor.
- Realizar la ingeniería detallada requerida para el Arranque o las facilidades, para pruebas de funcionalidad (a veces temporales)
- Preparar disponibilidad de repuestos, consumibles, equipos de pruebas, químicos y medios logísticos
- Preparar la selección y movilización del personal de ejecución.

2.5.6 Atestiguamiento.

Las actividades de observar, son de verificación cruzada de las actividades de afinamiento del equipo de Arranque/Operador. Estas consisten en:

- Un chequeo físico en sitio de la instalación incluyendo FAT's y/o SAT's.
- Un chequeo físico de las actividades del Comisionamiento (Pruebas operacionales, pruebas de filtraciones, funcionamiento de las utilidades de la planta, preparación para la introducción del crudo/gas, demostración ESD, etc.).
- Una revisión completa del dossier de Comisionamiento

En esta etapa, un número de nuevos ítems de la lista de verificación, pueden ser descubiertos por el equipo de Arranque durante el chequeo cruzado de la planta, sin ser incorporados en la lista de verificación del subsistema (Acuerdo entre los representantes del Comisionamiento y el Arranque).

2.5.7 Funcionamiento del arranque.

El equipo a cargo del Arranque deberá conducir las actividades de "Listo para introducción del crudo/gas".

Estas son todas las actividades específicas requeridas para preparar el ingreso del crudo/gas a la planta en operación:

- Poner en funcionamiento la tubería y recipientes en línea (válvulas, PSV, dispositivos de bloqueo)
- Chequear que todas las válvulas sujetas al estatus “bloqueadas”, se encuentren en posición de abiertas bloqueadas o cerradas bloqueadas, de acuerdo a los esquemas y procedimientos aprobados por el Operador.
- Chequear que todos los aislamientos por colombinas y ciegos estén de acuerdo a los esquemas y procedimientos aprobados.
- Establecer la lista del equipo disponible.
- Preparar las tablas de inhibición ICSS que enumera la inhibición que será requerida para el ingreso del crudo/gas
- Realizar las auditorias y revisiones técnicas programadas que sean necesarias para el otorgar el certificado “Listo para introducción del crudo/gas”
- Chequear que todos los ítems de la lista de verificación, los cuales deben ser aclarados antes de que el arranque y verificar que sean actualizadas.
- Diligenciar el Listado inicial.
- Asegurar la seguridad de los equipos, la disponibilidad y confiabilidad de las utilidades críticas.
- Llevar a cabo Pruebas finales de seguridad (ESD, inundación).

En esta etapa deberá ser emitido el certificado “Listo para introducción del crudo/gas”. Este certificado no se encuentra relacionado con ninguna transferencia de responsabilidad de una entidad a otra (los sistemas siguen en manos de la parte encargada del Arranque). Este está relacionado con el hito específico “Introducción del crudo/gas”, el cual puede estar asociado un número de prerrequisitos (caso de los contratos llave en mano).

Después de obtener el “Listo para introducción del crudo/gas” se requiere realizar las siguientes actividades, para el arranque de la planta con la primera introducción de la materia prima en la planta:

- Llevar el proceso a operación (introducción del crudo/gas, inyección de agua).
- Llevar a cabo Prueba operacional de Comisionamiento excepcional

- Realizar los Prueba de funcionalidad para probar la planta, equipos, capacidades de diseño y las especificaciones de productos, etc.

En el caso particular, varios certificados “Listo para introducción del crudo/gas” pueden ser emitidos. Por ejemplo, si la provisión de gas externo se encuentra disponible, un primer certificado “Introducción de gas-combustible” deberá ser expedido para las utilidades y uno para “introducción del crudo/gas” será emitido para facilidades de procesos.

2.5.8 Dossier del arranque.

Toda la documentación perteneciente a la actividad del Arranque, es compilada en un dossier específico.

Estos contienen toda la información requerida para demostrar que un sistema ha alcanzado el estatus de “Listo para Operación”.

Su contenido puede ser el siguiente:

- La primera secuencia y procedimiento de arranque, con todas las notas tomadas durante este y para mayor actualización del procedimiento.
- P&ID's marcados mostrando el estatus para las persianas y espadas en el momento de la transferencia al Operador.
- Certificado “Listo para Operación”
- Lista de verificación actualizada.
- Procedimiento del Prueba operacional, reportes y Certificado del Prueba Operacional llevada a cabo durante la fase de Arranque.
- Procedimientos de rutina del arranque, procedimientos de emergencia y apagado de rutina de acuerdo a la metodología avalada por el operador.

3. TALENTO HUMANO

Con el propósito de asegurar el éxito del Precomisionamiento y Comisionamiento, se debe conformar un grupo multidisciplinario para cada fase, con un gran conocimiento técnico y de seguridad industrial, coordinados por un líder, el cual es el responsable de mantener un grupo comprometido con las metas del proyecto.

Los equipos de Precomisionamiento y Comisionamiento deben cubrir todas las áreas, tanto la parte administrativa y técnica; con el apoyo de ingeniero de certificación, el cual es el encargado de elaborar y realizar el seguimiento de la base de datos del proyecto. Los equipos de Precomisionamiento y Comisionamiento tienen la misión de trabajar conjuntamente con Construcción, Fabricantes de equipos (Vendedor/Proveedor), Operador (Cliente) y otros.

3.1 Grupo de Precomisionamiento.

Es responsable de realizar una detallada inspección de todos los equipos e instalaciones completadas mecánicamente, para verificar que están contruidos o instalados de acuerdo a los requerimientos del proyecto (Ingeniería, Especificaciones técnicas, procedimientos de montaje, pruebas, etc.). Para tal efecto, se utilizaran los P&ID y un listado de actividades preestablecidas para el control de calidad (Check list).

Responsable de dejar constancia de las excepciones y/o pendientes que se detecten en el recibo de instalaciones (por sistemas y subsistemas), en un formato llamado PL1 (Punch list). Los ítems registrados son categorizados por el grupo de Comisionamiento.

Es responsable de interactuar con la Gerencia de Construcción durante la interface fabricación y completamiento mecánico, para asegurar que todos los equipos, sistemas y subsistemas se hayan verificado y sometidos a pruebas requeridas en la matriz de certificación del proyecto.

Es responsable de interactuar con el grupo de Comisionamiento del Operador.

La inspección final de los equipos, las pruebas de funcionamiento de los componentes, el ajuste y calibración de los equipos en terreno y pruebas en frio, verificación de lubricación, revisión de enclavamientos de seguridad, alarmas,

pruebas de controles eléctricos, pruebas de giro, líneas de proceso, sistemas eléctricos, comunicación desde sala de control, ect. Lo anterior debidamente protocolizado y certificado en el dossier de Precomisionamiento.

3.1.1 Líder de Precomisionamiento.

Responsable de interactuar con el Operador, coordinar las actividades con construcción, ingeniería, fabricantes, etc. Proporcionar los recursos humanos, materiales y equipos requeridos para ejecutar el trabajo y cumplir con el plan de Precomisionamiento estructurado por el Cliente, en Calidad y tiempo establecido. De igual forma, debe velar por el cumplimiento de requerimientos de seguridad industrial y medio ambiente.

3.1.2 Ingenieros de Precomisionamiento.

Tienen la responsabilidad de interactuar con Construcción, Proveedores de equipos, Operador y todo personal involucrado en el proyecto. Generar y emitir para aprobación un programa de pruebas de Precomisionamiento lógico y secuencial, respaldado con procedimientos de pruebas, protocolos, reuniones, P&ID delimitados, reuniones de coordinación, caminatas, reuniones de seguridad etc.

Identificar durante el desarrollo del Precomisionamiento, aquellos procesos que interfieran con las actividades (equipos o sistemas) normales de funcionamiento de la Plata y equipos, sistemas y subsistemas que deben ser bloqueados para el desarrollo seguro de pruebas.

Verificar el completamiento mecánico de las instalaciones del área asignada. La labor del ingeniero de Precomisionamiento incluirá la coordinación diario de actividades de Precomisionamiento, elaboración de reportes, mantener una comunicación asertiva con los técnicos de proveedores y supervisión de los contratistas de construcción.

Organizar y coordinar recorridos de inspección y verificación de los sistemas y subsistemas terminados, de igual manera la documentación asociada.

Trabajar en equipo para resolver en conjunto los problemas que puedan presentarse en el proyecto. En resumen el grupo de ingenieros de Precomisionamiento deberá supervisar todas las actividades requeridas para pasar al estatus de “Listo para Comisionar,” en los plazos y normas de

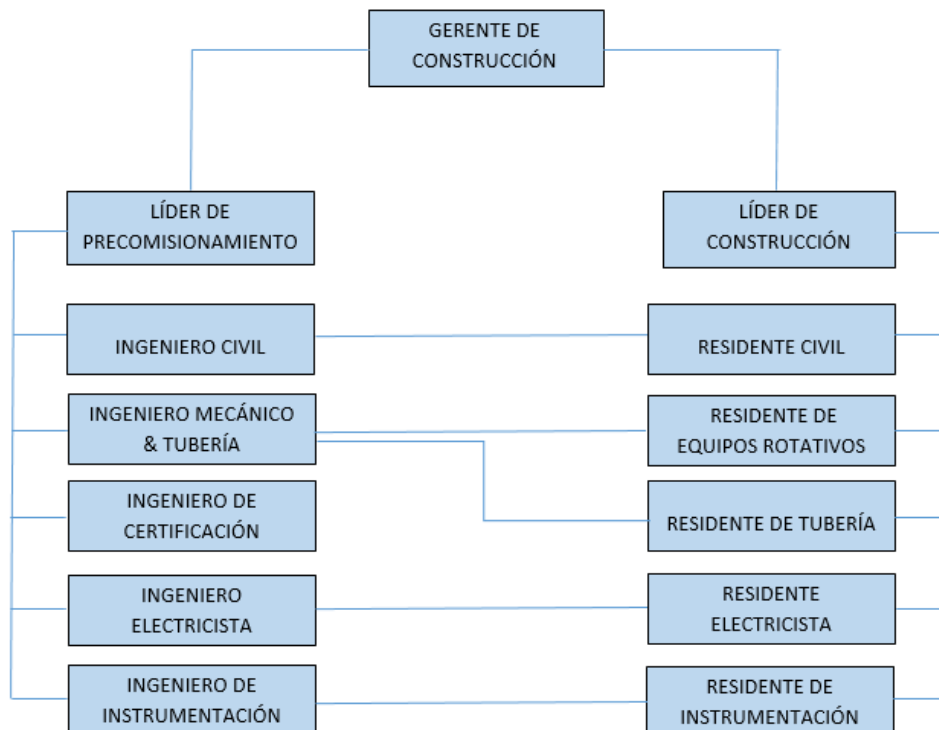
seguridad establecidas en el proyecto. Los ingenieros de Precomisionamiento deben reportar directamente al Líder de Precomisionamiento.

3.1.3 Ingeniero de certificación.

Se encarga de recibir, revisar y administrar las carpetas, con la información generada de las actividades de propias de construcción, proveedores, pruebas de Precomisionamiento, etc. y estregar al grupo de Comisionamiento el dossier de Precomisionamiento asociado en cada sistema y subsistema, según lo requerido en la matriz de Precomisionamiento.

El certificador codificará los paquetes entregables, según la sistematización del proyecto, estos formal la base y el método mediante el cual se logra el traspaso de la planta al dueño.

Figura 4. Organigrama Precomisionamiento



Fuente: Autor

3.2 Grupo de Comisionamiento.

El personal que conforma el grupo de Comisionamiento deberá acreditar conocimientos y experiencia en:

Liderar pruebas de funcionamiento Mecánico, Eléctrico, Control y Telemetría para la entrega de los sistemas de una plata de procesos al Operador.

Conocimiento en códigos y especificaciones relacionados con facilidades, tal como el diseño de tuberías, recipientes a presión, compresores, generadores, equipos rotativos etc, de igual forma experiencia en la construcción de facilidades de superficie.

Conocimiento y trazabilidad de materiales utilizados en la industria del petróleo y gas.

Los ingenieros de Comisionamiento deben demostrar sus habilidades y competencias, cumpliendo con las siguientes funciones y responsabilidades:

3.2.1 Líder de Comisionamiento.

Reporta Gerente de Aseguramiento, su función es coordinar las actividades y la asignación de recursos del grupo Comisionamiento.

Definir los sistemas y subsistemas en conjunto, con el Ingeniero de Certificación de Comisionamiento y Líder del grupo de Precomisionamiento.

Verificar la actualización de la base de datos cada vez que se realicen las pruebas.

Coordinar la elaboración de la documentación de entrega de Comisionamiento.

Entrega a Operaciones el dossier de Comisionamiento, una vez terminadas las pruebas para revisión, firma y entrega.

3.2.2 Especialista Mecánico / Tubería.

Participa en la delimitación de sistemas y subsistemas.

Coordinar la realización de las pruebas de fugas, incluyendo la elaboración de los respectivos procedimientos.

Coordinar con el especialista Eléctrico e Instrumentación la ejecución de las pruebas de funcionamiento, lazos y telemetría de cada uno de los sistemas.

Coordinar el mantenimiento y arranque de los equipos que hacen parte de cada subsistema, con los Proveedores ejemplo: Compresores, bombas, unidades de paquete, etc.

Coordinar y ejecutar las pruebas operacionales de los equipos reutilizados o nuevos que no tengan representación por parte del Proveedor.

Participar en el levantamiento del listado de verificación, acompañado de los especialistas Eléctrico, Instrumentación, cuando se requiera.

Revisar y aprobar o rechazar el dossier Precomisionamiento.

Firmar los certificados Mecánicos y de Tubería una vez sean aprobados.

3.2.3 Especialistas Eléctrico / Instrumentación.

Reporta al líder de Comisionamiento. Es responsable por la coordinación de las pruebas de funcionamiento Eléctricas, lazos y telemetría de cada uno de los sistemas a entregar.

Colaborar en la definición de los Sistemas y Subsistemas. Además debe definir cada una de las pruebas y certificados a realizar por sistema.

Presenciar la calibración de los instrumentos a instalar en cada sistema.

Verificar que los equipos e instrumentos utilizados en las pruebas estén calibrados. Presenciar las pruebas realizadas por el grupo de Precomisionamiento.

Revisar la documentación entregada por el grupo de Precomisionamiento y firmar los certificados de las disciplinas Eléctrica / Instrumentación que sean aprobadas.

Coordinar y presenciar o ejecutar la ejecución de las pruebas de funcionamiento y telemetría.

Diligenciar los certificados de las pruebas de lazos, funcionamiento y telemetría una vez sean ejecutadas y aprobadas las pruebas.

Participar en el levantamiento y cierre de los pendientes de cada sistema.

Revisar y aprobar o rechazar el dossier Precomisionamiento.

3.2.4 Especialista de Certificación.

Reporta al líder de Comisionamiento. Es responsable por la verificación y la certificación de las obras civiles y de geotecnia. Además es responsable por el seguimiento a la certificación de todas las pruebas realizadas y por mantener actualizada la base de datos.

Revisar y mantener actualizado los sistemas y subsistemas.

Mantener actualizado la base de datos del “Paquete de Pruebas” a realizar por cada subsistema.

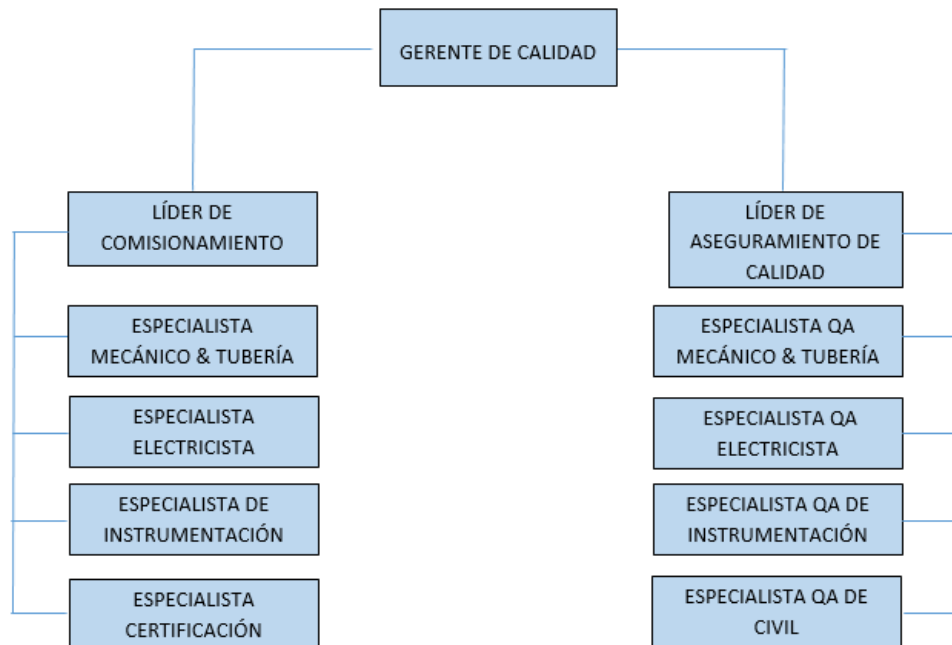
Actualizar la base de datos con base en la certificación de las pruebas realizadas.

Verificar la entrega y aprobación de los certificados recibidos del grupo de Precomisionamiento y de los certificados emitidos por el grupo de Comisionamiento y revisar con la programación establecida.

Verificar el cierre de los pendientes que se hayan ejecutado y mantener el estatus de pendientes actualizado.

Elaborar los Dossier Comisionamiento y Arranque, verificar que todas las pruebas y sus certificaciones estén completamente diligenciadas, aprobadas y firmadas.

Figura 5. Organigrama Comisionamiento.



Fuente: Autor

CONCLUSIONES

El Precomisionamiento y el Comisionamiento son procedimientos que dan confiabilidad a los procesos constructivos, de puesta en marcha y de operación en el sector industrial.

Esta guía es una herramienta útil y de fácil aplicación en cualquier proceso constructivo para el sector de hidrocarburos y deja como resultado la optimización y el mejoramiento continuo; es aplicable a cualquier tipo de construcción, sin importar la magnitud del proyecto o la cantidad de obra a ejecutar.

El Precomisionamiento enmarca los procedimientos de verificación de los procesos constructivos dando cumplimiento a estándares técnicos y de calidad previo al Comisionamiento.

La eficacia en la aplicación del Precomisionamiento y Comisionamiento se basa en el total cumplimiento de la normatividad y estándares de calidad, al igual que en la emisión de la documentación requerida y su debido control.

Esta guía establece competencias, roles y responsabilidades del personal requerido para conformar un grupo idóneo para la ejecución del Precomisionamiento y Comisionamiento; además, estructura definiciones, lineamientos y requerimientos para la planeación y desarrollo de actividades, en la ejecución de proyectos de construcción y puesta en marcha de la infraestructura para la explotación y producción de hidrocarburos en Colombia.

RECOMENDACIONES

La implementación de esta guía elaborada para realizar Precomisionamiento y Comisionamiento en procesos constructivos y de puesta en operación, genera ganancias económicas para las compañías, se eleva el nivel de confiabilidad y permite alcanzar logros de manera más eficiente en los procesos de explotación y producción de hidrocarburos en Colombia.

Esta guía es una herramienta general para ser implementada en el sector de hidrocarburos, es necesario que las compañías operadoras en Colombia establezcan lineamientos propios de aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

American Petroleum Institute (1981). Checklist for Plant Completion, API Standard 700, 2st Edition USA.

American Petroleum Institute (2013). Welding of Pipelines and Related Facilities, API Standard 1104, 21st Edition USA.

American Petroleum Institute (2000). Machinery Protection Systems, API Standard 670 (2009), 4st Edition USA.

Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and Other Liquids, ASME B31.4 (2009). USA.

Ministerio de Minas y Energía. Reglamento Técnico de instalaciones eléctricas RETIE. (2013). Colombia.

American National Standard (2009). Instrumentation Symbols and Identification, ANSI/ISA-5.1. 1st Edition USA.

American National Standard (1991). Instrument Loop Diagrams, ISA 5.4-1991. 1st Edition USA.

American National Standard (1981). Specification Forms for Process Measurement & Control Instruments, Primary Elements & Control Valves, ISA 20. 1st Edition USA.

Trond Bendiksen and Geoff Young. (2005). Commissioning of Offshore Oil and Gas Projects. USA.

Karl Veliz, S. (2012). Cierre de la fase de implementación del proyecto. Tesis de Magister gestión integral de Proyectos. Universidad Católica del Norte. Chile.

Pacific Rubiales Energy. (2012). Procedimiento de Comisionamiento para proyectos de Instalaciones de superficie. Colombia

Pacific Rubiales Energy. (2012). Procedimiento de Precomisionamiento para proyectos de Instalaciones de superficie. Colombia.