

STALIN KARL

EJECUCION DEL PROYECTO

**Obras Tempranas - Construcción - Termino De Construcción
Precomisionamiento - Comisionamiento Y Puesta En Marcha**

PROYECTOS MINEROS LIBRO 3

Prologo

La motivación del autor de poder contribuir con las nuevas generaciones de estudiantes de las diversas disciplinas relacionadas con la industria de la minería ha sido una constante para poder volcar en este texto de estudio, sus 20 años de experiencia en ingeniería y construcción de proyectos industriales mineros nacionales e internacionales.

Chile, hoy en día es un país líder en gestión de proyectos para la industria minera. Este hecho es relevante, ya que incentiva la capacidad de desarrollar talentos y generar know-how de exportación a otros países mineros como Chile.

Esperamos poder contribuir con mucha humildad a la formación de profesionales de excelencia en el ámbito de la gestión de proyectos mineros y colaborar con conocimiento específico en el proceso de gestión del proyecto minero.

El objetivo del presente texto es poder facilitar la experiencia e incentivar la innovación que nos permita abordar desafíos de proyectos cada día más complejos en su gestión integral.

COMPARTIR LO APRENDIDO

Texto extraído de la película francesa “Lucy” rodada en 2014 dirigida y escrita por Luc Besson

Profesor Samuel Norman:

La vida nos fue dada hace mil millones de años ¿ Que hemos hecho con ella?

*Para seres primitivos como nosotros, la vida parece tener un solo propósito, **ganar tiempo**. Y el **pasar por el tiempo** también parece ser el único y real propósito de las células de nuestro cuerpo.*

Para lograr esa meta, la masa de las células que forman a las lombrices y a los humanos, solo tienen dos soluciones; ser inmortales o reproducirse.

Si el hábitat no es lo bastante favorable o acogedor, la célula escoge la inmortalidad, en otras palabras autogestión y autosuficiencia.

Por otro lado, si el hábitat es favorable, la célula escoge reproducirse. De ese modo al morir heredan información y conocimientos esenciales a la siguiente célula, quien la hereda a la siguiente célula y así sucesivamente.

“Así conocimiento y aprendizaje son heredados a través del tiempo”

Cien mil millones de neuronas por humano de las cuales solo el 15% están activas, hay más conexiones en el cuerpo humano que estrellas en la galaxia, poseemos una gigantesca red de información, a la que casi no tenemos acceso.

¿Que hacer con el conocimiento adquirido?

“Si lo piensas, la misma naturaleza de la vida, desde el principio, del desarrollo de la primera célula y su división en dos células, el propósito de la vida siempre fue COMPARTIR LO APRENDIDO, no hay un propósito más alto. Si me preguntas que hacer con el conocimiento que estas acumulando te diría compártelo, igual que cualquier simple célula a través del tiempo”

El tiempo le da legitimidad a la existencia, el tiempo es la única unidad de medida, es la prueba de la existencia de la materia, sin el tiempo nada existe.

“La vida nos fue dada hace mil millones de años ahora sabemos que hacer con ella”

Información General

EJECUCION DEL PROYECTO

Ebook Primera Edición Febrero 2020

PROPIETARIO LICENCIA EBOOK

Nombre:

Licencia Personal:

Fecha de adquisición:

Correo Electrónico:

ORGANIZA

Stalin Karl Veliz

Edición Propia

EJECUTA

© Stalin Karl Veliz 2020

Registro de Propiedad Intelectual

2020-A-1280

<http://www.stalinkarl.cl>

Diseño Portada Paul Giorventti

Edición Digital 2020

Arica – Chile

ISBN 978-956-401-562-0

Desarrollado en Chile – Development In Chile

Autor

La motivación del autor de poder contribuir con las nuevas generaciones de estudiantes de las diversas disciplinas relacionadas con la industria de la minería, ha sido una constante para poder volcar en este libro, sus 26 años de experiencia en proyectos mineros nacionales e internacionales. Espero poder contribuir con humildad a la formación de profesionales de excelencia en el ámbito de la industria.



Stalin Karl, es Constructor Civil de la Universidad Católica del Norte Antofagasta e Ingeniero Civil Mecánico de la Universidad de Tarapacá Arica, posee una Maestría en Gestión Integral de Proyectos por la Universidad Católica del Norte Antofagasta.

Se ha dedicado por más de 26 años al área de proyectos mineros participando en la construcción de operaciones mineras de cobre en Chile y de Níquel en Cuba. Su especialidad es de comisionamiento y puesta en marcha de plantas industriales mineras. Ha participado en el desarrollo de metodologías y software para comisionamiento y puesta en marcha implementando sistemas informáticos de gestión EPIN 4.0 en proyectos de Moa Níquel en Cuba y Cobre Las Cruces en Gerena España.

Ha trabajado en empresas de ingeniería y construcción nacionales e internacionales en proyectos tales como:

1. EPCM Doña Inés de Collahuasi Angloamerican 1997 – 1998.
2. EPCM Los Pelambre Antofagasta Minerals 1999.
3. EPC El Tesoro Antofagasta Minerals 2000 – 2001.
4. CTF Codelco Chile 2002 – 2003.
5. EPCM Biolixiviación Codelco Chile 2003 – 2004.
6. EPCM ODS Minera Escondida 2004 – 2005.
7. EPCM Sulphide Leach Minera Escondida Ltda. 2005 – 2006.
8. EPCM MSC OLE/W9 Minera Escondida Ltda. 2007.
9. EPCM Metals Enterprise Expansion Sherrit Company (Moa - CUBA) 2008.
10. EPCM Explotación de Sulfuros RT Fase 1, Codelco Chile 2009
11. Binacional EPCM Pascua Lama, Compañía Minera Nevada. 2010-2011.
12. EPCM EOA Escondida Ore Access, Minera Escondida Ltda. 2012.
13. EPCM Bottlenecking 160 KTPD, Collahuasi, Angloamerican. 2012 – 2014.
14. EPC Antucoya, Compañía Antofagasta Minerals. 2014 – 2015.
15. EPCM Tailing Storage Facility Compañía Minera Candelaria. 2017 – 2018.
16. EPCM Candelaria Mills Optimization Project Compañía Minera Candelaria. 2019.

Ha ejercido cargos desde supervisión a gerencias de especialidad, en diversos proyectos mineros. Además, ha escrito los siguientes artículos y libros de proyectos industriales mineros:

- Pensamiento Complejo en la Estrategia Corporativa de Proyectos Mineros 2016.
- Sistematización de Proyectos Mineros 2016.
- Indicadores de Costo Para Cierre de Proyectos Mineros 2016.
- Apuntes Para el Curso de Procesos Mineros 2018.
- E-Book Fases del Proyecto Minero 2020.
- E-Book Estudio del Proyecto Minero 2020.
- E-Book Ejecución del Proyecto Minero 2020.
- E-Book Cierre del Proyecto Minero 2020.

En la actualidad se encuentra dedicado al ámbito privado, docencia, investigación y consultorías de especialidad.

Revisores

Quiero expresar mi mas sincero agradecimiento por el apoyo y la dedicación realizada, a los colegas ingenierós de larga trayectoria y experiencia en la gestión integral de proyectos mineros, quienes accedieron sin ninguna objeción ha ser participes de esta iniciativa y dedicaron parte de su valioso tiempo a revisar, hacer comentarios y a realizar aportes a este texto, todos ellos motivados por el mismo espíritu del autor de poder contribuir con las nuevas generaciones de estudiantes de las diversas disciplinas relacionadas con la industria de la minería. Para ellos mi eterno agradecimiento.

HERNAN JELDRES VILLENA

Gerente de Construcción Infraestructura Teck Resources Limited



Hernan Jeldres, es Ingeniero Electricista de la Universidad de Antofagasta con un diplomado en Gestión de Proyectos por la Universidad Adolfo Ibáñez. Se ha dedicado por mas de 25 años a la gerencia de construcción y comisionamiento de proyectos industriales de la gran minería realizados en Chile y en el extranjero, en la industria de metales. Su interés profesional se basa en el gerenciamiento integral de proyectos industriales mineros comprometido con la sustentabilidad ambiental y social, desarrollo de tecnologías e innovación.

JUAN CARLOS VILLARROEL

Gerente Senior de Procesos Antofagasta Minerals



Juan C. Villarroel, es Ingeniero Metalúrgico de la Universidad de Chile con una maestría en administración de negocios MBA por la Universidad de Chile. Posee una experiencia de mas de 30 años en la industria de la minería metálica y no metálica. Ha participado en proyectos de optimización, mejora e innovación de nuevos procesos industriales, agregando ganancias, desarrollo y crecimiento a la industria. También ha desarrollado la docencia publica. Su interés profesional se basa en la investigación, desarrollo e innovación de procesos mineros, gestión de proyectos, sustentabilidad del negocio y gobierno corporativo.

LUIS ALVAREZ CHAVEZ

Gerente General Ingeniería de Mantenimiento



Luis Alvarez, es Ingeniero Mecánico de la Universidad de Antofagasta con una maestría en administración de negocios MBA por la Universidad Católica del Norte. Se ha dedicado por mas de 25 años al gerenciamiento de servicios de ingeniería y desarrollo de mantenimiento industrial para compañías mineras en la industria de metales y no metales. También ha participado en ingeniería e implementación de proyectos de confiabilidad operacional en el ámbito de la gran minería. Su interés profesional se basa en el desarrollo de ingeniería para la gestión de proyectos corporativos de capital en la industria minera y en el mejoramiento continua de estrategias de mantenimiento y confiabilidad operacional para la optimización de la producción.

Introducción General

Teniendo en consideración la importancia de la industria minera en el desarrollo y crecimiento económico del país, es de vital relevancia apoyar y ayudar a mantener y mejorar la actual posición de liderazgo mundial de las empresas mineras nacionales e internacionales que operan en nuestro territorio.

Estas empresas han desarrollado y seguirán desarrollando proyectos mineros de vanguardia en diferentes ámbitos como innovación en procesos tecnológicos, nuevas tecnologías medioambientales, sustentabilidad social, etc. A su vez estos proyectos mineros han permitido el crecimiento de comunidades en el entorno del proyecto las cuales junto a normativas legales han logrado posicionar al país en los niveles económicos más altos de Latinoamérica.

Como una forma de aportar con un grano de arena a la excelencia corporativa, nace este libro para profundizar en el proceso de gestión de la “ejecución del proyecto minero”.

La ejecución del proyecto minero comienza con las denominadas obras tempranas que en la mayoría de los casos son realizadas por el cliente mientras se desarrolla la ingeniería de detalle del proyecto que nos permita comenzar la construcción y montaje para continuar con las etapas de término de construcción, precomisionamiento, comisionamiento y finalmente abordar la puesta en marcha. La concepción clara de cada una de estas etapas nos permitirá realizar una gestión integral del proyecto más limpia, expedita y segura, asegurando los cuatro elementos claves de la administración de la construcción, el alcance, el plazo, la calidad y el costo.

La ejecución del proyecto minero es la fase verdadera del proyecto donde se verifican realmente los diseños ingenieriles y las capacidades de gestión de empresas contratistas frente a realidades insospechadas y sobre todo muy volátiles en el entorno del proyecto. El arte de la administración de proyectos pone a prueba la gestión y el liderazgo de los gerentes de proyecto quienes con sus habilidades y talentos logran dirigir el esfuerzo de equipos de trabajo y especializada obra de mano para hacer posible tremendas inversiones de capital.

Chile es un país líder en la ejecución de proyectos mineros de envergadura, comenzó en los años 80 de la mano con la inversión extranjera aprendiendo de las empresas agentes más grandes del mundo. Hoy en día el país está más consolidado y sus empresas están aportando nuevo conocimiento y know How a la ejecución de proyectos de excelencia, sobre todo comprometidos con la seguridad y el medioambiente.

Uno de los desafíos clave del libro es aportar con conocimiento de excelencia para el crecimiento, desempeño y funcionamiento de la fase de ejecución del proyecto minero. Uno de los pilares fundamentales en este cometido es la formación de profesionales de las más variadas disciplinas de la ingeniería con capacidades para participar en la ejecución del proyecto, con el conocimiento fundamental y con las capacidades ingenieriles necesarias para satisfacer los requerimientos corporativos cliente.

El libro considera 12 temas abarcando los siguientes tópicos:

1. Fase de ejecución del proyecto
2. Obras tempranas
3. Construcción y montaje industrial
4. Gestión de calidad (contrato principal)
5. Término de construcción (construction verification)
6. Precomisionamiento (precommissioning)
7. Comisionamiento (commissioning)
8. Entrega al cliente (handover)
9. Puesta en marcha (start-up)
10. Errores habituales en comisionamiento y puesta en marcha
11. Estimación plazo y costo del comisionamiento y puesta en marcha
12. Trabajos complementarios y evaluación final

Sección 6

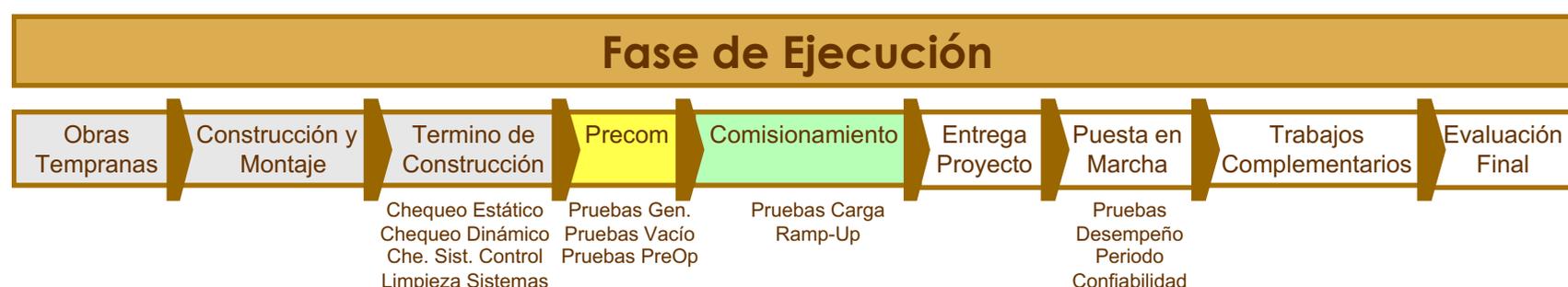
FASE DE EJECUCION

La *fase de ejecución* corresponde a todas las acciones y actividades que darán realidad física al proyecto definido en la fase de estudio. Para tener una concepción clara y poder comprender La dinámica de los proyectos de ingeniería y construcción industrial, es necesario conocer las diferentes etapas por las que atraviesa un proyecto de este tipo, durante la *fase de ejecución del proyecto*, tanto en su gestación, materialización y posterior puesta en marcha.

Un *proyecto minero* presenta etapas típicas, diferenciadas una de otra, básicamente en lo referido a la construcción y montaje de los equipos e instalaciones respecto del funcionamiento y operación de estos. Estas etapas se presentan cronológicamente de manera ascendente y actúan bajo un camino crítico desde el punto de vista de la planificación del proyecto. Se podría decir que el proyecto va madurando y presenta las siguientes etapas: Ver figura 3.1.

- ❖ Obras Tempranas
- ❖ Construcción y Montaje Industrial
- ❖ Término de Construcción
- ❖ Precomisionamiento
- ❖ Comisionamiento
- ❖ Transferencia y Entrega del Proyecto al Cliente
- ❖ Trabajos Complementarios
- ❖ Evaluación Final

Figura 3.1 Fase de ejecución del proyecto



Sección 7

OBRAS TEMPRANAS

Las obras tempranas son aquellas obras previas básicamente de infraestructura que permitirán el normal desarrollo y ejecución de las obras de construcción y montaje, y también permitirán los primeros desarrollos mineros de la futura explotación. El material de mayor incidencia en las obras tempranas son los asociados a suelos de relleno. Se debe prestar especial atención a estas obras en relación a los siguientes aspectos:

- ❖ Empréstitos con Calidades Especificadas
- ❖ Calidad de Materiales (Suelos) Disponibles
- ❖ Volúmenes Disponibles In Situ
- ❖ Volúmenes a Producir en Planta
- ❖ Distancias Medias de Transporte
- ❖ Botaderos Disponibles

La importancia de estos temas radica principalmente en su correcta evaluación en la etapa de desarrollo de la ingeniería respectiva. en muchos casos existen serias discrepancias y dificultades respecto a estos temas que inciden directamente sobre el plazo y costo del proyecto ya que podrían generar retrasos por falta de material o por una calidad diferente de la especificada, redefinir especificaciones, cuadrar volúmenes, implementar plantas seleccionadoras, modificar procesos constructivos o de producción de material y finalmente cubrir el costo de material producido que no se utilizara en el proyecto.

7.1 Obras de Saneamiento

Las obras de saneamiento son todos aquellos trabajos que se deben hacer necesariamente al inicio del proyecto y son estas obras las que nos permitirán controlar factores incidentes (Nieve, Deshielos, Napas, Lluvias, Accesos, Polvo, Hábitat, etc.) en el normal desarrollo de las obras posteriores. Siendo el agua unos de los factores desestabilizantes de las obras, la idea es poder construir en seco.

En este grupo de obras encontramos:

- ❖ Fosos
- ❖ Contrafosos
- ❖ Sistemas de drenajes
- ❖ Sistemas de estabilización de tierras
- ❖ Canalización de aguas
- ❖ Obras de arte
- ❖ Sistemas de contención de aguas
- ❖ Caminos pioneros
- ❖ Campamento pionero
- ❖ Etc.

7.2 Movimiento Masivo de Tierras

Una vez realizadas las obras de saneamiento se está en condiciones de dar inicio a las obras tempranas de movimiento masivo de tierras relacionadas con el siguiente grupo de obras:

- ❖ Rellenos masivos no controlados
- ❖ Rellenos controlados
- ❖ Caminos de acceso
- ❖ Excavaciones masivas TCN (Terreno cualquier naturaleza)
- ❖ Etc.

7.3 Obras de Minería

Todos los proyectos mineros durante el periodo de obras tempranas deben desarrollar obras de minería. La definición de obras de minería obedece a diferenciarlas de las tradicionales obras civiles que a pesar que las técnicas constructivas utilizadas son semejantes, la diferencia entre ambas básicamente se encuentra en los siguientes aspectos:

- 📌 Especificaciones Técnicas: Las especificaciones técnicas para obras civiles son bastante más exigentes que las requeridas para obras de minería. Por lo general las obras de minería quedan sujetas a especificaciones o normativas propias de cada compañía minera, por ejemplo, para caminos mineros.
- 📌 Temporalidad: Las obras de minería en la mayoría de los casos son temporales.
- 📌 Medición del Avance: En obras civiles se mide en % de avance, en obras de minería el avance se mide en mt³ movidos.
- 📌 Responsabilidad Técnica: En obras civiles la responsabilidad técnica es asumida por ingenieros y constructores civiles, en obras de minería generalmente es asumida por ingenieros de minas.

En este grupo de obras se encuentran las siguientes actividades:

- ❖ Excavación en roca (perforación, tronadura y transporte)
- ❖ Movimiento masivo de tierras (rellenos masivos no controlados)
- ❖ Banqueo
- ❖ Botaderos
- ❖ Caminos mineros
- ❖ Plataformas de armado de equipos
- ❖ Plataformas temporales
- ❖ Estacionamiento de equipos mineros
- ❖ Túneles
- ❖ Fortificaciones
- ❖ Etc.

7.4 Obras de Conexión

En casos específicos de proyectos brownfield será necesario considerar en las obras tempranas algunos Tie In, especialmente aquellos que sean conexiones principales para obras nuevas en los cuales una vez realizados, dejan una conexión aislada, esto permite conectarse durante la construcción y montaje sin necesidad de detener los procesos productivos. Los casos más comunes se encuentran en:

- ❖ Redes de piping, sobre las que se dejan un arranque con una válvula bloqueada para conectarse posteriormente con la red proyectada.
- ❖ Redes eléctricas, sobre las cuales se dejan dispositivos aislados y bloqueados para conectarse posteriormente con la red proyectada.

Uno de los motivos o criterios de decisión de considerar este tipo de obras durante las obras tempranas es el nivel de impacto sobre los procesos productivos, ya que las coordinaciones necesarias para realizar estos trabajos requieren de mucho tiempo y la planificación es muy variable dependiendo esta de decisiones ajenas al proyecto impactando fuertemente el plazo del proyecto.

7.5 Obras de Interferencias

En algunos casos específicos de proyectos brownfield será necesario considerar dentro de las obras tempranas algunas obras de interferencias las cuales por lo general intervienen o modifican instalaciones de infraestructura civil, caminos, redes, comunicaciones, control, etc. Al igual que las obras de conexión la definición de realizar este tipo de obra durante las obras tempranas depende del impacto que puedan generar sobre el plazo del proyecto.

Sección 8

CONSTRUCCION Y MONTAJE

En esta etapa es donde se realizan los trabajos propios e inherentes de la construcción, es la de mayor duración, mayor costo y la que presenta mayores dificultades dentro de todas las Fases del Proyecto. Es en esta etapa donde se materializan todos los diseños de construcción e industriales de proceso. La construcción se desarrolla sobre las siguientes áreas:

8.1 Obras Civiles

Tradicionalmente se incluyen en esta área las obras de:

- a) Obras de Movimiento de Tierras
 - Movimiento de Tierras (Excavaciones)
 - Cortes y Terraplenes.
 - Plataformas (Rellenos Estructurales).
 - Piscinas de Soluciones.
 - Vertederos.
 - Tranques de Relaves.
- b) Obras Viales (Caminos)
 - Preparación Razante y Subrazante
 - Preparación Bases y Sub Bases
 - Tratamientos Superficiales (Simple y Doble)
 - Carpetas de Rodadura
 - Mezclas en Caliente
 - Obras de Arte
- c) Obras de Hormigón
 - Fundaciones
 - Muros de Contención
 - Muros Estructurales
 - Losas
 - Túneles
 - Cepas
 - Edificios
 - Pavimentos / Radieres
 - Canales
 - Banco Ductos
- d) Revestimientos
 - Lamina HDPE
 - Antiácido FRP
- e) Red de Agua

- Industrial
 - Proceso
 - Potable
- f) Red Sanitaria
- Alcantarillado
 - Drenajes
- g) Red de Evacuación de aguas Industriales
- h) Manejo de Aguas Lluvias
- i) Red Contra Incendio
- j) Planta Desalinizadora de Agua de Mar

8.2 Obras de Arquitectura

Tradicionalmente se incluyen en esta área las obras de:

- a) Campamentos Modulares
- b) Casinos de Alimentación
- c) Policlínicos
- d) Oficinas Administración

8.3 Estructuras y Calderería

Tradicionalmente se incluyen en esta área las obras de:

- a) Obras de Montaje Estructural
 - Edificios
 - Estructuras Especiales (Marcos, Soportes, Bases, Cepas, Plataformas, etc.)
 - Galpones
 - Salas Eléctricas y de Control
- b) Obras de Calderería
 - Estanques
 - Vasijas
 - Canaletas
 - Buzones

8.4 Cañerías

Tradicionalmente se incluyen en esta área las obras de:

- a) Sistemas de Proceso

- b) Sistemas de Lubricación
- c) Sistemas Hidráulicos
- d) Sistemas de Aire
 - Aire Planta
 - Aire Instrumentación
- e) Sistema de Gases

8.5 Montaje Industrial

Tradicionalmente se incluyen en esta área las obras de:

- a) Montaje Mecánico
 - Montaje Equipos Mecánicos
 - Montaje Equipos Electromecánicos
- b) Montaje Eléctrico
 - Líneas de Alta Tensión
 - Líneas de Baja Tensión
 - Subestaciones Eléctricas
 - Montaje Equipos Eléctricos
 - Banco Ductos
- c) Montaje Instrumentación y Control
 - Sistema DCS
 - Sistema Comunicaciones y Datos (Fibra Óptica)
 - Montaje Equipos de Instrumentación y Control

8.6 Obras de Conexión (TIE IN)

Un Tie In es una conexión de tipo estructural, mecánica, eléctrica, instrumental o de control. Para realizar los trabajos que requiere esta conexión, será necesario que la planta o instalación que está en operación normal sea intervenida, para efectos de una ampliación o modificación, lo cual involucra una detención (Parada de Planta) o la interrupción de alguno de sus equipos.

Tradicionalmente se incluyen en esta área las obras de:

- a) Tie In Caliente (Se pueden realizar mientras la planta está operando)
- b) Tie In Frio (Solo se pueden realizar durante una parada de planta)
- c) Tie In Interface (Conexión entre obras de diferentes contratos)

Los TIE IN deben ser definidos estratégicamente, planificados y programados con mucha precisión ya que son actividades extremadamente importantes desde el punto de vista del negocio ya que en algunos casos detienen el proceso productivo.

8.6.1 Estrategia del TIE IN

La definición de la estrategia a utilizar para la realización de un Tie In es y debe ser analizada por todos los involucrados que se verán impactados en su gestión. En el caso de Operaciones Mineras los involucrados generalmente son:

- ❖ Gerencia de Operaciones
- ❖ Gerencia de Mantenimiento Planta u/o Mina
- ❖ Gerencia de Proyectos
- ❖ Gerencia de Construcción
- ❖ Gerencia de Abastecimientos
- ❖ Empresas Contratistas
- ❖ Proveedores

A su vez también se verán involucrados algunos departamentos dependientes de estas gerencias con responsabilidades específicas.

La definición de la estrategia del Tie In buscará en primera instancia no impactar los procesos productivos en tiempo u/o capacidad, sin embargo, de no ser así deberá establecer o considerar formas de recuperación futura, By Pass de procesos, distribución por otras líneas de proceso, etc. Desde el punto de vista del tiempo y plazo del Tie In se deberá coordinar de forma conjunta las fechas de intervención y los procesos o metodologías constructivas a utilizar de manera de optimizar el uso de las áreas restringidas y de difícil acceso, traslados de equipos mayores, reutilización de equipos, disponibilidad de personal especialista, etc.

Todo lo comentado anteriormente debe estar detalladamente estudiado a través de diferentes estrategias las cuales a su vez deberán estar directamente alineadas con el negocio y las políticas corporativas de la compañía minera. Este tema es establecido desde la ingeniería de prefactibilidad por los niveles superiores de la dirección del proyecto.

8.6.2 Plan del TIE IN

Para poder realizar un Tie In es necesario generar lo que se denomina *plan d ejecución del Tie In*. El objetivo de este plan es definir y estudiar todos los parámetros y factores que permitan un Tie In exitoso.

Un plan de ejecución de TIE IN debe considerar los siguientes puntos:

- ❖ Alcance del TIE IN
- ❖ Estrategia de Construcción
- ❖ Cronograma de Trabajo
- ❖ Insumos y Materiales
- ❖ Plan de Bloqueo
- ❖ Recursos y Personal Especializado
- ❖ Equipos y Herramientas
- ❖ Análisis de Riesgos
- ❖ Procedimientos del Trabajo a Realizar
- ❖ Procedimientos de Comisionamiento y Puesta en Marcha
- ❖ Plan de Emergencia
- ❖ Permisos y Autorizaciones

Sección 9

GESTION DE CALIDAD

El sistema de gestión de calidad una vez definido contractualmente se implementa en los proyectos de construcción industrial a través del departamento de control y aseguramiento de calidad QA/QC en la empresa contratista principal, el cual establece el plan de aseguramiento y control de calidad del proyecto que define todos los alcances y requisitos a cumplir por todos sus proveedores, contratistas y subcontratistas en relación a la calidad del proyecto minero.

9.1 Plan de Aseguramiento y Control de Calidad del Proyecto

Este plan tiene como objetivo definir los detalles de todas las actividades programadas y sistemáticas que deben ser implementadas dentro del sistema de calidad del contratista principal, para dar una adecuada confiabilidad al cliente que efectivamente se va a cumplir con todos los requerimientos para la calidad en la construcción del proyecto minero. El plan debe cumplir con requisitos establecidos (NORMA) y debe contar con los siguientes puntos básicos:

- ❖ Definición de Responsabilidades (Asumidas por la Organización)
- ❖ Procedimientos de Gestión a ser Utilizados
- ❖ Procedimientos de Operación a ser Utilizados
- ❖ Registros (Protocolos) Asociados a los Procedimientos
- ❖ Programa de Pruebas, Inspecciones y Verificaciones

9.2 Definición de Responsabilidades de la Organización

Se define el organigrama diseñado para abordar la implementación del servicio del proveedor, contratista y subcontratista y además dar una descripción de las responsabilidades respecto del sistema de calidad, de cada uno de los cargos mencionados y descritos en el organigrama.

9.3 Procedimientos de Gestión

Definir, nombrar y describir cada uno de los procedimientos que se utilizarán en la gestión del aseguramiento y control de calidad en las siguientes áreas:

9.3.1 Control de Documentos

Describe las actividades por intermedio de la cual se controlarán los documentos de diseño y los cambios que sufren durante la fase de construcción, de modo de asegurar que se usen las versiones más recientes de los planos, especificaciones de diseño e instrucciones, tanto para la construcción como para la inspección y pruebas.

9.3.2 Control de Materiales

Describe las actividades que aseguran que los materiales usados en la construcción sean adquiridos, recibidos, almacenados, mantenidos y entregados a terreno de acuerdo a los requisitos especificados.

9.3.3 Control de Elementos Deficientes

Describe las actividades para controlar los ítems considerados deficientes por parte de ingeniería y construcción de terreno.

9.3.4 Equipos de Medición y Prueba

Describe las actividades relacionadas con la calibración y control de los equipos de medición y prueba que se utilizan para la verificación del trabajo de construcción.

9.3.5 Registros

Se establecen los requisitos de formato, control, conservación y transferencia al cliente, de los registros de calidad de construcción que aplicarán en el proyecto.

9.3.6 Verificación e Inspección

Proporciona los requisitos y métodos para planificar, ejecutar, informar y cerrar inspecciones de obra.

9.3.7 Capacitación

Describe el sistema usado para asignar responsabilidades, determinar necesidades de capacitación y proporcionar la capacitación.

9.3.8 Control de Subcontratistas

Los subcontratistas, deben implementar un programa de calidad basado en el modelo especificado contractualmente en los procedimientos del proyecto, por lo general bajo ISO 9000, el cual estará sujeto a la aprobación del cliente.

El propósito de las inspecciones es confirmar que los subcontratistas involucrados en la construcción del proyecto se rijan por las disposiciones contractuales respectivas. La vigilancia debe monitorear el desempeño de los contratistas en el área de:

- ❖ Actividades de Construcción
- ❖ Inspecciones Programadas
- ❖ Examen y Control de Pruebas
- ❖ Calificación y Certificación de Soldadores y Personal p/END
- ❖ Equipos de Medición y Prueba
- ❖ Control de Materiales
- ❖ Control de Ítems Deficientes
- ❖ Control de Documentos y Registros de Diseño
- ❖ Control de Procesos Especiales

9.3.9 Procedimientos de Operación (Ingeniería de Campo)

Describe los procedimientos de ingeniería y construcción a ocupar por cada una de las especialidades de terreno:

9.3.9.1 Civil

- ❖ Inspección de la construcción
- ❖ Excavaciones y rellenos
- ❖ Operación de Hormigones
- ❖ Mezclas
- ❖ Montaje de Estructuras
- ❖ Pinturas y Espesores

9.3.9.2 Eléctrico

- ❖ Instalación de Equipos Eléctricos
- ❖ Pistas y Accesorios Eléctricos
- ❖ Instalación de Cables
- ❖ Terminaciones de Cables
- ❖ Pruebas Eléctricas
- ❖ Heat Tracing
- ❖ Instalación de Sistemas de Iluminación
- ❖ Protección Catódica

9.3.9.3 Instrumentación

- ❖ Instalación de Instrumentación
- ❖ Pruebas de Instrumentación
- ❖ DCS Instalación y Testeo

9.3.9.4 Tubería

- ❖ Instalación de Tuberías Subterráneas
- ❖ Instalación de Tuberías Sobre Superficie
- ❖ Soporte de Tubería
- ❖ Limpieza Sistema de Tubería
- ❖ Pruebas de Presión de Tubería
- ❖ Aislamiento de Tuberías

9.3.9.5 Mecánico

- ❖ Instalación de Equipos Estacionarios
- ❖ Instalación de Equipos Giratorios
- ❖ Estanques de Almacenamiento Montados en Terreno
- ❖ Instalación de Equipo Especial y Unidades de Paquete

9.3.9.6 Soldadura y END

- ❖ Programa de Soldadura
- ❖ Equipos y Capacitación de Soldadores
- ❖ Identificación Positiva de Materiales.
- ❖ Administración de Archivos y Documentación de Soldadura y END
- ❖ Calificación de Soldadores en Acero Carbono
- ❖ Calificación de Soldadores en HDPE
- ❖ Manejo y Control de Electrodo
- ❖ Soldadura en Terreno

9.4 Control de Calidad en la Construcción

El control de calidad consiste en determinar a través de procedimientos de inspección y técnicas de laboratorio (mediciones, lecturas, tolerancias, instrumentos y equipos, técnicas de ensayos e interpretación de resultados y criterios de aceptación y rechazo), la concordancia entre la construcción y los requerimientos establecidos en la ingeniería de diseño del proyecto.

Las técnicas de Control de Calidad incluyen la verificación de las características a fin de predeterminedar los requerimientos técnicos como se describe a continuación:

9.4.1 Inspección de Recepción

La inspección de recepción comprende en primer lugar la inspección por el departamento de compras en fábrica y luego las inspecciones de control de calidad en terreno, a los equipos y materiales recibidos, para asegurar que éstos han sido recepcionados sin ningún daño y en conformidad a lo requerido en la orden de compra respectiva. Además, se incluye la verificación del mantenimiento apropiado y protección del equipo después de su recepción.

9.4.2 Inspección de Construcción

La inspección de las actividades de construcción es responsabilidad del contratista principal (Autocontrol) construcción e ingeniería de terreno. El departamento de control de calidad realiza la inspección a fin de asegurar que las actividades de construcción están de acuerdo con los requerimientos indicados en planos y especificaciones. Se coloca énfasis en las primeras actividades a fin de identificar los problemas en forma oportuna y evitar que se repitan.

9.4.3 Inspección de los Subcontratistas

Los coordinadores de terreno de los subcontratistas son responsables de verificar primero sus actividades. El personal de terreno de la empresa contratista principal, realiza una inspección para asegurar que el trabajo está de acuerdo con los requerimientos especificados y que el programa de calidad de los subcontratistas ha sido implementado.

9.5 Alternativas de Organización Para la Inspección

La forma de efectuar la inspección de calidad de un proyecto minero, permite diferentes alternativas:

- ❖ Inspección con personal del cliente
- ❖ Inspección por el asesor externo encargado del diseño
- ❖ Inspección por servicio externo

9.6 Laboratorio de Control de Calidad en Terreno

El programa de control calidad aparte de la inspección, requiere que se realicen las verificaciones y evaluaciones con técnicas de laboratorio a fin de asegurar al cliente de que el programa del proyecto está siendo, fabricado y construido con el nivel de calidad establecido y de acuerdo a lo programado.

Para cumplir con estos requerimientos se necesita de un servicio de laboratorio de investigación y ensaye de materiales, que por lo general es un servicio externo, que realizara en terreno las verificaciones y evaluaciones a las actividades relacionadas con la calidad en las especialidades de Mecánica de Suelos, Hormigones, Ensayos no Destructivos (Pinturas, Piping Acero, Piping HDPE y Estructuras) y HDPE laminas. Estas verificaciones y evaluaciones consisten en la realización de ensayos de materiales y la inspección especializada de actividades de construcción relacionadas con estos materiales, dependiente de las áreas antes mencionadas.

9.6.1 Métodos y Técnicas

Las técnicas y métodos se agrupan en ensayos de laboratorio e inspecciones especializadas de terreno, como se describen a continuación:

9.6.1.1 Ensayos de Laboratorio

Normas: Las técnicas para realizar las actividades de laboratorio están reguladas de acuerdo a la normativa vigente en esta área (NCH, ASTM, ACI, ANSI, DIN, etc.) y estipulada en cada uno de los casos en las especificaciones de proyecto.

9.6.1.1.1 Planificación Conjunta

Para realizar estas tareas se incluye una planificación y programación diaria de las actividades y requerimientos de control calidad realizada en conjunto con el cliente, con una anticipación mínima de 24 horas, esto con motivo de agrupar y distribuir el recurso humano para dar cumplimiento a todas las necesidades. Los casos de contingencia mayor se les dará la prioridad correspondiente de acuerdo a los recursos disponibles en el momento en que esta se produzca.

9.6.1.1.2 Planificación Interna

Existirá una planificación interna del proyecto para dar cumplimiento a aquellas actividades regulares, claramente identificadas y establecidas contractualmente. Esta planificación quedara adjunta a la planificación conjunta con el cliente.

9.6.1.1.3 Reporte Diario

Se emitirá un reporte diario de actividades realizadas por especialidad, en formato y de acuerdo al procedimiento establecido para este efecto por el proyecto.

9.6.1.1.4 Producción y Rendimiento

La producción del laboratorio de control de calidad en terreno será acorde al rendimiento estándar del recurso humano y de los equipos en terreno y estará sujeto a la cantidad y características de producción de dichos equipos. La necesidad de aumento de producción en horario extra deberá ser debidamente autorizado por el cliente, quedando registrado en el reporte diario de actividades realizadas, indicando el recurso humano empleado, ubicación y tiempo.

9.6.1.1.5 Certificación de Resultados

Por lo general los resultados de los ensayos, se emiten por medio de un certificado establecido de formato estándar, el cual incluye los antecedentes del proyecto, del solicitante, ensayo en cuestión, material, unidad ejecutora, licencias, normas de ejecución, comentarios, observaciones y las recomendaciones necesarias. En caso de obtener resultados que ameriten algún análisis posterior desde el punto de vista de la calidad, se deberá emitir un informe anexo indicando esta situación y los alcances al respecto.

9.6.1.1.6 Emisión y Entrega de Certificados

La emisión y entrega de certificados se entregarán según lo establecido contractualmente.

9.6.1.1.7 Base de Datos de Ensayos Realizados

Se debe mantener una base de datos de todos los ensayos realizados y los datos de mayor importancia, ordenados y clasificados de manera de poder emitir informes de estos.

9.6.1.1.8 Equipos de laboratorio

- a) Laboratorio de Mecánica de Suelos
- b) Laboratorio de Hormigones
- c) Laboratorio de Asfaltos
- d) Laboratorio de HDPE
 - Laminas y Revestimientos
 - Tuberías
 - Soldaduras por Termofusión
- e) Laboratorio de END
 - Revestimientos
 - Estructuras
 - Soldaduras

9.6.1.1.9 Reposición de Equipos

Los equipos de laboratorio que no se encuentren en buen estado de funcionamiento o con partes dañadas y que afecten la confiabilidad de los resultados de los ensayos, deberán ser notificados al laboratorio mediante una no conformidad, procediendo a ser evaluada por el laboratorio con las pruebas u/o análisis correspondientes que acrediten el mal funcionamiento o daño del equipo.

9.6.1.1.10 Calibración de Equipos de Laboratorio

Todos los equipos en laboratorio que requieran de calibraciones deberán cumplir con esta condición, la que deberá ser realizada por un organismo competente para este fin. Los equipos deberán tener adosado la etiqueta o rotulo que indique esta condición.

9.6.1.1.11 Programa de Calibración de Equipos

El laboratorio de terreno contara con un programa de calibraciones de los equipos en funcionamiento, el cual deberá ser planificado según sean las características del equipo y las recomendaciones del fabricante.

9.6.1.1.12 Programa de Inspección Planeada de Equipos e Instalaciones

Interna del Laboratorio: El Jefe de Laboratorio deberá realizar una inspección planeada a su laboratorio e instalaciones, verificando el estado y condición de los equipos, herramientas y elementos

Cliente: El Cliente puede realizar inspecciones al laboratorio de terreno de acuerdo al programa de aseguramiento de calidad que tenga establecido o en el momento que lo estime conveniente. Estas inspecciones deberán ser comunicadas al laboratorio de manera de contar con los equipos y el personal dispuestos para que sean inspeccionados.

No Conformidades: Las no conformidades serán emitidas por el cliente y están relacionadas con metodologías defectuosas en la realización de ensayos u/o procedimientos que sean parte de estos.

Acciones Correctivas: Las acciones correctivas serán emitidas por el cliente y están referidas a las no conformidades establecidas.

Inspecciones de Terreno: Las inspecciones de terreno se realizarán para dar evaluaciones de alcance limitado de actividades específicas. Adicionalmente, se llevan a cabo revisiones de los programas individuales de calidad de los subcontratistas y proveedores para asegurar el cumplimiento con los requerimientos del proyecto. Los detalles de los procedimientos e instrucciones a ser implementados para estos métodos y técnicas están incluidos en los procedimientos internos de Control y Aseguramiento de Calidad.

9.7 Costo del Control de Calidad

El costo de tener un control de calidad debe necesariamente compararse con el costo derivado de tener una calidad fuera de control. Dicho de otra forma, el costo del control de calidad es igual al costo de corregir los errores. Los estudios mencionan cifras de un 7,5% del valor de la construcción como las pérdidas originadas por una inspección deficiente motivada a su vez por especificaciones

defectuosas. A esto se debe sumar un 15% de los costos directos de terreno, que serían empleados por el contratista en la corrección de los defectos de construcción. Los procedimientos del control de calidad tienen su propio costo, el que según los estudios oscila entre un 1,5% y un 3% del costo de los trabajos inspeccionados. Este costo debería ser considerado como una inversión para prevenir costos por errores y correcciones que podrían fluctuar entre un 7% y un 20%.

9.8 Normativa de Inspección

- ❖ La inspección deberá familiarizarse con todos los antecedentes que definen el proyecto. Mantendrá para ello una copia actualizada de contratos, planos, especificaciones, catálogos, listados, etc.
- ❖ La inspección no debe perder de vista que no es el, si no el contratista, el encargado de hacer el trabajo. En consecuencia, toda sugerencia respecto a la mejor forma de realizarlo, debe ser cuidadosa para que no pierda la característica de ser una sugerencia. La inspección que da instrucciones de cómo debe hacerse un trabajo, está asumiendo el riesgo que el contratista reclame una compensación debido a que la instrucción recibida le signifique un mayor plazo, un mayor costo, o ambos a la vez.
- ❖ En el caso que la inspección precise dar instrucciones al contratista, deberá hacerlo por los canales adecuados y a los niveles ejecutivos del contratista. Deberá evitar instrucciones a los subordinados de este, con la excepción de situaciones de emergencia. En esta circunstancia impartirá directamente instrucciones de paralización, las que luego serán refrendadas por escrito a la dirección responsable del contratista.
- ❖ La inspección debe estar consciente de la importancia de mantener ordenados y al día los registros de la obra. En ellos se consignará detalles aun frescos en el recuerdo de quienes han participado. Normalmente cada organización posee formularios destinados a recoger la información. Estos deben ser llenados en su oportunidad (Diarios, semanales, mensuales etc.). Es útil utilizar páginas foliadas que muestran la continuidad de las anotaciones y registros.
- ❖ El registro diario establecerá los trabajos realizados en cada área o sector, materiales incorporados, equipos instalados, mano de obra, equipos y herramientas, paralizaciones o cualquier otra causa de perturbación, condiciones atmosféricas imperantes, visitas recibidas, permanencia en la faena. En el caso que la inspección pertenezca a la empresa de diseño, se anotarán las instrucciones impartidas y los comentarios realizados.
- ❖ Es una práctica recomendable mantener una bitácora en la cual se anota un resumen de las actividades del día, reuniones, críticas esgrimidas contra la labor del diseñador, del constructor o de la misma inspección. Se consigna en cada caso el origen y las circunstancias.
- ❖ Todo trabajo extraordinario no cubierto por el contrato o que eventualmente pueda derivar en un cambio, debe ser cuidadosamente registrado con anotaciones de todas características que permita reconstruir costos o plazos.
- ❖ Todo retraso experimentado en el trabajo del contratista debe ser registrado. Junto a ello se reconocerán las circunstancias que lo hayan motivado, ante solicitudes de prórroga ya que se cuenta con antecedentes confiables.
- ❖ Son muy útiles los registros fotográficos, al usarlos se debe registrar la fecha y hora de la toma. Estos registros deben ser en formato digital de manera de poder incorporarlos en informes.
- ❖ Es normal que en el curso o a fines de una obra, el contratista presente reclamos o claims. La solidez de los antecedentes que sobre la circunstancia tenga la inspección, será el mejor argumento que permita encontrar una salida ecuánime. El solo conocimiento de la existencia de un buen registro desanimará la formulación de reclamos en todos los casos en que no estén sólidamente fundamentados.
- ❖ Como característica de su personalidad, la inspección debe en primer término ser honesta, estando dispuesta a parecerlo. Debe tener aptitud física y disposición para una permanencia de trabajo en terreno y debe poseer una habilidad administrativa para procesar e interpretar información.

- ❖ La relación entre la inspección y contratista debe ser amistosa, firme y honesta. Debe evitarse la familiarización con el contratista y su personal. Algunos contratistas animan esta política de favorecer a los inspectores con el objeto de obtener su mejor buena voluntad cuando llega el momento de interpretar una cláusula o una condición de calidad en el límite entre la aceptación y el rechazo. La inspección que cae en esta red no necesariamente se prestigian ante los ojos del mismo contratista.
- ❖ La inspección no será responsable de la seguridad de la faena, esta es responsabilidad del contratista. No obstante, la inspección deberá mantenerse alerta para detectar situaciones inseguras. Estas serán reportadas al contratista y anotadas en la bitácora. Será responsabilidad del contratista definir como resolverá estas situaciones.
- ❖ Será responsabilidad de la inspección que la faena cumpla con todos los aspectos legales referidos a permisos de construcción.
- ❖ La acción de la inspección se extiende hacia la calidad de los equipos y materiales a ocupar en la obra. En el caso de materiales cuyo control está legalmente normalizado, se solicitará y archivará una copia de la certificación correspondiente. Para materiales masivos civiles se utilizarán servicios externos de laboratorios de ensaye de materiales.
- ❖ Muchas veces el contratista propondrá cambios al proyecto. No es papel de la inspección aprobar estos cambios. La inspección deberá hacer que las propuestas sean conocidas, evaluadas y recomendadas por ingeniería de proyecto que es quien tiene la responsabilidad sobre el diseño.
- ❖ Pueden Plantearse situaciones que dejen en evidencia la intención de engaño o el ocultamiento de hechos que van en detrimento de los intereses de la administración o del propietario. Es el caso en que la inspección debe actuar con mucha diplomacia, pero con clara firmeza. Deberá verificar que las instrucciones transgredidas fueron claras, inequívocas y oportunamente comunicadas. Si como consecuencia se produjo trabajo no aceptable, se comunicará por escrito al contratista respecto de la situación y se enviará copia a la administración del proyecto.
- ❖ La inspección debe evitar sentirse responsable por una situación de terreno detectada por ingeniería de diseño, hay que recordar que la responsabilidad sobre el diseño se extiende a una supervigilancia de cómo se ha interpretado y aplicada en terreno.

Sección 10

TERMINO DE CONSTRUCCION

El *término de construcción* o *verificación de la construcción* (construction verification), es una etapa concebida para verificar la correcta materialización de la construcción y montaje, mediante el chequeo de los equipos e instalaciones de todas las áreas involucradas en el proyecto, llevada a cabo por especialidad (mecánica, eléctrica, automatización y control, instrumentación y cañerías), constatando así su estado de término y aceptación para poder pasar a la etapa de precomisionamiento.

“La etapa de Término de Construcción es una acción de verificación que garantiza la conformidad del estatus constructivo de cada uno de los equipos, componentes e instalaciones que conforman un sistema o subsistema del proceso industrial. Permite el control, cuidado y custodia de las instalaciones al equipo de precomisionamiento asegurando el cumplimiento del hito de aviso de energización (Notice of Energization)”

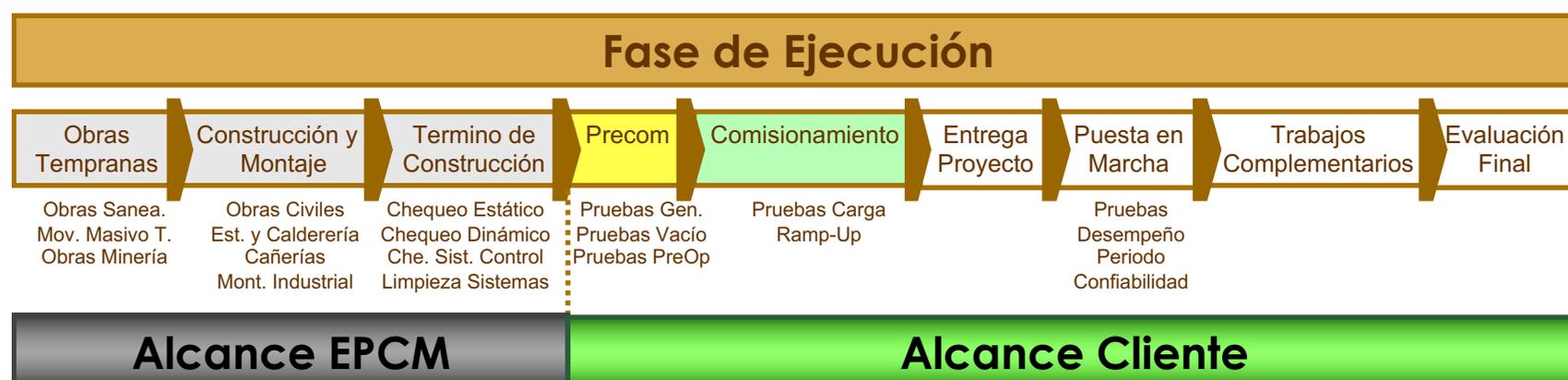
10.1 Responsabilidad por el término de construcción

La responsabilidad por el término de construcción de un proyecto, va a quedar supeditada al alcance contractual del tipo de contrato principal (Prime Contract).

10.1.1 Responsabilidad del Agente

Se establece que el término de construcción queda sujeto a la responsabilidad del agente con apoyo de personal especialista de las empresas contratistas y subcontratistas de construcción, cuando el tipo de contrato principal define su alcance hasta la etapa de término de construcción. Esta determinación se adopta bajo el criterio de implementar en la organización del agente un grupo especialista (Grupo de Término de Construcción) que será el encargado de la administración, coordinación, preparación, planificación, programación y monitoreo de las actividades relacionadas con el término de construcción. Ver figura 3.2.

Figura 3.2 Alcance contractual al término de construcción



Los contratos que se implementan con esta modalidad son del tipo:

- ❖ Contrato EPCM (TC) Alcance contractual hasta el término construcción.

Nota: La dirección del proyecto podrá establecer en este tipo de contratos un departamento de término de construcción, dentro de la organización, dependiendo de la envergadura (cantidad de equipos e instalaciones) del proyecto.

10.2 Metodología de control

El control de esta etapa se basa en la lista de detalles (Punch List), la cual se origina al cumplir un avance promedio del orden del 85% del programa de construcción siguiendo su curso durante las etapas siguientes (precomisionamiento y comisionamiento) hasta la recepción final del proyecto por parte del cliente. La administración de esta lista de detalles es de vital importancia para el control de esta etapa, podemos decir que es el centro motor de estas actividades.

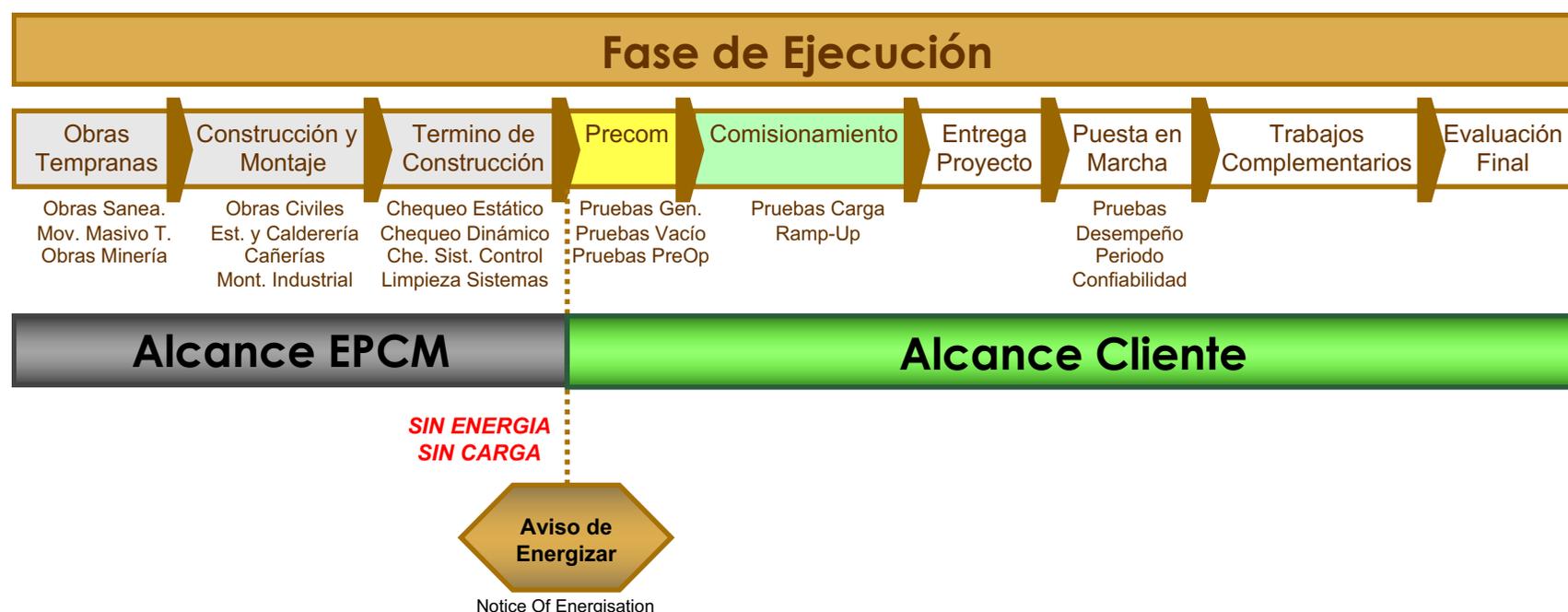
10.3 Alcance del Término de Construcción

El término de construcción se inicia una vez cumplido el orden del 85% del programa de construcción e incluye los siguientes tipos de chequeos y actividades:

- ❖ Chequeo Estático
- ❖ Chequeo Dinámico
- ❖ Chequeo Sistema de Control
- ❖ Lubricación de Sistemas
- ❖ Limpieza de Sistemas
- ❖ Lavado a Presión
- ❖ Lavado Químico
- ❖ Inicio del Proceso TOP

El término de construcción implica el cumplimiento para el hito de Aviso de Energización (Notice Of Energization). Por lo general las actividades del término de construcción, son conocidas como *pruebas sin energía/sin carga*. Ver figura 3.3.

Figura 3.3 Hito de término de construcción



10.4 Chequeo Estático

La etapa de chequeo estático considera todas las actividades de verificación in situ de geometrías, planos de diseño, planos de construcción, especificaciones, completación de obras e instalaciones, construcción, limpieza, identificación de equipos e instalaciones, cableado, conexión, acoplamiento, alineamiento, aterrizado de redes, planos red line, planos yellow line, protocolos de construcción, registros de calidad, certificación y garantías de calidad, etc. de todos y cada uno de los equipos y componentes considerados en los sistemas del proyecto.

El chequeo estático se divide en:

- ❖ Chequeo Estático Mecánico
- ❖ Chequeo Estático Eléctrico
- ❖ Chequeo Estático Instrumentación y Control

10.4.1 Chequeo Estático Mecánico

El chequeo estático de la especialidad mecánica incluye la inspección y pruebas de todos los equipos y sistemas para asegurar su correcta instalación, alineamiento y para verificar el montaje satisfactorio de piezas tales como engranajes, acoplamientos, diafragmas, correas, rodamientos, sellos y rellenos.

10.4.1.1 Procedimientos Generales

- ❖ Los equipos deberán inspeccionarse en cuanto a componentes dañados y conformidad con los planos correspondientes, especificaciones y orden de compra. Deberá verificarse que su limpieza y pintura estén de acuerdo a los requerimientos.
- ❖ Donde corresponda, deberá inspeccionarse la ubicación de pernos de anclaje, tamaño y clasificación de flanges, la orientación de las conexiones desde la línea de centro del equipo, la clasificación de la placa del fabricante, etc. Deberá llevarse a cabo una inspección visual de las piezas moldeadas en cuanto a defectos tales como, trizaduras, defectos, etc.
- ❖ Deberá verificarse que los pernos de anclaje y el grout sean adecuados. Los pernos de anclaje que hayan sido torcidos para calzarlos en los agujeros de la placa de base del equipo deberán ser rechazados y cambiados. Los agujeros de pernos de las placas de base no podrán estar alargados (achinados) para acomodar pernos de anclaje mal instalados.
- ❖ Debe verificarse que los revestimientos de materiales de goma u otra resina plástica estén correctamente adheridos y cubran la superficie entera correspondiente.
- ❖ Debe verificarse que el equipo completo esté limpio, engrasado. Los recubrimientos de protección que hayan sido aplicados deben ser retirados mediante el uso de solventes o limpiadores adecuados.
- ❖ Debe verificarse que todos los equipos hayan recibido el servicio de mantenimiento que les corresponde y que los cojinetes de manguito hayan sido abiertos, inspeccionados y lubricados. Debe verificarse que las etiquetas de lubricación que indican el tipo y cantidad de lubricante utilizado en el equipo estén en su lugar.
- ❖ Haga una inspección para verificar que los diafragmas y/o sellos estén ajustados y ensamblados como corresponde, que las conexiones y cubiertas estén apretadas, que los espacios libres de rotación sean los especificados, y que las unidades rotatorias se muevan libremente.

- ❖ Verificar que el equipo rotatorio esté posicionado correctamente tanto en el plano horizontal como en el vertical, que esté alineado, y que las conexiones no impongan ningún esfuerzo al mismo.
- ❖ El control de limpieza se llevará a cabo retirando todos los equipos de construcción y escombros de las áreas designadas para la operación inicial (en vacío).

10.4.1.2 Agitadores

- ❖ Deberá practicarse un servicio de mantención y una inspección a los agitadores para asegurar su limpieza e integridad mecánica.
- ❖ Deberá verificarse el sistema de alimentación eléctrica.
- ❖ Deberá verificarse del sistema de control.

10.4.1.3 Aire Acondicionado / Humidificador

- ❖ Deberá practicarse un servicio de mantención y una inspección a los equipos de acondicionamiento de aire para asegurar su limpieza e integridad mecánica.
- ❖ Deberá verificarse el sistema de control eléctrico.

10.4.1.4 Alimentador de Correa

- ❖ El alimentador deberá recibir servicio de mantención y deberá verificarse que esté limpio y que se hayan retirado los elementos de bloqueo mecánico.
- ❖ El control eléctrico, hidráulico y las protecciones deberán ser simulados para verificar la operación correcta de los mismos.

10.4.1.5 Sistemas Transportadores

- ❖ Los sistemas transportadores deberán ser inspeccionados para asegurar que todas las protecciones estén instaladas y que las mismas protejan adecuadamente los lugares peligrosos para el personal y para el equipo.
- ❖ Deberán inspeccionarse todos los puntos de transferencia y tanto las correas superiores como inferiores en cuanto a escombros e interferencias.

10.4.1.6 Compresores

- ❖ Deberá practicarse un servicio de mantención y una inspección a los compresores de aire para asegurar su limpieza e integridad mecánica.
- ❖ Deberá verificarse el sistema de control eléctrico.
- ❖ Deberá verificarse del sistema de control.

10.4.1.7 Grúas y Montacargas

- ❖ El alineamiento del acoplamiento del motor, rieles y tambor deberá ser verificado.
- ❖ Deberá verificarse el ajuste de los frenos y, en caso necesario, estos deberán ser reajustados.
- ❖ Los sistemas de protección de controles eléctricos deberán ser verificados funcionalmente por simulación previo a la operación de tambores, con el fin de asegurar su confiabilidad, secuencia y operación correcta.

10.4.1.8 Chancador

- ❖ Deberá inspeccionarse el chancador y equipos relacionados en cuanto a su instalación completa, daño a componentes, tipos y cantidades correctas de aceite, esfuerzo o empuje indebidos, conexiones y cubiertas apretadas, tensiones de la correa del mecanismo de accionamiento, libertad de rotación y protecciones adecuadas.
- ❖ El sistema de protección eléctrica deberá ser sometido a una simulación funcional previo a su operación con el fin de verificar su confiabilidad, secuencia y operación correcta.
- ❖ El sistema de aceite hidráulico y de lubricación deberá someterse a una prueba de presión, a una limpieza con baño químico y lavado.

10.4.1.9 Bombas Accionadas con Petróleo Diésel

- ❖ Deberán inspeccionarse los sistemas de aceite de lubricación, combustible y de agua de enfriamiento antes de hacer la mantención de servicio.
- ❖ Asegúrese que todos los componentes estén intactos, sin daños a ítems tales como accesorios de tuberías, inyectores, o aislación.

10.4.1.10 Sistema Colector de Polvo

- ❖ Se deberán inspeccionar los ductos y éstos deberán ser sometidos a prueba para asegurar que no tengan fallas.
- ❖ Deberá chequearse el equilibrio del ventilador antes de activarlo.
- ❖ Deberán inspeccionarse las bolsas en cuanto a su instalación correcta y en cuanto a filtraciones.
- ❖ Deberá inspeccionarse la válvula rotatoria en cuanto a su correcta instalación e interface.

10.4.1.11 Ventiladores y Sopladores

- ❖ Deberán observarse las unidades en cuanto a limpieza, correcta rotación y equilibrio y ausencia de interferencias.
- ❖ Deberán inspeccionarse los reguladores de tiro en cuanto a su asentamiento y recorrido.
- ❖ Deberá verificarse la correcta lubricación y alineamiento.

10.4.1.12 Mecanismo de Accionamiento Hidráulico

- ❖ Deberá verificarse que no hay componentes sueltos en las bombas hidráulicas para asegurar su correcta rotación. El sistema de tuberías deberá ser lavado a chorro con el solvente apropiado y sometido a pruebas de presión y filtraciones.
- ❖ El servomecanismo deberá ser inspeccionado en cuanto a alineamiento.

10.4.1.13 Sistemas de Agua Contra Incendio

- ❖ El sistema de agua contra incendio deberá ser presurizado y sometido a prueba de filtraciones para satisfacer las especificaciones, los requerimientos de las empresas aseguradoras del propietario y los códigos de las normas aplicables.
- ❖ Deberán inspeccionarse todas las conexiones, mangueras, cajas de válvulas y válvulas de aislación.

10.4.1.14 Protecciones Mecánicas

- ❖ Todas las piezas móviles deberán ser inspeccionadas para asegurar que no puedan ser tocadas manualmente salvo después de retirarse la protección.
- ❖ Deberá verificarse que las protecciones suministradas puedan removerse rápidamente y/o estén provistas de secciones con bisagras, puertas, agujeros de mano u otras aperturas apropiadas según necesidad para facilitar la inspección y/o servicio de las partes que están siendo protegidas.

10.4.1.15 Tolvas, Chutes y Compuertas

- ❖ El interior de tolvas y chutes deberá ser inspeccionado en cuanto a limpieza.
- ❖ Todos los ítems como topes temporales, maderas de andamiaje u otros escombros deberán ser retirados.
- ❖ Las compuertas deslizantes deberán ser inspeccionadas en cuanto al lubricante correcto, facilidad de operación, ausencia de trancas, recorrido apropiado, etc.
- ❖ Donde corresponda, las unidades de poder hidráulico deberán ser inspeccionadas para asegurar que todos sus componentes estén intactos. Se deberá limpiar el estanque y la tubería deberá soplar con aire a presión para su limpieza. La tubería deberá ser lavada con baño químico en caso necesario.
- ❖ Se deberá verificar que los revestimientos estén instalados de acuerdo a las especificaciones.

10.4.1.16 Sistemas de Calefacción y Ventilación

- ❖ Deberá inspeccionarse cada unidad a fin de asegurar que la instalación esté completa.
- ❖ Todos los controles deberán ser manipulados y deberán efectuarse chequeos de todos los componentes rotatorios en cuanto a su correcto alineamiento, rotación, espacio libre, y libertad de operación.

10.4.1.17 Sistemas de Unidades de Aceite

- ❖ La tubería de los sistemas de unidades de aceite hidráulico y de lubricación deberá ser limpiada con baño químico según necesidad.
- ❖ Deberán abrirse los estanques de aceite de lubricación, inspeccionarse y limpiarse previo al llenado inicial con aceite.

10.4.1.18 Bombas

- ❖ Deberá inspeccionarse la bomba y conjunto del motor en cuanto a componentes dañados, esfuerzos o empuje indebidos en las conexiones de tuberías, montaje seguro, correcta cantidad y tipo de lubricación y libertad de rotación.
- ❖ Deberá hacerse un chequeo del acoplamiento o alineamiento de la correa en "V" antes y después de las conexiones de tuberías; deberá establecerse la correcta rotación del motor y verificarse la instalación de protecciones de seguridad, según corresponda.
- ❖ Los estanques de agua deberán ser limpiados e inspeccionados.
- ❖ La envoltura de la bomba deberá estar ventilada y cebada, el eje de la bomba deberá ser rotado, y la válvula de la bomba deberá estar ajustada para un flujo mínimo.

10.4.1.19 Chancadores

- ❖ Deberá verificarse la pluma del brazo pica rocas y el conjunto de pivote principal en cuanto a su correcta y completa carrera.

10.4.1.20 Tomadores de Muestra

- ❖ Los tomadores de muestra deberán ser inspeccionados en cuanto a su tamaño correcto.
- ❖ El sistema eléctrico asociado a cada unidad deberá ser simulado funcionalmente para verificar la confiabilidad y correcta operación del sistema.

10.4.1.21 Transportador de Tornillo

- ❖ Deberá inspeccionarse el tornillo en cuanto a su alineamiento, espacio libre, limpieza y apriete de cubiertas.
- ❖ La unidad deberá ser rotada a mano para asegurar que esté libre de interferencias y el lado superior deberá ser limpiado e inspeccionado.

10.4.1.22 Bombas de Sumidero

- ❖ Los sumideros y todas las canaletas deberán limpiarse.
- ❖ Deberán instalarse rejillas apropiadas en la entrada de los sumideros para prevenir la entrada de materiales extraños.
- ❖ Deberá verificarse la correcta rotación de los motores.

10.4.1.23 Harneros Vibratorios

- ❖ Deberá efectuarse una inspección visual de la unidad para asegurar la libertad de movimiento. No deberá haber tuercas ni pernos sueltos. La plataforma deberá estar instalada de acuerdo a los planos de instalación. La cubierta deberá estar libre de escombros.
- ❖ Deberá verificarse que la unidad haya sido lubricada y que el alineamiento definitivo está terminado.

10.4.2 Chequeo Estático Eléctrico

Las inspecciones y pruebas aplicables al término de construcción en la especialidad eléctrica, verifican la continuidad, integridad de aislación, polaridad, razón de rotación, calibración, ajustes, dispositivos de protección y controles eléctricos.

10.4.2.1 Procedimientos Generales

- ❖ Durante la excitación de cada circuito, deberán seguirse los procedimientos de aprobación y de aplicación de tarjetas según los requerimientos de ejecución de pruebas.
- ❖ Todos los equipos eléctricos, tales como transformadores, dispositivos de distribución, centros de control de motores, motores y ferretería eléctrica deberán ser inspeccionados en cuanto a su correcta ubicación, sujeción, conexiones, clasificación, marcado y etiquetas, y deberán ser sometidos a pruebas de continuidad, conexión a tierra y protección.

- ❖ Todo el cableado de poder y control deberá ser sometido a pruebas según corresponda para la detección de circuitos abiertos y cortocircuitos, fugas de poder, y verificación de continuidad.
- ❖ Los planos eléctricos unilineales y esquemáticos deberán ser utilizados como referencia para las pruebas iniciales y se deberá ilustrar el avance mediante el método de coloreado de planos (yellow line).
- ❖ Las conexiones reales deberán compararse con los diagramas esquemáticos y de cableado elemental y donde no exista coincidencia deberán practicarse las rectificaciones necesarias, ya sea por reconexión o por modificación del diagrama.
- ❖ Las modificaciones a los planos deberán registrarse en los formularios correspondientes y deberán presentarse al área de ingeniería del proyecto. Todos estos cambios deberán ser incorporados a los planos red line en terreno.

10.4.2.2 Dispositivos de Distribución

La inspección física de conjuntos de dispositivos de distribución deberá incluir el chequeo de:

- ❖ Alineamiento horizontal y vertical y continuidad de nivel entre tableros.
- ❖ Apriete de los pernos de conexión de barras colectoras.
- ❖ Apriete de terminaciones de cables y alambres.
- ❖ Verificación que todos los bornes estén limpios y libres de daño.
- ❖ Verificación de todas las terminaciones de cables para asegurarse que concuerden con los diagramas de terminaciones en los puntos de terminación externos de los equipos.
- ❖ Posibles daños físicos a los componentes.
- ❖ Operación de manillas de puertas, dispositivos de enclavamiento mecánicos y similares, más la libertad de operación de los switches eléctricos.
- ❖ Los contactos de conexión a tierra y las conexiones a la malla de tierra.
- ❖ Deberá ejecutarse una prueba de alto potencial de CD del ducto de barra colectora de voltaje medio y de la barra colectora de los dispositivos de distribución, utilizándose 27 kV para los dispositivos de distribución de 5 kV, y 50 kV para los de 15 kV. Deberá aplicarse el voltaje gradualmente durante un período de 30 segundos y mantenerse durante 60 segundos adicionales sin que el sistema falle. Deberá ejercerse sumo cuidado de asegurar que todos los transformadores de corriente (CT) relevantes sean protegidos eficazmente contra cortocircuitos y conectados a tierra durante la prueba, y que todos los transformadores de potencial (PT) estén desconectados de la barra colectora. Todos los dispositivos temporales de protección contra cortocircuito de transformadores de corriente deberán ser retirados después de la prueba.

10.4.2.3 Interruptores de Circuito

- ❖ Daños y pérdida de piezas.
- ❖ Cierre lento para verificar el alineamiento y la presión de contacto.
- ❖ Espacio libre, apriete de los pernos y operación de todas las piezas móviles.
- ❖ Deberán retirarse las cuñas, amarras y bloques instalados por el fabricante.
- ❖ Tamaño y clasificación correctos de los fusibles de interruptores de carga.
- ❖ Llenado o agregado de aceite a las cámaras de aceite de los interruptores de circuito automáticos de aceite, luego de someter a prueba el aceite tal como se describe para los transformadores.
- ❖ Cantidad de gas en el caso de interruptores de circuito automáticos llenados con gas, llenándolos según necesidad.

- ❖ Verificar el alineamiento y facilidad de operación de cada carro de interruptores de circuito automáticos en cuanto a inserción y retiro horizontal, y el levantamiento y bajada vertical en cada una de las posiciones de operación, prueba y conexión a tierra, asegurando que exista un correcto alineamiento de contactos principal y auxiliar, operación en paralelo y funcionamiento de enclavamiento. Deberá inspeccionarse el cierre manual y disparo de los interruptores de circuito.
- ❖ Deberá verificarse el ajuste de fase de los circuitos de entrada y de salida con el fin de asegurar la continuidad de cada color de fase dentro de los dispositivos de distribución.
- ❖ Deberá hacerse una verificación de la continuidad eléctrica de todos los circuitos de corriente, potencial y control. Refiérase a los diagramas de cableado eléctrico y compare los mismos con las conexiones reales. Corrija los diagramas y/o conexiones según sea la necesidad. Ejecute pruebas de ruteo en las barras colectoras y dispositivos de distribución primarios.
- ❖ Lleve a cabo un chequeo de todos los circuitos de protección y medición.
- ❖ Verifique que todos los dispositivos de protección sean del tipo, tamaño, y clasificación correctos, de acuerdo a los diagramas unilineales y/o de medición y protección.
- ❖ Verifique que los transformadores de instrumentos sean del tipo y clasificación correctos. Efectúe chequeos de la razón y polaridad de los transformadores de acuerdo a los datos que aparecen en la placa del fabricante.
- ❖ Verifique el nivel de electrolito de la batería de disparo donde corresponda. Encienda la carga en flotación utilizando una fuente de poder temporaria en caso necesario. Verifique el voltaje de la batería.
- ❖ Antes de conectar los cables de entrada y de salida, los dispositivos de distribución deberán ser sometidos a una prueba de megóhmetro de un minuto de duración.

10.4.2.4 Relés

- ❖ Terminales sueltos, tornillos de retención y de cierre.
- ❖ Daño a la bobina, resistencia, cableado, indicadores y dispositivos de retención.
- ❖ Material extraño en los entrehierros (magnet gaps).
- ❖ Cualquier causa de acción demasiado lenta.
- ❖ Tiempo de retroceso del disco (no deberá exceder los 12 segundos para la carrera completa).

10.4.2.5 Centros de Control de Motores

Para cada módulo de arrancador:

- ❖ Verificar el alineamiento y operación de los interruptores de aislamiento principales y corregir el ajuste en caso necesario.
- ❖ Verificar la rotación de fase de la barra colectoras del CCM.
- ❖ Verificar la polaridad de todos los transformadores de corriente y potencial, los tamaños y razones de los transformadores, y la continuidad del circuito secundario.
- ❖ Efectúe un chequeo funcional de todos los circuitos de poder de control.
- ❖ Verifique el tamaño y clasificación de los calefactores de sobrecarga y fusibles de control y poder.
- ❖ Haga una inspección de las cajas de arco y recámbielas si están quebradas.
- ❖ Verifique el apriete de todas las conexiones, especialmente de las conexiones a los calefactores de sobrecarga.
- ❖ Fije el punto de ajuste de todos los relés de protección de acuerdo a los planos.

- ❖ Fije el punto de ajuste de los relés de sobrecarga de los motores de acuerdo a la carga completa de corriente del motor. Verifique la clasificación o resistencia de operación de RTD del calefactor del relé de sobrecarga del motor.
- ❖ Inspeccione los contactos y ajústelos de tal manera que todos hagan contacto al mismo tiempo.
- ❖ Verifique la continuidad de los sistemas de medidores y relés.
- ❖ Verifique la continuidad de los sistemas de control. Refiérase a los diagramas de cableado y esquemáticos y opere con las conexiones reales.
- ❖ En caso de que el equipo sea del tipo inmerso en aceite, verifique el uso del tipo de aceite correcto. Asegúrese que los estanques de aceite no estén dañados o tengan filtraciones.
- ❖ Todos los arrancadores deberán ser sometidos a una prueba de megóhmetro. Todos los cables de entrada y salida de equipos, deberán tener una resistencia mínima de 1000 ohms por volt especificado, con un mínimo permisible de 1 ohm para cualquier arrancador, respectivamente del voltaje especificado.
- ❖ Efectuar un chequeo de los datos de la placa del fabricante en comparación con las clasificaciones que aparecen en las placas del fabricante de los arrancadores de motor y con las clasificaciones de los componentes, verificando su compatibilidad.
- ❖ Haga un chequeo de las etiquetas de tableros en comparación con los cables instalados y confirme que cada mecanismo de activación esté conectado con el arrancador que le corresponde.
- ❖ Deberá ejecutarse una prueba de alto potencial de CD de cada barra colectora de centro de control de motor de voltaje medio. El voltaje (volts de clasificación x 2 más 2 kV) deberá ser aplicado gradualmente y mantenido por un período adicional de 60 segundos sin que el sistema falle. Las barras colectoras que no pasen esta prueba satisfactoriamente deberán ser retiradas y deberá limpiarse su aislación.
- ❖ Haga un chequeo de oxidación en todas los intersticios del gabinete.
- ❖ Haga un chequeo del ajuste de fase de los circuitos de entrada y de salida para asegurar la continuidad de cada fase.

10.4.2.6 Transformadores

Lleve a cabo las siguientes inspecciones físicas y pruebas:

- ❖ Inspección de los bornes en cuanto a pedazos faltantes y trizaduras.
- ❖ Verificación de daños al estanque, aletas y similares.
- ❖ Chequeo de los soportes y condición general del ventilador de enfriamiento.
- ❖ Chequeo del tablero de control del ventilador de enfriamiento.
- ❖ Chequeo del movimiento correcto del cambiador de toma.
- ❖ Verificación del funcionamiento de los indicadores de temperatura y presión y de los relés de disparo/alarma.
- ❖ Inspección de todas las empaquetaduras y accesorios en cuanto a filtraciones de aceite.
- ❖ Verifique el nivel de aceite y la presión de gas en los transformadores sellados.
- ❖ Haga un chequeo de los datos de la placa del fabricante en comparación con las hojas de datos de los transformadores y diagramas unilineales.
- ❖ Ejecute pruebas de rigidez dieléctrica en todos los líquidos de aislación. Si el líquido ha estado almacenado por más de seis meses, deberá aplicársele una prueba de contenido de agua. Todos los muestreos y pruebas deberán ejecutarse de acuerdo a la norma ASTM D877. Las muestras de prueba deberán ser capaces de resistir un mínimo de 30 kV y deberán tener un contenido de agua de menos de 35 mg/kg. Los líquidos que no pasen esta prueba en forma satisfactoria deberán ser recambiados donde corresponda.

- ❖ Asegúrese que los cables primario, secundario y neutro estén desconectados y luego ejecute pruebas de megóhmetro utilizando un megóhmetro de 5 kV.
- ❖ Las bobinas selladas en fábrica y sumergidas en líquido que satisfagan la prueba de fuerza podrán ser puestas en servicio siempre que la prueba de aislación exceda los 6 Megohms entre devanaciones y entre la conexión a tierra y otras devanaciones. Se deberá hacer un chequeo de las lecturas del megóhmetro en comparación con el certificado de prueba del fabricante.
- ❖ Las bobinas sumergidas en líquido que no pasen las pruebas de fuerza y las bobinas que hayan sido enviadas sin líquido de aislación deberán ser sometidas a pruebas de megóhmetro fuera de líquido. Las lecturas de megóhmetro deberán ser de más de 1 Megohm por kilovolt de clasificación de la bobina.
- ❖ En el caso de que las devanaciones no pasen la prueba de megóhmetro, deberán ser secadas y sometidas a la prueba nuevamente.
- ❖ El proceso de secado deberá continuar hasta que se obtengan valores de resistencia consistentemente altos durante un mínimo de cuatro mediciones consecutivas, durante un período de por lo menos 16 horas del tiempo de secado.

En caso de utilizarse el método de calor interno para el secado, este deberá aplicarse como sigue:

- ❖ Proteger las devanaciones secundarias contra cortocircuito.
- ❖ Aplicar un voltaje de 0,5 - 1,5% del voltaje de clasificación en las devanaciones primarias.
- ❖ Limitar la corriente de secado a un quinto de la corriente normal de devanación.
- ❖ Mantener la temperatura en 60° a 70°C mediante el ajuste de la corriente de bobina.
- ❖ La prueba de megóhmetro deberá aplicarse a una temperatura de bobina de 60° a 70°C.
- ❖ Haga un chequeo del ajuste de fase de los circuitos primario y secundario para asegurar la continuidad de las fases a través del transformador.

10.4.2.7 Motores Eléctricos

Todos los motores deberán ser sometidos a inspección y pruebas, y deberán ser preparados para su excitación de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Este procedimiento deberá incluir, pero no deberá estar limitado a lo siguiente:

- ❖ Verifique que los espacios libres, alineamiento y lubricación estén correctos. En caso necesario, lubrique de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Deberán ejecutarse pruebas especiales, tales como distancias de esparcimiento y alineamiento de pedestales donde corresponda, según las sugerencias del fabricante.
- ❖ Para clasificaciones de más de 110 kW, deberá practicarse una prueba de absorción dieléctrica en el circuito del motor y del arrancador, y deberá determinarse un índice de polarización para las devanaciones del motor mediante una prueba de 10 minutos de duración. En caso de que el fabricante no haya entregado voltajes de prueba, deberá usarse un voltaje de prueba de 1000 V para motores con voltaje de clasificación de 150-660 V; un voltaje de prueba de 2500 V para motores con voltaje de clasificación de 1000 - 5000; y un voltaje de prueba de 5000 V para motores con voltaje de clasificación de más de 5000 V. Todas las lecturas de índice de polarización de menos de tres deberán ser investigadas.
- ❖ Se deberá ejecutar una prueba de absorción dieléctrica a las devanaciones de motores con voltaje de clasificación de 110 kW y menos. Se deberá determinar la razón de treinta/sesenta (30/60) segundos. Las lecturas de razón de menos de 1,4 deberán ser investigadas.

- ❖ La aislación de los descansos de pedestal deberá ser sometida a prueba de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
- ❖ Para motores con voltaje de clasificación de 4160 V y más, deberá ejecutarse una prueba de sobrevoltaje entre las devanaciones y la conexión a tierra. Esta prueba deberá ejecutarse a 80 por ciento del doble del voltaje de clasificación más 1000 V.
- ❖ Deberán chequearse todas las RTD en cuanto a conexión correcta y continuidad de cableado eléctrico.
- ❖ Los datos de la placa del fabricante deberán ser registrados y comparados con los registros de la hoja de datos del motor.
- ❖ En los motores totalmente sellados deberá abrirse el agujero de drenaje para verificar la humedad.
- ❖ Deberá medirse la resistencia de aislación utilizando un megóhmetro de 1 kV para motores de menos de 600 V y un megóhmetro de 5 kV para motores de más de 600 V. La prueba deberá aplicarse durante un minuto. Las lecturas del megóhmetro no deberán ser substancialmente más bajas que los valores que se muestran en los certificados de prueba del fabricante.
- ❖ Los motores que no pasen la prueba de resistencia de aislación deberán ser secados. La temperatura de las bobinas no deberá exceder los 80°C cuando se mida por termómetro, ni los 90°C cuando se mida por el método de resistencia. La tasa de aumento de temperatura deberá limitarse a 5°C por hora.
- ❖ El proceso de secado deberá continuar hasta que se obtengan cuatro valores de resistencia consistentemente altos. Las lecturas deberán efectuarse a intervalos de cuatro horas.

10.4.2.8 Cables

- ❖ Todos los alambres y cables deberán ser inspeccionados visualmente en cuanto a fallas de aislación previo a su instalación. Una vez que la instalación de los dispositivos de alambres y terminaciones esté terminada, pero antes de conectarlas al equipo, todos los alambres y cables deberán ser sometidos a pruebas de resistencia a la conexión a tierra.
- ❖ Haga un chequeo de todas las conexiones de cable y alambre para verificar su conformidad con los últimos planos de construcción y con la información del fabricante.
- ❖ Haga un chequeo de todos los circuitos de control de CA y CD para verificar la posible presencia de cortocircuitos y/o fallas de conexión a tierra.
- ❖ Haga un chequeo de todas las conexiones desde un extremo del conductor hasta el otro.
- ❖ Verifique que la secuencia de fase, código de color y grosor de alambre sean los especificados.
- ❖ Verifique las marcas de identificación de cables y alambres.
- ❖ Todos los alambres de 600 V y de 1000 V deberán ser sometidos a pruebas de megóhmetro durante un minuto con un verificador de aislación de 1000 V y deberán dar lecturas de un mínimo de 25 megohms para longitudes de menos de 305 metros.
- ❖ Todos los cables de poder de 2000 V y más deberán ser sometidos a pruebas de megóhmetro durante un minuto con un megóhmetro de 5000 V luego de ser traccionados, pero antes de su empalme o terminación. El valor mínimo de prueba será de 3 megohms por cada 30 m.
- ❖ Todos los cables de poder de más de 2000 V deberán ser sometidos a prueba con un potencial alto de CD, durante 15 minutos, luego de que se hayan terminado los empalmes y conos de esfuerzo, pero antes de su terminación.
- ❖ En caso de que la instalación tenga fallas, la corriente de fuga subirá constantemente después de aproximadamente 30 segundos. Para una condición constante luego del transcurso de 60 segundos indica que la instalación es satisfactoria.

10.4.2.9 Equipos de Control

En todos los gabinetes de control, tableros de relés, tableros de iluminación y poder, cajas de empalmes y dispositivos montados en terreno:

- ❖ Inspeccione todos los terminales en cuanto a conexiones correctas.
- ❖ Inspeccione todos los gabinetes en cuanto a alambres, herramientas y componentes sueltos.
- ❖ Verifique la identificación correcta de alambres, terminales, cajas de terminales, instrumentos, switches de control, relés eléctricos y similares.
- ❖ Verifique la correcta clasificación de los fusibles de todos los circuitos de control utilizando planos y diagramas esquemáticos. Verifique también la ausencia de fusibles quemados.
- ❖ Inspeccione todos los fusibles y botones en cuanto a movimiento completo, instalación, contactos, ajustes, clasificación y etiquetas de identificación.
- ❖ Verifique que los gabinetes estén provistos de accesorios de drenaje y ventilación donde éstos estén especificados e inspeccione todas las cajas en cuanto a acumulación de humedad.
- ❖ Verifique el atado correcto de los cables.
- ❖ Verifique que ningún alambre terminado esté conectado a tierra.
- ❖ Verifique la secuencia correcta de conexiones de acuerdo a los diagramas esquemáticos.
- ❖ Verifique la correcta conexión a tierra de los gabinetes, y de alambres de tierra, apantallado y consumo en los cables.
- ❖ Verifique el sellado correcto de las conexiones de conductos, diafragmas de cables, etc.
- ❖ Verifique la identificación de todos los conductores de reserva.
- ❖ Verifique la polaridad, tamaño, y tipos de cable en comparación con los planos.
- ❖ Inspeccione la polaridad de todos los dispositivos estáticos, tales como diodos.
- ❖ Verifique la presencia de diagramas de circuitos y/o planos que deben dejarse en los gabinetes.
- ❖ Verifique que todas las bobinas de relés sean adecuadas para el voltaje de operación de diseño y que los relés estén provistos del número requerido de contactos; verifique que los contactos estén libres de oxidación y que las armaduras se encuentren libres para operar.

10.4.2.10 Batería y Cargadores de Baterías

Lleve a cabo los chequeos siguientes:

- ❖ Vea que las cajas de baterías no estén trizadas ni dañadas.
- ❖ Vea que los terminales de las baterías estén apretados y tengan un aspecto general satisfactorio.
- ❖ Chequeo de los dispositivos de protección.
- ❖ Comparación de la polaridad de las baterías y cargadores.
- ❖ Chequeo de la corriente y voltaje de carga. Efectúe un ajuste en caso necesario.
- ❖ Ejecute pruebas de capacidad y una prueba de corriente en flotación para cada batería, de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

10.4.2.11 Generadores

- ❖ Verifique el nivel de todos los líquidos antes de excitar un generador de emergencia.
- ❖ Energía eléctrica estática a prueba de interrupción.
- ❖ Revise el manual de operación del fabricante.
- ❖ Inspeccione todas las conexiones.
- ❖ Verifique la correcta posición de todos los interruptores de entrada y de salida.
- ❖ Verifique los voltajes de entrada de CA del cargador de baterías.
- ❖ Verifique los voltajes de salida de CA y CC.

10.4.2.12 Conexión a Tierra

- ❖ Deberá inspeccionarse el sistema de conexión a tierra para asegurar que todas las piezas de estructuras metálicas, cajas de motores, dispositivos de distribución, cajas, conductos y demás equipo eléctrico estén conectados a tierra de acuerdo a los planos.
- ❖ Utilizando un medidor de prueba para cables de conexión a tierra, determine las resistencias de malla de tierra según las especificaciones en los planos de conexión a tierra.
- ❖ Inspeccione todas las barras de prueba de conexión a tierra y conexiones a tierra.
- ❖ Verifique, por separado si es necesario, que los sistemas de conexión a tierra de los sistemas de computación sean adecuados y estén separados como corresponde.
- ❖ Una vez finalizadas las pruebas de conexión a tierra individuales, deberá medirse y registrarse la resistencia de conexión a tierra global en un informe formal certificado.

10.4.2.13 Circuitos de Iluminación y Otros

- ❖ Someta a prueba cada circuito individual con un verificador de continuidad para asegurarse que el cableado y conexiones sean los correctos.
- ❖ Inspeccione todas las tomas de poder en cuanto a polaridad correcta.

10.4.2.14 Rastreo de Calor Eléctrico

- ❖ Verificación de continuidad.
- ❖ Verificación de aislación a tierra.

10.4.2.15 Protección de Iluminación

- ❖ La autoridad con jurisdicción en el área será la que deberá inspeccionar y aprobar la protección de iluminación.
- ❖ La autoridad con jurisdicción emitirá un certificado de cumplimiento y lo entregará al cliente.

10.4.2.16 Mecanismos de Accionamiento de Velocidad Variable (VDF)

Los mecanismos de accionamiento de velocidad variable deberán ser probados de acuerdo a la recomendación del fabricante e incluirán, pero no estarán limitados a:

- ❖ Verificar que las terminaciones sean las correctas.
- ❖ Verificar que los voltajes de entrada/salida sean los correctos.
- ❖ Verificar que las fuerzas de señal de entrada/salida sean las que corresponden.
- ❖ Verificar la programación correcta de la unidad de control.
- ❖ Verificar la corriente de salida de control correcta a 0, 25, 50, 75, 100%.

10.4.2.17 Conductos Subterráneos

- ❖ Antes de cubrirse con concreto o enterrarse cualquier sección de un conducto, cada conducto deberá ser sometido a prueba en cuanto a obstrucciones o aplastamiento pasándole un mandril del tamaño que corresponda.
- ❖ Inmediatamente después de taparse o encerrarse en concreto un banco de ductos y antes de que tenga lugar el fraguado inicial, deberá nuevamente pasarse por cada conducto un mandril del tamaño que corresponda para determinar la presencia de cualquier obstrucción o defecto. Los defectos deberán corregirse de inmediato.
- ❖ Los extremos expuestos de los conductos deberán sellarse con tapones o tapas luego de ser sometidos a prueba para prevenir la entrada de animales, humedad y escombros hasta que el conducto sea puesto en servicio o extendido.
- ❖ En áreas clasificadas no se sellarán los conductos hasta finalizar la aplicación de pruebas de cables y emitirse la autorización pertinente.

10.4.3 Chequeo Estático de Instrumentación y Control

Las inspecciones y pruebas de término de construcción aplicables a la especialidad de instrumentación están destinadas a verificar la continuidad, indicación, ausencia de fugas (confinamiento), calibración, circuitos loop, ajustes y alineamiento de los sistemas de control de toda la instrumentación. La calibración de los instrumentos está a cargo del personal de construcción del contratista.

10.4.3.1 Procedimientos Generales

- ❖ Se deberá comparar los instrumentos con las hojas de datos para verificar, según corresponda, los márgenes de calibración, grado de protección de la caja, materiales de construcción, suministro de poder, números de etiqueta, etc.
- ❖ Todos los equipos de medición y control deberán ser inspeccionados en cuanto a su correcta instalación, conexiones, clasificación, marcado y etiquetas de identificación.
- ❖ Se deberá verificar la correcta ubicación según los planos de ubicación, montaje, orientación, y facilidad de acceso de todos los instrumentos montados en terreno, y los mismos deberán ser inspeccionados en cuanto a vibraciones, interferencia y protección de los extremos ambientales.
- ❖ Se deberá inspeccionar el tipo y tamaño correcto del cableado de poder y de señal de todos los instrumentos y éstos también deberán ser sometidos a pruebas de circuitos abiertos y cortocircuitos, fallas de conexión a tierra y captación excesiva de ruidos.
- ❖ Se prohíbe específicamente el uso de megóhmmetros para la inspección del cableado de instrumentación.

- ❖ Toda la tubería neumática, las líneas de impulso neumático y de señal deberán ser sometidas a pruebas de presión para verificar que no presenten fallas a presión de servicio. El nivel de aceptación será de menos de cuatro burbujas de filtración por minuto. Cualquier conexión que sea intervenida después de la aplicación de pruebas deberá ser reinspeccionada en cuanto a filtraciones mediante la aplicación de una solución de jabón luego de su reconexión.
- ❖ Toda la tubería de instrumentos, las líneas de impulso neumático y de medición deberán ser inspeccionadas en cuanto a ventilación, drenaje, orientación de inclinación correctas, como también en cuanto a tamaño y longitud adecuada.
- ❖ Verifique que todos los cables apantallados estén conectados a tierra de acuerdo a los diagramas de circuitos cerrados. Los cables apantallados de extensión de termocuplas deberán estar conectados a tierra en la termocupla. En los instrumentos locales, el cable apantallado deberá estar plegado hacia atrás y sujetado con huincha. Deberá verificarse la continuidad y conexión a tierra.
- ❖ Los instrumentos montados en paneles deberán ser inspeccionados en cuanto a daños, partes faltantes, conexiones apretadas, ubicación del instrumento, escalas correctas, puntos de ajuste de disparo, marcado de la franja terminal, etiquetas de identificación legibles y correctas, etc.
- ❖ Se deberá verificar que las escalas de los controladores locales, los indicadores de salida, los termómetros de cuadrante, etc. estén visibles y accesibles.
- ❖ Toda la instrumentación deberá ser sometida a pruebas de circuitos loop, a chequeos de calibración, y deberá ser operada funcionalmente para verificar el correcto control y respuesta. Deberán verificarse las luces piloto, anunciadores, indicaciones, interruptores de selector, etc.
- ❖ Todos los instrumentos que exhiban fallas deberán ser devueltos al proveedor para su recambio o reparación, según corresponda.
- ❖ Los instrumentos de radiación nuclear deberán ser inspeccionados con atención específica a los peligros de la radiación. Las áreas donde un rayo de radiación pueda de alguna manera ser cruzado por personal deberán estar marcadas claramente con señalización de peligro de radiación internacionales suministrados por el proveedor, y deberán estar provistas de dispositivos de enclavamiento.
- ❖ Todos los instrumentos en línea (medidores de flujo, placas de orificio, válvulas de control, etc.) deberán ser inspeccionados en cuanto a soporte, empaquetaduras, orientación, centrado de flanges correctos, y adicionalmente en cuanto a conexión a tierra donde corresponda y ausencia de esfuerzos indebidos.
- ❖ Toda la instrumentación de terreno y la suministrada por el proveedor deberá ser calibrada, provista de etiquetas y documentada en hojas de datos de acuerdo a ET.

10.4.3.2 Tableros de Control

- ❖ Deberá inspeccionarse las conexiones y el sellado de pasadas, la posible presencia de alambres sueltos, identificación de los alambres, conexiones de purga, ventilación, insumos eléctricos y de aire, la presencia de bolsones y/o salientes que permitan la acumulación de humedad, etc. Se deberá inspeccionar el tablero en cuanto a daño físico y retocar la pintura según necesidad.
- ❖ Se deberán inspeccionar todos los circuitos loop en cuanto a interruptores de circuito apropiados, clasificación de fusibles, etc. Se deberá tomar en cuenta que los fusibles e interruptores de circuitos están clasificados para proteger el cableado y no el instrumento.
- ❖ Deberán ejecutarse pruebas para localizar fusibles quemados tanto en los circuitos de suministro de CA como de CC.

10.4.3.3 Válvulas Distribuidoras

- ❖ Todas las válvulas de distribución de medidores deberán ser inspeccionadas en cuanto a su correcta instalación, asentamiento y apriete.

10.4.3.4 Controladores de Lógica Programables

- ❖ Nunca deberá utilizarse un megohmetro para ejecutar una prueba en cableado de PLC. El ohmetro es el único dispositivo permitido para la verificación de la continuidad del cableado eléctrico.

10.4.3.5 Cajas de Empalme

- ❖ Deberán verificarse las conexiones, la identificación de terminales, el sellado de los conductos de entrada y de salida, el atado correcto de los alambres, los accesorios de drenaje y ventilación y la acumulación de humedad.
- ❖ Los circuitos de instrumentos controlados por temperatura deberán inspeccionarse en cuanto a la correcta conexión del conductor apantallado, y deberán aplicarse pruebas para asegurar que los alambres estén libres de cortocircuitos.
- ❖ Deberán inspeccionarse los alambres de reserva en cuanto a su correcta identificación y conexión a terminales de reserva o amarre en terminaciones ciegas.

10.5 Chequeo Dinámico

El Chequeo dinámico está referido a pruebas específicas y actividades de preparación para pasar a la etapa de precomisionamiento. Estas son las siguientes:

- ❖ Prueba hidrostática de cañerías (con excepción de las líneas de aire).
- ❖ Prueba neumática de cañerías (líneas de aire).
- ❖ Pruebas de presión con gas inerte (donde no se pueden realizar pruebas hidrostáticas).
- ❖ Pruebas de estanqueidad y cierre conforme de estanques y depósitos.
- ❖ Pruebas de estanqueidad en piscinas de almacenamiento HDPE.
- ❖ Pruebas Hi-Pot / Megger.
- ❖ Actividades de Mantenimiento (Chequeo de control, lubricación, limpieza y lavado de sistemas).

10.5.1 Confinamiento a Presión

Las pruebas hidrostáticas o neumáticas de los sistemas de tuberías determinan la integridad con respecto al confinamiento de la presión. Estas pruebas serán llevadas a cabo por el grupo de término de construcción del contratista, y los resultados se deberán enviar a la gerencia de construcción de la empresa agente.

10.5.1.1 Procedimientos Generales

- ❖ El interior del equipo deberá estar limpio antes de su carga o de la ejecución de pruebas al mismo.
- ❖ Durante las pruebas, deberá suministrarse una protección de aislamiento adecuada al equipo, medidores, válvulas de alivio, etc.
- ❖ Deberán instalarse temporalmente conexiones de tubería y otros equipos requeridos para la ejecución de ciertas pruebas. Una vez cumplidas las pruebas con resultados satisfactorios, estos equipos y conexiones deberán ser retirados.
- ❖ Con el fin de hacer más expedita la ejecución de pruebas en sistemas con presiones de clasificación similares, será aceptable la aplicación de una sola prueba para simplificar el proceso.

- ❖ Se utilizarán diagramas de tuberías y de instrumentos de sistemas y planos isométricos de tuberías como referencia para la ejecución de pruebas. Se ilustrará el avance mediante la técnica de coloreado de diagramas. Deberá prestarse atención especial a la actualización diaria con el fin de mantener registros de pruebas exactos.
- ❖ Con el fin de ubicar las principales filtraciones de la tubería, podrá ejecutarse una prueba preliminar de aire, de no más de 345 kPa o de 1/3 de la clasificación del sistema, utilizándose el valor más bajo, previo a la ejecución de pruebas hidrostáticas.
- ❖ Si se encuentran fallas o defectos de cualquier tipo en el equipo durante la ejecución de las pruebas, deberán efectuarse reparaciones o recambios para luego volver a aplicarse las pruebas anteriores. Todas las uniones y conexiones apertadas que tengan filtraciones deberán ser desmontadas y reinstaladas.
- ❖ Deberá mantenerse la presión por un mínimo de una hora o por un tiempo suficientemente largo para permitir un examen minucioso y la determinación de que no hay deterioro. En caso de requerirse la asistencia de organismos especiales a las pruebas, deberán tomarse las medidas para que esto suceda una vez efectuada una prueba preliminar. Se deberán aplicar las normas de duración de prueba NFPA o FM/UL para el sistema de prevención de incendios.
- ❖ Una vez finalizadas las pruebas hidrostáticas, deberán ventilarse todos los puntos altos y el sistema deberá ser drenado tan pronto como esto sea posible.
- ❖ Las tuberías a las cuales aplican códigos específicos deberán ser sometidas a pruebas hidrostáticas de 1,5 veces la presión máxima permisible de acuerdo a la presión de trabajo de las especificaciones.
- ❖ Se deberán suministrar soportes temporales adecuados para las tuberías que prestan servicio no-líquido cuando se les apliquen pruebas hidrostáticas. Las válvulas manuales que se sometan a pruebas hidrostáticas deberán mantenerse en la posición abierta. Las válvulas de control deberán ser aisladas o retiradas según corresponda para evitar que sean dañadas.
- ❖ En los casos en que las pruebas hidrostáticas o de servicio no se consideren aplicables, podrá aplicarse una prueba neumática utilizando aire o un gas no-inflamable. Las pruebas neumáticas deberán aplicarse por un período de tiempo suficientemente largo para inspeccionar el sistema al cual se está aplicando la prueba. Los métodos de chequeo de filtraciones incluyen baja de presión embotellada y/o aplicación de jabón.
- ❖ A no ser que las especificaciones digan lo contrario, todas las secciones de tubería subterránea deberán ser sometidas a pruebas de presión hidrostática o neumática previo a su retrolleado. Las secciones no-drenables de los sistemas sometidos a pruebas con líquidos deberán secarse con presión de aire soplado, a no ser que las líneas de agua sean puestas en servicio de inmediato.
- ❖ Una vez finalizadas las pruebas satisfactoriamente, todas las tuberías, accesorios de estas, conexiones y equipos temporales deberán ser retirados y deberá restaurarse la tubería permanente. Se requerirá observar el sistema minuciosamente durante las operaciones subsiguientes para asegurar que las conexiones intervenidas estén libres de filtraciones.
- ❖ La conexión de instrumentos puede incluirse en las pruebas hidrostáticas siempre que la válvula de derivación de la línea esté totalmente cerrada, que la válvula de bloque de entrada de instrumentos esté totalmente cerrada, y que las conexiones a instrumentos estén interrumpidas (Paletadas). Los discos de ruptura y válvulas de seguridad deberán ser aislados o retirados.

10.5.1.2 Prueba Hidrostática de Cañerías

- ❖ Todas las cañerías de presión deberán ser probadas hidrostáticamente en conformidad con los códigos citados y los requisitos establecidos en la especificación técnica correspondiente.
- ❖ Se entiende como cañería de presión toda aquella cañería diseñada para transportar o contener fluidos de proceso o utilitarios a una presión positiva o bien a una presión negativa.
- ❖ No se consideran las cañerías de venteo y drenaje de extremos abiertos que operan, básicamente, a la presión atmosférica.

- ❖ El contratista empleará solamente personal calificado y con experiencia para efectuar las pruebas hidrostáticas, y será el responsable de la preparación y la prueba de los sistemas individuales de cañerías (circuitos) de acuerdo con los requisitos establecidos.
- ❖ Cada sistema de cañerías se preparará para la prueba previa autorización de la ITO.

10.5.1.2.1 Fuentes de Información

La fuente de información primaria para la prueba hidrostática es la lista de líneas del proyecto, donde se provee información respecto de la clase de las cañerías y las presiones nominales de operación y el código de construcción para cada línea.

10.5.1.2.2 Preparación

- ❖ Antes del inicio de las pruebas el Contratista deberá someter a la aprobación de la ITO los programas de pruebas, como así también la lista de pruebas.
- ❖ Estos documentos irán acompañados por P&ID's (diagramas de cañerías e instrumentos) o Planos de Cañerías marcados para dar una mejor definición de las pruebas propuestas para cada sistema.
- ❖ Todos los medidores de presión que se utilicen para las pruebas de los sistemas de cañerías serán probados, calibrados y certificados en cuanto a su exactitud por una autoridad independiente. Los manómetros se instalarán lo más cerca posible al punto bajo de la sección que se está probando.
- ❖ Todas las juntas de cañería y soldaduras de terreno deberán ser accesibles y estar sin pintura de acabado ni recubrimiento. Tampoco deberán estar aisladas ni cubiertas de ninguna otra forma, hasta la culminación satisfactoria de la prueba y su aceptación.
- ❖ Se pondrá cuidado de asegurar que las estructuras de soporte no reciban carga excesiva durante la prueba. Tales estructuras incluyen los parrones de cañerías, las cuales pueden no haber sido diseñadas para que todas las líneas se llenen simultáneamente con el fluido de prueba.
- ❖ Se aplicarán soportes temporales a aquellas cañerías que estén soportadas por resorte o por contrapeso hasta un punto suficiente para sostener el peso de los elementos de la prueba, como así también se habilitarán todos los soportes temporales adicionales para aquellas cañerías que estén diseñadas para aire comprimido o gases, según resulte necesario para soportar el peso del fluido de prueba.
- ❖ En general, la instrumentación y los equipos no se expondrán a la prueba de presión y se desconectarán de la cañería o bien se bloquearán durante la prueba. Pueden incluirse las válvulas, siempre que éstas sean adecuadas para la presión de la prueba, incluyendo su mecanismo de cierre.
- ❖ Todas las placas orificio que interfieran con el llenado, el venteo o el drenaje, se retirarán antes de la prueba.
- ❖ Los tramos cortos de cañería que deban ser retirados para permitir la instalación de paletas de bloqueo para la prueba, se probarán separadamente.
- ❖ Cuando se vayan a incluir juntas de expansión o mangueras de goma en la prueba, éstas se protegerán con fijaciones temporales según resulte necesario.
- ❖ No se efectuarán pruebas cuando la temperatura del metal sea igual o inferior a 0° C.
- ❖ Las cañerías que tengan válvulas de retención tendrán la fuente de presión de la prueba ubicada aguas arriba de la válvula. Alternativamente, se sacarán las partes internas de la válvula de retención para permitir el libre paso del líquido de la prueba.

- ❖ Cuando la presión de la prueba sea igual aguas arriba y aguas abajo de una válvula de control dotada de válvulas de bloqueo y de by-pass, se cerrarán las válvulas de bloqueo, adyacentes a la válvula de control, dejándose abiertas las válvulas de by-pass y de control.
- ❖ Cuando la presión de prueba sea distinta aguas arriba y aguas abajo de una válvula de control, o si la válvula no está dotada con válvulas de bloqueo y de by-pass, se retirará la válvula de control, se bloquearán las secciones aguas arriba y aguas abajo y se probarán separadamente.
- ❖ Todos aquellos instrumentos tales como medidores de caudal de desplazamiento positivo, válvulas de alivio, discos de ruptura, manómetros, sensores de nivel, transmisores, controladores, reguladores de presión, rotámetros, etc., se retirarán y excluirán de la prueba.
- ❖ Los medidores de caudal del tipo magnético se mantendrán en su sitio.
- ❖ En válvulas de control de presión balanceada se deberá retirar toda conexión al diafragma.
- ❖ Una vez concluida la prueba hidrostática se deberá cambiar todas las empaquetaduras de las uniones bridadas intervenidas por efecto de la prueba hidrostática, por empaquetaduras nuevas.

10.5.1.2.3 Fluido de la Prueba

- ❖ El medio a utilizarse en las pruebas será agua limpia a una temperatura entre 16° y 30° C.
- ❖ Para utilizar agua del sitio de faenas, se precisará una aprobación del Cliente antes de efectuar cada prueba.
- ❖ El Contratista confeccionará un listado bien detallado de sus necesidades, indicando fechas y horas, y con una anticipación suficiente para que la ITO gestione los permisos necesarios.

10.5.1.2.4 Ejecución de la Prueba

- ❖ La presión de prueba se aplicará en forma lenta y pareja usando una bomba manual o una pequeña bomba eléctrica. El aire del sistema que está siendo probado se venteará debidamente. Se pondrá cuidado de ver que no ocurra presión excesiva originada por un aumento de la temperatura ambiente o por un aumento en la fuente de presión mientras el sistema está siendo probado.
- ❖ Después de concluir satisfactoriamente la prueba y de su aceptación, se retirarán todas las conexiones y paletas de bloqueo temporales, y se drenarán los sistemas.
- ❖ El contratista se encargará de reinstalar toda válvula, placas orificio, juntas de expansión, instrumento o cualquier otra sección de la cañería que haya sido retirada o bloqueada durante la prueba.
- ❖ Todas las líneas probadas con agua que no sean para el transporte de la misma, deberán ser secadas y limpiadas después de la prueba.
- ❖ Cualquier parte que no opere satisfactoriamente por defectos causados por una instalación incorrecta y que queden de manifiesto en la prueba, serán rectificadas y sometidos a una nueva prueba por el contratista.
- ❖ No se deberá aislar ninguna cañería hasta tanto no hayan sido realizadas las pruebas hidrostáticas.

10.5.1.2.5 Cañerías Gravitacionales

A menos que existan condiciones específicas de diseño que rijan las líneas de servicio gravitacionales, éstas se probarán a una presión mínima de 103,4 kPa (15 psig), de acuerdo con ANSI B31.3. Cada sección de las líneas gravitacionales se probará en forma separada. Cualquier fuga se deberá corregir.

10.5.1.2.6 Cañerías de Venteo y Drenajes

Para cañerías de venteo a la atmósfera y drenajes no se requiere prueba hidrostática; solo se examinarán visualmente después de su instalación.

10.5.1.2.7 Conexiones a Equipos

Las presiones de prueba de cañerías no se aplicarán a bombas u otros equipos.

10.5.1.2.8 Pruebas con Equipos

Los estanques u otros equipos que deban ser probados hidrostáticamente en terreno pueden probarse junto con sus cañerías asociadas, siempre y cuando la presión de prueba del equipo no exceda la presión de prueba especificada para las cañerías de interconexión. Todos aquellos equipos que necesiten probarse a una presión mayor o menor que la presión especificada para las cañerías de interconexión, se aislarán y probarán separadamente.

10.5.1.2.9 Pruebas de Válvulas

- ❖ Las presiones de prueba que se apliquen a válvulas en línea serán iguales para las cañerías aguas arriba y aguas abajo de la válvula.
- ❖ Cuando la presión de prueba requerida sea superior a la presión admisible del asiento de la válvula, la prueba se hará a través de la válvula abierta.

10.5.1.2.10 Duración de la Prueba

La presión de prueba se mantendrá por un período mínimo especificado en la ET correspondiente y/o el tiempo que a juicio de la ITO pueda resultar necesario para detectar alguna fuga.

10.5.1.2.11 Excepciones

- ❖ Solo cuando sea imposible efectuar una prueba hidrostática, el contratista informará por escrito de ello a la ITO para obtener la aprobación para una prueba neumática.
- ❖ Los sistemas aprobados por la ITO se probarán con aire a 110% de la presión de diseño (sin ajuste por temperatura), de acuerdo a las normas aplicables.
- ❖ Durante la ejecución de pruebas neumáticas se deberá demarcar el área y restringir el acceso mientras se efectúe la prueba

10.5.1.2.12 Eliminación de Desechos

El contratista tendrá la completa responsabilidad de eliminar adecuadamente los fluidos y los desperdicios resultantes de la prueba, y obtendrá todos los permisos necesarios para la eliminación fuera de la faena de aceites, envases y desechos sólidos o tóxicos. No se permitirá desechar dichos materiales dentro del sitio de faenas.

10.5.1.2.13 Registro de la Prueba

Se emitirá un Informe de Pruebas de Cañerías por cada sistema probado, en el que se incluirá lo siguiente:

- ❖ Fecha de la prueba.
- ❖ Identificación de la cañería probada.
- ❖ Medio o elemento de la prueba.
- ❖ Fecha de Calibración de los instrumentos de medición
- ❖ Presión de la prueba.
- ❖ Presión nominal de operación.
- ❖ Duración de la prueba.
- ❖ Temperatura de la prueba.
- ❖ Certificación del Contratista de los resultados de la prueba.
- ❖ Certificación y aceptación de la ITO sobre los resultados de la prueba.
- ❖ Los registros que se hagan sobre cañerías que precisen que la presión se mantenga durante un período especificado de tiempo, incluirán cualquier corrección de la presión de prueba debido a variaciones de temperatura entre el inicio y el final de la prueba.

10.5.1.2.14 Materiales y Elementos

- ❖ Los equipos, instrumentos y materiales en general (paletas ciegas, flanges, empaquetaduras, pernos, soportes, drenajes, venteos, etc.) requeridos para las pruebas, y que no son parte de la línea definitiva serán de suministro del contratista.
- ❖ Los equipos para levantar presión (bombas) deben ser revisados y certificados periódicamente, según lo indicado por la I.T.O.
- ❖ Para cada sección o sistema en prueba, se deberá disponer de los siguientes instrumentos:
 - Dos manómetros.
 - Un termómetro para temperatura ambiental.
 - Un registrador de presión con gráficas para 24 horas.
 - Un probador o medidor de peso muerto (deadweight tester) para calibrar los registradores de presión.

Estos instrumentos deben ser revisados y certificados antes de cada prueba.

10.5.1.3 Prueba Neumática de Cañerías

- ❖ El área de prueba debe despejarse mientras la presión de la línea se está incrementando.
- ❖ Todos los fittings e instrumentos presurizados durante la prueba deberán poseer cadenas de seguridad que eviten, ante una eventual falla, que salgan proyectados por efecto de la presión interna.
- ❖ Cuando se estén efectuando pruebas a más de 103,5 kPa (15 psi), un chequeo preliminar para detección de fugas se llevará a cabo a la presión mencionada anteriormente. Luego se incrementará gradualmente en pasos de 34,5 kPa (5 psi) o 10% de la presión de prueba. (Utilizar el valor que sea mayor)

- ❖ Un conjunto de válvulas de bloqueo y una de purga, además de un indicador de presión aguas abajo de éstas, deben ser incluidos en la línea para presurización. Cuando se haya obtenido la presión requerida, se cerrarán las válvulas de bloqueo y se abrirá la de purga a la atmósfera. Si después de un período de cinco (5) minutos, se ha mantenido la presión "Step Pressure", se continuará con el siguiente circuito; si no, se ha de examinar todo el sistema para verificar las fugas. El contratista de construcción deberá suministrar para aprobación un plano del conjunto de válvulas de bloqueo y de purga.
- ❖ Para determinar cualquier evidencia audible de fugas, se ha de recorrer la línea en su totalidad. Si se encuentra alguna fuga, se ha de marcar y reparar después de aliviar la presión en la línea.
- ❖ Cuando la presión en el sistema se esté incrementando hasta alcanzar el valor que se ha definido, todas las juntas y soldaduras han de ser cubiertas con una solución jabonosa para poder visualizar las fugas. El jabón debe ser una preparación comercial diseñada exclusivamente para la detección de fugas de aire comprimido.
- ❖ La presión de prueba neumática ha de mantenerse por un período de tiempo no mayor de diez (10) minutos, para determinar visualmente si existen fugas. Una vez que el Inspector haya sido notificado, no se requiere de equipos para mantener la presión de prueba por más de dos (2) horas. La presión debe ser aliviada gradualmente una vez concluida la prueba.

10.5.1.3.1 Registro de Prueba

- ❖ Se debe llevar un registro de prueba para cada sistema, utilizando un protocolo u/o registro. Estos documentos una vez completos deben conservarse en los archivos de terreno en forma permanente.
- ❖ Cuando la instalación de cañería se ha completado, los únicos documentos que deben conservarse es una carta de certificación de la inspección del cliente, en el cual se declare que todos los sistemas de cañería han sido probados y aprobados, de acuerdo a los requerimientos especificados y de acuerdo al procedimiento respectivo.
- ❖ En terreno se mantendrá un set de P&ID's marcados adecuadamente, indicando cuales líneas han sido probadas. Además, se mantendrán en terreno un set de planos indicando la división de pruebas.

10.5.1.3.2 Conclusión de pruebas

- ❖ En el evento de tener que efectuar reparaciones o adiciones con posterioridad a la prueba de presión, la cañería afectada ha de ser probada nuevamente a las presiones especificadas originalmente a cuenta del contratista.
- ❖ En caso de reparaciones o adiciones menores, el requerimiento para una nueva prueba puede ser pasado por alto, pero solamente si se ha obtenido el permiso de la ITO y el área afectada ha sido examinada.

10.5.1.4 Prueba de Presión con Gas Inerte

Las pruebas de presión con gas inerte se aplican en aquellas líneas que transportan fluidos que no pueden quedar expuestos a la presencia de agua ya que está en contacto con el fluido produce reacciones de carácter corrosivo dañando las líneas, este es el caso de líneas de ácido sulfúrico entre otros compuestos químicos.

10.5.2 Prueba de Estanqueidad y Cierre Conforme de Estanques

Esta prueba se aplica a estanques, vasijas y depósitos. Será realizada conforme a lo siguiente:

- ❖ La prueba de estanqueidad se realizará conforme al código utilizado para el diseño y construcción del estanque, ya sea código API o AWWA.
- ❖ En caso de estanques de gravedad, abiertos o con techo, se deberá realizar la prueba de vacío al piso (fondo) del estanque, previo a la prueba de estanqueidad.
- ❖ El interior del estanque, vasija o deposito deberá estar limpio antes de su carga o de la ejecución de pruebas al mismo.
- ❖ Una vez limpio el estanque, se deberá cerrar el manhold (entrada de hombre) y deberá ser torqueado de acuerdo a especificaciones técnicas. En esta actividad se realiza el protocolo de cierre conforme del estanque.
- ❖ Durante el llenado con agua, deberá suministrarse una protección de aislamiento adecuado para medidores, válvulas de control, etc.
- ❖ Se debe aforar y marcar físicamente cual será el nivel de llenado del estanque.
- ❖ Deberán instalarse temporalmente conexiones de tubería y otros equipos requeridos para el llenado.
- ❖ Una vez cumplida las pruebas con resultados satisfactorios, estos equipos y conexiones deberán ser retirados.
- ❖ Se utilizarán planos del estanque como referencia para la ejecución de la prueba. Se ilustrará la prueba mediante la técnica de coloreado de planos. Deberá prestarse atención especial a la actualización horaria del llenado y posteriormente a la duración de la prueba, con el fin de mantener registros del nivel de agua.
- ❖ Si se encuentran fallas o defectos de cualquier tipo en el equipo durante la ejecución de la prueba, deberán efectuarse reparaciones o recambios para luego volver a realizar la prueba. Todas las uniones y conexiones apernadas que tengan filtraciones deberán ser desmontadas y reinstaladas.
- ❖ Deberá mantenerse la presión hidrostática por un mínimo de una hora o por un tiempo suficientemente largo para permitir un examen minucioso y la determinación de que no hay fuga. En caso de requerirse la asistencia de organismos especiales a las pruebas, deberán tomarse las medidas para que esto suceda.
- ❖ Para el caso de estanques de sistemas contra incendio, se deberán aplicar las normas de prueba NFPA o FM/UL.

10.5.3 Prueba de Estanqueidad de Piscinas de Almacenamiento HDPE

La prueba de estanqueidad en piscinas se realizará una vez chequeado el control de calidad de las uniones que conforman el revestimiento de la piscina de almacenamiento, que por lo general es de HDPE.

10.5.3.1 Control de Calidad (Uniones) HDPE

El control de calidad de las uniones involucra dos tipos de prueba las no destructivas y las destructivas existen casos en los cuales se puede utilizar un chispometro (Spark Test), pero este sirve solo para detectar perforaciones de las geomembranas poco visibles o no visibles a la vista.

10.5.3.2 Ensayos No Destructivos HDPE

Las pruebas no destructivas sirven para verificar la continuidad de la unión. Los métodos de pruebas no destructivas son spark test, cámara de vacío y presión de aire. El supervisor de obra programará, en conjunto con el cliente, la frecuencia de las pruebas de acuerdo con los requerimientos de la obra.

10.5.3.2.1 Ensaye de Chispometro o Spark Test

Como se dijo anteriormente, este ensaye se aplica a las reparaciones realizadas en la geomembrana mediante el método de extrusión, es ideal para detectar poros o piquetes de la extrusión.

Consiste en disponer de un cable de cobre desnudo muy fino, el cual quedara inserto al interior del material extrusado de HDPE. El equipo de Spark Test consiste en una fuente de energía, que a través de un lápiz, bastón o cepillo emite una corriente eléctrica que al ser pasada por la unión extrusada genera un arco eléctrico (chispa) en caso de existir un poro o un piquete. Ver figura 3.4.

Figura 3.4 Spark Test



10.5.3.2.2 Ensayos de Cámara de Vacío

Esta prueba se efectúa para todas las reparaciones realizadas con método de sellado por extrusión y en ocasiones puede ser utilizado para probar sellos por fusión. El equipo empleado consiste en una caja de vacío fabricada en material transparente por lo menos en la parte superior y provisto de una bomba de succión. Para efectuar la prueba se utiliza agua jabonosa que se esparce sobre el sitio donde se va a realizar la prueba. Al aplicar la succión en la caja de vacío sobre el área jabonosa, se observa si se presentan burbujas lo que indica la existencia de algún defecto. Ver figura 3.5.

Figura 3.5 Ensayo cámara de vacío



El procedimiento a seguir es el siguiente:

- ❖ Prenda la bomba de la caja de vacío.
- ❖ Mojar la zona a probar en un área aproximada de 0.50 x 1.0 ml con agua jabonosa.
- ❖ Colocar la caja de vacío sobre el área jabonosa.

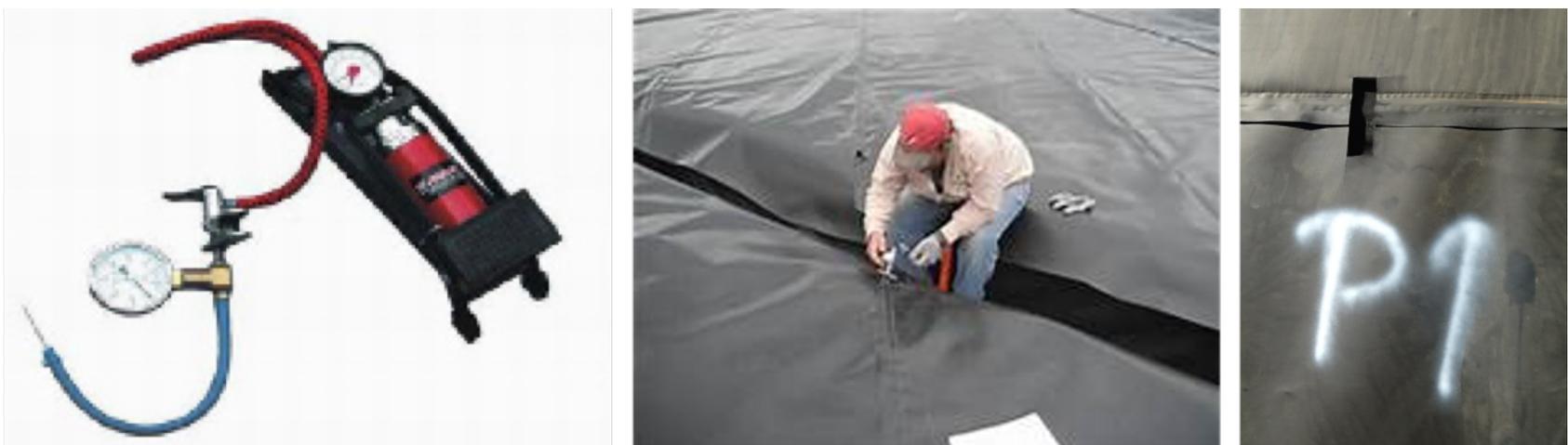
- ❖ Activar el sistema de vacío creando una presión negativa de aproximadamente 5 psi.
- ❖ Observar a través de la ventana en un lapso de 10 a 15 segundos, si se presentan burbujas de jabón en la unión revisada. Si no hay burbujas, se traslada la caja de vacío al siguiente sector y se sigue el mismo procedimiento.
- ❖ Si se presentan burbujas, es indicativo de falla; por lo tanto, se marca el sitio y se efectúa la reparación necesaria y posteriormente se vuelve a chequear.

10.5.3.2.3 Ensayo de Presión de Aire

La prueba de presión de aire se realiza en uniones donde exista el canal respectivo. El Equipo empleado para esta prueba es el siguiente: Ver figura 3.6.

- ❖ Una bomba de aire, o tanque, capaz de producir una presión mínima de 25 psi.
- ❖ Una aguja con manómetro para ser insertada en el canal de aire.
- ❖ Equipo de aire caliente para precalentar los sitios en donde se introduce la aguja.

Figura 3.6 Ensayo de presión de aire



Procedimiento para ésta prueba:

- ❖ Sellar los dos extremos del canal de sellado que se probará.
- ❖ Insertar la aguja en el canal de aire donde existe el sellado.
- ❖ Presurizar el canal de aire entre 25 y 30 psi.
- ❖ Observar por un momento mientras se estabiliza la presión en el canal y una vez estabilizada se toma la lectura del manómetro.
- ❖ Después de 5 minutos aproximadamente se vuelve a tomar la lectura.
- ❖ Si se observa una diferencia mayor a 4 psi entre la lectura inicial y la final se debe volver a realizar la prueba.
- ❖ Si se vuelve a presentar la falla se marca el sector para efectuar al procedimiento de reparación y se continúa la prueba en otro sitio empleando el mismo procedimiento.

Si se presenta falla en la prueba de presión de aire se puede ejecutar el siguiente procedimiento:

- ❖ Volver a efectuar la prueba en el mismo sector.
- ❖ Mientras se tenga el canal de aire bajo presión, se recorre la unión escuchando posibles fugas de aire.

- ❖ Manteniendo la presión de aire en el canal se puede utilizar una solución jabonosa a lo largo de todo el sello para observar si se presentan burbujas.
- ❖ Se divide la sección probada en secciones más pequeñas para realizar la prueba en cada una de ellas hasta detectar la posible falla.
- ❖ Reparar la falla detectada empleando el método de extrusión y realizar la prueba de cámara de vacío.
- ❖ En áreas donde el canal de aire este cerrado y se tenga sospecha de la unión, se puede efectuar la prueba de cámara de vacío.

10.5.4 Prueba Hi-Pot

El objetivo de esta prueba es aplicar una medida de la aislación eléctrica, como un control y aseguramiento de que esta no ha sufrido daños durante la fabricación, instalación o montaje del cable u/o equipo. Consiste en someter el elemento a una tensión de prueba controlada, la cual debe dar como resultado valores preestablecidos y normados.

El equipo utilizado para esta prueba es un Hipot-Test. Ver figura 3.7.

Figura 3.7 Hipot Test



Este procedimiento de prueba se realiza para los siguientes equipos de media tensión:

- ❖ Cables de Media Tensión
- ❖ Interruptor de Media Tensión
- ❖ Contactor Media Tensión
- ❖ Desconectador Media Tensión
- ❖ Barra Media Tensión
- ❖ Ducto Barras

Antes de comenzar a realizar cualquier tipo de trabajo se deberá contar con la siguiente información:

- ❖ Planos eléctricos (última revisión).
- ❖ Especificaciones técnicas (última revisión).

10.5.4.1 Inspección Visual

Se realizará una inspección visual para chequear los equipos contenidos en el alcance:

- ❖ Verificar posibles daños físicos, fijación, alineamiento y la presencia de todos los equipos indicados en los planos eléctricos y en las especificaciones técnicas.
- ❖ Verificar que todos los equipos se encuentren conectados a tierra.
- ❖ Verificar que se encuentren libre de humedad, polvo, grasa y otros materiales ajenos.
- ❖ Verificar datos de placa y diseño con las especificaciones técnicas del fabricante.
- ❖ Si se detectan anomalías, estas deben comunicarse al cliente mediante el registro escrito.

10.5.4.2 Preparación Equipo de Prueba

- ❖ Verificar el estado de los instrumentos y accesorios a emplear, en la realización de las pruebas de Hi-Pot.
- ❖ Verificar que los rangos de operación del instrumento de prueba, se encuentren dentro los parámetros del equipo a probar y de los requerimientos del cliente.
- ❖ Verificar que la documentación de calibración del instrumento se encuentre vigente.

10.5.4.3 Cables de Media Tensión

- ❖ Identificar los cables aplicando una prueba de continuidad.
- ❖ Separar el cable desde la estructura de montaje, en ambas puntas, para evitar descargas mientras se ejecutan las pruebas.
- ❖ Aplicar una prueba de aislación, como una medida de precaución por posibles daños sufridos durante la instalación del cable.
- ❖ La tensión de prueba aplicada para cables nuevos está determinada de acuerdo a lo indicado por el fabricante o recomendaciones del cliente. Si no se tiene la información, se recomienda aplicar los niveles de tensión indicados en la Tabla 3.1, en común acuerdo con el cliente. Fuente NETA Acceptance Testing Specifications 2019.

Tabla 3.1 Niveles de tensión recomendados para cables MT

Clase Voltaje (kV)	Diámetro Conductor AWG ó MCM	100% Nivel de Aislación		133% Nivel de Aislación	
		Ac (kV)	Dc (kV)	Ac (kV)	Dc (kV)
5	8- 1000	18	28	23	36
	1001- 3000	28	28	28	36
8	6- 1000	23	36	28	44
	1001- 3000	35	36	35	44
15	2- 1000	35	56	44	64
	1001- 3000	44	56	44	64
25	1- 3000	52	80	64	96
28	1- 3000	56	84	69	100
35	1/0- 3000	69	100	84	124

- ❖ Se debe aterrizar todos los cables y equipos que están cercanos a las puntas del cable bajo prueba.
- ❖ Conectar el electrodo de prueba del instrumento en una de las puntas del cable a probar, la otra punta del mismo conductor se deberá cubrir con una bota aislante, además se debe ajustar la escala del amperímetro del instrumento en el rango más alto.
- ❖ Comenzar la prueba aumentando gradualmente el voltaje hasta llegar al voltaje máximo de prueba especificado. Idealmente éste debe ser alcanzado en el primer minuto de la prueba, esto no ocurre cuando el cable bajo prueba es muy largo pues la corriente en su etapa inicial puede sobrepasar la escala máxima del amperímetro del instrumento provocando daños.

- ❖ La corriente en su etapa inicial está compuesta por tres corrientes: la corriente de fuga, la corriente capacitiva y la corriente de absorción. La corriente de fuga rápidamente llegará a un valor constante y será la corriente registrada en el protocolo de pruebas después de aplicado el 100% del voltaje. La corriente capacitiva es producida por la carga del cable bajo prueba, esta corriente llegará a cero en un corto tiempo. La corriente de absorción es aquella que es absorbida por la estructura molecular del material de la aislación del cable bajo prueba, esta corriente también se anulará en un corto tiempo.
- ❖ Los registros de corriente se toman al 50% y 100% del voltaje de prueba aplicado; una vez inyectado el voltaje (100%) se toman registros de corriente cada un minuto, durante no más de 15 minutos; además se registran los datos de temperatura y humedad.
- ❖ Al existir un problema de aislación en el cable bajo prueba, la corriente de fuga se eleva rápidamente y se debe entonces suspender la prueba en forma inmediata.
- ❖ Al finalizar la prueba se debe bajar gradualmente el voltaje, hasta que el indicador de voltaje y corriente muestre un valor cero, luego se aterriza el cable bajo prueba mediante la pértiga de descarga del equipo.
- ❖ En el caso de pruebas de mantención o segunda prueba a cables nuevos se considera como voltaje máximo de prueba un 70% del voltaje aplicado en la primera prueba. Si no existe documentación de última prueba, se recomienda aplicar un 70% del valor indicado en Tabla N° 3.1, en común acuerdo con el cliente
- ❖ Los datos obtenidos se registran en protocolo de pruebas, según corresponda el equipo probado.

10.5.4.4 Interruptores / Contactores

- ❖ La tensión de prueba aplicada está determinada de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante o especificaciones técnicas del cliente.
- ❖ Si no se tiene la información, se recomienda aplicar los niveles de tensión indicados en la Tabla 3.2, en común acuerdo con el cliente. Fuente NETA Acceptance Testing Specifications 2019.

Tabla 3.2 Voltaje de pruebas equipos MT

Clase Voltaje (kV)	Tensión de Prueba	
	AC (kV)	DC (kV)
4,76	14	20
8,25	19	27
15	27	37
15,5	37	52
25,8	45	*
38	60	*

- ❖ Como medida de precaución, se debe ajustar la escala del amperímetro del instrumento en el rango más alto.
- ❖ El equipo eléctrico a probar debe estar fuera del switchgear.
- ❖ Desconectar de las fases los transformadores de instrumentación cuando corresponda.
- ❖ Comenzar la prueba incrementando el voltaje gradualmente en un lapso de 1 minuto hasta llegar a la tensión máxima de prueba, Luego mantener este voltaje por un minuto más y finalizar la prueba bajando gradualmente el voltaje, hasta que el indicador de voltaje y corriente muestre un valor cero.
- ❖ Las pruebas se aplican a cada polo superior con respecto al polo inferior de cada una de las fases con el equipo abierto y luego, con el equipo cerrado, a cada polo con respecto a la estructura del mismo, en cada una de las fases, siempre aterrizando las fases que no están en prueba.
- ❖ Al finalizar cada prueba se debe aterrizar el equipo mediante la pértiga de descarga del instrumento de alto potencial.
- ❖ En el caso de pruebas de mantención o segunda prueba, se considera como voltaje máximo de prueba un 70% del voltaje aplicado en la primera prueba. Si no existe documentación de última prueba, se recomienda aplicar un 70% del valor indicado en Tabla N° 7.2, en común acuerdo con el cliente

- ❖ Registrar el valor de la corriente de fuga en cada minuto, como también los datos de temperatura y humedad.
- ❖ Los datos obtenidos se registran en los protocolos de pruebas, según corresponda interruptor M.T. o contactor M.T.

10.5.4.5 Barras / Ducto Barras / Desconectores

- ❖ Desconectar de las fases los transformadores de potencial y cortocircuitar los transformadores de corriente.
- ❖ La prueba se aplicará a cada fase contra el punto de aterrizamiento del switchgear. En el caso de desconectores las pruebas se aplican a cada polo superior con respecto al polo inferior de cada una de las fases con el equipo abierto y a cada polo con respecto a la estructura del mismo, en cada una de las fases, manteniendo el equipo cerrado, aterrizando las otras fases. Si el desconector está conectado a la barra, la prueba con el equipo cerrado incluirá la prueba de la barra.
- ❖ La tensión de prueba aplicada está determinada de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante o especificaciones técnicas del cliente. Si no se tiene la información, se recomienda aplicar los niveles de tensión indicados en la Tabla 3.3, en común acuerdo con el cliente. Fuente NETA Acceptance Testing Specifications 2019.
- ❖ Como medida de precaución, se debe ajustar la escala del amperímetro del instrumento en el rango más alto.
- ❖ Comenzar la prueba incrementando el voltaje gradualmente en un lapso de 1 minuto hasta llegar a la tensión máxima de prueba, Luego mantener este voltaje por un minuto más y finalizar la prueba bajando gradualmente el voltaje, hasta que el indicador de voltaje y corriente muestre un valor cero.

Tabla 3.3 Voltaje de prueba equipos MT

Clase Voltaje (kV)	Tensión de Prueba	
	AC (kV)	DC (kV)
0,635	1,6	2,3
4,76	14,2	20
15	27	37
25,8	45	63
38	60	N/A

- ❖ Aterrizar el equipo bajo prueba mediante la pértiga de descarga del Instrumento de Alto potencial después de cada prueba.
- ❖ En el caso de pruebas de mantención o segunda prueba, se considera como voltaje máximo de prueba un 70% del voltaje aplicado en la primera prueba. Si no existe documentación de última prueba, se recomienda aplicar un 70% del valor indicado en la Tabla 3.3, en común acuerdo con el cliente.
- ❖ Registrar el valor de la corriente de fuga en cada minuto, como también los datos de temperatura y humedad.
- ❖ Los datos obtenidos se registran en los protocolos de pruebas, según corresponda al equipo probado.

10.5.4.6 Criterio de Aceptación

- ❖ El criterio de aceptación debe estar de acuerdo con los estándares del fabricante.
- ❖ En las pruebas de cables, la corriente de fuga debe tender a bajar después de aplicado el máximo valor de la tensión de prueba y mantenerse en un valor constante hasta el final de la prueba.
- ❖ En las pruebas realizadas a los equipos tales como interruptores, barras, etc., la corriente de fuga debe mantenerse en un valor constante después de aplicado el máximo valor de la tensión de prueba.
- ❖ Si existe un elevado incremento de corriente durante la prueba, se debe revisar si han cambiado las condiciones de la prueba, si esto no ha ocurrido es una clara indicación de aislamiento en mal estado y se debe interrumpir la prueba en forma inmediata.

10.5.4.7 Referencias

- ❖ NETA Acceptance Testing Specifications 2019
- ❖ IEEE Std 43-2013
- ❖ IEEE Std 62.2-2004

10.5.5 Prueba Megger

El objetivo de esta prueba es aplicar una medida de la aislación eléctrica, como un control y aseguramiento de que esta no ha sufrido daños durante la fabricación, instalación o montaje del cable u/o equipo. Consiste en someter el elemento a una tensión de prueba controlada, la cual debe dar como resultado valores preestablecidos y normados.

El equipo utilizado para esta prueba es un Megger-Test. Ver figura 3.8.

Figura 3.8 Megger Test



Este procedimiento es aplicado en todas las pruebas eléctricas de resistencias bajas a los siguientes equipos:

- ❖ Cables de Media y Baja Tensión
- ❖ Interruptores
- ❖ Contactores
- ❖ Desconectores
- ❖ Barras
- ❖ Pararrayos
- ❖ Transformadores
- ❖ Máquinas Rotatorias

Antes de comenzar a realizar cualquier tipo de trabajo se deberá contar con la siguiente información:

- ❖ Planos eléctricos (última revisión).
- ❖ Especificaciones técnicas (última revisión).

10.5.5.1 Inspección Visual

Se realizará una inspección visual para chequear los equipos contenidos en el alcance:

- ❖ Verificar posibles daños físicos, fijación, alineamiento y la presencia de todos los equipos indicados en los planos eléctricos y en las especificaciones técnicas.
- ❖ Verificar que todos los equipos se encuentren conectados a tierra.
- ❖ Verificar que se encuentren libre de humedad, polvo, grasa y otros materiales ajenos.
- ❖ Verificar datos de placa y diseño con las especificaciones técnicas del fabricante.
- ❖ Si se detectan anomalías, estas deben comunicarse al Cliente mediante el registro escrito.

10.5.5.2 Preparación Equipo de Prueba

- ❖ Verificar el estado de los instrumentos y accesorios a emplear, en la realización de las pruebas de Megger.
- ❖ Verificar que los rangos de operación del instrumento de prueba, se encuentren dentro los parámetros del equipo a probar y de los requerimientos del cliente.
- ❖ Verificar que la documentación de calibración del instrumento se encuentre vigente.

10.5.5.3 Determinar Nivel de Tensión

- ❖ La tensión de prueba aplicada está determinada de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante o recomendaciones del cliente. Si no se especifica, aplicar los niveles de tensión recomendados en Tabla 3.4, en común acuerdo con el cliente. Fuente: NETA Acceptance Testing Specifications 2015.

Tabla 3.4 Niveles de tensión recomendados.

VOLTAJE NOMINAL Volts	VOLTAJE MÍNIMO DE PRUEBA Vdc	MÍNIMA RESISTENCIA DE AISLACIÓN ACEPTADA Mega-Ohms
250	500	25
600	1.000	100
1000	1.000	100
2.500	1.000	500
5.000	2.500	1.000
8.000	2.500	2.000
15.000	2.500	5.000
25.000	5.000	20.000

10.5.5.4 Resistencia Aislación de Cables de Potencia

- ❖ Verificar que los cables se encuentren desconectados de los equipos asociados y determinar mediante una prueba de continuidad la identificación del cable de potencia.
- ❖ Proceder a realizar la prueba a cada conductor con respecto al shield y también las pruebas entre fases.
- ❖ Las pruebas tendrán una duración de 5 minutos cada una
- ❖ Como medida de precaución, se debe ajustar la escala del amperímetro del instrumento en el rango más alto.
- ❖ Los datos obtenidos en las pruebas se registran en el protocolo de pruebas correspondiente.

10.5.5.5 Resistencia de Aislación Barras / Ducto Barras

- ❖ Las pruebas a las barras, estas deben estar libres de equipos asociados tales como transformadores de potencial, pararrayos, etc.; y los transformadores de corriente deben ser cortocircuitados.
- ❖ Realizar la prueba a cada barra con respecto al aterrizamiento del equipo en el cual están instaladas.
- ❖ Realizar las pruebas entre fases, (A-B; B-C y C-A).
- ❖ Las pruebas tendrán una duración de 5 minutos cada una.
- ❖ Los datos obtenidos en las pruebas se registran en el protocolo correspondiente.

10.5.5.6 Resistencia de Aislación Interruptores / Contactores / Desconectores

- ❖ Antes de realizar las pruebas a interruptores y contactores, estos deben ser extraídos de las celdas del switchgear o CCM, en caso que se pueda.
- ❖ Las pruebas también deben aplicarse a cada polo con respecto a la estructura del mismo, en cada una de las fases, con el equipo cerrado y abierto, siempre aterrizando las fases libres.
- ❖ Las pruebas tendrán una duración de 5 minutos cada una.
- ❖ Los datos obtenidos en las pruebas se registrarán en el protocolo correspondiente.

10.5.5.7 Resistencia de Aislación de Pararrayos

- ❖ Para la prueba a pararrayos, estos deben estar libres de los cables asociados; se debe realizar la prueba a los pararrayos con respecto a tierra.
- ❖ Los datos obtenidos en las pruebas se registrarán en el protocolo correspondiente.

10.5.5.8 Resistencia de Aislación a Máquinas Rotatorias

- ❖ Verificar que los equipos asociados como capacitores, pararrayos, cables, etc., se encuentren desconectados.
- ❖ De acuerdo al acceso a la caja de conexiones de la máquina rotatoria, se prueban los bobinados cada uno a tierra y entre ellos.
- ❖ Si el conexionado del motor está dispuesto internamente, se debe ejecutar sólo una prueba de los bobinados contra el aterrizamiento.
- ❖ Si el voltaje nominal del motor es menor a 4 KV, ejecutar la prueba por 1 minuto. Si el voltaje nominal del motor es de 4 KV o mayor, se debe realizar la prueba por 10 minutos y registrar el índice de polarización. Registrar además los datos de temperatura y humedad.
- ❖ Los datos obtenidos en las pruebas eléctricas se registrarán en el protocolo correspondiente.

10.5.5.9 Resistencia de Aislación de Transformadores

- ❖ Verificar que los cables alimentadores están desconectados del transformador bajo prueba y los bobinados internos deben ser cortocircuitados en los bushing tanto del lado A.T. como del lado B.T.

- ❖ La tensión de prueba aplicada para transformadores está determinada de acuerdo a lo indicado por el fabricante o recomendaciones del cliente. Si no se tiene la información, se recomienda aplicar los niveles de tensión de la Tabla 3.5, en común acuerdo con el cliente. Fuente: NETA Acceptance Testing Specifications 2015.

Tabla 3.5 Niveles de tensión recomendados para transformadores

VOLTAJE NOMINAL DEL ENROLLADO 0 – 600	MÍNIMO VOLTAJE DC APLICADO 1.000
601 – 5.000	2.500
> 5.000	5.000

Se deberán realizar las siguientes pruebas:

- Lado AT respecto al lado BT.
- Lado AT respecto a masa.
- Lado BT respecto a masa.

- ❖ Los datos obtenidos en las pruebas eléctricas se registrarán en el protocolo correspondiente.
- ❖ Se deberá registrar el índice de absorción y el índice de polarización después de aplicada la tensión de prueba; la que se mantendrá por 5 minutos.

10.5.5.10 Resistencia de Aislación de Transformadores de Corriente

- ❖ Verificar que los cables de los secundarios de los TT/CC estén desconectados.
- ❖ Cortocircuitar el secundario y conectar a éste el electrodo de prueba del instrumento. El polo positivo del instrumento debe conectarse al aterrizamiento.
- ❖ Aplicar una tensión de prueba de 500 Vdc por 1 minuto.
- ❖ Los datos obtenidos en las pruebas eléctricas se registrarán en el protocolo correspondiente.

10.5.5.11 Criterio de Aceptación

El criterio de aceptación debe estar de acuerdo con los estándares del fabricante. Si éstos no existieran, se deberán considerar los valores de aceptación indicados en la Tabla 3.4.

El valor del índice de polarización en las pruebas de motores debe ser mayor o igual 2, de acuerdo a Norma IEEE 43-2000.

10.5.5.12 Referencias

- ❖ NETA Acceptance Testing Specifications 2019
- ❖ IEEE Std 43-2013
- ❖ IEEE Std 62.2-2004

10.5.6 Actividades de Mantenición

Las actividades de mantenimiento son todas aquellas necesarias para pasar a la etapa de *precomisionamiento* y están referida a las actividades propias del mantenimiento y conservación de equipos, componentes e instalaciones consideradas en los sistemas y subsistemas del proyecto.

Estas actividades son las siguientes:

- ❖ Chequeo del Sistema de Control
- ❖ Lubricación de Sistemas
- ❖ Limpieza de Sistemas
- ❖ Lavado a Presión
- ❖ Lavado Químico

10.5.6.1 Chequeo Sistema de Control

Los sistemas de control deben ser recibidos en la etapa del chequeo estático instrumental, antes de conectar y energizar los motores (chequeo de lazos instrumentación).

10.5.6.2 Lubricación de Sistemas

Las actividades de lubricación incluyen el control de limpieza, inspecciones, insumos, inventario, entrega y mantenimiento de registros que cubren el uso de todos los lubricantes, incluyendo líquidos hidráulicos y aceites de lavado a presión. Estas actividades son responsabilidad del contratista de construcción. La confirmación de la lubricación correcta es una función del grupo de término de construcción del contratista.

El grupo de término de construcción del contratista deberá preparar y presentar el cronograma de lubricación a la gerencia de construcción del agente para su aprobación.

10.5.6.2.1 Procedimientos Generales

- ❖ El personal deberá ser instruido en la importancia de la limpieza, de las inspecciones minuciosas, y de los servicios de mantenimiento correctos de acuerdo a las especificaciones e instrucciones del fabricante.
- ❖ Se deberá suministrar espacio adecuado para el almacenaje, limpieza, manejo, y entrega de insumos de mantenimiento / lubricación. El espacio deberá mantenerse bajo llave y su uso deberá estar restringido exclusivamente a personal calificado.
- ❖ Es preferible el almacenamiento en un lugar cerrado. Deberá evitarse el almacenamiento a la intemperie. Sin embargo, si esto ocurriere por necesidad, todos los contenedores deberán estar elevados y cubiertos con una lona impermeable para la protección contra las condiciones climáticas, y/u otros procedimientos para prevenir la contaminación.
- ❖ Se utilizarán medidas preventivas para la protección contra el manejo descuidado, contaminación, confusión del producto/especificación, control de stock y similares. La estantería de almacenamiento deberá usarse de acuerdo al tamaño del stock y de los paquetes.

- ❖ Las etiquetas de lubricantes serán llenadas y adheridas a los puntos de lubricación, indicando el número de equipo, especificación, cantidad, fecha del servicio mantenimiento, y la firma del supervisor.
- ❖ Deberá mantenerse un fichero en base a datos computacionales o su equivalente para el control del inventario de lubricantes, lubricación de equipos (programada y real), instrucciones de lubricación, tipo / especificación y cantidad de lubricante, y de otros datos pertinentes.
- ❖ La grasa u otros recubrimientos protectores que hayan sido aplicados para el envío y almacenamiento deberán ser removidas mediante solventes o limpiadores apropiados antes de la mantención de servicio del equipo.
- ❖ Los equipos ensamblados en terreno deberán ser lavados e inspeccionados antes de su mantención de servicio. Los equipos ensamblados en fábrica y abiertos en terreno deberán ser inspeccionados internamente en cuanto a limpieza antes de la mantención de servicio.
- ❖ Antes de efectuarse la mantención de servicio al interior de los estanques de aceite, deberá efectuarse una inspección de limpieza minuciosa y la pintura de la superficie deberá ser inspeccionada en cuanto a grosor apropiado. La tubería de suministro y retorno deberá ser limpiada con aire comprimido antes de efectuarse las conexiones definitivas.
- ❖ Se tomarán precauciones especiales para prevenir la sobre-lubricación y para asegurar que se hayan aplicado las cantidades de lubricante especificadas. Los indicadores visuales de las unidades bañadas en aceite deberán estar ventilados para que reflejen el nivel de aceite verdadero.
- ❖ Los rodamientos prelubricados por el fabricante están lubricados adecuadamente para un período mínimo de tres años y no deberán recibir mantención de servicio.
- ❖ En el caso de los rodamientos de bola y de rodillos empaquetados en grasa, deberán retirarse los tapones de drenaje y de ventilación durante la lubricación y durante la operación inicial (en vacío).
- ❖ El control eléctrico y de instrumentación y las protecciones para sistemas de lubricación con aceite forzado deberá quedar demostrado funcionalmente después de la lubricación para verificar su operación correcta.
- ❖ Los cilindros de accionamiento para sistemas de aceite hidráulico deberán ser activados y ajustados en todo su ciclo de operación. Se deberán purgar según necesidad para expeler el aire atrapado.
- ❖ En los conjuntos de piñón y mecanismo de accionamiento, el recubrimiento inicial deberá ser aplicado manualmente para asegurar que la superficie quede totalmente cubierta. Las unidades rociadoras automáticas deberán ser ajustadas según las necesidades del equipo a que pertenecen antes de la operación inicial (en vacío) del equipo.
- ❖ Las filtraciones de aceite que involucren uniones, conexiones, sellos, etc. deberán ser reparadas por desensamblado y reinstalación. No se permitirá la aplicación de compuestos de calafateo u otros a las uniones para la reparación de filtraciones.
- ❖ Las líneas de aceite de lubricación y las hidráulicas se deberán limpiar químicamente, según corresponda. Los procedimientos de limpieza aprobados por el Cliente deberán seguir las recomendaciones del fabricante. Los instrumentos y equipos susceptibles a ser dañados deberán ser aislados. El representante del Cliente deberá ser informado de las limpiezas programadas.

10.5.6.3 Limpieza de Sistemas

Estas actividades corresponden a las medidas que se deben tomar para mantener, prevenir y limpiar sistemas (mecánicos, eléctricos e instrumentales) contaminados u obstruidos por elementos ajenos o restos de basura. Se tomarán medidas preventivas adecuadas para la prevención de la entrada de materias contaminantes a través de todo el período de instalación. Los procedimientos que siguen son esencialmente una función de construcción, pero su finalización satisfactoria deberá ser confirmada por la gerencia de construcción del agente.

10.5.6.3.1 Procedimientos Generales

- ❖ Todo el personal deberá ser instruido en la importancia de mantener material extraño fuera del interior de los equipos y de asegurar que los equipos y sistemas estén limpios en el montaje final.
- ❖ Las áreas de trabajo deberán ser mantenidas en forma limpia y ordenada, y no deberá permitirse la acumulación de restos o basura. La inspección diaria asegurará que las cubiertas de los equipos y las aperturas de tuberías estén intactas con el fin de preservar la limpieza interna.
- ❖ Durante la instalación de equipos y tuberías, todas las aperturas para conexiones, todas las aperturas de acceso y todas las tuberías con extremos abiertos deberán ser tapadas con cubiertas de madera terciada o metal laminado cada vez que no se esté ejecutando trabajos en ellas.
- ❖ Todas las tuberías deberán ser limpiadas con aire a presión antes de ser instaladas. Si pareciera que hay material extraño bloqueado en la tubería, deberá removerse el mismo pasando una cinta pescadora, cable, o cadenas por el interior de la tubería. Cualquier tubería cortada a la medida o utilizada para la instalación de conexiones derivadas, deberá ser cepillada con cepillo de alambre y soplada con aire a presión antes de ser instalada.
- ❖ Luego de la instalación y antes de efectuarse conexiones a los equipos, cada sección de tubería deberá ser golpeada con martillo para remover cualquier cascarilla restante, limpiada con soplado de aire comprimido, o lavada a presión con agua limpia.
- ❖ Las bombas, compresores, etc. deberán tener todas sus aperturas selladas con huincha, tapadas o taponadas en todo momento, excepto al momento de efectuárseles la conexión definitiva. Si no hay cubiertas de transporte originales disponibles, se deberán usar discos de metal o madera terciada temporal.
- ❖ Todos los equipos ensamblados en terreno y todos los equipos ensamblados en fábrica que se abran en terreno deberán ser inspeccionados minuciosamente en cuanto a limpieza, y deberán ser limpiados en caso necesario antes de ser cerrados definitivamente.
- ❖ Cuando se ejecuten trabajos dentro de tubería instalada o de equipos al interior inaccesible de los cuales podrían caer herramientas, piezas, etc., se deberá tener cuidado para prevenir pérdidas. La caída accidental de cualquier herramienta u otro artículo dentro de interiores inaccesibles deberá ser informada de inmediato al Gerente de Construcción.
- ❖ La maquinaria expuesta, tal como engranajes, descansos, etc., deberá estar cubierta con una película de aceite compatible y con una cubierta de polietileno para prevenir la entrada de material extraño, humedad, etc.
- ❖ Los tableros de dispositivos de distribución, tableros de control, cubículos y consolas deberán estar cubiertos según necesidad con cubiertas de polietileno para prevenir la entrada de polvo, humedad, etc. Los instrumentos y accesorios montados en terreno deberán estar protegidos con bolsas de polietileno.
- ❖ El material de embalaje provisorio deberá ser removido a medida que se instala el equipo, salvo en los casos en que ese material sea necesario para la protección de los equipos durante su montaje y/o instalación.
- ❖ El interior de arrancadores de alto voltaje, controladores de velocidad, centros de control de motores y tableros similares deberán ser limpiados con una aspiradora manual y protegidos de la entrada de material extraño mediante la instalación de cubiertas de plástico, refugios temporales, etc.
- ❖ En los casos en que sea práctico, las cubiertas de embalaje de instrumentos y tableros se dejarán instaladas como protección contra daños mecánicos. Las cubiertas quebradas o trizadas deberán sellarse o cubrirse provisoriamente, y el daño deberá ser informado de inmediato.
- ❖ Se deberá tener cuidado de evitar la entrada de aceite para cortar metales y virutas de metal en los paneles que contienen tableros de circuitos impresos, mecanismos, elementos de instrumentos, etc.

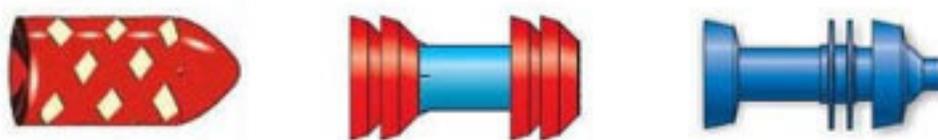
- ❖ Los equipos dañados deberán restaurarse a su grado de terminación original, incluyendo la remoción de abolladuras y marcas, la limpieza de áreas sucias y el retoque a la pintura hasta alcanzar la calidad de terminación original. Todos los instrumentos de tablero, switches, luces indicadoras y secciones gráficas deberán ser limpiados.
- ❖ Todos los lubricantes, pinturas, solventes y otros contaminantes deberán ser almacenados en envases apropiados. Todos los derrames fuera de un área de confinamiento deberán ser informados de inmediato. Los materiales contaminantes deberán ser retirados en la forma correcta, de acuerdo con los requerimientos especificados por los organismos ambientales locales, regionales y estatales.

10.5.6.3.2 Limpieza Mecánica de Cañerías (scrapers)

Este tipo de limpieza se realiza en obras de pipeline como es el caso de oleoductos o acueductos, en el caso de la industria minera se utiliza en los denominados mineroductos. Por lo general este tipo de limpieza mecánica se realiza haciendo pasar un scrapers más conocido como chancho (pig) por el interior de la tubería en toda su extensión. El scrapers es colocado en el interior de la tubería en uno de los extremos del pipeline y será impulsado por presión de agua viajando por el interior del tubo hasta el otro extremo.

Los scrapers están diseñados para empujar el material y los sólidos sueltos dentro de la cañería y para desprender los depósitos y suciedad adherida sobre las paredes internas. Estas dos funciones se desarrollan mediante el sello que asegura que el scraper circule por empuje del fluido. Los parámetros constructivos que influyen sobre el grado de sellado y esfuerzos ejercidos por un scraper son el diámetro, materiales de fabricación y dureza de los mismos, tipo de contacto, forma y estilo de montaje, tamaño y dureza de cepillos y rascadores. Generalmente el diámetro del scraper es levemente mayor que el diámetro interno de la cañería y la presión ejercida por el fluido en la parte trasera del scraper lo comprime en forma longitudinal, aumentando la fuerza sobre las paredes. El sello que se obtiene con la cañería es tal que permite el paso de pequeños volúmenes de fluido a alta velocidad aumentando el barrido de los sólidos arrastrados y alejándolos de la cabeza del scraper. Ver figura 3.9.

Figura 3.9 Scrapers (Pigs)



10.5.6.3.3 Lavado a Presión (Flushing)

La limpieza operacional de los sistemas de tuberías para remover los escombros de construcción y contaminantes se lleva a cabo mediante lavado y/o soplado a presión de los sistemas instalados. El confinamiento de la solución de lavado y la protección de las áreas de trabajo, equipos y personal, de daños o lesiones producidas por las operaciones de lavado es de responsabilidad del grupo de término de construcción de la empresa contratista. Se deberá preparar un procedimiento de pruebas en terreno y presentarlo a la gerencia de construcción del agente para su aprobación, previo al comienzo de cualquier lavado a presión de un sistema.

10.5.6.3.3.1 Procedimientos Generales

- ❖ El lavado a presión de sistemas se lleva a cabo como una actividad de construcción y de acuerdo a la especificación asociada, la cual constituye el documento controlador.

- ❖ Se deberá utilizar la última versión de los P&ID's como referencia. Se mantendrá un conjunto completo de estos diagramas exclusivamente para marcar los tramos de tubería a medida que se lavan o se soplan a presión (yellow line).
- ❖ Todos los tramos de tubería deberán ser sometidos a una operación de lavado a velocidad y/o de soplado a presión. Determinadas porciones de cada sistema deberán ser sometidas a lavado a presión antes de que sean activados por primera vez por sus equipos principales, tales como bombas, compresores, intercambiadores de calor, etc. Hay otras porciones de sistemas que podrán ser sometidas a lavado a presión con mayor eficacia después de la activación de los equipos.
- ❖ Los sistemas eléctricos, de instrumentación y protección de control asociados a equipos de bombeo individuales que se utilicen para el lavado a presión, deberán demostrar su funcionalidad previa a la ejecución del mismo. Los instrumentos, el anunciador e indicadores de lectura deberán funcionar satisfactoriamente.
- ❖ Todas las bombas y otros equipos deberán ser protegidos según necesidad con coladores de temporales durante el período de lavado. Los coladores deberán tener forma cónica, deberán ser instalados lo más cerca posible de las bombas, y dejados en su lugar de instalación hasta que se determine que el sistema está limpio.
- ❖ Se deberán utilizar rutas de lavado o de soplado a presión que aumenten la eficacia del proceso de limpieza. Deberán instalarse tuberías y accesorios temporales, deberán limpiarse los coladores, etc. Las operaciones deberán incluir valvuleo, muestreo, monitoreo de los coladores, inspecciones, etc.
- ❖ Deberá tenerse precaución de no salpicar, inundar o mojar los equipos o conexiones eléctricas durante el lavado a presión. Se deberán usar mangueras o tuberías temporales para dirigir los medios de lavado a su lugar de disposición en forma segura.
- ❖ Antes de la primera activación de una bomba, compresor, o equipo similar, la tubería de entrada deberá ser inspeccionada en cuanto a limpieza.
- ❖ Los estanques deberán ser limpiados a mano, lavados con manguera, inspeccionados y llenados con medios adecuados de lavado a presión. Luego, la línea de succión deberá ser desconectada lo más cerca del equipo y lavada a presión con agua en dirección al lugar de disposición de los residuos de lavado, con el fin de asegurar que esté libre de obstrucciones y que todos los escombros hayan sido removidos.
- ❖ Luego de que se haya asegurado un suministro de fluido de lavado limpio y una bomba de presión protegida, se deberá activar la bomba y presurizar el sistema. Las líneas de derivación deberán mantenerse cerradas excepto para suministrar una ruta de flujo. El cabezal de distribución principal deberá ser lavado a presión primero. Las líneas derivadas deberán ser lavadas en forma alternada para asegurar la máxima velocidad de lavado.
- ❖ Todas las líneas deberán ser lavadas a velocidades no menores a la de diseño y preferentemente a una velocidad de 1 1/2 veces la de diseño. En el caso de líneas con inclinación, el lavado a presión deberá ejecutarse en lo posible en la dirección de la gravedad.
- ❖ Las placas de orificio deberán ser retiradas previo al lavado a presión. Las placas retiradas deberán ser identificadas para asegurar su reinstalación en la ubicación correcta.
- ❖ Se deberá prestar atención especial a la instrumentación que hay dentro de los sistemas para asegurar que el flujo (o flujo en reverso) o presión excesiva no les causen daño. Las líneas de instrumentos que no pueden ser protegidas contra taponamiento por medio de un retrolavado con agua limpia deberán ser cerradas mediante válvulas o bien retiradas del sistema.
- ❖ Las válvulas de control, a no ser que sean del tamaño de la línea y de perforación completa, deberán ser retiradas y reemplazadas por carretes (spools) para el lavado.
- ❖ Los equipos deberán ser monitoreados en forma continua para prevenir daños. Si llegara a presentarse una condición no satisfactoria o una operación defectuosa, la unidad de bombeo deberá ser desactivada de inmediato.
- ❖ La tubería hidráulica deberá someterse a limpieza química para retirar la costra de laminado previo al lavado a presión del sistema.

- ❖ Las tuberías de lubricantes y/o de aceite hidráulico deberán ser lavadas a velocidad por recirculación. Los pasos de circulación del sistema de tuberías deberán ser conectados con puentes, tubería ciega, etc., deberán ser inspeccionados para detectar posibles fallas, y soplados a presión previo a la introducción inicial del aceite de lavado a presión.
- ❖ Deberá utilizarse un mínimo de aceite de lavado a presión para limpiar el sistema y se deberá tener cuidado de mantener los niveles adecuados del mismo. El aceite de lavado a presión deberá ser drenado y retirado en la forma correcta.
- ❖ En bombas de proceso, las presiones diferenciales de coladores deberán ser monitoreadas, y en caso de que el diferencial sea excesivo, la bomba deberá ser desactivada, limpiándose luego el colador / filtro.
- ❖ El último paso de recirculación del lavado a presión con aceite involucra el filtrado continuo del estanque de reserva para atrapar y remover todo material extraño bajo condiciones de recirculación continua. Los coladores deberán ser inspeccionados periódicamente para verificar la eficacia del proceso de limpieza de la tubería del sistema.
- ❖ Una vez que se considere que las tuberías internas están limpias, es decir, cuando el colador permanece limpio, el sistema deberá ser drenado. Se deberá tener cuidado de vaciar los puntos bajos del sistema que acumulan líquido, como también los espacios ciegos (sin salida). Deberá desmontarse el sistema en caso necesario para lograr una inspección física adecuada.
- ❖ Al concluir la operación de lavado a presión del sistema, toda la tubería temporal, accesorios de la misma y conexiones deberán ser retirados y deberá reconstruirse la tubería permanente. Deberá ejercerse cautela para evitar la entrada de material extraño al sistema. Durante el período de operación preliminar, el sistema deberá ser supervisado cuidadosamente para determinar el confinamiento correcto de la presión.

10.5.6.3.3.2 Lavado Químico

Para los sistemas de almacenamiento y transporte de fluidos y soluciones específicas de la industria del petróleo o industrias químicas, previo a su puesta en servicio será necesario limpiarlas y lavarlas. En muchos casos el lavado deberá ser con soluciones químicas o en otros casos con vapor. En general la naturaleza del tipo de lavado difiere en cuanto al tipo de industria y fluidos que circulen por los sistemas de cañerías y consecuentemente dependerá del método y los productos químicos más convenientes para cada caso en particular.

10.5.6.3.3.3 Lavado Alcalino

El lavado alcalino es un tratamiento específico para eliminar los residuos que se han depositado en el interior del equipo por los siguientes motivos:

- Reparaciones que han depositado suciedad y grasa.
- El producto almacenado es en base orgánica

Las limpiezas realizadas mediante lavado alcalino, son muy efectivas para productos de base orgánica. En el caso de no existir oxidación en el equipo o elementos incrustados éste será el proceso adecuado.

Consideraciones de este proceso:

- ❖ Se realiza un estudio previo del equipo a tratar para diseñar el circuito de recirculación óptimo y más efectivo.
- ❖ En función del estado del residuo y su composición, se selecciona el producto químico, su concentración y temperatura de trabajo adecuados.

- ❖ Al finalizar el proceso se realiza una neutralización del equipo para dejarlo en PH neutro.
- ❖ A continuación de la fase de neutralizado, se puede realizar un pasivado de la superficie para prepararla de nuevo para su utilización.

10.5.6.3.3.4 Desengrasado

Proceso similar al lavado alcalino eliminando grasas y compuestos aceitosos de los equipos. Se realiza con una mezcla de desengrasantes biodegradables y recirculación de los mismos.

10.5.6.3.3.5 Desincrustado

Es la eliminación de incrustación de sales de agua depositadas en las paredes de los equipos, estas incrustaciones pueden variar desde sales de calcio hasta sílice. La remoción se realiza mediante la recirculación de una mezcla de ácidos, inhibidores de corrosión y productos químicos específicos.

10.5.6.3.3.6 Desoxidado / Decapado

Eliminación de la presencia de oxidación en el equipo, esto mediante la recirculación de una mezcla de ácidos débiles e inhibidores de corrosión para garantizar la eliminación de la oxidación y la protección del equipo.

10.5.6.3.3.7 Pasivados

El pasivado para el acero inoxidable consiste en aumentar la relación Cr/Fe devolviendo al metal sus propiedades e incrementando su durabilidad. Los servicios de pasivación se certifican con la realización de una prueba espectroscópica auger (AES). El pasivado para acero al carbono propicia la generación de una capa protectora (magnetita) que retarda la aparición de depósitos de óxido e incrustaciones.

10.5.6.3.3.8 Sanitizado (TK's y Tuberías)

Este tipo de lavado químico se realiza en industrias específicas como la farmacéutica, alimenticia o tratamiento de aguas, este lavado limpia y sanitiza los equipos con formulaciones biodegradables previamente elaboradas.

10.5.6.3.3.9 Regeneración de Resinas

Reactivación de las propiedades de intercambio iónico de las resinas mediante el tratamiento de las mismas con solventes y productos químicos. (aniónica / catiónica)

10.5.6.3.3.10 Flushing a Sistemas hidráulicos / Oleodinámicos

Consiste en la limpieza química y pasivado de la tubería, seguido por un flushing (barrido con aceite) para la eliminación de partículas de acuerdo al micraje requerido.

10.5.6.3.3.11 Limpieza Fase Vapor

Especialmente útil para aquellos equipos difíciles de llenar con líquidos, este método utiliza el soplado de los productos químicos adecuados en una vena de vapor y a velocidad controlada. Es particularmente útil en cañerías, torres, tanques, sobrecalentadores, etc. Se utiliza para la descontaminación de plantas completas en fase líquida y vapor de hidrocarburos, bencenos, sulfhídricos, etc. La limpieza en fase vapor se realiza por medio de calderas de generación de vapor de agua de baja presión.

10.6 Inicio del Proceso TOP

Este proceso es de extrema complejidad e importancia ya que genera y materializa las garantías propias del proyecto en cada una de sus etapas y define el estatus de término y aceptación por parte del Cliente de todos y cada uno de los sistemas industriales que componen el proyecto. Este proceso se inicia durante la etapa de término de construcción y forma parte del cierre de proyecto.

La transferencia y entrega del proyecto consiste en revisar, preparar, ejecutar y completar todos los trabajos y actividades (alcance contractual) de los entregables (paquetes) que definen su estado de término y aceptación, con toda su información y documentación correspondiente, de manera que pueda ser transferido (control, cuidado y custodia) o entregado entre las organizaciones participantes de las etapas de la fase de ejecución del proyecto.

Los paquetes definen un conjunto de documentos e información de consulta y garantía que forma la base para las actividades de las etapas siguientes dentro de la fase de ejecución.

10.6.1 Procedimiento TOP

La dirección del proyecto del agente deberá desarrollar e implementar en conjunto con el cliente, el procedimiento de entrega del proyecto denominado comúnmente como procedimiento TOP Turnover Package.

10.6.1.1 Asignación de Sistemas por Contratista

El agente deberá enviar contractualmente al contratista la definición de cada sistema / subsistema (Paquete CRP) asociado a su alcance contractual. Esta definición quedará materializada mediante el uso de planos de planta marcados, planos esquemáticos de los sistemas (P&ID's), diagramas mecánicos de flujo, diagramas eléctricos unilineales y documentos similares. El Contratista deberá revisar los sistemas y subsistemas asociados a su alcance contractual y comunicar su aceptación conforme.

El contratista deberá preparar una lista de comprobación de todos los sistemas, subsistemas, equipos, componentes, partes y piezas asignados a su contrato, a manera de demostrar el conocimiento de sus entregables. La lista de comprobación será presentada para revisión y aprobación por el agente de acuerdo con el cronograma de entrega y el plan de control de calidad establecidos para el proyecto.

10.6.1.2 Implementación del Procedimiento TOP

La dirección del proyecto deberá implementar el procedimiento TOP en el proyecto, mediante la difusión, capacitación, y entrenamiento de las actividades que comprende el procedimiento. Además, deberá establecer reuniones sistemáticas durante el periodo de proyecto para verificar el estatus y nivel de avance de contratistas en la entrega de sus paquetes CRP.

10.7 Paquetes de Construcción CRP (Construction Release Package)

El procedimiento TOP indicara específicamente toda la documentación e información necesaria para cumplir con el término de construcción y realizar el paquete de liberación de construcción (CRP construction release package). El alcance de los paquetes CRP es a nivel de subsistemas. Figura 3.10.

Figura 3.10 Paquete de Construcción (CRP)



10.7.1 Documentación no Contenida en los Paquetes CRP

Toda la documentación original restante, no contenida en los paquetes CRP (registros de soldaduras, hormigones, movimiento de tierras, topografía, END, gamagrafías, etc.) de cada subsistema será entregada al agente (donde corresponda) en una caja de archivos estándar. El contenido de cada caja se organizará con documentación similar y será catalogado. La parte exterior de la caja se marcará con un número de referencia que corresponda a la lista de catálogos.

10.8 Paquetes de Construcción CMR (Construction Minimum Required)

Cuando no es posible conformar de manera completa un paquete CRP y se requiere algún equipo específico del alcance del CRP, se conformará el paquete CMR. El paquete CMR esta conformado por la documentación mínima requerida para el equipo u/o instalación que se desea intervenir. En ningún caso un paquete CMR podría reemplazar un paquete CRP, es decir el paquete CMR es solo para una transferencia provisoria y parcial de un subsistema.

Sección 11

PRECOMISIONAMIENTO

La etapa de Precomisionamiento está concebida y orientada a verificar el correcto funcionamiento y operatividad de todas las partes, componentes, equipos y sistemas de la planta, considerados en el proyecto. Entre ellos tenemos:

- ❖ Sistemas de generación de energía eléctrica
- ❖ Sistemas de distribución de energía eléctrica (líneas de alta tensión)
- ❖ Redes de distribución de energía eléctrica (líneas de media y baja tensión)
- ❖ Sistema de compresores
- ❖ Red aire planta
- ❖ Red aire instrumentación
- ❖ Sistemas de extracción de agua
- ❖ Sistemas de distribución de agua
- ❖ Sistemas de bombeo
- ❖ Red agua de proceso
- ❖ Red agua fresca
- ❖ Red agua potable
- ❖ Sistemas de comminución de material
- ❖ Sistemas de almacenamiento
- ❖ Manejo de Relaves
- ❖ Sistemas de almacenamiento y distribución de ácido
- ❖ Sistema de captación, transporte y proceso de agua de mar
- ❖ Sistema de almacenamiento y distribución de extractante
- ❖ Sistema de almacenamiento y distribución de reactivos
- ❖ Sistemas de transporte de banda (correas)
- ❖ Sistemas de control
- ❖ Sistemas de comunicación
- ❖ Sistemas de medición
- ❖ Etc.

En general todos aquellos sistemas que permitan poner en servicio las instalaciones de la planta industrial y poder cargar los sistemas con materias primas. El hito asociado a esta etapa se denomina ***Término Mecánico*** (Mechanical Completion) que garantiza la correcta construcción y montaje, energización, operación y control en vacío de la planta.

“La etapa de precomisionamiento es una acción de verificación que garantiza la conformidad del estatus funcional y operativo de los equipos, componentes e instalaciones que conforman un sistema de proceso asegurando el cumplimiento del hito de término mecánico del sistema, permitiendo la transferencia del control, cuidado y custodia al equipo de comisionamiento”

11.1 Responsabilidad del Precomisionamiento

La responsabilidad del precomisionamiento queda establecida en el contrato principal EPCM/EPC (Prime Contract) del proyecto, definiendo los alcances y las responsabilidades de las partes.

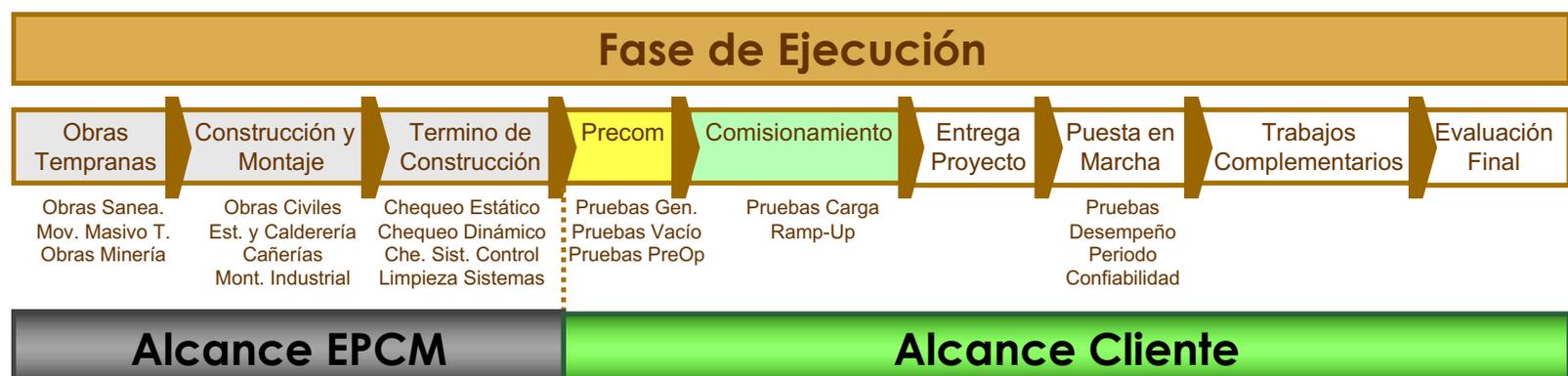
11.1.1 Responsabilidad del Mandante (Eventualmente)

Se establece que el precomisionamiento queda sujeto a la responsabilidad del cliente con apoyo de personal especialista del agente y de los contratistas de construcción según los siguientes tipos de contrato:

- ❖ Contrato EPCM Alcance contractual hasta el término de construcción.

Este tipo de contrato define el alcance del agente hasta la etapa de término de construcción. Figura 3.11.

Figura 3.11 Alcance contractual al término de construcción



11.1.2 Responsabilidad del Agente (Normalmente)

Se establece que el precomisionamiento queda sujeto a la responsabilidad del agente con apoyo del personal especialista de los contratistas de construcción según los siguientes tipos de contrato:

- ❖ Contrato EPCM Alcance contractual hasta el término mecánico.

Este tipo de contrato define el alcance del agente hasta la etapa de precomisionamiento. Figura 3.12.

Figura 3.12 Alcance contractual hasta el precomisionamiento



11.2 Metodología de Control

El control de esta etapa se basa en el plan de precomisionamiento y a través del procedimiento TOP (Turnover Package) del proyecto establecido contractualmente por el agente.

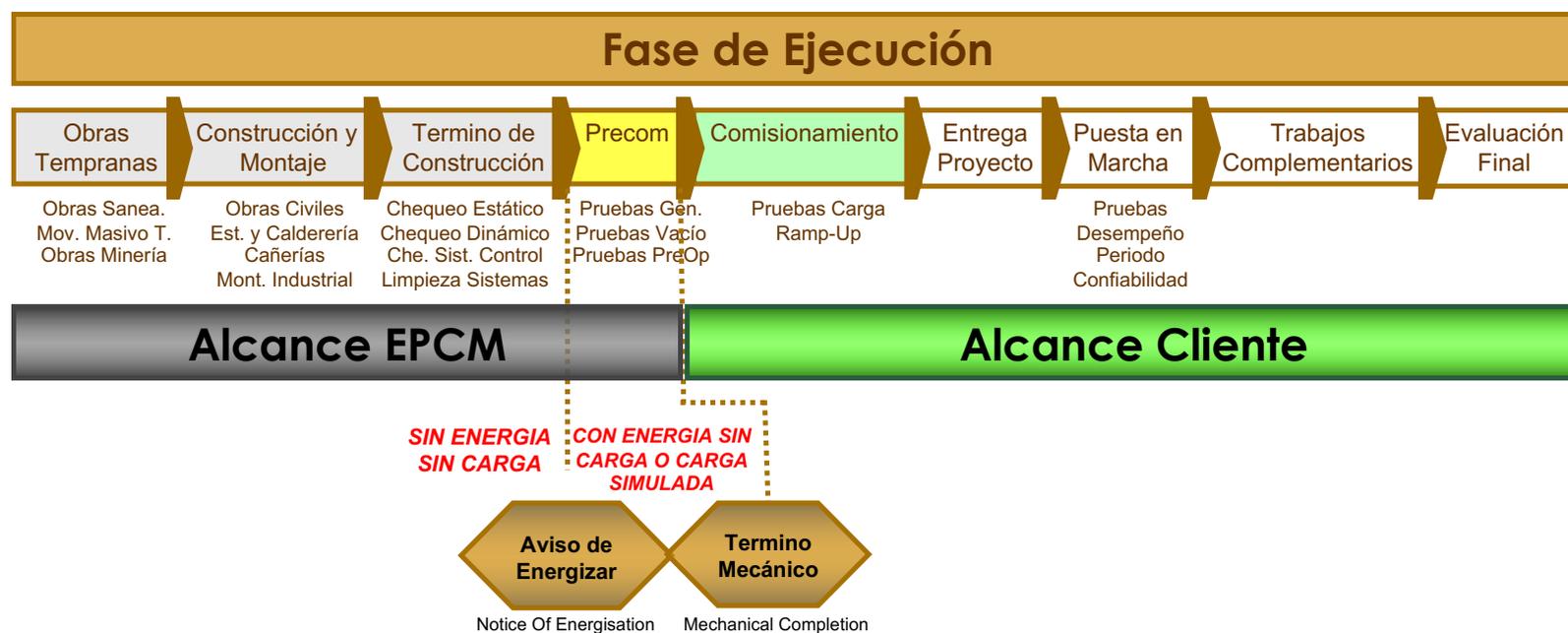
11.3 Alcance del Precomisionamiento

La etapa de precomisionamiento se inicia una vez completada la etapa de término de construcción e incluye los siguientes tipos de actividades y pruebas:

- ❖ Plan de Precomisionamiento.
- ❖ Auditoría a Procesos Documentales.
- ❖ Auditoría a la etapa de Construcción y Montaje.
- ❖ Plan de Energización.
- ❖ Aislación y Bloqueo de Equipos
- ❖ Pruebas funcionales (Pruebas Locales).
- ❖ Pruebas en Vacío.
- ❖ Pruebas Preoperacionales (Pruebas con Carga Simulada).
- ❖ Puesta en Servicio de Sistemas Auxiliares.
- ❖ Paquetes TOP.

El precomisionamiento implica el cumplimiento para el hito de Término Mecánico (Mechanical Completion). Por lo general las actividades de precomisionamiento, son conocidas como pruebas con energía / sin carga o carga simulada. Ver figura 3.13.

Figura 3.13 Hito de precomisionamiento



11.4 Plan de Precomisionamiento

El plan de precomisionamiento debe centrarse en la gestión de los esfuerzos del equipo de precomisionamiento del proyecto para atender la conclusión exitosa de esta etapa y asegurar la etapa de comisionamiento del proyecto.

11.4.1 Desarrollo e Implementación

El plan de precomisionamiento será desarrollado en conformidad con las exigencias y normativas indicadas contractualmente y está contenido en el *plan de administración del comisionamiento y PEM*, desarrollado durante la ingeniería del proyecto. El responsable de desarrollar este plan es la gerencia de comisionamiento del agente y deberá ser implementado por operaciones del cliente y los contratistas y proveedores del proyecto a través del primer contrato.

11.4.2 Etapa de Desarrollo

Su desarrollo comienza durante la etapa de ingeniería de detalles en su versión preliminar, para terminar durante la etapa de construcción y montaje en su versión final, la cual deberá estar aprobada antes de la etapa de término de construcción. Ver figura 3.14.

Figura 3.14 Desarrollo del plan de comisionamiento y PEM



11.4.3 Revisión

El plan de plan de administración del comisionamiento y PEM deberá ser revisado por el gerente de comisionamiento del agente, por el gerente de comisionamiento del proyecto y por el gerente del proyecto, ambos del cliente.

11.4.4 Aprobación

El plan de plan de administración del comisionamiento y PEM deberá ser aprobado por el gerente de comisionamiento del agente, por el gerente de comisionamiento del proyecto y por el gerente del proyecto, ambos del cliente.

11.4.5 Contenidos

Los contenidos del plan de plan de administración del comisionamiento y PEM que deben ser implementados son los siguientes:

- ❖ Estructura organizacional del cliente.
- ❖ Estructura organizacional del agente.

- ❖ Posiciones más importantes de la estructura organizacional con una completa descripción de cargo, funciones, roles y responsabilidades.
- ❖ EQS Estructura de quiebre por sistemas. (Sistematización)
- ❖ Estrategias a adoptar para el precomisionamiento, comisionamiento y PEM del proyecto
- ❖ Salud, seguridad y medioambiente en las etapas de precomisionamiento, comisionamiento y PEM
- ❖ Plan de precomisionamiento. (Alcance, responsabilidades, actividades y pruebas)
- ❖ Plan de comisionamiento. (Alcance, responsabilidades, actividades y pruebas)
- ❖ Plan de puesta en marcha. (Alcance, responsabilidades, actividades y pruebas)
- ❖ Cronograma detallado de precomisionamiento y comisionamiento.
- ❖ Documentación y control de documentos.
- ❖ Administración de contratos.
- ❖ Administración Vendors.
- ❖ Proceso de transferencia y entrega del proyecto TOP (Control, cuidado y custodia)
- ❖ Programa de capacitación y entrenamiento.
- ❖ Aseguramiento y control de calidad.
- ❖ Administración de cambios.

11.5 Auditorías a Procesos Documentales

La auditoría a procesos documentales está referida a la revisión, verificación y aprobación de documentos de ingeniería, abastecimiento, aseguramiento y control de calidad y todos los documentos necesarios a ser considerados en la etapa de precomisionamiento. Esto implica auditar toda aquella documentación que tenga relación con los chequeos y pruebas generales, con las pruebas en servicio, pruebas en vacío y pruebas preoperacionales.

11.5.1 Documentos de Ingeniería

Los documentos de ingeniería a auditar entre otros son los siguientes:

- ❖ Criterios de Diseño.
- ❖ Planos Última Revisión.
- ❖ Especificaciones Última Revisión.
- ❖ Planos de Definición de Sistemas y Subsistemas.
- ❖ Planos Yellow Line.
- ❖ Planos Red Line.
- ❖ Planos As Built.
- ❖ Hojas de Datos de Equipos y Componentes.
- ❖ Manuales de Instalación y Operación de Equipos.
- ❖ Documentos de Cambio RFI, FCR, FCN, DCN.
- ❖ Lista de Pendientes (Punch List).
- ❖ Órdenes de Compra.
- ❖ Informes Vendor.
- ❖ Etc.

11.5.2 Documentos de QA/QC

Los documentos de QA/QC a auditar entre otros son los siguientes:

- ❖ Plan de calidad última revisión.
- ❖ Procedimientos de calidad última revisión.
- ❖ Protocolos y registros de calidad por especialidad.
- ❖ Documentación Vendor (FAT y SAT)
- ❖ Certificación de control de calidad.
- ❖ Certificación de calidad materiales e insumos.
- ❖ Informes de no conformidad NC.
- ❖ Etc.

11.5.3 Documentos Contractuales

Los documentos contractuales a auditar entre otros son los siguientes:

- ❖ Contrato Firmado.
- ❖ Alcance Contractual.
- ❖ Bases Técnicas.
- ❖ Etc.

11.6 Auditorías a la Etapa de Construcción y Montaje

La auditoría a la etapa de construcción y montaje implica la revisión, verificación, aprobación y aceptación de los paquetes de construcción CRP (construction release package) de los subsistemas generados en esta etapa. La aceptación conforme de estos implica la transferencia del control, cuidado y custodia de los subsistemas a la gerencia de precomisionamiento.

11.7 Plan de Energización

El plan de energización, forma parte de las estrategias de precomisionamiento del proyecto y establece claramente cuáles serán las secuencias de energización y como se llevarán a cabo. Las secuencias de energización por lo general se inician en una estación de acople al sistema general de distribución eléctrica (sistema interconectado) y posteriormente a la subestación principal de la planta. La energía una vez en la subestación principal de la planta puede ser administrada por el cliente.

En Chile existen 4 sistemas de interconexión de energía eléctrica que conectan a los centrales y empresas generadores, de transmisión y distribuidoras. A la fecha, cada uno de estos sistemas interconectados opera aisladamente de los otros. Estos sistemas son:

11.7.1 Sistema Interconectado Central

El sistema interconectado central (SIC) cubre entre la III región de Atacama y la X región de Los Lagos. La creación del SIC corresponde a obras de infraestructura efectuadas por el estado por medio de ENDESA durante los años 1940 y 1950. La preservación de la seguridad de la operación, la garantía del menor costo de operación y el derecho de servidumbre sobre los sistemas de transmisión establecidos mediante concesión, están a cargo del Centro de Despacho Económico de Carga del sistema interconectado central (CDEC-SIC), creado en 1982.

11.7.2 Sistema Interconectado del Norte Grande

El sistema interconectado del norte grande (SING) se extiende entre la XV región de Arica y Parinacota, I región de Tarapacá y la II región de Antofagasta. En 1987 se inician las obras de interconexión entre Codelco, Edelnor y Endesa. En 1993 empiezan a funcionar coordinadamente las instalaciones del SING con lo cual el sistema empieza sus funciones. Su coordinación está a cargo del Centro de Despacho Económico de Carga del SING (CDEC-SING), también creado en 1993.

11.7.3 Sistema Eléctrico de Aysén

El sistema eléctrico de Aysén ubicado en la región de Aysén y operado por EDELAYSÉN (Empresa Eléctrica de Aysén S.A.) propiedad de Sociedad Austral de Electricidad Sociedad Anónima (SAESA).

11.7.4 Sistema Eléctrico de Magallanes

El sistema eléctrico de Magallanes ubicado en la región de Magallanes y formado por tres subsistemas independientes: Punta Arenas, Puerto Natales y Puerto Porvenir. Es operado por EDELMAG (Empresa Eléctrica de Magallanes S.A.) propiedad del Grupo CGE.

Dependiendo de la ubicación geográfica del proyecto minero se determinará desde que sistema se alimentará con energía eléctrica.

El plan de energización además indica el alcance administrativo de autorizaciones y permisos necesarios para poder recibir, procesar, distribuir y consumir energía eléctrica dentro de las instalaciones de la planta.

Las secuencias de energización forman parte del plan de precomisionamiento y establece los equipos involucrados, proveedores, contratistas, representantes de las compañías de suministro eléctrico y representantes gubernamentales involucrados en la actividad. Además, contempla un programa detallado de actividades a realizar.

11.8 Aislación y Bloqueo de Equipos

Durante el desarrollo del término de construcción y específicamente previo a entrar a la etapa de precomisionamiento, se debe implementar el procedimiento de aislamiento y bloqueo de energías. Este es un procedimiento de seguridad operacional al realizar actividades sobre equipos e instalaciones que posean algún grado de energía.

11.8.1 Objetivo

Este es un sistema de bloqueo de seguridad que se emplea con el objeto de controlar las diferentes fuentes de energía para evitar riesgos operacionales causados por personas que pueden conectar equipos, sistemas, instalaciones o circuitos; en forma accidental o indebida, mientras otras personas estén interviniendo en ellos; y también evitar causar daños a equipos, instalaciones, propiedad y/o medio ambiente.

Este procedimiento es aplicable a todas las etapas del proyecto y es complementario con el protocolo de riesgos de fatalidad implementado por el cliente para la operación.

Las energías potencialmente peligrosas a aislar y bloquear son:

- ❖ Energía Eléctrica
- ❖ Energía Mecánica
- ❖ Energía Hidráulica
- ❖ Energía Gravitacional
- ❖ Energía Neumática
- ❖ Energía Química
- ❖ Energía Térmica
- ❖ Energía Nuclear
- ❖ Otras.

11.8.2 Alcance

Este procedimiento es aplicable para todo el personal del proyecto, que participe directa o indirectamente en trabajos de intervención de equipos que requieran bloqueo de fuentes de energía durante la etapa de construcción hasta la puesta en marcha. Incluye actividades secundarias como mantenimiento de equipos e instalaciones de faena que involucren fuentes de energía. Además, define el concepto de custodia, en el cual se identifica a que gerencia (Construcción, Precomisionamiento, Comisionamiento o Cliente) pertenecen los equipos.

Este procedimiento es complementario con el protocolo de riesgos de fatalidad (Aislación y Bloqueo) implementado por el cliente para la etapa de operación.

11.8.3 Definiciones

Intervención: Acción de tomar contacto con todos o parte de los componentes de un equipo, instalación o sistema, por personas que van a realizar en él una actividad de mantenimiento, reparación, limpieza, inspección, calibración, ajuste o cualquier otra que implique un mínimo contacto con él.

Energía: Es todo medio físico, químico, mecánico que al contacto con las personas generan daños, entre los tipos de energías más comunes en la industria tenemos la energía eléctrica, hidráulica, neumática, gravitacional, magnética, radiactivas, estáticas, gases y fluidos bajo presión y vapor.

Energía de Operación: Energía utilizada para la operación normal del equipo.

Energía Residual: Es la energía potencialmente peligrosa que está presente en el equipo (aun después de haber controlado las energías de operación) y que pueden liberarse, sin control, durante los trabajos. Esta proviene de fuentes capaces de almacenar o retener energía como calderas de vapor, circuitos hidráulicos y neumáticos, resortes comprimidos, cargas suspendidas, condensadores e inductancias, fuentes radiactivas, etc. Se deberá comprobar ausencia de tensión en el lugar más cercano posible al elemento de desconexión, para ello se deben utilizar equipos de prueba certificados por algún organismo que garantice su correcto funcionamiento, al mismo tiempo que se deberá contar con todas las conexiones de puesta a tierra en servicio. efectiva de modo de tener certeza que cuando se requiera utilizarlos, estos estén disponibles, operativos y cumplan la función para la cual fueron diseñados.

Antes de intervenir equipos o sistemas aislados y bloqueados por personal autorizado y competente, se deberá verificar la eliminación de las energías Residuales.

Fuentes de Energía: Las fuentes de energía son aquellas que permiten el accionamiento de un Equipo, la cual puede ser eléctrica, mecánica, hidráulica, neumática, térmica, nuclear, gravitacional u otra.

Aislar: Es la acción de dejar sin energía (Desenergización) un componente, equipo, instalación o sistema, antes de que este sea bloqueado y pueda ser intervenido en forma segura. Siempre se debe aislar (y bloquear) la fuente principal de energía, es decir, se debe aislar fuera del equipo o sistema en el cual se realizará el trabajo respectivo.

La desenergización de un equipo y/o proceso (aislación) significa que todos los dispositivos de aislación de energía deberán ser ubicados y operados de tal manera que lo aíslen de todas las fuentes de energía. En el caso de la energía eléctrica se deberá tener cuidado cuando nos enfrentemos a equipos de doble alimentación como variadores, equipos con partida de tensión reducida, cargador de batería y CCM con respaldo de grupos generadores, entre otros.

Bloquear: Acción destinada a evitar mediante un elemento físico y tangible, el accionamiento de todos los mecanismos que suministran los distintos tipos de energías al equipo, instalación o sistema, que se requiere intervenir. Por lo tanto, las primeras acciones antes de bloquear, son:

- ❖ Identificar punto a aplicar el bloqueo.
- ❖ Proceder a aislar (Acción de abrir en forma física y visible un circuito de energía).
- ❖ Verificar que haya quedado desenergizado.
- ❖ Aplicar bloqueo (asegurando que este no sea cerrado y vuelto a energizar involuntariamente).

11.8.4 Dispositivos de Bloqueo

Los dispositivos de bloqueo son aparatos mecánicos utilizados para evitar el accionamiento y operación de componentes, equipos, instalaciones o sistemas. Ver figura 3.15, 3.16 y 3.17.

Figura 3.15 Dispositivo para bloqueo eléctrico



Figura 3.16 Dispositivo para bloqueo mecánico





Dispositivo universal para bloqueo de válvulas.



Dispositivo universal para bloqueo neumático.



Dispositivo universal para bloqueo con cable.



Dispositivo de bloqueo para válvulas sin volante.



Dispositivo prensa de bloqueo para válvulas mariposa.



Dispositivo de bloqueo por cable tipo tjera.



Dispositivo de bloqueo para válvula de bola.



Dispositivo de cadena para bloqueo general.



Dispositivo de cable para bloqueo general.



Dispositivo de bloqueo para válvulas de cilindros.



Dispositivo de cable retráctil para bloqueo general.

Figura 3.17 Dispositivo para bloqueo de elementos de maniobra



Cubierta de bloqueo para pulsador de paro de emergencia.



Cubierta de bloqueo para pulsador de paro de emergencia.



Cubierta de bloqueo para pulsador de paro de arranque.



Cubierta de bloqueo para pulsador de paro de arranque.



Dispositivo de bloqueo para comandos.

11.8.5 Responsabilidades

11.8.5.1 Gerentes y Superintendentes

- ❖ Revisar y aprobar el procedimiento de aislación y bloqueo de equipos.
- ❖ Asistir al curso de inducción y entrenamiento específico del proyecto.
- ❖ Otorgar los recursos y asegurar que cada persona de su responsabilidad asista a los cursos de inducción y de entrenamientos específicos del proyecto según necesidad, programación y coordinación.
- ❖ Asegurar el cumplimiento y aplicación de este procedimiento.

11.8.5.2 Personal Prevención de Riesgos

- ❖ Revisar y aprobar este procedimiento.
- ❖ Asesorar en la definición del procedimiento.
- ❖ Implementar la capacitación del procedimiento (Inducción y Entrenamiento) a todo el proyecto.
- ❖ Control del personal capacitado en este procedimiento. Todo el personal que ingrese y/o permanezca en el proyecto debe ser capacitado en este procedimiento.
- ❖ Liderar y verificar la aplicación del procedimiento.

11.8.5.3 Personal Supervisor

- ❖ Difundir, comunicar, entrenar, reforzar, hacer cumplir y controlar la aplicación de este procedimiento por todo el personal directo y vinculado con el área y trabajos de su responsabilidad.
- ❖ Dar a conocer los riesgos específicos de las áreas donde se realizarán los trabajos. (Art. N°21, decreto N°40, ley 16744).
- ❖ Realizar las investigaciones necesarias ante la ocurrencia de un incidente (accidente o cuasi accidente).
- ❖ Monitorear que toda persona a su cargo asista a la capacitación programada de este procedimiento.
- ❖ Encargado general del punto de aislación y bloqueo.
- ❖ Encargado general del proceso de aislación y bloqueo (Requerido en bloqueos masivos).
- ❖ Revisar la documentación emitida por el solicitante de la aislación y bloqueo (ART, Permiso de trabajo, Permiso de bloqueo, entre otros documentos).
- ❖ Aceptar o rechazar la solicitud de aislación y bloqueo (Verificación de la documentación de respaldo)

11.8.5.4 Encargado de Elementos de Aislación, Bloqueo por Área

Con el objeto de llevar la administración, control y mantención de los elementos de los sistemas de aislación y bloqueo de (candados, tarjetas, pinzas), se asignará un encargado de elementos de aislación y bloqueo. Estos encargados serán asignados por cada gerente de área (Construcción, Precomisionamiento, Comisionamiento y Puesta en Marcha). Este encargado será responsable de:

- ❖ Determinar y solicitar con anticipación el stock necesario de todos los elementos de aislación y bloqueo, necesarios para su área respectiva, según la especialidad (mecánicos/piping, eléctricos/instrumentistas/controlistas, civiles, estructurales, etc.).
- ❖ Controlar la entrega y devolución (recepción) de los elementos de aislación y bloqueo.

- ❖ Mantener un registro de control (Entrega y Devolución) de tarjetas, pinzas, candados, cadenas, etc.
- ❖ Mantener una bitácora de todos los elementos de bloqueo bajo su responsabilidad.
- ❖ Administrar el panel de elementos de aislación y bloqueo.
- ❖ Mantener los elementos de aislación y bloqueo (recambio si están dañados o defectuosos)
- ❖ Su dependencia es de la gerencia del área respectiva.

11.8.5.5 Solicitante de Bloqueo

- ❖ Ejecutar el trabajo.
- ❖ Solicitar el proceso de aislación y bloqueo al dueño del área.
- ❖ Podrá ser un superintendente, ingeniero de terreno, supervisor o su representante.
- ❖ Preparar y entregar la carpeta con la solicitud de aislación y bloqueo y los alcances del trabajo a ejecutar. Incluye el permiso de trabajo, análisis de riesgo del trabajo, charla de 5 minutos y procedimiento o instructivo de trabajo cuando aplique, P&ID, diagramas unilineales, definición de puntos de aterramiento, diagramas esquemáticos del equipo, instalación o sistema a ser aislado y bloqueado, incluyendo los circuitos de control y otros que se requieran de acuerdo a la especialidad, (Cañería, mecánica, eléctrica e instrumentación, otros).
- ❖ Inspeccionar física y funcionalmente que el equipo ha sido aislado y bloqueado en forma segura. Por ejemplo, solicitar que se de partida (local o remota) al equipo aislado y bloqueado, y verificar en terreno.
- ❖ Entregar al encargado general del punto de bloqueo la solicitud de bloqueo con la aprobación del dueño del área.
- ❖ Verificar que todo el personal que realizara el trabajo está autorizado, capacitado y calificado para estos efectos.
- ❖ Asegurar que todo el personal que realizara el trabajo cumple con los estándares del cliente.

11.8.5.6 Encargado del Área

- ❖ Verificación de los equipos a aislar y bloquear con apoyo de los especialistas.
- ❖ Revisar la documentación de la carpeta con la solicitud de aislación y bloqueo.
- ❖ Aceptar y guardar las aprobaciones emitidas.

11.8.5.7 Responsable de Sala Eléctrica

Persona designada por el dueño del área, el cual llevara el control de todos los temas correspondientes con las salas eléctricas. Dentro de sus responsabilidades esta:

- ❖ Autorizar, emitir y verificar los listados del personal a intervenir o ingresar a las salas eléctricas.
- ❖ Definir y nombrar a los encargados de salas eléctricas (custodio de sala eléctrica).
- ❖ Empoderar al encargado de sala eléctrica, y velar por que esta autoridad se respete.

11.8.5.8 Encargado de Sala Eléctrica

El encargado de sala, debe ser *maestro mayor eléctrico* (Validado por precomisionamiento del agente). Este encargado será designado (Por escrito) por el supervisor eléctrico de la empresa ejecutante de los trabajos, y debe estar de acuerdo a la legislación laboral

vigente y a las normas del cliente. Se debe mantener un encargado de sala eléctrica adicional (Stand By) por turno (formalizado hacia el agente y cliente) que permita el acceso en horarios fuera de turno (Cuando el encargado oficial de turno pueda enfermarse, o ausentarse del proyecto) principalmente durante las etapas de precomisionamiento, comisionamiento y puesta en marcha. Dentro de sus responsabilidades esta:

- ❖ Estar en forma permanente (mientras los trabajos lo requieren) en la sala eléctrica respectiva, que este bajo su control.
- ❖ Coordinar con el supervisor eléctrico de la empresa contratista la realización de todo trabajo en que se deba intervenir la energización de un equipo.
- ❖ Verificar que se realice la aislación y bloqueo respectivo.
- ❖ Registrar acceso y salida de sala eléctrica a toda persona autorizadas por la gerencia de construcción, precomisionamiento o comisionamiento, según la etapa del proyecto que corresponda. Todo el personal autorizado, deberá portar una identificación que acredite que está autorizado a ingresar a una sala eléctrica.
- ❖ Llevar el control de las solicitudes de bloqueo.
- ❖ Implementar listados del personal autorizado en cada acceso a las salas eléctricas. El listado debe incorporar los nombres de los encargados y responsables de la sala eléctrica y el del personal autorizado indicando nombre, ID, N° celular, N° habitación, nombre del campamento.
- ❖ Contar con radio de comunicación habilitada con frecuencias del proyecto.
- ❖ Implementar en sala eléctrica un juego de planos completo del sistema eléctrico asociado a la sala, en última revisión, planos amarillados (yellow line) y los planos de control de cambios (Red-Line).
- ❖ Implementar cajas o canastillos para bloqueos masivos y/o departamentales.
- ❖ Estar capacitado en primeros auxilios y procedimientos de emergencia eléctrica.
- ❖ Verificar los equipos mínimos necesarios para atender emergencias: camilla, pértiga, guantes de alta tensión, procedimiento o instructivo de emergencia eléctrica.

11.8.5.9 Trabajador

- ❖ Conocer y aplicar este procedimiento.
- ❖ Protegerse a sí mismo y a los demás, haciendo uso correcto de los elementos de aislación y bloqueo.
- ❖ Denunciar ante la supervisión del área, cualquier transgresión de este procedimiento.
- ❖ Disponer de un juego completo de elementos de aislación y Bloqueo (Pinzas, candado, llave única y tarjeta de identificación personal).
- ❖ Aislar y bloquear antes de intervenir un equipo.
- ❖ Informar inmediatamente a su supervisor directo, en caso de pérdida de la llave única del candado de bloqueo.
- ❖ No puede acceder a un área de trabajo donde se realiza una actividad con bloqueo, sin haber realizado su propio bloqueo.

11.8.6 Elementos de Bloqueo Personal

Es el conjunto compuesto por tenaza, candado y tarjeta personal. Cada trabajador del proyecto deberá contar con sus elementos de bloqueo. Ver figura 3.18.

Figura 3.18 Elementos de bloqueo personal



11.8.7 Elementos de Bloqueo Departamental

Es el conjunto compuesto por tenaza, candado y tarjeta departamental. Cada grupo de proyecto del agente o del Cliente, deberá contar con sus elementos de bloqueo. Ver figura 3.19.

Figura 3.19 Elementos de bloqueo departamental



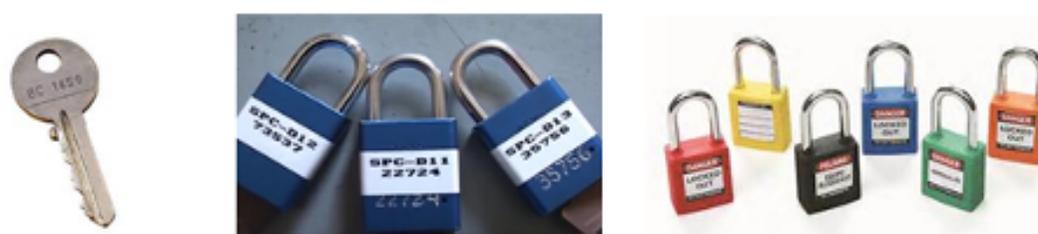
Tenaza de Bloqueo: Dispositivo mecánico utilizado para instalar el candado de bloqueo. Este dispositivo debe ser de material resistente a la palanca de manera que no pueda ser removido fácilmente. Posee un numero de posibilidades (6) para instalar varios candados de bloqueo u otras tenazas sobre la misma. Ver figura 3.20.

Figura 3.20 Tenazas de bloqueo



Candado de Bloqueo: Dispositivo mecánico utilizado para bloquear un accionamiento de una fuente de energía. El candado de bloqueo posee llave única y debe estar identificado con su número de serie de fábrica, una marca de golpe o con tinta indeleble. Ver figura 3.21.

Figura 3.21 Candado de bloqueo



Por lo general se asocia el color del candado de bloqueo a alguna especialidad o grupo específico. Si es así, se debe establecer el código de colores respectivos. A modo de ejemplo se muestra la siguiente tabla: Figura 3.22.

Figura 3.22 Código de colores

IDENTIFICACION DE CANDADOS	
AREA	COLOR DE CANDADO
Electricidad	Rojo
Mecánica	Azul
Piping	Negro
Operaciones	Verde
Proyecto	Amarillo

El encargado del sistema de bloqueo, deberá asegurar que no existen copias de llaves de los candados de bloqueo, mediante la destrucción física de cada una de las copias (se cortan en dos mitades) y su posterior eliminación (mitad inferior) dejando un respaldo físico (mitad superior) y un registro escrito de la ruptura de la segunda llave identificada con su número de serie. los respaldos físicos (mitad superior) se almacenarán en una caja de bloqueo debidamente identificada. Figura 3.23.

Figura 3.23 Destrucción física copia de llave



Tarjeta de Bloqueo Personal: Tarjeta personal e intransferible. Sistema visual de identificación y señalización que tienen como propósito advertir el bloqueo o la inmovilización de un Equipo. Deberán estar siempre colocadas junto a la pinza y candado, en los puntos de bloqueo de la fuente de energía en un lugar visible, de tal manera, que se adviertan claramente. Figura 3.24.

Figura 3.24 Tarjeta de bloqueo personal



La tarjeta de bloqueo personal mantiene la siguiente información:

- Nombre Completo y Foto
- RUT
- Cargo
- Especialidad
- Empresa
- Numero Celular
- Habitación / Pabellón / Campamento

11.8.8 Tipos de Bloqueo

Bloqueo Personal: Bloqueo destinado a la protección de las personas, el cual será estrictamente utilizado en forma individual por cada persona, cada vez que sea necesario trabajar en, sobre, o alrededor de algún equipo, instalación o sistema con fuentes de energía. Este dispositivo de bloqueo permanecerá si y solo si el trabajador dueño del bloqueo está presente en el área de trabajo. El bloqueo personal es único e intransferible, está estrictamente prohibido delegar la llave del bloqueo a otra persona. Figura 3.25.

Figura 3.25 Bloqueo personal



Bloqueo Departamental: Bloqueo destinado a la inmovilidad del equipo, este será utilizado cada vez que el dueño del área (Cliente o Agente) requiera dejar el equipo, instalación o sistema sin movimiento operacional para realizar trabajos específicos. Este bloqueo será instalado solamente por la supervisión del dueño del área. Estos bloqueos son los únicos que se podrán mantener activos por más de un turno de trabajo y la llave permanece en custodia de la supervisión de la especialidad o departamento respectivo (eléctricos, mecánicos, etc.) del cliente. Las empresas contratistas no están autorizadas a utilizar bloqueos departamentales.

Los bloqueos departamentales se diferencian de los personales por el uso de tarjetas de colores específicos que indican la especialidad (mecánica, piping, eléctrica, instrumentación, etc.) y grupo cliente / agente (construcción, precomisionamiento, comisionamiento, puesta en marcha, operaciones) correspondiente. Figura 3.26.

Figura 3.26 Bloqueo departamental



La tarjeta de bloqueo departamental es un medio visual de identificación y señalización que tienen como propósito advertir el bloqueo o la inmovilización de un equipo, instalación o sistema. Deberá estar siempre colocada junto a la pinza y candado, en los puntos de bloqueo de la fuente de energía en un lugar visible, de tal manera, que se advierta claramente.

La tarjeta de bloqueo departamental mantiene la siguiente información: figura 3.27.

- ❖ Especialidad.
- ❖ Empresa.
- ❖ Grupo Responsable.

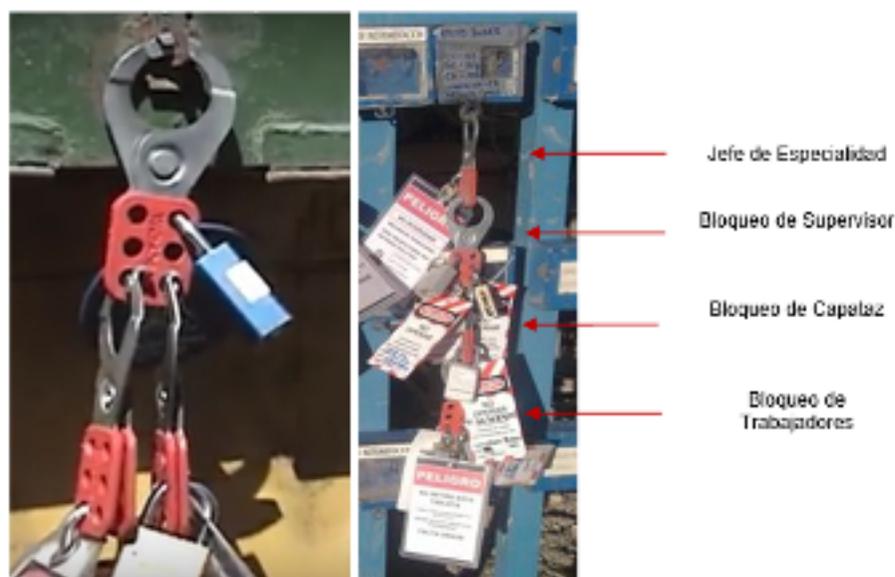
Figura 3.27 Tarjeta departamental



Bloqueo masivo: Este bloqueo se utiliza cuando un supervisor o varios supervisores y sus trabajadores intervienen uno o varios equipos o sistemas. Los puntos de bloqueo se identifican en un diagrama de bloqueo del equipo, instalación o sistema a intervenir, luego personal del cliente instala los bloqueos departamentales correspondientes en compañía del supervisor a cargo de la intervención y se introducen la o las llaves dentro de la caja o canastillo de bloqueo y se cierra con su candado principal. El personal que interviene sobre el equipo, instalación o sistema, instalara sus candados en forma secuencial y en cascada (Jefe-Especialidad-Supervisión-Capataz-Trabajador) sobre la caja o canastillo.

La instalación del bloqueo en cascada significa que se debe instalar la tenaza del bloqueo a aplicar sobre la tenaza colocada con anterioridad de forma tal que impida el retiro del primer bloqueo. Esta operación es secuencial por nivel jerárquico. La cascada de instalación de bloqueos se realizará a nivel de empresa, grupo y especialidad. Figura 3.28.

Figura 3.28 Bloqueo masivo



La caja o canastillo de bloqueo es una cajón rectangular metálico perforado, con acrílico transparente o vidrio en su tapa, (para que sea posible ver las llaves dejadas al interior), para realizar bloqueos que involucren una o más especialidades y/o bloqueos masivos, en el cual se dejan en el interior las llaves de los bloqueos principales (departamentales y supervisor a cargo del trabajo) para luego cerrar la tapa del canastillo y bloquearlo por fuera, a través de la aplicación de los bloqueos correspondientes de todos los trabajadores involucrados. Cada canastillo deberá poseer un área donde colocar la hoja que identifica los equipos o sistemas que están bloqueados, duración estimada del trabajo, hora de inicio del bloqueo, hora de término del bloqueo, responsable del bloqueo, frecuencia radial y su número de celular. Figura 3.29.

Figura 3.29 Canastillo de bloqueo



11.8.9 Tarjeta no Intervenir

Tarjeta utilizada para indicar que existe un peligro en el equipo y que por ninguna razón puede ser operado. En caso de que un equipo estuviese bloqueado durante una jornada de trabajo y este trabajo no se alcanzó a terminar, se debe retirar el bloqueo personal e instalar esta tarjeta. Esta tarjeta debe quedar instalada en forma definitiva hasta resolver el problema de origen.

La tarjeta es rectangular de color rojo con la frase “no intervenir de esta tarjeta depende mi seguridad” contiene la siguiente información:

- ❖ Tag del equipo.
- ❖ Descripción del equipo.
- ❖ Nombre (Persona que instala la tarjeta).
- ❖ Rut.
- ❖ Empresa.
- ❖ Observación.

Esta tarjeta solo podrá ser instalada, una vez autorizada por el personal dueño del área (cliente o agente), que es responsable del equipo. Si alguien necesita realizar un trabajo, debe solicitar a la persona que instalo esta tarjeta que sea retirada y luego realizar los bloqueos respectivos ya sea personal, departamental o masivo. Figura 3.30.

Figura 3.30 Tarjeta no intervenir



11.8.10 Referencias

11.8.10.1 Referencias del Cliente

El procedimiento de aislación, bloqueo y custodia debe estar referido y en concordancia con los siguientes procedimientos de operaciones del cliente:

- ❖ Procedimiento de Bloqueo y Tarjeteo de Equipos.
- ❖ Manual de Procedimientos Bloqueo y Tarjeteo de Equipos.
- ❖ Estándar Sistema de Bloqueo.
- ❖ Estándar Prevención de Fatalidades.
- ❖ Estándar Rotulación de Paneles Eléctricos y Válvulas Críticas.
- ❖ Estándar Rotulación de Equipos Herramientas y Accesorios.
- ❖ Estándar Rotulación de Tensiones Eléctricas.

11.8.10.2 Referencias de la Legislación Nacional

El procedimiento de aislación y bloqueo debe estar referido y en concordancia con las siguientes leyes de la legislación Chilena:

- ❖ Decreto Supremo N° 72, modificado por el D.S. N° 132 del Ministerio de Minería, Reglamento de Seguridad Minera.
- ❖ Norma Chilena N Ch 2931 - 2004 (ISO 14.118: 2000) del Instituto Nacional de Normalización Seguridad de Máquinas – Prevención de la Puesta en Marcha Imprevista.

11.8.11 Ejecución del Bloqueo

11.8.11.1 Permiso de Bloqueo

El permiso de bloqueo debe ser preparado y solicitado por el superintendente, ingeniero de terreno o supervisor a cargo de los trabajos que requieren del bloqueo. El dueño del área es responsable de aprobar y autorizar el permiso. En conjunto con el supervisor responsable del trabajo se revisarán los siguientes documentos:

- ❖ Permiso de bloqueo de seguridad (PB).
- ❖ Alcances del trabajo a ejecutar.
- ❖ Diagramas de bloqueo (P&Id, Unilineales, Aterramientos, Esquemáticos, Circuitos, etc.).
- ❖ Permiso de trabajo (PT).
- ❖ Análisis de riesgo del trabajo (ART).
- ❖ Charla de 5 minutos.
- ❖ Procedimiento o instructivo de trabajo.

Además, deberán verificar que todo el personal que realizara el trabajo está autorizado, capacitado y calificado para estos efectos.

11.8.11.2 Ejecución del Bloqueo (General)

Todo equipo, instalación o sistema que va a ser intervenido, deberá contar con un permiso de bloqueo (PB), esto independiente y sin perjuicio del permiso de trabajo (PT), un análisis de riesgos del trabajo (ART) y la difusión del procedimiento o instructivo específico de la tarea sobre todo el personal a intervenir en las actividades (registro de difusión).

Los equipos, instalaciones o sistemas podrán ser desenergizados y energizados solo por los responsables de la fuente de energía (cliente / agente), por ejemplo, las fuentes de energía eléctricas y de instrumentación por los especialistas eléctricos, las fuentes de energía hidráulica o neumática por especialistas mecánicos y así sucesivamente.

El responsable de bloquear la fuente de energía debe verificar lo siguiente:

- ❖ Tipo y cantidad necesaria de elementos, dispositivos y accesorios de bloqueo.
- ❖ Certificación de elementos, dispositivos y accesorios de bloqueo.
- ❖ Verificar el TAG de componentes, equipos, instalación o sistema involucrado.
- ❖ Verificar presencia de energía en el equipo, instalación o sistema.
- ❖ Desenergizar el equipo, instalación o sistema.
- ❖ Bloquear el equipo, instalación o sistema (Es el responsable de colocar el primer bloqueo).
- ❖ Verificar la desenergización del equipo, instalación o sistema.
- ❖ Verificar que no existan energías residuales en el equipo, instalación o sistema. (Chequeo de energía cero)

El o los supervisores encargados de realizar los trabajos en los equipos, instalación o sistema, colocarán su tenaza de bloqueo en la ya instalada por el responsable del bloqueo, ubicando su candado y tarjeta de bloqueo personal en una tenaza propia. Inmediatamente el personal restante, colocará su candado y tarjeta de bloqueo personal en la tenaza del supervisor de la actividad que corresponda a su área de trabajo (bloqueo en cascada).

Cuando el número de personas dependientes de un supervisor sea mayor al número de candados que se pueden colocar en una tenaza multiplicadora de candados, el supervisor de la actividad proporcionará una caja o canastillo que recibirá las llaves de los supervisores de la actividad. Posteriormente los trabajadores realizarán su bloqueo personal sobre la caja o canastillo.

Todo el personal que interviene en el bloqueo, será responsable de asegurarse que el equipo es el correcto y además que la fuente de energía haya sido bloqueada. Cumplido este protocolo se firmará el libro de registro y control de bloqueo, registrando también la hora de término de la actividad de bloqueo. A partir de este momento, el supervisor de la actividad está autorizado para intervenir y realizar trabajos sobre el equipo.

Toda persona que se integre a un grupo de trabajo, deberá colocar sus elementos de bloqueo personal en la tenaza correspondiente al supervisor de actividad de su grupo y realizar los registros correspondientes (PT) y (ART).

Toda persona que se retire de un grupo de trabajo, deberá retirar sus elementos de bloqueo personal de la tenaza correspondiente al supervisor de actividad de su grupo, quedando indicada esta situación en el libro de registro y control de bloqueo.

Una vez que todo el personal bajo la responsabilidad de un supervisor ha retirado sus elementos y dispositivos de bloqueo, cada supervisor procederá a retirar el suyo. En ese momento dejará constancia firmada de la hora de término de la actividad en el libro de registro y control de bloqueo.

Si por algún motivo los trabajos o actividades deben continuar en el turno siguiente, se debe realizar un cambio de candado con el turno entrante (debido a que los candados son personales), siguiendo la secuencia normal de bloqueo de equipos. Para aquellos equipos críticos se instalarán indicaciones que señalen el lugar específico donde se debe bloquear.

Cuando un supervisor requiera efectuar pruebas con energía, deberá proceder a realizar el desbloqueo correspondiente asegurando que en el equipo, instalación o sistema no se encuentra ningún trabajador, además deberá delimitar y cerrar el área donde esté presente el equipo el cual se probará.

11.8.11.3 Ejecución del Bloqueo (Proyecto es dueño del área)

El representante de proyecto, al que le pertenece la custodia de los equipos, instalará los bloqueos departamentales en la palanca de accionamiento del sistema o equipo en posición desenergizado (OFF). Esta acción será presenciada por el representante del agente y el supervisor de los trabajadores que van a intervenir en el bloqueo. Luego y antes de realizar el bloqueo masivo deberán realizar una prueba al sistema para verificar su correcta desenergización.

El representante del agente que requiere intervenir el equipo, instalará su candado en dicha tenaza con su respectiva tarjeta con sus datos personales.

El representante de proyecto y del agente, depositarán cada uno su llave de bloqueo que se colocó directamente sobre el accionamiento, en el interior de la caja o canastillo que se ubica fuera de la sala eléctrica o del área del sistema a bloquear. Cuando corresponda a otro tipo de bloqueo como una válvula, se utilizará una caja portátil.

Se utiliza la caja o canastillo de bloqueo para minimizar el tránsito de personas por el punto de bloqueo principal, y eliminar de este modo cualquier accionamiento de algún interruptor o sistema de fuerza en forma accidental por parte del personal.

Los supervisores de la ejecución de los trabajos de las diferentes especialidades c/u con su tenaza, las instalan por separado en un orificio del canastillo, es decir, cada supervisor utilizara un canastillo diferente por especialidad (cañería, electricidad, etc.).

Cada trabajador instala su bloqueo en la tenaza correspondiente a su supervisor y guarda su llave. La tarjeta deberá ser insertada en el candado y luego el candado en la pinza.

Si se tiene una tenaza de seis orificios y el grupo de trabajadores es mayor que este número, se debe instalar sobre la primera tenaza una segunda, para que de esta manera se cumpla el bloqueo por cada uno de los trabajadores y así sucesivamente.

A medida que los grupos terminan sus trabajos, cada uno de los trabajadores debe retirar su bloqueo personal de la tenaza correspondiente a su supervisor.

Terminado el trabajo, el supervisor ejecutor de los trabajos tomará contacto con el encargado general del punto de bloqueo, para registrar y firmar la hora de término de la actividad en el formato, Bitácora de solicitud de bloqueo.

El supervisor ejecutor de los trabajos debe verificar que todos los trabajadores hayan abandonado el lugar de trabajo, que no queden herramientas, que las protecciones queden colocadas y cualquier acción que permita identificar y eliminar todo riesgo antes que se energice el equipo.

El supervisor ejecutor de los trabajos retira el último bloqueo personal del canastillo y avisa al representante del agente, que los trabajos han concluido y el personal ha retirado sus bloqueos.

En este momento el representante del agente comunica al personal de proyecto dueño del área y proceden a extraer cada uno su correspondiente llave del interior de la caja o canastillo y a desbloquear el accionamiento del equipo, instalación o sistema.

El representante de proyecto a cargo de estos trabajos, procede a la revisión del área y del equipo, instalación o sistema desbloqueado e informa al dueño del área que está en condiciones de energizarse y eventualmente ponerse en servicio.

11.8.11.4 Ejecución del Bloqueo (Operaciones es dueño del área)

Cliente operaciones como dueño del área autorizará a través de una firma responsable el ingreso al área y el inicio de los trabajos. De esto se informará al personal de proyecto con copia de esa autorización.

El personal involucrado en algún tipo de bloqueo, deben recibir una charla específica por parte del dueño de área, en donde se les dará a conocer los riesgos asociados al área y su forma de control.

El supervisor de cada empresa contratista, se debe poner en contacto con personal del agente y este con personal de proyecto y este con el cliente operaciones, dueño del área intervenida, para coordinar los trabajos a ejecutar y los bloqueos respectivos.

Los jefes de especialidad de cada área coordinarán los bloqueos correspondientes a su especialidad. Todas las solicitudes de bloqueo, independiente de la especialidad, se centrarán en un supervisor responsable encargado.

Si los bloqueos son solicitados por la especialidad de mecánica (u otra) y se requiere intervenir equipos con alimentación eléctrica y/o desde salas eléctricas, para controlar este tipo de energía, el liderazgo del bloqueo lo asume la especialidad eléctrica, a su vez, si se requiere intervenir equipos sin alimentación eléctrica, el liderazgo del bloqueo lo asume directamente la especialidad mecánica.

Una vez que se determine el equipo, instalación o sistema a bloquear y se identifique el lugar físico del bloqueo, se procederá a la colocación de los elementos de bloqueo en el siguiente orden:

1. Cliente Operaciones – Bloqueo departamental
2. Proyecto de acuerdo a la disciplina – Bloqueo departamental
3. Agente de acuerdo a la disciplina – Bloqueo departamental (y personal si aplicase)
4. Supervisor Empresa contratista – Bloqueo personal
5. Capataz y trabajadores Empresa contratista – Bloqueo personal
6. Todas las disciplinas involucradas en el bloqueo a través de su representante – Bloqueo personal

Una vez que los trabajos concluyan los trabajos, la supervisión involucrada, revisará e informará a personal del agente, para que este a su vez le informe al cliente, para que este finalmente le informe a operaciones para el retiro de los bloqueos finales.

Si por alguna razón no se terminarán los trabajos y el personal debe abandonar el lugar, se retirarán los bloqueos personales de los trabajadores y línea de supervisión, pero no los bloqueos departamentales, y se instalarán tarjetas “no intervenir”, con los datos personales y el lugar de ubicación del supervisor de proyecto a cargo del trabajo, indicando el motivo de esta medida.

11.8.11.5 Retiro de Bloqueos

Cada trabajador al término de su trabajo, retira su candado, tenaza y tarjeta desde el punto de bloqueo. El supervisor verifica el término de los trabajos, el retiro de su personal a cargo y procede a retirar su bloqueo.

El supervisor del cliente / agente a cargo de estos trabajos, procede a la revisión del área y del equipo, instalación o sistema desbloqueado e informa al dueño del área que está en condiciones de energizarse y eventualmente ponerse en servicio.

11.8.11.6 Ruptura del Bloqueo

Toda ruptura de un candado de bloqueo se considera un incidente, por lo tanto, se debe registrar e investigar como tal.

11.8.11.6.1 Ruptura de Bloqueo con Presencia del Dueño de la Llave

Toda pérdida de la llave del candado de seguridad por parte de un trabajador deberá ser declarada por escrito en el formulario destinado para tal efecto, lo que permitirá destruir el candado, siempre y cuando el gerente de turno o quien lo reemplace a cargo del área de trabajo lo autorice. Inmediatamente entregada la comunicación al personal del agente/cliente/operaciones, se debe comenzar con la investigación del incidente.

11.8.11.6.2 Ruptura del Bloqueo sin Presencia del Dueño de la Llave

Ante esta situación, se deberá buscar a la persona que administra el candado. Si el trabajador no es ubicable (se deben agotar todos los medios para la ubicación o chequeo que no se encuentra en faena), el supervisor del área deberá verificar el término del trabajo que estaba ejecutando y proceder a solicitar al gerente de turno o quien lo reemplace del agente/cliente/operaciones, la autorización para el corte del candado. El acontecimiento deberá quedar registrado mediante un informe de incidente. Inmediatamente entregada la comunicación al personal del cliente y operaciones, se debe comenzar con la investigación del incidente.

11.8.11.7 Curso de Bloqueo

Todos los trabajadores del proyecto deberán recibir una instrucción sobre el procedimiento de *Aislamiento y Bloqueo*. Dicha instrucción será impartida por personal de entrenamiento del agente del proyecto. Al término de la instrucción, el trabajador deberá realizar una prueba escrita y quedará registro escrito de la asistencia y aprobación de la instrucción. Si la persona aprueba recibirá un logotipo autoadhesivo para el casco. La nota de aprobación será mínima un 100%. Quien no reciba esta instrucción no podrá bloquear.

11.8.11.8 Sanciones y Prohibiciones

- ❖ Ningún candado o tarjeta de advertencia de bloqueo podrá ser “retirado”, excepto por la persona que los tiene asignados y se encuentra trabajando en el equipo.
- ❖ El olvido u omisión de retiro del candado de seguridad o de la tarjeta de advertencia de bloqueo, resultará en la aplicación de sanciones disciplinarias a la persona involucrada.
- ❖ Está estrictamente prohibido traspasar la llave de un candado de bloqueo personal a otra persona.
- ❖ Está estrictamente prohibido solicitar a otra persona la responsabilidad de colocar o retirar candados y/o tarjetas de bloqueo.
- ❖ Todo trabajador que realice actividades donde se precise bloqueo de equipo (así definido por la gerencia de área) debe estar en posesión de sus elementos de bloqueo.

11.8.11.9 Personas Autorizadas

Cada empresa contratista deberá mantener una nómina actualizada de todas las personas autorizadas para efectuar bloqueos. El personal autorizado para bloquear será el que cumpla con los siguientes requisitos:

- ❖ Haber asistido y aprobado el curso de bloqueo (con un puntaje de aprobación de 85% como mínimo), dictado por la gerencia de SSO del agente.
- ❖ Contar con el logo de bloqueo en su casco, el cual es entregado por la gerencia de SSO del agente al momento de aprobar el curso.
- ❖ Haber firmado el registro de instrucción que acredite que este procedimiento le fue entregado y dado a conocer.

11.8.11.10 Formularios Tipo

Formulario A: Permiso de Bloqueo.

PERMISO DE BLOQUEO DE SEGURIDAD					
Anexo A			N° _____	Hoja ___ de ___	
Fecha de Bloqueo:	Hora Bloqueo	Fecha Desbloqueo	Hora Desbloqueo	Empresa	
Nombre del Equipo o Sistema a Bloquear		Nombre de la Fuente a Bloquear		Ubicación del Equipo o Sistema	
Descripción del Trabajo a Realizar: _____ _____					
Observaciones _____ _____					
Personal Involucrado					
N°	ROL	Nombre	N° de Candado	Firma	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Firmas Obligatorias (De Acuerdo a la Secuencia Numérica)					
1.- Capataz/Supervisor de la Especialidad Directamente Responsable de la ejecución del Bloqueo . Nombre : _____ Fecha : _____ Firma : _____			2.- Experto en Prevención de Riesgos del Contratista Responsable Directo del Monitoreo del Bloqueo: Nombre : _____ Fecha : _____ Firma : _____		
3.- V° B° Supervisor Especialista Responsable de Precomisionamiento (cuando la custodia pertenesca a precomisionamiento "tarjeta amarilla". Nombre : _____ Fecha : _____ Firma : _____			V° B° Prevención Proyecto (cuando la custodia corresponda directamente a la gerencia de proyecto Nombre : _____ Fecha : _____ Firma : _____		
5.- Aprobación de superintendente de la especialidad involucrada (en caso que el personal sea de construcción) Nombre : _____ Fecha : _____ Firma : _____			6.- Encargado de Bloqueo debe dar por terminado el Permiso, una vez que todos los involucrados hayan desbloqueado. Nombre : _____ Fecha : _____ Firma : _____		
* El capataz / Supervisor a cargo mantendrá en su poder una copia de este permiso durante el bloqueo y se lo entregará posteriormente al prevencionista de su empresa para el archivo. * Cada trabajador involucrado contará con su candado y tarjeta de bloqueo personal. * El capataz / Supervisor del contratista a cargo, verificara que el equipo o sistema este efectivamente bloqueado. * En áreas operacionales o existentes se seguirán las normativas establecidas y se coordinara con los jefes y/o operadores del área. * Para efectuar el cambio de personal involucrado en el bloqueo de seguridad, ya sea por reemplazo o cambio de turno, se deberá efectuar un nuevo permiso de bloqueo de seguridad. * No se permite al efectuar cambio de turno de los trabajadores, el traspaso de la llave del candado involucrado en e					



Formulario B: Verificación de Energía Cero.

CHEQUEO ENERGIA CERO		Inspección Energía Cero	
		Rev: 0	Fecha:
		Página: 1 de 1	
Contratista: C. GESTION		Cliente: Proyecto:	
Ubicación:	_____		
Disciplina:	_____		
Instrumento Utilizado:	_____		
Calificación:	_____		
DESCRIPCION DE LA TAREA			
<div style="border-bottom: 1px dashed black; margin-bottom: 5px;"></div>			
ACEPTADO <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO			
Observaciones:			
<div style="border-bottom: 1px dashed black; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="border-bottom: 1px dashed black; margin-bottom: 5px;"></div>			
SUPERVISOR ESED	JEFE AREA ESED	CALIDAD ESED	TOMA CONDIBENTO
Nombre: _____	Nombre: _____	Nombre: _____	Nombre: _____
Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____
Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____

Formulario C: Bitácora de Solicitud de Bloqueo.

BITACORA DE SOLICITUD DE BLOQUEO										
										NUMERO _____ Hoja _____ de _____
RESPONSABLE DEL AREA:										
ITEM	FECHA	NOMBRE	AREA	ROL	DESCRIPCION DEL EQUIPO A BLOQUEAR	TAG	FECHA/HORA DE BLOQUEO	FIRMA BLOQUEO	FECHA/HORA DE DESBLOQUEO	FIRMA DESBLOQUEO
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										

Nota: El trabajador debe entregar el candado y su tarjeta cuando informe la hora de desbloqueo.

Observaciones:

Formulario D: Bitácora de Entrega de elementos de Bloqueo.

BITACORA DE ENTREGA DE ELEMENTOS DE BLOQUEO								
ITEM	FECHA	NOMBRE	CARGO	ESPECIALIDAD	ELEMENTOS ENTREGADOS			REV. B
					TARJETA DE BLOQUEO	NUMERO DE CANDADO	PINZAS	RECIBE CONFORME (FIRMA)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								

Paint X lite

Formulario E: Bitácora de Ingreso a Salas Eléctricas.

BITACORA DE INGRESO A SALAS ELECTRICAS										
ITEM	FECHA	NOMBRE	CARGO	EMPRESA	ACTIVIDAD A DESARROLLAR	FECHA INGRESO	HORA INGRESO	FECHA SALIDA	HORA SALIDA	FIRMA
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
			NOMBRE	TELEFONO	ID	HABITACION	CAMPAMENTO			
ENCARGADO SALA ELECTRICA										
RESPONSABLE SALA ELECTRICA										
Observaciones:										

Paint X lite

11.9 Pruebas Funcionales

Las pruebas funcionales son actividades realizadas para verificar la correcta operación de equipos y componentes específicos a nivel local o individual y se llevan a cabo con los equipos energizados. Estas pruebas se cotejan y se apoyan con los resultados de las pruebas realizadas en fábrica (FAT).

Las actividades principales de las pruebas funcionales son:

- ❖ Pruebas y Chequeos Generales
- ❖ Pruebas en Servicio

Las Pruebas Funcionales comienzan con los sistemas auxiliares de operación:

- ❖ Alimentación Eléctrica (Subestaciones y Salas Eléctricas)
- ❖ Alimentación Hídrica (Pozos y Estaciones de Bombeo)
- ❖ Alimentación de Aire Planta / Instrumentación (Salas de Compresores)

Esto con el objeto de poder disponer de energía para precomisionar los sistemas de proceso.

11.9.1 Pruebas y Chequeos Generales

Las pruebas y chequeos generales de precomisionamiento están definidas y especificadas por especialidad y a su vez subdividida por tipo de equipo siendo cada una de estas normada de acuerdo a estándares propios del fabricante, por normativas de especialidad, normativas gubernamentales, estándares internacionales o de acuerdo a las buenas prácticas de la ingeniería y construcción.

11.9.1.1 Especialidad Eléctrica

Las inspecciones y pruebas aplicables verifican la continuidad, integridad de aislamiento, polaridad, razón de rotación, calibración, ajustes, dispositivos de protección y puntos de ajuste de relés, rotación del motor, operación inicial (en vacío) y activación funcional de todos los equipos, dispositivos y controles eléctricos.

11.9.1.1.1 Procedimientos Generales

- ❖ Rechequeo de actividades de término de construcción.
- ❖ Durante la excitación de cada circuito, deberán seguirse los procedimientos de aprobación y de aplicación de tarjetas según los requerimientos de ejecución de pruebas. Se deberán incluir sistemas de accionamiento de velocidad variable, filtros armónicos, ductos de barras colectoras y ciclo convertidores.
- ❖ Todos los equipos eléctricos, tales como transformadores, dispositivos de distribución, centros de control de motores y motores deberán ser sometidos a pruebas operacionales y de operación inicial (en vacío).
- ❖ Los planos eléctricos unilineales y esquemáticos deberán ser utilizados como referencia para las pruebas iniciales y se deberá ilustrar el avance mediante el método de coloreado (yellow line).

- ❖ Una vez que se hayan finalizado las pruebas a todas las unidades individuales de un sistema, el sistema entero será puesto en operación inicial (en vacío) para asegurar su operación correcta.
- ❖ Las modificaciones a los planos deberán registrarse en los formularios correspondientes y deberán presentarse al área de ingeniería del proyecto. Todos estos cambios deberán ser incorporados a los planos red line en terreno.
- ❖ Según requerimiento, todos los equipos eléctricos, tales como sistemas de accionamiento de velocidad variable o ajustable, rectificadores, etc. deberán ser sometidos a prueba según las recomendaciones del fabricante y bajo la supervisión directa del representante del proveedor.
- ❖ Los niveles de voltaje de prueba deberán ser verificados y aplicados de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
- ❖ En los casos en que deban ejecutarse operaciones de prueba en áreas que ya están en operación, deberán seguirse todos los procedimientos de seguridad requeridos por el cliente.

11.9.1.1.2 Dispositivos de Distribución

- ❖ Rechequeo de actividades de término de construcción

11.9.1.1.3 Interruptores de Circuito

- ❖ Deberá inspeccionarse el cierre manual y disparo de los interruptores de circuito.
- ❖ Verifique que cada relé dispare el interruptor de circuito automático correspondiente.
- ❖ Somete a prueba los interruptores de disparo directo con un suministro alto de corriente para verificar que los puntos de ajuste instantáneos y de tiempo retardado marcados coincidan con las tablas suministradas.
- ❖ Con el interruptor automático en la posición de prueba, ejecute las pruebas siguientes:
 - Cierre y dispare el interruptor automático utilizando su interruptor de control.
 - Dispare el interruptor automático manualmente.
 - Cierre y dispare el interruptor automático desde una ubicación remota en caso de existir un control remoto.
- ❖ La transferencia automática a sistemas selectivos secundarios deberá ser probada mediante una falla de poder simulada y bajo condiciones de subvoltaje.
- ❖ Haga un chequeo de la prueba y opere todos los demás dispositivos auxiliares.
- ❖ La ejecución de pruebas preoperacionales de los dispositivos de distribución también involucra las pruebas preoperacionales del interruptor de circuito de suministro, y del transformador de poder que interviene (donde corresponda).
- ❖ Lleve a cabo una prueba y verificación de la protección de los alambres de interdisparo y piloto. También deberán someterse a prueba los interruptores de circuito de alimentación de salida de los dispositivos de distribución en conjunto con los equipos conectados al circuito de alimentación.

11.9.1.1.4 Relés, Dispositivos de Protección y Mediciones

Los dispositivos de medición y de protección de estado sólido deberán ser sometidos a prueba de acuerdo a los requerimientos del fabricante, incluyendo, pero no limitándose a:

- ❖ Pruebas de falla de poder
- ❖ Pruebas de salida analógica
- ❖ Pruebas de medición de RTD

Haga una inspección de todos los relés en cuanto a lo siguiente:

- ❖ Todos los relés deberán ajustarse de acuerdo a las tablas de ajuste de relés suministradas.
- ❖ Deberán utilizarse los folletos de instrucción del fabricante para encontrar los puntos de ajuste, ajustar y calibrar los relés de protección.

Los relés de protección deberán someterse a los siguientes chequeos:

- ❖ Relés de Diferencial: Someter a prueba para verificar las características de diferencial publicadas haciendo un chequeo de la corriente de operación mínima en cada bobina de impedancia.
- ❖ Relés de Subvoltaje: Verificar los valores de activación y desactivación, las características de tiempo y cualquier función operacional especificada.
- ❖ Elementos Direccionales: Efectuar un chequeo de la acción del relé en cuanto a voltaje y corriente. Verificar el funcionamiento con corriente alta y el voltaje mínimo requerido para provocar un cierre eficaz. Al aplicar los ajustes de tiempo a una sobrecorriente direccional, adapte la prueba para incluir el tiempo tanto de los elementos direccionales como de sobrecorriente.
- ❖ Relés de Sobrecorriente Instantánea y Elementos: Verificar la corriente mínima de puesta en servicio y de respuesta.
- ❖ Relés de Sobrecorriente de Tiempo y Elementos: Verifique la corriente de puesta en servicio y el tiempo de operación con los valores de corriente especificados en un mínimo de dos puntos. Ejecute la prueba con el relé aislado, y también con transformadores de corriente, medidores, y otras cargas al circuito, y tome nota de cualquier diferencia significativa.
- ❖ Las pruebas de inyección primaria deberán ejecutarse en todos los relés de protección. Deberá comprobarse la operación de cada relé de acuerdo a los datos del fabricante y en línea con los requerimientos del sistema protegido. Se requiere un mínimo de dos pruebas, cada una en una clasificación diferente.
- ❖ En los casos en que la corriente de inyección primaria requerida exceda la clasificación de la prueba podrá cambiarse la razón de transformación del transformador de corriente para la prueba.
- ❖ Podrán aprobarse pruebas de inyección secundaria bajo circunstancias especiales.
- ❖ La ejecución de pruebas deberá incluir relés operados por voltaje en los casos en que se aplique un voltaje de prueba variable. Deberán incluirse relés de subvoltaje.
- ❖ El equipo de pruebas de relé incluirá una fuente variable de corriente sinusoidal, una fuente variable de voltaje sinusoidal, un temporizador, amperímetros y voltímetros para la lectura de tanto CA como CD, y una disposición de switches que permita la aplicación de voltaje o corriente de prueba en el instante en que se activa el temporizador. De esta manera, el tiempo necesario para el cierre de los contactos luego de la aplicación del poder de operación podrá ser determinado y ajustado según necesidad.
- ❖ Deberá quedar establecida la operación y calibración correcta de los medidores de los tableros, incluyendo los medidores de watt / hora, utilizándose para ello los métodos de inyección de voltaje y corriente apropiados.
- ❖ Las unidades que estén descalibradas deberán ser devueltas al Proveedor para su recalibración.

11.9.1.1.5 Centros de Control de Motores

Para cada módulo de arrancador:

- ❖ Efectúe un chequeo funcional de todos los circuitos de poder de control.
- ❖ Fije el punto de ajuste de todos los dispositivos de disparo y temporizadores de estado sólido de acuerdo a las instrucciones del Gerente de Faena.
- ❖ Efectúe pruebas funcionales y chequeos de los dispositivos de enclavamiento de seguridad y de las operaciones de apertura y cierre de cada interruptor de circuito operado mecánicamente y con electricidad.
- ❖ Efectúe un chequeo funcional del disparo correcto de cada arrancador desde todos los relés asociados aplicando las corrientes de prueba y/o voltajes apropiados a los circuitos sensores.
- ❖ Efectúe un chequeo funcional de las unidades de sobrecarga del motor por inyección primaria, o bien por inyección secundaria en caso de que estén instalados los transformadores de corriente. Los tiempos de disparo deberán ser monitoreados y chequeados para verificar que estén de acuerdo con las tolerancias del fabricante.
- ❖ Ponga el arrancador en operación para verificar la correcta apertura y cierre tanto desde estaciones remotas como locales.
- ❖ La ejecución de pruebas pre-operacionales del centro de control de motores también involucra la ejecución de pruebas pre-operacionales del interruptor del circuito de suministro en los dispositivos de distribución.

11.9.1.1.6 Transformadores

- ❖ Realice la puesta en servicio de transformadores de acuerdo a lo establecido por el fabricante y en presencia del vendor del equipo.

11.9.1.1.7 Motores

- ❖ Deberá ejecutarse una prueba de rotación para asegurar la correcta dirección del eje.
- ❖ Se deberá ejecutar una prueba de vibración del motor con el motor desacoplado y luego otra con el motor acoplado. Refiérase a las instrucciones del fabricante en cuanto a las amplitudes máximas permisibles.
- ❖ Los motores de 37 kW y más grandes deberán ser desacoplados y deberán dejarse en operación hasta que se establezca la temperatura de motor (generalmente 2-3 horas) o bien por el tiempo que especifiquen los manuales del proveedor.
- ❖ Verifique y registre la temperatura, velocidad, corriente, rotación y vibración del motor.
- ❖ La frecuencia de arranque de motores grandes deberá mantenerse dentro de los límites permisibles especificados por el fabricante.
- ❖ En el caso de motores en que se hayan instalado calefactores de condensación y detectores de temperatura de devanaciones, deberá medirse la resistencia de los detectores de temperatura de devanaciones y los calefactores deberán ser sometidos a pruebas de megóhmetro.

11.9.1.1.8 Batería y Cargadores de Baterías

- ❖ Chequeo de la corriente y voltaje de carga. Efectúe un ajuste en caso necesario.
- ❖ Ejecute pruebas de capacidad y una prueba de corriente en flotación para cada batería, de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

11.9.1.1.9 Generadores

Puesta en servicio, verifique el nivel de todos los líquidos antes de excitar un generador de emergencia. Los generadores deberán ser sometidos a pruebas de arranque automático, generación y transferencia de poder durante una pérdida simulada de poder normal de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Se recomiendan los servicios de los representantes del proveedor para unidades de gran tamaño.

11.9.1.1.10 Circuitos de Iluminación y Otros

Una vez finalizadas todas las inspecciones y pruebas de término de construcción en forma satisfactoria, el sistema deberá ser excitado para realizar las pruebas funcionales. Verifique que las lámparas y todos los otros accesorios direccionales dirijan la luz a las áreas especificadas.

11.9.1.1.11 Protección de Iluminación

- ❖ La autoridad con jurisdicción en el área será la que deberá inspeccionar y aprobar la protección de iluminación.
- ❖ La autoridad con jurisdicción emitirá un certificado de cumplimiento y lo entregará al Dueño.

11.9.1.1.12 Mecanismos de Accionamiento de Velocidad Variable (VDF)

Los mecanismos de accionamiento de velocidad variable deberán ser probados de acuerdo a la recomendación del fabricante.

11.9.1.2 Especialidad de Instrumentación

Las inspecciones y pruebas aplicables a la especialidad de instrumentación están destinadas a verificar la operación funcional y activación de los sistemas de control de toda la instrumentación.

11.9.1.2.1 Alarmas y Dispositivos de Enclavamiento

Los puntos de ajuste de alarmas y la acción de interbloqueo deberán ser sometidos a prueba en cuanto a iniciación, dirección, acción y diferencial de reajuste. Los puntos de ajuste de alarma y de enclavamiento alámbricos deberán mostrarse en el instrumento en diagramas de circuito loop.

11.9.1.2.2 Instrumentos Analizadores

La prueba de calibración de analizadores (pH) deberá ejecutarse utilizando electrodos de pH y soluciones reguladoras. La prueba de calibración de analizadores de gas deberá llevarse a cabo en comparación con estándares de muestra conocidos, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

11.9.1.2.3 Balanzas de Correa

Las pruebas de calibración correspondientes deberán ejecutarse utilizando las instrucciones del fabricante y pesos de prueba calibrados. Las pruebas deberán ejecutarse con la correa en movimiento. Donde sea posible, deberá verificarse el peso del material con una balanza de plataforma.

11.9.1.2.4 Circuitos Loop de Controladores

- ❖ Inspeccione los controladores para asegurarse que la acción de control esté sincronizada con el movimiento de válvulas y otra instrumentación relacionada, y que sea reversa o directa según se indica en las hojas de datos.
- ❖ El alineamiento de los controladores y los valores de entrada/salida deberán ser verificados y ajustados según los procedimientos y datos de calibración del fabricante.
- ❖ La potencia de salida del controlador (manual y automático) y valores finales del elemento de control del transductor y/o de salida deberán ser chequeados en cuanto a su coordinación correcta con la dirección del elemento de control final y su cantidad de movimiento.

11.9.1.2.5 Válvulas de Control, Válvulas Solenoides, Válvulas Distribuidoras

- ❖ El recorrido de las válvulas de control deberá verificarse a 0, 25, 50, 75, y 100% en relación a las señales de entrada. La escala cerrada completa del fabricante deberá ser verificada con el vástago del fabricante.
- ❖ Las válvulas solenoides deberán ser inspeccionadas en cuanto a su correcto asentamiento, puntos de entrada y salida, y acción de disparo. Cuando el tipo de solenoide sea sensible a la posición, deberá mantenerse una orientación perfectamente vertical.

11.9.1.2.6 Verificación del Cableado en Terreno (Entrada)

- ❖ Cada dispositivo de entrada deberá ser excitado y operado para verificar si el indicador de módulo de entrada correcto está encendido. Una vez que cada entrada de poder haya sido chequeada, deberá ponerse una marca de verificación en la dirección de entrada del PLC, diagrama de conexión y programa de PLC. El sentido del contacto de terreno (Normalmente Cerrado o Normalmente Abierto) deberá ser verificado cuidadosamente por el ingeniero a cargo de la prueba.

11.9.1.2.7 Verificación del Cableado en Terreno (Salida)

- ❖ Conectar el tablero de programa, activar los procesadores y limpiar la memoria del PLC.
- ❖ Retirar los fusibles de control y apagar los aisladores de motores del Centro de Control de Motores. Retirar cualquier otro fusible de poder para dispositivos de salida de terreno que pudieran causar una situación de peligro.
- ❖ Activar el voltaje de control de CD y, utilizando la instrucción de manipulación de bitios, excitar cada salida y verificar la correcta operación del dispositivo de salida correspondiente. A medida que se lleva a cabo el chequeo de cada salida, deberá ponerse una marca de verificación en la dirección de salida del PLC, diagrama de conexión y paquete traductor de PLC (programa).

11.9.1.2.8 Actuadores de Motores Eléctricos

- ❖ Verificar la rotación correcta del motor solamente cuando éste se encuentre desacoplado.
- ❖ Todos los accionadores o posicionadores eléctricos o electro-hidráulicos deberán ajustarse de acuerdo a los requerimientos del fabricante, incluyendo la relación de carrera de la válvula. Los puntos de ajuste del switch de límite de carrera deberán determinarse con la finalidad de prevenir daño por exceso de recorrido. Deberá llevarse a cabo un chequeo funcional de los dispositivos protectores (switch de límite, switch de torque, etc.) antes de coordinar la válvula con el mecanismo de accionamiento.
- ❖ Las unidades deberán ser puestas en una operación inicial de recorrido completo para verificar el correcto control, operaciones e indicación.

11.9.1.2.9 Instrumentos de Flujo

11.9.1.2.9.1 Presión Diferencial

La prueba de calibración deberá ejecutarse a 20 y 80% de la escala con el aire en el lado alto del dispositivo y el lado bajo abierto a la atmósfera. Se deberá verificar la linealidad a 0, 50 y 100% de la escala. Deberán chequearse y registrarse las dimensiones y condición de los elementos primarios, el diámetro interno del orificio o de la tobera del tubo de flujo, como también los diámetros de las secciones de tubería ubicadas río arriba y río abajo.

11.9.1.2.9.2 Tipo Rotámetro

Deberán ajustarse los punteros, instalarse correctamente los flotadores, y verificarse la posición vertical exacta de los tubos de medición.

11.9.1.2.9.3 Switches de Flujo

Las pruebas de calibración de punto de ajuste deberán ejecutarse por medición volumétrica. Puede que sea necesario efectuar varias de estas operaciones en secuencia para verificar los puntos de ajuste correctos.

11.9.1.2.9.4 Medidores de Flujo Magnéticos

Deberán inspeccionarse los medidores en cuanto a lo correcto de las conexiones a tierra y eléctricas, y deberán dejarse excitados con agua en el tubo y sin ajustes durante 24 horas. Luego cada unidad deberá ser calibrada de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

11.9.1.2.9.5 Medidores de Turbina

Los medidores de turbina deberán ser inspeccionados en cuanto a su instalación física correcta. Los márgenes de la señal de salida deberán verificarse en cuanto a su correspondencia nominal con el flujo de líquido.

11.9.1.2.10 Instrumentos de Nivel

11.9.1.2.10.1 Tipo Tubo de Burbuja

La prueba de calibración de transmisores y controladores de nivel deberá ejecutarse con la línea de aire que lleva al tubo de burbuja desconectada y con terminación en un manómetro y una válvula de aguja. Deberá verificarse la precisión de la indicación en instrumentos de indicación y potencias de salida de transmisores ajustados para la señal correcta. Deberá variarse la presión de suministro para verificar la operación correcta del regulador diferencial de suministro de purga.

11.9.1.2.10.2 Tipo Presión Diferencial

La prueba de calibración deberá ejecutarse en escala de 20% y 80%, y registrarse a 0,50 y 100% de la escala con aire en el lado alto del dispositivo y con el lado bajo abierto a la atmósfera. La prueba de calibración deberá incluir el efecto de columnas de líquido.

Tipo Ultrasónico

Las unidades deberán inspeccionarse en cuanto a su correcta instalación y conexiones eléctricas y deberán dejarse excitadas sin ajuste por un período de 24 horas. Cada unidad luego deberá ser sometida a pruebas de calibración de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

11.9.1.2.10.3 Sondas de Capacitancia

Las unidades deberán ser inspeccionadas en cuanto a su correcta conexión eléctrica. Deberán ejecutarse pruebas de calibración a 20% y 80% de la escala y la verificación lineal a 0,50 y 100% de la escala. Deberá verificarse la correcta longitud y tipo de sonda en relación a la hoja de datos.

11.9.1.2.11 Switches de Nivel

11.9.1.2.11.1 Tipo Inclinado

Deberán inspeccionarse los switches en cuanto a su correcta conexión eléctrica y luego dejarse excitados. Deberá verificarse la operación correcta.

11.9.1.2.11.2 Tipo de Conductividad Eléctrica

Los switches deberán inspeccionarse en cuanto a su correcta conexión eléctrica y deberán dejarse excitados y sin ajuste por un período de 24 horas. Deberá verificarse la operación correcta mediante cortocircuitos (en el electrodo del retenedor de electrodos) de los terminales apropiados. El largo de sonda deberá verificarse en relación a los detalles de instalación para asegurar una penetración correcta en los estanques.

11.9.1.2.11.3 Indicadores de Densidad Nuclear y Dispositivos de Nivel

Un representante con licencia deberá inspeccionar la radiación de superficie de la fuente y supervisar la prueba de calibración, verificación de línea de visión, determinación del punto de ajuste, y operación correcta de estos equipos. El ajuste y correcciones finales deberán hacerse durante el período de operación continua.

11.9.1.2.11.4 Medidores de Desplazamiento Positivo

Los medidores son ajustados, pero no sellados en fábrica. Deberán ser sometidos a prueba, reajustados y sellados correctamente. La calibración siempre deberá efectuarse mientras se mide el producto y de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

11.9.1.2.12 Dispositivos de Presión

Los dispositivos de presión deberán ser calibrados con un verificador de peso directo o en relación a un indicador de prueba de precisión.

11.9.1.2.12.1 Indicadores, Registros, Controladores y Transmisores de Presión

La prueba de calibración deberá aplicarse a 20% y 80% de la escala, y deberá ser registrada en cuanto a linealidad a 0,50 y 100%. En general, las pruebas de calibración de estos dispositivos se deberán llevar a cabo irrespectivamente de las columnas de líquido estático. Las correcciones de las columnas de líquido estático deberán hacerse durante el período de operación continua de la planta.

11.9.1.2.12.2 Interruptores de Presión

Las pruebas de calibración de estos instrumentos deberán hacerse en el punto de ajuste y, según corresponda, en el punto de reajuste. En el ajuste de estos ítems deberán tomarse en cuenta las columnas de líquido estático y deberán registrarse las correcciones estáticas.

11.9.1.2.12.3 Instrumentos de Presión Diferencial

Los dispositivos de presión diferencial deberán ser sometidos a pruebas de calibración con presión de aire en el lado alto del instrumento, y con el lado bajo abierto a la atmósfera. Los indicadores de prueba de precisión deberán utilizarse como estándar para los dispositivos que indican en unidades de "kPa", mientras que deberán utilizarse manómetros para dispositivos que miden en "mm de agua". Las pruebas de calibración deberán ejecutarse a 20% y 80% de la escala, y deberán registrarse en cuanto a linealidad a 0,50 y 100% de la escala.

11.9.1.2.13 Instrumentos de Temperatura

11.9.1.2.13.1 Unidades de Lectura de Termocuplas

Los instrumentos de lectura de termocuplas deberán verificarse a 0, 50, y 100% del valor máximo de clasificación de la escala mediante la imposición de una señal apropiada en el punto de conexión con la termocupla. Deberán ser calibrados a 20% y 80% si se

determina que se encuentran fuera del límite de garantía. En aquellas situaciones en que una lectura errónea pueda resultar peligrosa para el personal o para el equipo, las termocuplas deberán ser inspeccionadas en cuanto a lectura correcta por inmersión en un baño calentado luego de la calibración del instrumento de lectura o switch.

11.9.1.2.13.2 Unidades de Lectura de RTD

La verificación se llevará a cabo tal como en el párrafo anterior, excepto que esté utilizando una caja de resistencia (resistance decade box) para la simulación de señales.

11.9.1.2.13.3 Indicadores de Temperatura (No Termocuplas)

- ❖ La calibración deberá ser verificada en tres puntos en relación a un termómetro de laboratorio. Uno de los puntos deberá estar a temperatura ambiental.
- ❖ Los sistemas térmicos llenados con gas (con lectura remota) deberán ser sometidos a prueba en tres puntos en relación a un termómetro de laboratorio con agua u otro medio apropiado, dependiendo de la temperatura y de los márgenes de funcionamiento.

11.9.1.2.13.4 Cabezales de Termocuplas

- ❖ Deberá verificarse la terminación correcta del conductor apantallado y la correspondencia entre la polaridad de la termocupla y el marcado (+, -) en el bloque terminal del cabezal.
- ❖ Verifique si se está utilizando el tipo correcto de alambre de termocupla para cada conexión de cabezal y si el alambre ha sido preparado correctamente para su terminación con respecto a la tapa del cabezal.

11.9.1.2.14 Transmisores y Transductores

Deberán someterse a prueba los transmisores y transductores de acuerdo a las precisiones especificadas por el fabricante. La verificación de calibración deberá llevarse a cabo a 20% y 80% de la escala, y deberá ser registrada en cuanto a linealidad a 0,50 y 100%.

11.9.1.2.15 Servomotores de Mecanismos de Accionamiento de Velocidad Variable

La prueba de calibración deberá ejecutarse a 20% y 80% de la escala. La precisión deberá ser verificada mediante la comparación de lecturas con las indicaciones de un termómetro portátil.

11.9.1.3 Especialidad Mecánica

Las pruebas de la especialidad mecánica incluyen la operación inicial (en vacío) de todos los equipos y sistemas para asegurar su correcta instalación, alineamiento, limpieza, lubricación y temperatura, y para verificarla operación satisfactoria de piezas tales como engranajes, acoplamientos, diafragmas, correas, rodamientos, sellos y rellenos.

11.9.1.3.1 Procedimientos Generales

- ❖ Deberán consultarse los diagramas de proceso y de instrumentación de los sistemas y los manuales del fabricante de los equipos relacionados para las pruebas y operación iniciales. Cada sistema deberá ser sometido a pruebas funcionales antes de su operación inicial (en vacío) propiamente tal.
- ❖ Debe verificarse que todos los equipos hayan recibido el servicio de mantención que les corresponde y que los cojinetes de manguito hayan sido abiertos, inspeccionados y lubricados. Debe verificarse que las etiquetas de lubricación que indican el tipo y cantidad de lubricante utilizado en el equipo estén en su lugar. Refiérase al estudio de lubricación preparado por el proveedor de lubricantes del cliente.
- ❖ Las unidades de accionamiento de equipos rotatorios deberán ser desacopladas con el acoplamiento medio asegurado. La operación inicial deberá lograr una correcta rotación direccional y operación del motor. La unidad deberá ser acoplada posteriormente y deberán instalarse todas las cubiertas de protección de seguridad.
- ❖ Deberán llevarse a cabo inspecciones extensas en cuanto a ítems tales como rozaduras, flujos de aceite, temperaturas de rodamientos, sellos, expansiones/contracciones por temperatura, tensiones y vibraciones.
- ❖ La operación inicial de los equipos deberá llevarse a cabo bajo una supervisión estricta. El trabajo deberá incluir ítems tales como el apriete de las conexiones apernadas luego del calentamiento inicial de las unidades, apriete de diafragmas en las válvulas y bombas, recambio de rellenos según necesidad, y recambio de empaquetaduras con filtraciones.
- ❖ Las pruebas deberán incluir la operación inicial (en vacío) del equipo y/o sistemas para asegurar el correcto alineamiento de engranajes, acoplamientos y sellos, y la instalación correcta de operación para ítems tales como descansos, sellos y engranajes. La operación inicial no podrá darse por terminada hasta que todas las temperaturas de cojinetes alcancen su condición de estado constante.
- ❖ En caso de que un equipo demuestre tener fallas o defectos de cualquier índole durante las pruebas, deberá ser reparado o reemplazado y el sistema deberá luego ser sometido nuevamente a las pruebas.
- ❖ Los representantes del proveedor deberán presenciar la operación inicial (en vacío) de equipos importantes según lo determine el gerente de proyecto del agente. Deberán seguirse las instrucciones específicas y procedimientos de puesta en servicio del fabricante según corresponda.

11.9.1.3.2 Agitadores

- ❖ Deberá practicarse un servicio de mantención y una inspección a los agitadores para asegurar su limpieza e integridad mecánica. Deberá verificarse el sistema de control eléctrico.
- ❖ Los agitadores deberán ser sometidos a operación inicial (en vacío) según las indicaciones del manual del proveedor. Deberán efectuarse inspecciones de ítems tales como amperaje, espacios libres, vibraciones, tensión de correas, y temperaturas de descansos correctas. Los datos deberán registrarse en los protocolos de pruebas apropiados.

11.9.1.3.3 Aire Acondicionado/Humidificador

- ❖ Los termostatos, calefactores, controles de alta y baja presión y los controles eléctricos deberán someterse a pruebas funcionales simuladas para la verificación de secuencia y operación correcta.
- ❖ Operación inicial de compresor: deberá establecerse la operación satisfactoria y verificarse el amperaje, vibraciones, presiones altas y bajas, temperaturas de succión y de descarga, tasas de flujo de aire de suministro y de retorno, temperatura de entrada y de salida del agua de condensación y nivel de refrigerante correctos.

11.9.1.3.4 Alimentador de Correa

- ❖ El alimentador deberá recibir servicio de mantención y deberá verificarse que esté limpio y que se hayan retirado los bloques de envío. El control eléctrico, hidráulico y las protecciones deberán ser simulados para verificar la operación correcta de los mismos.
- ❖ Deberán verificarse los controles de velocidad a través de todo el margen de funcionamiento durante la operación en vacío. La inspección de operación en vacío deberá incluir verificación del correcto amperaje, vibración, y temperatura de descansos.

11.9.1.3.5 Sistemas Transportadores

- ❖ Previo al acoplamiento del motor de accionamiento, cada cordón de tiro (pullcord) deberá ser sometido a prueba individualmente para confirmar su capacidad de detener la correa. Los requerimientos de seguridad dictaminan que este debe ser un enclavamiento alámbrico (no de PLC).
- ❖ Los motores de accionamiento deberán ser inspeccionados en cuanto a su rotación correcta previo a la instalación de las correas o acoplamientos de accionamiento.
- ❖ La operación para el alineamiento inicial requiere una observación cuidadosa. Pueden ocurrir daños severos al sistema si se permite que la correa tome contacto con interferencias.
- ❖ Durante la operación inicial deberá observarse la acción de dispositivos de compensación de alargamiento y desgaste, y la acción de la correa (alzamiento, apilamiento, etc.) deberá observarse durante las arrancadas y detenciones.
- ❖ El alineamiento deberá llevarse a cabo con la cinta operando en vacío, y se requerirá un alineamiento de seguimiento después de que las correas sean cargadas.
- ❖ Previo a la transferencia y carga inicial, todos los enclavamientos entre sistemas transportadores y de comunicación a otros equipos relacionados (chancadores, harneros, embragues de molinos, etc.) deberán ser confirmados en pruebas operacionales.
- ❖ Deberá llevarse a cabo una verificación funcional de todos los switches de límite y dispositivos de protección instalados en la apiladora radial portátil previo a la operación real. Todos los dispositivos de enclavamiento asociados a límites de fin de carrera deberán verificarse en cuanto a su operabilidad previo a la operación de la apiladora en la modalidad de giro.

11.9.1.3.6 Compresores

- ❖ La carga y descarga de compresores deberá ser verificada simultáneamente con la observación de presiones, temperaturas, vibración mecánica, ruidos de golpe y amperaje de motor.
- ❖ El sistema de tubería de aire deberá ser presurizado mediante la acumulación inicial de presión. Todos los tramos de tubo colector principal y derivaciones deberán ser abiertos ampliamente y soplados a presión hacia la atmósfera.
- ❖ Los filtros de aire de instrumentos y el secador deberán ser activados y la presión de tubería del sistema deberá ser verificada para asegurar un apriete completo.

11.9.1.3.7 Grúas y Montacargas

- ❖ Los controles deberán manipularse con cuidado, verificándose el correcto amperaje, voltaje, vibraciones y libertad de operación.
- ❖ Donde corresponda, el alineamiento de carrilera de las grúas deberá ser verificado con carrera completa.
- ❖ Una vez que la prueba de desempeño con operación en vacío arroje resultados satisfactorios, la unidad deberá ser operada por manipulación de la cremallera de levantamiento. Deberán obtenerse lecturas de amperímetro a lo largo de toda la operación inicial.

- ❖ Las grúas deberán ser sometidas a prueba y deberán ser capaces de levantar, retener y bajar el 125% de su capacidad de carga de clasificación bajo control total.
- ❖ En el caso de puentes grúas, esta prueba deberá estar supervisada por el representante del vendedor.

11.9.1.3.8 Chancador

- ❖ El sistema de protección eléctrica deberá ser sometido a una simulación funcional previo a su operación con el fin de verificar su confiabilidad, secuencia y operación correcta.
- ❖ Deberá operarse la bomba hidráulica y el motor para verificar la correcta presión hidráulica, amperaje, vibración y temperatura de los descansos según las especificaciones.
- ❖ El sistema de aceite hidráulico y de lubricación deberá someterse a una prueba de presión, a una limpieza con baño químico, lavado y operación inicial (en vacío), previo a la operación inicial del chancador deberá activarse la unidad. Todos los controles deberán ser manipulados con precaución, verificándose su correcto alineamiento, amperaje del motor de accionamiento, espacios libres y libertad de operación.
- ❖ Deberá verificarse la pluma del brazo pica rocas y el conjunto de pivote principal en cuanto a su correcta y completa carrera.

11.9.1.3.9 Bombas Accionadas con Petróleo Diesel

- ❖ Deberán inspeccionarse los sistemas de aceite de lubricación, combustible y de agua de enfriamiento antes de hacerse la mantención de servicio. Asegúrese que todos los componentes estén intactos, sin daños a ítems tales como accesorios de tuberías, inyectores, o aislación.
- ❖ Efectuar el arranque a mano para asegurar que no haya interferencia. Activar el motor y llevarlo a la aceleración requerida. Deberán efectuarse inspecciones extensas en cuanto a presiones, temperaturas, etc. Deberá llevarse a cabo una prueba sin carga, midiéndose la operación del regulador para asegurar que los controles funcionen en la forma debida.
- ❖ La bomba deberá ventilarse y cebarse y luego acelerarse gradualmente. Se deberá verificar que no haya fricciones ni vibración, inspeccionar la lubricación y la temperatura de descansos y diafragmas. Si el desempeño es satisfactorio, se continuará operando la bomba por el período de operación inicial (en vacío).

11.9.1.3.10 Sistema Colector de Polvo

- ❖ Durante su operación inicial, los ventiladores y sacudidores deberán inspeccionarse en cuanto a su correcto amperaje, vibración y temperatura de descansos.
- ❖ El sistema deberá ser balanceado mediante el ajuste de las compuertas de soplado hasta que los resultados estén dentro de los límites de tolerancia de las especificaciones.
- ❖ Deberán inspeccionarse las bolsas en cuanto a su instalación correcta y en cuanto a filtraciones. Deberá inspeccionarse la válvula rotatoria en cuanto a su correcta instalación e interface.
- ❖ Cada unidad deberá ser ajustada para que opere de acuerdo a su función dentro del sistema. Se hará una verificación de capacidad y operación.

11.9.1.3.11 Ventiladores y Sopladores

- ❖ Las unidades deberán activarse con el regulador de tiro cerrado y deberá observarse la temperatura de fricción relacionada.
- ❖ Durante su operación inicial, el ventilador deberá ser sometido a pruebas de amperaje, vibración y temperaturas de descansos.

11.9.1.3.12 Mecanismo de Accionamiento Hidráulico

- ❖ El servomecanismo deberá ser inspeccionado en cuanto a alineamiento y luego deberá ser activado.
- ❖ Durante la operación inicial (en vacío) deberá monitorearse el mecanismo de accionamiento en forma continua mientras se verifica la acción de bombeo a plena velocidad. Luego de la detención, el sumidero de aceite deberá ser inspeccionado en cuanto a la presencia de metal y otros objetos extraños.

11.9.1.3.13 Sistemas de Agua Contra Incendio

- ❖ El sistema de agua contra incendio deberá ser presurizado y sometido a prueba de filtraciones para satisfacer las especificaciones, los requerimientos de las empresas aseguradoras del propietario y los códigos de las normas aplicables.
- ❖ Deberán inspeccionarse todas las bocas de incendio, mangueras, cajas de válvulas y válvulas de aislación. También deberán ser operadas en modalidad abierta y cerrada para asegurar su confiabilidad. El sistema deberá dejarse alineado y disponible para servicio inmediato.

11.9.1.3.14 Tolvas, Chutes y Compuertas

- ❖ Los punteros indicadores deberán ser sometidos a prueba en cuanto a su posicionamiento correcto y los cilindros deberán ser inspeccionados en cuanto a la acción de pivote, cierre, recorrido, puntos de ajuste de switches de límite, control, etc.
- ❖ La tubería deberá ser lavada con baño químico en caso necesario.
- ❖ Se deberá efectuar un lavado con chorro de aceite durante la operación inicial (en vacío) de la bomba.

11.9.1.3.15 Sistemas de Calefacción y Ventilación

- ❖ Deberá verificarse el control de temperatura y los dispositivos de enclavamiento.
- ❖ Durante la operación inicial (en vacío) deberá ejecutarse un balanceado según necesidad, mediante el ajuste de ítems como la velocidad del ventilador, difusores, rejillas, entradas de aire, reguladores de tiro y controles. Deberá ejecutarse el balanceado necesario para asegurar la correcta capacidad, distribución de aire y nivel de ruido.

11.9.1.3.16 Sistemas de Unidades de Aceite

- ❖ El control e indicadores de la instrumentación eléctrica asociada deberán ser sometidos a prueba y calibrados en cuanto a funcionalidad previo a la operación del sistema. Deberán inspeccionarse los filtros con frecuencia durante la operación para asegurar la limpieza del sistema.
- ❖ La tubería de los sistemas de unidades de aceite hidráulico y de lubricación deberá ser limpiada con baño químico según necesidad. Deberán abrirse los estanques de aceite de lubricación, inspeccionarse y limpiarse previo al llenado inicial con aceite. La operación inicial de la bomba deberá ser verificada y el sistema deberá lavarse con chorro de aceite, después de lo cual deberán drenarse, limpiarse y volver a llenarse el estanque y el filtro.

11.9.1.3.17 Bombas

- ❖ Deberá hacerse un chequeo del acoplamiento o alineamiento de la correa en "V" antes y después de las conexiones de tuberías; deberá establecerse la correcta rotación del motor y verificarse la instalación de protecciones de seguridad, según corresponda.
- ❖ Los estanques de agua deberán ser limpiados e inspeccionados.
- ❖ La envoltura de la bomba deberá estar ventilada y cebada, el eje de la bomba deberá ser rotado, y la válvula de la bomba deberá estar ajustada para un flujo mínimo. Con la bomba acelerada, deberá verificarse el correcto amperaje, vibraciones, lubricación, y temperatura de descansos y diafragmas. Si el desempeño es satisfactorio, la operación de la bomba deberán continuar por un período durante el cual se deberá lavar a chorro la tubería del sistema.
- ❖ Las bombas medidoras deberán inspeccionarse en cuanto a recorrido apropiado, control de recorrido, protección contra sobrepresión y regulación de sobretensión, según corresponda.

11.9.1.3.18 Tomadores de Muestra

- ❖ Los partidores de muestra deberán ser inspeccionados en cuanto a su tamaño correcto. El sistema eléctrico asociado a cada unidad deberá ser simulado funcionalmente para verificar la confiabilidad y correcta operación del sistema.
- ❖ Durante la operación inicial (en vacío) deberán efectuarse inspecciones de correcto alineamiento, recorrido, vibración, amperaje, espacio libre y ausencia de interferencias.

11.9.1.3.19 Transportador de Tornillo

- ❖ Deberá verificarse la correcta rotación del motor. La unidad deberá ser acoplada y sometida a operación inicial (en vacío).
- ❖ Deberá verificarse el correcto amperaje, alineamiento, vibración y temperatura de descansos.

11.9.1.3.20 Bombas de Sumidero

- ❖ Deberán instalarse rejillas apropiadas en la entrada de los sumideros para prevenir la entrada de materiales extraños.
- ❖ Deberá verificarse la correcta rotación de los motores. Los sistemas eléctricos para los sumideros de bombas deberán ser sometidos a prueba para verificar el control.
- ❖ Las bombas de sumideros deberán ser sometidas a operación de prueba y sus líneas de descarga deberán ser inspeccionadas durante la presurización.
- ❖ Deberán llevarse a cabo inspecciones de la correcta operación y control de nivel de las mismas.

11.9.1.3.21 Harneros Vibratorios

Puesta en servicio de harneros en función de lo indicado en el manual del proveedor.

11.9.1.4 Paquetes Llave en Mano

Los paquetes llave en mano se definen como paquetes de suministro/montaje bajo dirección del agente. A no ser que los términos del contrato en particular especifiquen otra cosa, estos paquetes deben acogerse al procedimiento de término mecánico del proyecto, dándose prioridad a la aplicación de los procedimientos de ejecución de pruebas específicas y a la documentación de garantía por parte del representante del proveedor.

11.9.2 Pruebas en Servicio

El sistema de cañerías de aire planta y aire instrumentación se realizan con las unidades de compresores y depósitos de aire en servicio (Operativos a Régimen Normal).

- ❖ Pruebas Neumáticas en Servicio

11.10 Pruebas en Vacío (Equipos Acoplados)

Es la verificación de la correcta operación de los equipos y/o sistemas e instalaciones auxiliares, sin carga y una vez que los equipos y componentes han sido precomisionados. Estas actividades permiten reducir significativamente el potencial de pérdidas y derrames de líquidos y sólidos, pérdidas de tiempo, lesiones al personal, daños a las instalaciones y/o equipos durante las pruebas con carga. Se define a esta etapa como siguiente a las pruebas funcionales y está referida generalmente a actividades de prueba y operación sin carga de sistemas mecánicos como cintas transportadoras, equipos de apilamiento, equipos de transporte, equipos de elevación, en general todo sistema que posea unidades de accionamiento mecánico, motriz u/o hidráulico.

11.11 Pruebas Preoperacionales (Pruebas con Carga Simulada)

En el caso de sistemas de cañerías (Fluidos, Gases, Sólidos) y de equipos de procesos químicos y metalúrgicos de la industria, se realizan las pruebas preoperacionales de los sistemas. Estas pruebas se realizan con elementos inertes (Agua, Aire, Nitrógeno etc.) que permiten simular u/o reemplazar la carga de trabajo. Estas pruebas son el equivalente a las pruebas en vacío definidas para los sistemas mecánicos.

11.12 Puesta en Servicio de Sistemas Auxiliares

Los sistemas auxiliares que se deben poner en servicio son los siguientes:

- ❖ Sistemas Auxiliares de Operación
- ❖ Sistemas Auxiliares de Proceso
- ❖ Sistemas Auxiliares de Control y Comunicación
- ❖ Sistemas Auxiliares de Seguridad
- ❖ Sistemas Auxiliares de Mantenimiento

11.12.1 Sistemas Auxiliares de Operación

Puesta en servicio de los sistemas de energía eléctrica en alta, media y baja tensión, red de agua de proceso, desmineralizada y potable, red de aire planta e instrumentación, etc.

11.12.2 Sistemas Auxiliares de Proceso

Puesta en servicio de sistemas auxiliares que apoyan a los sistemas de procesos con el aporte de insumos químicos para la realización del proceso. Por lo general están referidos al suministro de materias a través de un sistema de distribución a la planta, como el sistema de distribución de ácido, reactivos, diluyente, etc.

11.12.3 Sistemas Auxiliares de Control y Comunicación

Puesta en servicio de equipos y tecnologías de software necesarias para la automatización y control de las unidades de proceso y equipos de apoyo. Ejemplo de estos sistemas son el sistema de control distribuido (DCS Distribution Control System), sistema de control de proceso (PCS Process Control System), sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), sistemas de circuito cerrado TV, sistemas de red LAN (Local Area Network) con soluciones Ethernet, Token Ring o Arcnet.

11.12.4 Sistemas Auxiliares de Seguridad

Puesta en servicio de los sistemas de seguridad orientados tanto a la seguridad operacional como a la seguridad de las áreas de las instalaciones. Estos sistemas son muy importantes y de muchas exigencias constructivas, funcionales y operacionales, ya que son materias de las aseguradoras del proyecto. En estos sistemas tenemos la red húmeda contra incendio, sistema de detección y extinción de incendio, sistemas de espuma y de gas, etc.

11.12.5 Sistemas Auxiliares de Mantenición

Puesta en servicio de las instalaciones necesarias para la mantención de los equipos e instalaciones industriales y para los equipos móviles de apoyo al proceso (Transporte). Ejemplo de estos sistemas son los talleres de mantención de neumáticos, mantención de camiones (Truck Shop), mantención de motores, mantención eléctrica e instrumentación, maestranza máquinas y herramientas, etc.

Los sistemas auxiliares deben quedar en servicio y operativos durante la etapa de precomisionamiento, ya que estos permitirán realizar actividades de chequeo y pruebas a equipos e instalaciones durante la misma etapa y posteriormente en la etapa de comisionamiento.

11.13 Paquete de Precomisionamiento PRP (Precommissioning Release Package)

Durante esta etapa se debe completar el paquete PRP. El paquete PRP es un conjunto de documentación específica de precomisionamiento que permite transferir sistemas de proceso. Reúne toda la información asociada de pruebas de precomisionamiento generadas durante esta etapa clasificada por subsistema y dispuesta de acuerdo a un índice específico definido previamente en el procedimiento TOP (Turnover Package). El alcance de la entrega de los paquetes PRP es a nivel de sistema. Ver figura 3.31.

Figura 3.31 Paquete de precomisionamiento PRP



Sección 12

COMISIONAMIENTO

Una vez concluida la etapa de *precomisionamiento* y logrado el hito de *término mecánico* se comienza la etapa de *comisionamiento* (commissioning) que es la etapa donde se colocan en funcionamiento integrado, todos los equipos, instalaciones y sistemas en general, cargando la planta con las materias primas propias del proceso, procediendo a ajustar los rendimientos y parámetros de operación de acuerdo a los resultados metalúrgicos, capacidad de producción, etc.

La etapa de comisionamiento de un proyecto minero, ya sea un proyecto greenfield o brownfield al que se ha realizado una revisión muy intensa y exhaustiva, es una fase muy importante en el ciclo de vida del proyecto, y sin duda va a condicionar el rendimiento, disponibilidad y mantenimiento a futuro de la planta. Es evidente que un buen diseño de la instalación, una correcta elección de equipos y una buena ejecución del proyecto son aspectos absolutamente básicos para que una instalación industrial pueda alcanzar los valores previstos en su génesis.

“La etapa de comisionamiento es el proceso de gestión que permite la verificación del cumplimiento de los requisitos del proyecto. Este proceso o sistema de gestión asegura (garantiza) la verificación de que todos los sistemas de proceso industrial del proyecto han sido diseñados, instalados y probados funcionalmente y han demostrado su capacidad para ser utilizados y mantenidos tanto individualmente (precommissioning) como en su operación conjunta (commissioning), cumpliendo a plena cabalidad los requisitos del proyecto, logrando el hito de operación de diseño y poder realizar la entrega del proyecto al Cliente (Handover)”

12.1 Responsabilidad Por el Comisionamiento

La responsabilidad por el comisionamiento de un proyecto minero queda establecida en el contrato principal (Prime Contract) definiendo los alcances y las responsabilidades de las partes.

12.1.1 Responsabilidad del Mandante (Normalmente)

Se establece que la responsabilidad del comisionamiento queda sujeta al mandante con apoyo de personal especialista del agente (Prime Contract) y de los contratistas de construcción. Este tipo de contrato define el alcance del agente hasta el término mecánico. Ver figura 3.32.

Figura 3.32 Alcance contractual al precomisionamiento



Los contratos que se implementan con esta modalidad son del tipo:

- ❖ Contrato EPCM Alcance contractual hasta el término mecánico.

Nota: El término mecánico del proyecto es el *hito de cumplimiento* de la etapa de precomisionamiento.

12.1.2 Responsabilidad del Agente (Eventualmente)

Se establece que la responsabilidad del comisionamiento queda sujeta al agente con apoyo del personal especialista del mandante (personal de operaciones planta) y de los contratistas de construcción. Este tipo de contrato define el alcance del agente hasta el comisionamiento. Figura 3.33.

Figura 3.33 Alcance contractual al comisionamiento



Los contratos que se implementan con esta modalidad son del tipo:

- ❖ Contrato EPCM Alcance contractual hasta el comisionamiento.

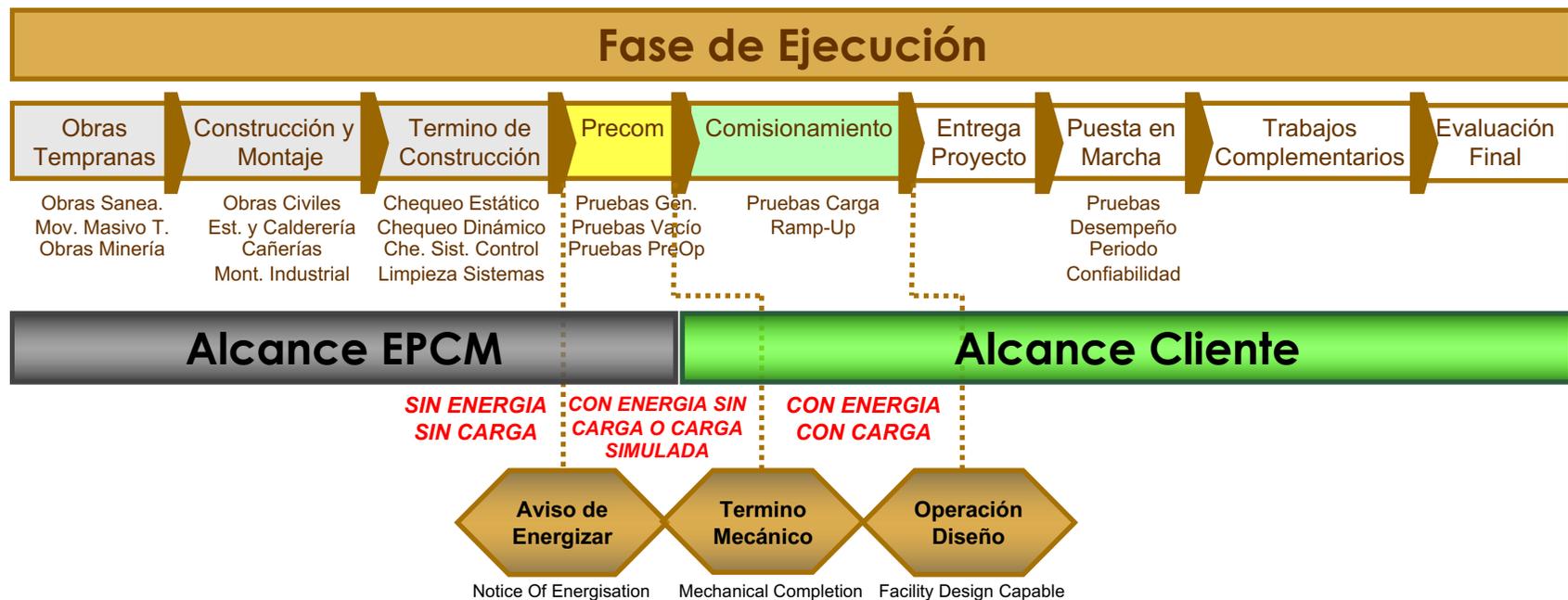
12.2 Alcance del Comisionamiento

El alcance de comisionamiento incluye las siguientes actividades y pruebas:

- ❖ Plan de Comisionamiento y PEM
- ❖ Plan de Preparación Operacional (ORP).
- ❖ Manual de Operaciones.
- ❖ Auditorías a Procesos Documentales (Ingeniería).
- ❖ Auditoría a la etapa de Precomisionamiento.
- ❖ Pruebas con Carga Inicial (Load Test).
- ❖ Pruebas con Carga Incremental (Ramp-Up).
- ❖ Paquete de Sistema (Entregable).

El comisionamiento implica el cumplimiento para el hito de Operación de Diseño (Facility Design Capable). Las pruebas con carga inicial e incremental son conocidas como pruebas operacionales con energía / con carga ver Figura 3.34.

Figura 3.34 Hito de comisionamiento



12.3 Metodología de Control

Esta etapa se administra y controla de acuerdo a lo establecido en el plan de comisionamiento y PEM, manual de operaciones y a través del procedimiento TOP, todos documentos del proyecto establecidos contractualmente con el cliente.

12.4 Plan de Comisionamiento y PEM

El plan de administración del comisionamiento y PEM, ya se encuentra implementado desde la etapa de precomisionamiento, durante la etapa de comisionamiento se deben tomar las consideraciones indicadas para esta etapa.

12.5 Plan de Preparación Operacional (Operational Readines Plan)

El plan de preparación operacional presenta una planificación de las actividades requeridas para la puesta en marcha del proyecto. el objetivo de este documento es la definición de las actividades más relevantes y responsabilidades de los equipos de personas que interactúan en la fase de ejecución del proyecto. en él se describe la etapa de transición del proyecto a operaciones. mediante el uso de este documento se espera evitar y/o mitigar eventos imponderables, dificultades operacionales y de mantenimiento durante las etapas de precomisionamiento, comisionamiento y ramp-up, asegurando el éxito de la puesta en marcha del proyecto.

12.5.1 Desarrollo e Implementación

El plan de preparación operacional (operational readiness plan) será desarrollado por parte del líder funcional de operaciones del propietario y deberá ser implementado por el agente durante las etapas de precomisionamiento, comisionamiento y ramp-up del proyecto.

12.5.1.1 Etapa de Desarrollo

Su desarrollo comienza durante la etapa de proyecto detallado en su versión preliminar, para terminar durante la etapa de obras tempranas y de construcción y montaje del proyecto en su versión final, la cual deberá estar aprobada antes de la etapa de término de construcción. Ver figura 3.35.

Figura 3.35 Desarrollo del plan de preparación operacional



12.5.1.2 Revisión

El plan de preparación operacional deberá ser revisado por el gerente de proyectos y por el líder funcional del proyecto, ambos por parte del cliente.

12.5.1.3 Aprobación

El plan de preparación operacional deberá ser aprobado por el director de proyectos del cliente o su correspondiente delegado formal.

12.5.1.4 Contenidos

La información respectiva será dispuesta de acuerdo al siguiente formato:

- ❖ Estructura organizacional del propietario. (incluido mantenimiento)
- ❖ Posiciones más importantes de la estructura organizacional con una completa descripción de cargo, funciones, roles y responsabilidades.
- ❖ Detalles para la contratación, la formación y en caso necesario, evaluación de la competencia del equipo de operaciones del proyecto.
- ❖ Salud, seguridad y medioambiente.
- ❖ Detalle del recurso humano.
- ❖ Definición y administración del riesgo.
- ❖ Administración de cambios.

- ❖ Administración de operaciones.
- ❖ Administración del mantenimiento.
- ❖ Administración financiera.
- ❖ Suministros.
- ❖ Contratación, retención y formación.

12.6 Manual de Operaciones

El manual de operaciones está enfocado a comprender y realizar la operación integrada de cada sección de la planta, utilizando el sistema de control distribuido (DCS), conforme a los objetivos de producción y calidad establecidos. Para estos efectos, se incluye la descripción del proceso e instalaciones, filosofía de operación, filosofía y lógica de control, parámetros fundamentales de operación, descripción y uso del sistema de control e instrucciones relevantes de operación y de prevención de riesgos. El manual está dirigido al personal que tiene la responsabilidad superior de operar cada una de las secciones de la planta (jefes de planta, jefes de turno, operadores, especialistas de sala de control etc.).

Asume que el personal está capacitado para operar la planta según las buenas prácticas generales, entregándole los conocimientos adicionales específicos del proyecto en particular. Así mismo, se incluyen sólo los conceptos teóricos esenciales para entender la finalidad y los mecanismos que controlan una operación unitaria dada.

El manual de operaciones se complementa con los manuales de los equipos, en donde se encuentran la descripción e instrucciones detalladas de operación de cada equipo en particular. El operador debe estar familiarizado con los respectivos manuales y entrenado en la operación y riesgos de cada equipo específico. Para la operación inicial de la planta industrial se utiliza el manual de puesta en marcha, que complementa al manual de operaciones. Este manual, así como los manuales de los fabricantes contienen las descripciones e instrucciones normales y las desviaciones y riesgos típicos a tener en cuenta para la operación y mantenimiento de los equipos e instalaciones del proyecto. Los equipos deben ser operados por personal que ha sido correctamente capacitado y entrenado.

12.6.1 Organización del Manual de Operaciones

El manual de operaciones debe estar organizado en capítulos que siguen la línea de proceso.

12.6.2 Uso de la Información de Ingeniería, Adquisiciones y Proveedores

La preparación del manual de operaciones está basada principalmente en información contenida en planos y documentos de ingeniería y de proveedores. Si bien para operar la planta, el personal no requiere estar consultando en forma habitual dichas fuentes de información; es conveniente que, como parte de su capacitación, tome conocimiento de su existencia, del modo de usarla y en donde encontrarla en el futuro. La información de ingeniería está constituida en lo fundamental por planos, respaldados por criterios de diseño, memorias de cálculo, especificaciones técnicas, listados de equipos, instrumentos y materiales, e información de diseño disponible en la maqueta electrónica. La información de proveedores, además de los planos, incluye normalmente las instrucciones de construcción y montaje, de puesta en marcha, de operación, listado de búsqueda de fallas, listado de repuestos.

Como apéndice general el manual de operaciones debe contener la siguiente información de ingeniería, que es de consulta eventual:

- ❖ Criterio de diseño general y de procesos, que incluye, entre otros, los parámetros de operación, capacidades y rendimientos considerados para el diseño de la planta.
- ❖ Diagramas de flujo de proceso. La información de estos planos sirve de base para el diseño de la planta y define los equipos principales; los flujos (cantidad y puntos de origen y destino) de sólidos, líquidos y gases; las condiciones de proceso (temperatura, presión y otros), las transformaciones que sufre el material al pasar por un equipo de proceso y los parámetros esenciales del proceso.
- ❖ Diagramas de cañerías e instrumentación (P&ID, Piping and Instruments Diagram). Estos son documentos esenciales para la comprensión del proceso y el diseño de la planta industrial, son de gran utilidad como referencia para el entrenamiento del personal y para la inspección final y puesta en marcha de la planta. Estos diagramas están basados y enriquecen la información contenida en los diagramas de flujo de proceso. En ellos se encuentra la codificación (Tag Number) y nombre de los equipos, cañerías y sistemas de instrumentación y control; además, en ellos se indica los enclavamientos y se esquematiza los lazos de control.
- ❖ Planos seleccionados de disposición general. Son los planos mecánicos que muestran las instalaciones en forma global, con vistas en planta y elevación o en cortes. Son de utilidad durante el período de capacitación del personal.
- ❖ Diagramas unilineales. Estos planos describen en forma precisa el sistema eléctrico y su conectividad, por lo cual facilitan su conocimiento sin necesidad de recurrir a largas descripciones en texto. Son útiles para facilitar las comunicaciones entre los operadores y los especialistas eléctricos, pues contienen la nomenclatura y denominación de las subestaciones, salas eléctricas, tableros y equipos eléctricos, incluyendo la potencia de los motores.
- ❖ Listado de equipos principales, que incluye la descripción resumida de los equipos mecánicos con sus potencias, los equipos eléctricos principales y los instrumentos (o grupos de instrumentos) para el control de proceso.
- ❖ Listado de planos y documentos del proyecto, como referencia para consultas de mayor detalle, acudiendo a los archivos en donde esté la documentación completa del proyecto en faena.
- ❖ Listado de referencia de los manuales de fabricantes, los cuales deben ser conocidos por los operadores y se encuentran ordenados para su consulta.
- ❖ Mencionar y describir brevemente la maqueta PDS.

12.6.3 Descripción General del Proceso y las Instalaciones

Sección que hace una descripción de los procesos y de las instalaciones de la planta.

12.6.4 Criterios de Diseño y Parámetros Principales

Sección que describe los parámetros de operación fundamentales de la planta.

12.6.5 Filosofía de Control

Esta sección describe la filosofía de control y automatización del proyecto incluyendo los objetivos del sistema de control, los principios generales de operación de equipos y el grado de automatización implementado.

Objetivos y manejo de información: El diseño del sistema de control es consecuente con los criterios de operación definidos para el proyecto.

Integración a la red de administración de la empresa: El sistema de control y supervisión permite, en forma simple y estándar, que la información de procesos sea incorporada a la red de administración de la empresa.

Grado de Centralización:

- ❖ Centros de Operaciones.
- ❖ Operación desde las Salas de Control.
- ❖ Paneles locales para mantenimiento.

Grado de Integridad de los Sistemas de Control:

- ❖ Operación Centralizada.
- ❖ Respaldos y redundancias.
- ❖ Uso de relés electromecánicos.

Estructura del Sistema de Control y Supervisión:

- ❖ Sistema de Control de la Planta.
- ❖ Centros de Operación. Interfaz hombre-máquina.
- ❖ Integración del Sistema de Control
- ❖ Sistema de Control y Supervisión

Redundancia

Definición de Criterios de Operación General

12.6.6 Capacitación y Entrenamiento

Se deberá capacitar a todo el personal de operaciones y mantenimiento del cliente, respecto de todos los tópicos tratados en el manual de operaciones. Se requerirá en terreno de Vendors (representantes de los fabricantes) para determinados equipos. Esta será una oportunidad para organizar el entrenamiento de operadores y personal de mantenimiento para equipos específicos. El entrenamiento impartido por los representantes vendors puede involucrar sesiones teóricas y prácticas.

12.6.6.1 Capacitación en Operaciones y Mantenimiento

La capacitación y entrenamiento formal del personal de operaciones y mantenimiento será responsabilidad del cliente. Sin embargo, durante las etapas de comisionamiento y puesta en marcha es una excelente oportunidad para el entrenamiento práctico del personal de operaciones y mantenimiento del cliente. Así el personal del cliente obtendrá familiaridad y adquirirá experiencia práctica con los procesos e instalaciones de la planta.

12.6.6.2 Capacitación Sistema de Control

El personal de sala de control del cliente (operadores) estará involucrado durante el chequeo funcional de los circuitos de control de motores y lazos de control. El entrenamiento más valioso para el operador se logra durante las pruebas finales del sistema, “corrida inicial” de los equipos. Como mínimo, su desarrollo incluirá buscar la pantalla gráfica adecuada, arrancar y parar motores, operación de válvulas de control, monitorear información de los controles de motores y controles de variación. Usando este método, los operadores de la sala de control adquirirán confianza, desarrollarán conocimientos para la solución de problemas, y podrán familiarizarse previamente, durante las actividades de comisionamiento y puesta en marcha, con los sistemas de control y equipos.

Durante el chequeo funcional del software y programación, el personal del cliente que será responsable del mantenimiento del sistema, deberá participar activamente. La experiencia ganada en la solución de problemas con hardware y software será muy valiosa para la puesta en marcha y una operación eficiente.

12.6.6.3 Capacitación Realizada por Vendors

Se requerirá en terreno de Vendors (Representantes de los fabricantes) para determinados equipos. Esta será una oportunidad para organizar el entrenamiento de operadores y personal de mantenimiento para equipos específicos. El entrenamiento impartido por los representantes involucra sesiones teóricas y prácticas.

12.7 Auditorías a Procesos Documentales

La auditoría a procesos documentales está directamente relacionada con la revisión de los documentos de diseño de la ingeniería del proyecto.

12.7.1 Diseño Preliminar

Durante esta fase se verifican los requerimientos funcionales y operativos; la planificación y calendarios de construcción y presupuestos; el desarrollo del plan de proyecto; y se revisan los criterios de diseño y el plan preliminar de comisionamiento y puesta en marcha.

12.7.2 Proyecto Detallado

En esta fase se verifica el diseño de acuerdo con la documentación que se dispone. Una vez que se ha realizado el diseño (ingeniería básica e ingeniería de detalle) y se han desarrollado las especificaciones, se revisan de nuevo los documentos antes de su publicación para hacer las correcciones o ajustes necesarios.

12.8 Auditorías a la Etapa de Precomisionamiento

La auditoría a la etapa de precomisionamiento implica la revisión, verificación, aprobación y aceptación de los paquetes PRP de los sistemas de proceso transferidos durante esta etapa.

12.9 Pruebas con Carga Inicial (Load Test)

Estas pruebas incluyen la carga inicial de materias primas, sustancias u/o elementos considerados en el diseño de los equipos, componentes e instalaciones. Las pruebas con carga inicial tienen un alcance a nivel de sistemas completos de proceso, y tiene por misión la verificación (calibrar, ajustar, alinear, centrar, tensar, apretar, dispositivos etc.) del estatus de arranque, régimen permanente y parada de los sistemas funcionando con carga de proceso. En estas pruebas se establecen parámetros e indicadores para dar término a las pruebas y establecer su estatus de aceptación.

12.9.1 Especificación de las Pruebas con Carga

Este documento describe los pasos e identifica las actividades necesarias para efectuar las pruebas con carga de uno o varios sistemas de la planta industrial. Se determinan las pruebas y actividades a ejecutar, se identifican los equipos involucrados, los requerimientos de materiales, de equipamiento y el personal necesario. Se establecen las responsabilidades de los involucrados y las principales consideraciones de seguridad (Hazop). En el caso que se requiera la participación de equipos auxiliares para una prueba con carga, estos deberán estar probados y aceptados como conjunto, con anterioridad a la fecha de realización de la prueba de comisionamiento.

12.9.2 Listado de Pruebas con Carga

Se define el conjunto de pruebas con carga para ser efectuado en las diferentes áreas de la planta industrial y sus instalaciones. Se deben adjuntar los diagramas de proceso con los equipos involucrados en cada prueba. El alcance de las pruebas es el contractualmente definido y comprende todas las actividades necesarias para lograr un funcionamiento satisfactorio en las pruebas con carga. Para estas pruebas se preparará un dossier documental en el que se archivan los documentos utilizados y se registran todos los resultados de las actividades.

12.9.3 Alcance de las Pruebas con Carga

Definir los sistemas considerados en la prueba con carga incluyendo equipos, componentes, instalaciones, sistema de control, instrumentación, dispositivos de protección, etc., los que serán demarcados en los planos P&Ids correspondientes.

12.9.4 Descripción de las Pruebas con Carga

Se deben describir detalladamente cada una de las pruebas indicando:

12.9.4.1 Descripción General

Esta es una descripción de las actividades a realizar durante el desarrollo de la prueba, es completa y debe considerar todas las variables posibles de desviación del proceso.

12.9.4.2 Principales Equipos Involucrados

Listado de los equipos que se contemplan o incluyen dentro del alcance de la prueba.

12.9.4.3 Requerimientos Externos

Definición de suministros, apoyo, implementos u otro requerimiento que sea necesario para ejecutar la prueba y sea dependiente de otras organizaciones como organismos fiscales, el cliente etc.

12.9.4.4 Condiciones de Proceso

Consideraciones que tienen relación con las variables del proceso, características del mineral, consumo eléctrico, cantidades de material, consumo de agua etc.

12.9.4.5 Condiciones de Seguridad

Se deben considerar todos los aspectos de riesgos, seguridad industrial (personal, equipos y materiales) y medio ambiente. Por lo anterior, se deben diseñar procedimientos detallados que incluyan el mejor nivel de experiencia, la ingeniería del proyecto, las normas API, NFPA, ASME, ASTM, ANSI, NACE, Código Eléctrico Nacional, y todas aquellas que contribuyan a lograr un buen desarrollo de los trabajos. Además, debiera ser revisado o complementado, en sus partes pertinentes, por los proveedores de los equipos o sistemas que se instalen en el proyecto y los manuales de puesta en marcha de cada equipo o instalación, se deberán entregar debidamente revisados y autorizados, antes del inicio de las actividades.

El grupo a cargo del comisionamiento deberá implementar el procedimiento de aislación y bloqueo de equipos para trabajos energizados y realizar un análisis de riesgos (Hazop) en el que se tomaran en cuenta todas las actividades incluidas en la programación de la prueba. Este análisis, deberá contar con la aprobación del cliente y la dirección del grupo a cargo del comisionamiento.

12.10 Pruebas con Carga Incremental (Ramp-Up)

Las pruebas con carga incremental o ramp-up de las instalaciones serán realizadas bajo la responsabilidad del equipo de operaciones del cliente con el apoyo técnico del personal de comisionamiento del agente proyectos del cliente y la asesoría de la gerencia de comisionamiento del agente del proyecto. Estas pruebas se basan en acuerdos previos respecto de la configuración y ejecución de estas, como los valores de incremento progresivo, tiempos asociados a cada periodo de prueba, coordinación de materias primas para mantener cargas continuas hacia las instalaciones sujeto de prueba, etc. Durante estas pruebas se verifica el logro de los parámetros preestablecidos por diseño. El hito de término de la ejecución de estas pruebas con carga incremental se establece cuando se logra la carga máxima, verificando y validando los parámetros máximos de diseño.

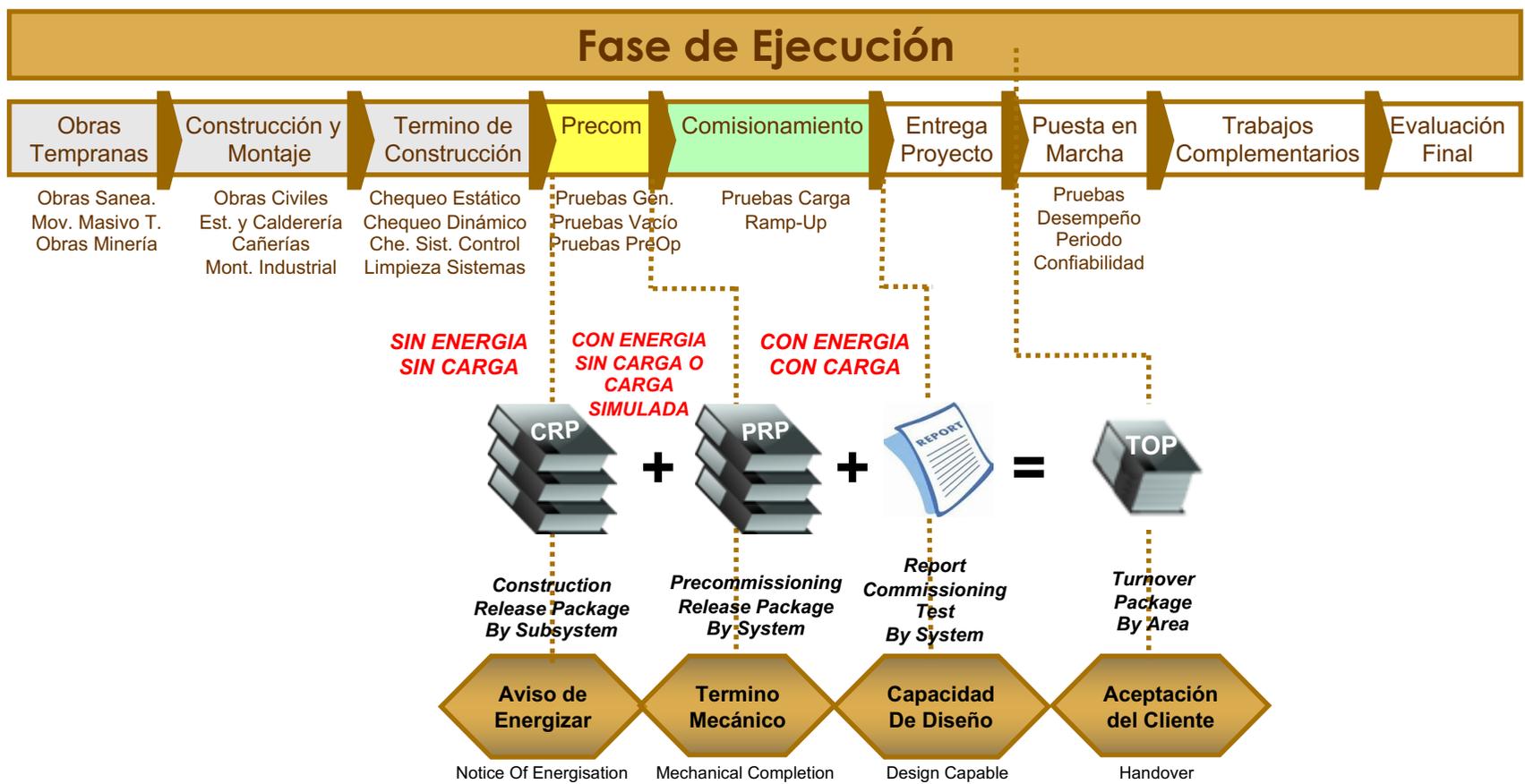
Las funciones de apoyo requeridas como soporte técnico por personal eléctrico, mecánico e instrumentación, serán trabajos de ajustes, rectificación o modificaciones necesarias para corregir omisiones menores, defectos y/o fallas de garantía (previa coordinación con operaciones para su realización).

La etapa de ramp-up finalizará cuando el gerente de operaciones del cliente compruebe que el sistema sujeto a prueba ha sido probado hasta su carga máxima, y dicha decisión será tomada en acuerdo con la gerencia del proyecto. El área de proyectos entregara al área de operaciones, el protocolo de garantía de carga máxima y los protocolos que muestren que no hay riesgos a las personas ni a los equipos.

12.11 Paquete TOP

Durante esta etapa se debe conformar el paquete TOP. El paquete de sistema TOP es el conjunto total de documentación específica que permite transferir sistemas completos de proceso. Reúne toda la información de los paquetes de construcción CRP por subsistemas, toda la documentación de pruebas de precomisionamiento PRP por sistema y todos los reportes de pruebas de comisionamiento RCT (Report Commissioning Test) generados durante esta etapa. Esta información se dispone por sistema de acuerdo a un índice específico definido previamente en el procedimiento TOP. El alcance del paquete de sistema TOP es a nivel de áreas. Ver figura 3.36.

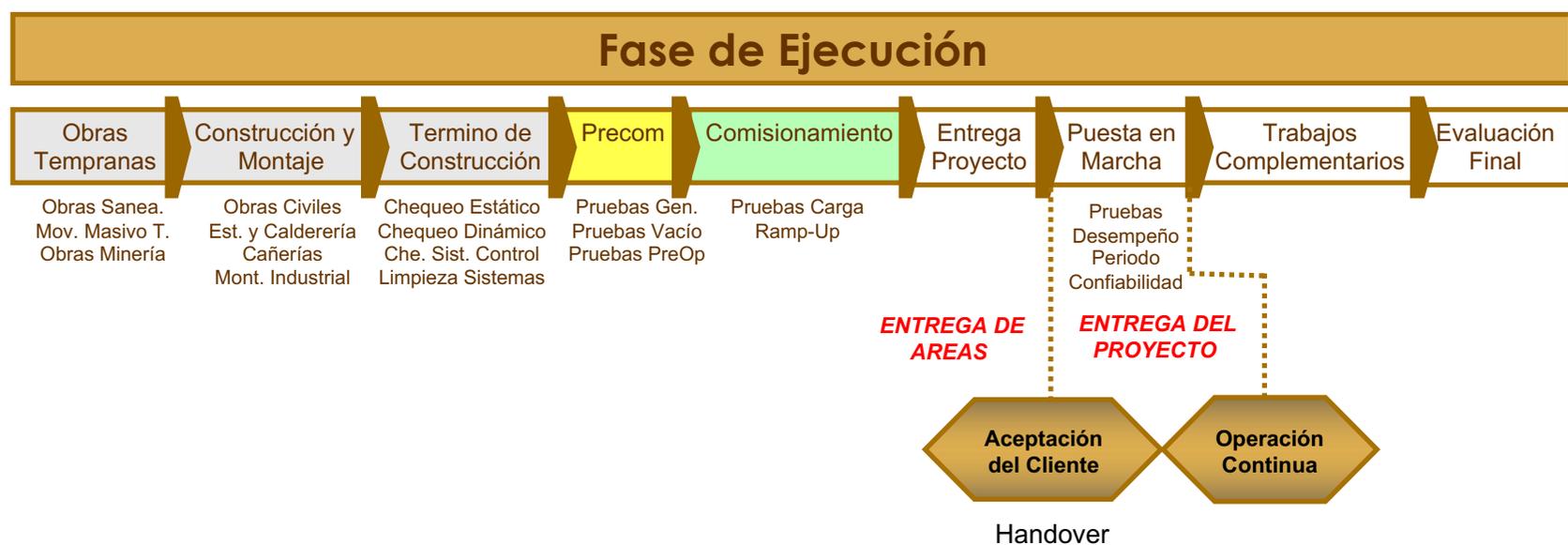
Figura 3.36 Paquete TOP



ENTREGA AL CLIENTE (HANDOVER)

El handover de la planta se refiere a la transferencia operativa de las instalaciones, por parte del equipo de proyecto, al equipo de operaciones del cliente una vez que esta haya alcanzado los niveles de rendimiento productivo y la confiabilidad de diseño. A partir de este momento, la planta entra en la denominada etapa de puesta en marcha. El alcance de la entrega en esta etapa es a nivel de áreas de proceso y el hito de esta etapa es la aceptación conforme de los paquetes de sistemas TOP por parte del cliente. Ver figura 3.37.

Figura 3.37 Entrega al cliente (Handover)



El Handover del proyecto quedará establecido por una serie de aspectos esenciales para este propósito.

13.1 Propósito

El proceso de Handover queda establecido a partir del *Criterio de Aceptación de Instalaciones*, el cual define los diversos criterios que se deben lograr para poder realizar las entregas formales de las instalaciones y sus áreas específicamente asociadas, por parte del equipo de proyecto hacia el área de operaciones del cliente.

13.2 Alcance

Los criterios definidos, son los parámetros formales que la ingeniería del proyecto debe realizar y cumplir para que el equipo de operaciones del cliente realice la aceptación de las diversas instalaciones y se realicen los trasposos o entregas correspondientes. Entre los criterios principales se tienen:

- ❖ Etapas Comunes
- ❖ Responsabilidades
- ❖ Capacidad de Producción
- ❖ Variables Principales de Producción (Disponibilidad y Confiabilidad)
- ❖ Variables y Parámetros Ambientales
- ❖ Otros Criterios
- ❖ Información de Entrega

El proceso de handover define cada criterio de aceptación y provee los diversos puntos previamente acordados entre proyecto y operaciones, tales como los requerimientos principales, estrategias y periodos de duración de cada fase o etapa, formalización de la aceptación de las diversas instalaciones y la reasignación de responsabilidades correspondiente.

13.3 Etapas Comunes

13.3.1 Etapa de Comisionamiento

Etapa en la que se ejecutan las pruebas con carga inicial (responsabilidad ejecución por parte de proyecto - gerente de comisionamiento - apoyo de operaciones), pruebas que contemplan previamente la coordinación de la materia prima inicial, donde proyecto solicita a operaciones la cantidad y periodicidad de alimentación de materia prima. Posteriormente el compromiso de operaciones es asegurar el flujo de materia prima en los tiempos y fechas estipuladas. Estas cargas iniciales, son para generar las camas de material, verificación del comportamiento de los equipos al transportar el material, etc.

Todas las actividades de comisionamiento en las nuevas instalaciones y sus áreas asociadas, bajo responsabilidad de proyecto, más el apoyo operacional del cliente, tiene como fin que el proyecto logre la *Verificación de la Capacidad de Diseño* y poder realizar el traspaso operacional a operaciones del cliente para dar inicio a la etapa de Ramp-Up. Además, personal de mantenimiento del cliente (eléctricos/instrumentistas y mecánicos), deberán participar en las diversas capacitaciones que el proyecto impartirá respecto a los nuevos equipos e instalaciones.

Esta etapa, será finalizada por proyecto, una vez probados todos los sistemas en conjunto. Todas las pruebas individuales y del sistema completo, quedarán respaldadas con los protocolos que muestren que todos los equipos, sistemas e instalaciones no tienen riesgo de operación, ni para las personas ni para los equipos. En esta etapa de comisionamiento, estas cargas esporádicas de material no se contemplan como cuantificación para producción (o compromiso de producción), ya que en este período no se puede predecir en términos específicos la producción, ya que eso dependerá de las detenciones no programadas del sistema, para los ajustes propios de la etapa de comisionamiento.

13.3.2 Etapa de Ramp-Up

Etapa en la que se ejecutan las pruebas con carga incremental o Ramp-Up de los sistemas de proyecto (a ejecutarse bajo la responsabilidad de operaciones con sólo el apoyo como soporte técnico del personal de proyecto), pruebas de acuerdo a variables, parámetros y configuración de diseño. El Ramp-Up mantiene valores de incremento de carga progresivos para lograr una prueba con operación continua.

Durante estas pruebas, se verificará el logro de los parámetros preestablecidos (como cumplimiento de relaciones de tonelajes, tiempos de operación y de recuperación, determinación de la disponibilidad, y además se comprobará el comportamiento de los equipos. El hito de término de la ejecución de estas pruebas a carga incremental se contempla al llegar a carga máxima, verificando y validando los parámetros de diseño, a través de la medición de las diversas variables de proceso, mecánicas, eléctricas, etc., para finalmente comprobar el real desempeño y rendimiento de la línea o área de proceso en prueba con material normal.

El plazo del Ramp-Up, no debe ser afectado por temas operacionales como mantenencias programadas, o porque no se cumplan variables dependientes del área de operaciones involucrada. En esta etapa, la carga de material procesado se contempla en la cuantificación del material comprometido para producción, y el control operacional de la instalación, la que estará bajo la responsabilidad del equipo de operaciones, como también la custodia de sus equipos constituyentes, supervisión y ejecución de actividades operacionales y de mantención,

La ejecución de estas pruebas considera (asegurando materia prima en cantidad y fecha), las funciones de apoyo en caso de ser requeridas y el soporte técnico por personal eléctrico, mecánico e instrumentación de proyecto, trabajos de ajustes, rectificación o modificaciones y de completitud, necesarios para corregir omisiones menores, defectos y/o fallas de garantía (previa coordinación con operaciones para su realización en base a los planes de contingencia).

En forma particular el proyecto mantendrá personal de apoyo las 24 horas, con el fin de lograr la máxima continuidad del sistema que está en prueba. Personal de comisionamiento, también revisará del punto de vista del proyecto la ejecución de estas pruebas.

La etapa de Ramp-Up finalizará cuando el gerente de comisionamiento del proyecto compruebe que los sistemas de proyecto han sido probados hasta su carga máxima, y dicha decisión será tomada en acuerdo con operaciones. Proyecto entregará a la gerencia de operaciones, el protocolo de garantía de carga máxima y los protocolos que muestren que no hay riesgos a las personas ni a los equipos, generándose el traspaso a la etapa de confiabilidad, es decir, se realizará la entrega de esta instalación para su prueba operacional de confiabilidad en funcionamiento normal, momento en el cual proyecto retirará su personal de apoyo (eléctricos, mecánicos, etc.), con la salvedad que sólo el personal del sistema de control se mantendrá en jornadas diurnas normales, como garante de la correcta funcionalidad del sistema diseñado y ya probado con carga incremental.

13.3.3 Periodo de Confiabilidad

Etapa final correspondiente al periodo de comprobación funcional y operacional de la instalación en régimen normal de producción, etapa que es previa a la *Aceptación y Recepción Final* de las Instalaciones en que operaciones (con sólo la presencia del personal del sistema de control del proyecto, realizará el monitoreo en un periodo determinado de todas las variables de proceso correspondientes, más las variables mecánicas, eléctricas, y en especial la comprobación de la solidez del sistema de control. Además, operaciones será responsable de cualquier otra actividad relacionada con la operación misma de este sistema en prueba, como lo es la coordinación de disponibilidad de materia prima y la mantención.

En este periodo de confiabilidad, la línea de proceso será operada por operaciones en forma normal y a un flujo de carga estándar, es decir, en el caso de no tener disponibilidad de materia prima, no afectará el tiempo establecido para estas pruebas operacionales de confiabilidad. Ante algún inconveniente o problema en el desarrollo de esta etapa, se generarán planes de contingencias.

Durante esta etapa, se determinará la variable confiabilidad de la línea de producción en prueba, una vez que haya operado sin interrupciones por un periodo determinado, donde su cálculo se basará en los equipos intervenidos por el proyecto a una capacidad de producción normal o estándar. Dentro de las mediciones y registros principales, se incluirán los datos relacionados con los TMEF por equipos y/o sistemas.

La etapa de confiabilidad finalizará cuando el gerente de comisionamiento del proyecto compruebe que los sistemas de proyecto operan correctamente, esto en base a que todas las pruebas anteriores se han desarrollado satisfactoriamente y fueron aprobadas por ambas partes involucradas, donde se formalizará al realizar la aceptación y recepción final de los sistemas respectivos por parte de operaciones del cliente, a través de la entrega de parte de proyecto de la *Carta de Entrega de Instalaciones a Operaciones* la cual será firmada por ambas partes. Esta carta es parte integral de toda la documentación correspondiente, que estará contenida en los paquetes TOP, generándose el traspaso final a operaciones de la línea o área de proceso que corresponda.

13.4 Responsabilidades

Actividades	Descripción	Responsabilidades
Comisionamiento	Realización de Pruebas de Funcionamiento de las Instalaciones, con Carga Inicial.	Bajo el control y ejecución del personal de Comisionamiento Proyecto en base a metodologías de comisionado, sin puntos de Criticidad 1 (seguridad a las personas y equipos). El compromiso de operaciones es dar el apoyo a nivel de la operación (operadores) a las pruebas iniciales con carga generando la coordinación de materias primas y el apoyo operacional de las instalaciones, además de la disposición del personal para las capacitaciones.
Traspaso Operacional	Realización de la entrega de las Instalaciones y sus áreas asociadas, para la ejecución de las Pruebas Operacionales.	Proyecto realiza el Traspaso Operacional, bajo la responsabilidad del Gerente de Comisionamiento. El compromiso de operaciones es aceptar las instalaciones para comenzar con la ejecución de las pruebas operacionales.
Ramp-Up	Realización de las pruebas operacionales de las instalaciones, correspondiente a la realización de la carga incremental de materia prima hasta carga máxima.	Proyecto en conjunto con operaciones, acuerdan la configuración y estrategia de las pruebas con carga incremental. Operaciones asume la responsabilidad del control de las operaciones (incluyendo las mantenciones de los equipos e instalaciones) con el apoyo como soporte técnico de proyecto (se determina la Disponibilidad).
Ajustes / Reaprietes	Una vez finalizada la etapa de Ramp-Up, se debe realizar los ajustes y reaprietes mecánicos (Con las instalaciones detenidas).	Proyecto realizará los ajustes y reaprietes previamente definidos a los diversos equipos e instalaciones, una vez concluidas las primeras pruebas operacionales (Ramp-Up), en conjunto con el apoyo del personal de mantenimiento de operaciones.
Confiabilidad	Realización de las pruebas operacionales que corresponden a la validación funcional de las instalaciones, en operación normal a carga estándar de materia prima.	Operaciones (una vez concluida las Pruebas de Ramp-Up) continuará con el control de las instalaciones bajo su responsabilidad operacional (incluyendo las mantenciones), con el fin de operar estas instalaciones bajo una condición de operación normal (sin puntos de criticidad 2 y 3), para obtener la validación del funcionamiento de estas. Proyecto mantendrá apoyo sólo con el personal del sistema de control.
Entrega Final (Traspaso Final)	Una vez superadas las etapas de Ramp-Up y Confiabilidad, se realiza la aceptación de las instalaciones, generándose la entrega o Traspaso Final a operaciones.	Proyecto (a través del gerente de comisionamiento) realiza la entrega final a operaciones de las Instalaciones, una vez validado el funcionamiento de las Instalaciones del proyecto. El compromiso de operaciones es aceptar las instalaciones y comenzar con su operación normal.
Operaciones y Mantenimiento	Con la entrega final de proyecto a operaciones, las instalaciones en un 100% comienzan a funcionar bajo el control total (operacional y mantención) por parte de operaciones.	Operaciones (una vez realizada la entrega final), comienza a operar y mantener en un 100% las instalaciones (custodia equipos, operación y mantención, etc.).

13.5 Capacidad de Producción

La capacidad de producción del sistema es un parámetro de diseño a cumplir. Esta situación implica los siguientes puntos:

- ❖ Valores de Diseño
- ❖ Utilización del sistema
- ❖ Configuración operacional

13.6 Variables Principales de Producción

Las variables de *Disponibilidad, Confiabilidad y Utilización* son variables usadas para efectos de determinar y/o indicar el estado de sistemas de proceso. Estas variables serán determinadas y usadas tanto por el proyecto como por operaciones, y cuyos valores o índices son acordados en un documento para efectos de definir el traspaso del proyecto para la recepción por parte de operaciones.

Para el caso de proyectos Brownfield el equipo de proyecto y el cliente acuerdan que posterior a cada Tie In de los sistemas de proyecto, incluyendo el periodo de comisionamiento o pruebas con carga inicial, existirá un período de Ramp-Up & Confiabilidad, en el cual el proyecto y operaciones se cerciorarán de que las nuevas instalaciones operan confiablemente y con al menos la disponibilidad acordada entre ambos. En el caso, que estos parámetros indiquen que no se ha logrado una operación normal y segura para las personas y/o equipos, se extenderá este período en que el equipo de comisionamiento del proyecto realizaran los monitoreos y los trabajos de ajustes, de rectificación y/o de completitud necesarios, hasta que sean completamente recibidas las instalaciones por parte del personal de operaciones del cliente.

13.6.1 Disponibilidad (Valor Target)

La *Disponibilidad Total del Sistema*, será calculada para determinar el comportamiento del sistema en su conjunto ya sea un proyecto Greenfield o Brownfield (equipos nuevos y existentes intervenidos), la disponibilidad medirá la disponibilidad efectiva de cada línea o unidad de proceso, considerando para el cálculo solo los equipos aportados ó intervenidos por el proyecto.

La Disponibilidad Parcial, se determinará cuando se debe obtener una disponibilidad por equipos de forma separada y se calcula según la siguiente formula:

$$\text{Disponibilidad Parcial} = \frac{(\text{Tiempo Operacional Equipo} - \text{Tiempo Mantenimiento No Programada}) \times 100}{\text{Tiempo Operacional Equipo}}$$

Donde:

- Tiempo Operacional del Equipo: Se define como el tiempo que debe estar disponible para la operación el equipo/sistema nuevo o modificado (funcionando o detenido no por falla propia), considerando como base 24 horas días.

b) Tiempo por Mantenimiento No Programada: Se define como el tiempo real en que se encuentra detenido el equipo/sistema nuevo o modificado por falla de este, imposibilitando la operación correspondiente. Los tiempos asociados a detenciones operativas, están excluidos de esta fórmula.

Esta variable, se comienza a calcular desde el inicio del Ramp-Up y no en la etapa de comisionamiento (que es previa al Ramp-Up), ya que esta etapa posee alimentación de material (carga) esporádica, mientras son realizados los ajustes de los sistemas de protección, de enclavamiento y de proceso, periodo en el cual no se puede asegurar una alimentación de mineral para producción. Por lo tanto, el periodo de determinación de la disponibilidad será durante el periodo de Ramp-Up.

El valor Target definido y acordado, se define por proyecto como parámetro operacional de diseño mediante un documento de referencia.

13.6.2 Confiabilidad

Al igual que la disponibilidad, la *Confiabilidad Total del Sistema*, será calculada para determinar el comportamiento del sistema en su conjunto (equipos nuevos más equipos existentes), midiendo la confiabilidad efectiva de cada línea o área de proceso, considerando para el cálculo sólo los equipos aportados o intervenidos por el proyecto.

La *Confiabilidad Parcial*, indicará las veces que fallen los equipos nuevos en un período de un día, basado en el *Tiempo Medio entre Fallas (TMEF)*, es decir, indicará la confiabilidad del sistema, en base a la confiabilidad de los equipos nuevos incorporados al sistema por el proyecto.

La confiabilidad se calcula como un promedio de los TMEF cada 7 días continuos de operación, por un periodo total de 15 días. Esta variable, se comenzará a calcular desde el inicio de la etapa de confiabilidad después de terminada la etapa de Ramp-Up. El sistema será confiable, cuando el TMEF sea mayor a 12hrs, en la última semana de medición. En la determinación de la confiabilidad, se excluyen los equipos existentes y reubicados.

Nota importante: Los criterios aquí mencionados son a modo de ejemplo, en cada proyecto en particular se deben establecer las formulas específicas de criterios de aceptación.

13.6.3 Utilización

Esta variable no es definida ni utilizada por el equipo de proyecto, sin embargo, personal de operaciones del cliente, debe llevar un registro de la utilización de todo el sistema, ya que esta variable mide el uso efectivo del sistema, sobre la disponibilidad real de cada línea o área de proceso. Esta variable es determinada y manejada por operaciones del cliente, en base a los requerimientos propios de operaciones.

El equipo de proyecto requiere que este valor sea logrado por el equipo de operaciones del cliente igual o mayor al definido, ya que, en caso contrario, el desarrollo de las pruebas en los periodos definidos por proyecto deberá ser a menor carga vs tiempo de mineral por línea o área de proceso durante la prueba.

13.7 Variables y Parámetros Ambientales

El objetivo principal de las variables y parámetros ambientales es identificar aspectos ambientales críticos de las actividades a desarrollar en el proyecto, determinar sus efectos sobre una serie de variables ambientales, y cómo éstos pueden transmitirse a otras variables mediante las posibles interacciones que pueden aparecer entre ellas. Estas variables ambientales agrupadas en diversas áreas temáticas se describen a continuación:

- ❖ Hidrología
- ❖ Calidad del agua
- ❖ Suelos
- ❖ Biota
- ❖ Especies Vegetales y Animales
- ❖ Biodiversidad
- ❖ Sosiego público
- ❖ Variables Socioeconómicas

13.8 Otros Criterios

13.8.1 Traspaso Final a Operaciones

Una vez finalizado el periodo de confiabilidad el equipo de proyecto realizará el *Traspaso Final a Operaciones*, una vez obtenido el performance de las instalaciones y con la documentación de respaldo de la *Capacidad de Operación*, como horas de operación y detención, TMEF, disponibilidad, confiabilidad, etc., valores obtenidos durante la etapa de Ramp-Up y el periodo de confiabilidad.

Una vez aceptado formalmente el traspaso por parte del equipo de proyecto, el equipo de operaciones es responsable de continuar operando las instalaciones tomando el *Control, Cuidado y Custodia* total de los equipos y componentes de las instalaciones.

13.8.2 Actividades Comunes

Se entiende como actividades comunes a todas aquellas coordinaciones que sean necesarias para validar el traspaso final a operaciones:

Etapas de Comisionamiento a Ramp – Up & Confiabilidad:

- a) Coordinaciones desde la etapa de comisionamiento (100% responsabilidad de proyecto) a la etapa de Ramp-Up & Confiabilidad (responsabilidad operacional de equipos por parte de operaciones del cliente, y apoyo como soporte técnico por parte de proyecto).
- b) Operaciones del Cliente sólo será responsable de operar correctamente las nuevas instalaciones (Control, Cuidado y Custodia) y proyecto será responsable de solucionar los problemas que se generen durante la operación en la etapa de Ramp-Up, con la salvedad de los trabajos propios de mantenimiento, que son por parte del equipo de operaciones del cliente.

- c) Coordinaciones periódicas que se desarrollaran entre proyecto y operaciones, para coordinar el levantamiento y solución de posibles problemas que se puedan suscitar, esto mediante la realización de caminatas y la confección de Punch List.
- d) Coordinaciones para que proyecto realice las capacitaciones respectivas al personal de operaciones durante la etapa correspondiente.

Etapas de Ramp – Up & Confiabilidad a Puesta en Marcha:

Coordinaciones para validar el *Traspaso Final a Operaciones* de la totalidad de las instalaciones. Una vez realizadas todas las entregas de las instalaciones constituyentes del proyecto, se realizarán coordinaciones para formalizar el traspaso final a operaciones, donde se revisa lo siguiente:

- ❖ Toda la documentación (Entregables)
- ❖ Todos los puntos punch-list levantados, puntos de excepción (si amerita)
- ❖ Entrega formal de llaves
- ❖ Caminatas entre proyecto y operaciones
- ❖ Aporte de personal de operaciones
- ❖ Capacitación de personal de mantenimiento
- ❖ Apoyo a la operacional del cliente
- ❖ Apoyo al mantenimiento de instalaciones

13.9 Traspaso de Instalaciones y Coexistencia de Trabajos

El traspaso de instalaciones, equipos y componentes al cliente es un acto formal de transferencia de la responsabilidad por la operación, custodia y mantenimiento de tal forma que si el equipo de PEM (con el apoyo de ingeniería, construcción y QA/QC) del proyecto, requieren realizar trabajos en el área ya traspasada operaciones, debe solicitar los permisos y las autorizaciones correspondientes al procedimiento establecido por la gerencia de operaciones del Cliente.

De la misma manera, personal de operaciones no podrá operar instalaciones, equipos u/o componentes que no se han traspasado de proyecto a operaciones, ha excepción que sea con la autorización expresa del Gerente de Comisionamiento del proyecto.

Por lo general debido a que el proceso de traspaso es por sistemas de proceso completos, es muy probable que durante un periodo de tiempo coexistan trabajando en el mismo lugar personal de proyecto (Construcción y PEM) y personal de operaciones. Frente a esta situación, se debe realizar un adecuado análisis de Interferencias, responsabilidades y planes de coordinación para la ejecución de los trabajos.

13.9.1 Personal de Pruebas y Ajustes

Durante la etapa de PEM podría existir la posibilidad de realizar trabajos de modificaciones, ajustes, reparaciones o mejoramientos en los sistemas que ya están en operación. La realización de estos trabajos debe ser ejecutada por personal calificado específicamente designado y con la supervisión directa del Gerente de Comisionamiento. Este equipo de trabajadores se denomina *Equipo de Pruebas, o Cuadrilla de Ajustes*.

Este equipo de trabajo debe dar énfasis a los denominados planos *Red Line* que materializan las modificaciones realizadas. Estas modificaciones, deben quedar plasmadas en el mismo momento que se realizan en los planos red line con todas las especificaciones necesarias y con todos los planos afectados por la modificación, para posteriormente poder emitir los planos *As Built* definitivos.

13.10 Trabajos de Ajustes, Rectificación y Completitud

Durante el periodo de Ramp-Up y confiabilidad (Periodos bajo la operación del cliente), es probable que se requiera realizar trabajos de ajustes, rectificación y/o completitud de las instalaciones. Por lo general estos trabajos están asociados a actividades de punch list y problemas operacionales.

Estos trabajos se deben clasificar por criticidad para darle una prioridad en su ejecución:

Trabajos Excepcionales (Criticidad = 1): Son situaciones que afectan a la seguridad de las personas y/o instalaciones o que impiden continuar con el proceso final de puesta en marcha. Por lo tanto, son trabajos que deben ser realizados a la brevedad.

Trabajos Pendientes (Criticidad = 2): Son situaciones que no afectan a la seguridad de las personas y/o instalaciones o que no impiden continuar con el proceso final de puesta en marcha. Estos trabajos están dentro del alcance del proyecto y pueden ser realizados posteriormente o durante el periodo de PEM previas coordinaciones respectivas.

Trabajos de Optimización – Adicionales (Criticidad = 3): Son optimizaciones y mejoramientos operacionales y de mantenimiento, que se descubren durante las etapas de comisionamiento y PEM y que no están dentro del alcance del proyecto. Para definir la ejecución de estos trabajos, deben ser sometidos a un análisis técnico económico por parte de la gerencia del proyecto.

Trabajos Recomendados o Deseos (Criticidad = 4): Son deseos operacionales y de mantenimiento no incluidos en el alcance del proyecto, recomendados que se realicen durante las etapas de comisionamiento y PEM. Para definir la ejecución de estos trabajos, deben ser sometidos a un análisis técnico económico por parte de la gerencia del proyecto.

La administración y control de estos trabajos se realiza de acuerdo a la metodología de punch list.

13.11 Acta de Notificación y Carta de Entrega

El proceso final de comisionamiento, corresponde a una entrega formal de áreas, instalaciones, equipos y componentes, bajo el concepto de aseguramiento y control de calidad (QA/QC). Por lo tanto, el sistema genera la siguiente documentación:

Acta de Notificación de Entrega de Instalaciones (ANEI): Cuando los chequeos y las pruebas realizadas por el proyecto en la etapa de comisionamiento a todos los sistemas asociados a las instalaciones a traspasar, han sido satisfactorias, se debe emitir el documento ANEI, que verifica por parte de proyecto que la instalación está lista para ser entregada a operaciones para la etapa de PEM.

El ANEI debe ser firmado por los representantes legales de proyecto y del cliente que participan de la caminata de entrega de instalaciones, garantizando que todos chequeos y pruebas de comisionamiento han sido satisfactorias. En esta acta debe quedar muy bien establecido el alcance de las instalaciones a entregar y su condición operacional con todos los respaldos que garantizan esta condición.

La emisión del ANEI es de responsabilidad del *Gerente de Comisionamiento* del proyecto. Ver figura 3.38.

Figura 3.38 Acta de notificación de entrega de instalaciones

ACTA DE NOTIFICACIÓN DE ENTREGA DE
INSTALACIONES

SISTEMAS Y/O SUBSISTEMAS _____ FECHA _____
 PAQUETE DE TRASPASO (T.O.P) _____

En esta fecha, Operaciones (Gerencia de _____) recibe las instalaciones correspondientes al PAQUETE DE TRASPASO (T.O.P.) de la referencia y asume la custodia, vigilancia, operación, mantenimiento y seguridad de los equipos e instalaciones que contemplan el Sistema de la referencia, para realizar todas las actividades necesarias para operar la instalación respectiva (como energización, puesta en funcionamiento de equipos y operación de líneas) que contempla este Sistema y sus SubSistemas.

GERENCIA DE _____ -	GERENCIA COMISIONAMIENTO -
NOMBRE _____	NOMBRE _____
FIRMA _____	FIRMA _____
FECHA _____	FECHA _____

Nota: Se debe incluir junto con esta Acta de Notificación de Entrega de Instalaciones, el Listado de Punch-list con los Puntos Pendientes y Adicionales, así como el programa para su levantamiento o solución.



Carta de Entrega de Instalaciones (CEDI): Cuando las pruebas y verificaciones durante la etapa de PEM se han desarrollado satisfactoriamente y han sido aprobadas por ambas partes aprobadas (Proyecto y Operaciones) según los hitos establecidos por el proyecto, se debe formalizar la entrega de las instalaciones a operaciones del cliente. Esta formalización se efectuará emitiendo una Carta de Entrega de Instalaciones que formalice que la instalación y sus áreas asociadas queda en condiciones de ser operada y utilizada íntegramente por operaciones del cliente (Control, Cuidado y Custodia).

La CEDI deberá ser firmada por ambas gerencias (Proyecto y Operaciones). La emisión de esta carta es de responsabilidad del *Gerente de Comisionamiento* del proyecto. Ver figura 3.39.

Figura 3.39 Carta de entrega a operaciones

CARTA DE ENTREGA DE INSTALACIONES

Señor: _____ 12 de Julio 201

Gerente
Presente

Ref. Entrega de _____

Estimado Señor:

El motivo de la presente es para formalizar el cumplimiento de la Reubicación y Nueva Habilitación de la línea de producción asociada al _____ correspondiente al alcance definido en el Proyecto _____ terminada el 12 de Julio de 201 y entregada en la misma fecha (incluye la entrega del Paquete de Traspaso TOP respectivo).

De ésta manera hemos entregado a _____ el hito establecido en el _____ y en la _____ del Proyecto _____ referente a la reubicación de _____ para su completa custodia y operación de esta línea, con el objetivo de la posterior liberación de las áreas ocupadas por las instalaciones antiguas _____ para proceder a su explotación de acuerdo al plan minero de _____

PD: El "Acta de Notificación de Entrega de Instalaciones" correspondiente a esta línea, fue firmada con el Sr. _____ y el Sr. _____

Responsable		Responsable
Gerente Comisionamiento	Gerente Proyecto	Gerente
Nombre: _____	Nombre: _____	Nombre: _____
Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____
Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____

c.c.
- _____
- Central File
- Project File

Paint X lite

13.12 Importancia de la Información de Entrega

La transferencia precisa de la información del proyecto de capital es vital para la rentabilidad de la compañía minera. La información del proyecto será tratada como un activo valioso tan importante como la propia planta física. Después de la entrega, la información de la planta se mantendrá precisa y accesible durante toda la vida útil de la instalación, que normalmente dura entre 30 y 50 años. La información inexacta o faltante de la planta causa pérdidas de ingresos debido a:

- ❖ Plazos de entrega del proyecto
- ❖ Compras innecesarias de materiales
- ❖ Reelaboración del diseño
- ❖ Retrasos en la puesta en marcha
- ❖ Recortes de producción
- ❖ Paradas de planta no planeadas

La información de ingeniería de sistemas de proyectos de capital es necesaria para su uso en sistemas de operación y mantenimiento. Además, se utiliza para un control presupuestario y contable que impulsa la compilación y validación de los registros necesarios para pasar y apoyar la vida operacional de la planta, junto con su transferencia de propiedad del proyecto y la aceptación por el propietario de la planta. La información sobre la estructura de ingeniería de la planta con los parámetros operativos requeridos y la configuración de los activos serializados instalados en esta estructura es esencial para poner una planta en producción.

Por lo general personal de operaciones y mantención del Cliente, experimentan serios problemas en la fase de ejecución del proyecto en la gestión de producción de la compañía argumentando que el proceso de handover ha sido deficiente.

13.12.1 Información del Handover

El proceso de handover se materializa mediante la entrega de los paquetes de sistema T.O.P a nivel de áreas. Será revisado, aprobado y completado por el gerente de proyecto, para la entrega final (entrega de las instalaciones) a la gerencia de operaciones respectiva del cliente. El handover estará conformado por:

- ❖ Paquete CRP (Construction Release Package) por subsistema.
- ❖ Paquete PRP (Precommissioning Release Package) por subsistema.
- ❖ Reportes de pruebas de comisionamiento (Report Commissioning Test) por sistema.
- ❖ Respaldos de cumplimiento de variables de producción obtenidas del sistema de control.

Sección 14

PUESTA EN MARCHA

Se define como puesta en marcha (PEM) al periodo posterior a la entrega a operaciones en el cual la planta ingresa al proceso productivo y comercial de la compañía. Es decir, cuando todos los costos asociados (obra de mano operacional, insumos, mantenimiento, consumos etc.) son cargados directamente al negocio y no al proyecto. A su vez también se verán reflejadas sus utilidades. Este periodo de puesta en marcha tiene un inicio y un fin que generalmente está asociado a un rango de producción sobre un periodo de tiempo. A partir de este periodo la planta está integrada al plan de producción y forma parte integral de la gestión de producción y la gestión de comercio de la compañía minera.

La importancia de la etapa de puesta en marcha es evidente dadas las características desafiantes del ambiente de negocio minero de hoy:

- ❖ Presiones para aumentar los beneficios reduciendo los costos.
- ❖ Reducción del personal del proyecto cliente y aumentos en la externalización de servicios.
- ❖ Demanda de tiempos de ciclo de proyecto más cortos.
- ❖ Falta de capacidades de planificación y herramientas de apoyo.

Estos desafíos empresariales demandan aumentos en la eficiencia organizacional y en la efectividad de la *gestión del proyecto minero*, logrando llegar lo antes posible a la etapa de puesta en marcha.

“El inicio de la puesta en marcha se define como la fase de transición entre el término del proyecto y las operaciones comerciales, incluyendo todas las actividades que unen estas dos fases. Hoy en día, la gestión de proyectos y la percepción del éxito del proyecto están alineados con un nuevo paradigma; el éxito de la operación comercial del proyecto. Una operación comercial exitosa requiere una puesta en marcha exitosa.”

14.1 Responsabilidad por la Puesta en Marcha

La responsabilidad por la puesta en marcha de un proyecto minero queda establecida en el contrato principal (Prime Contract) definiendo los alcances y las responsabilidades de las partes.

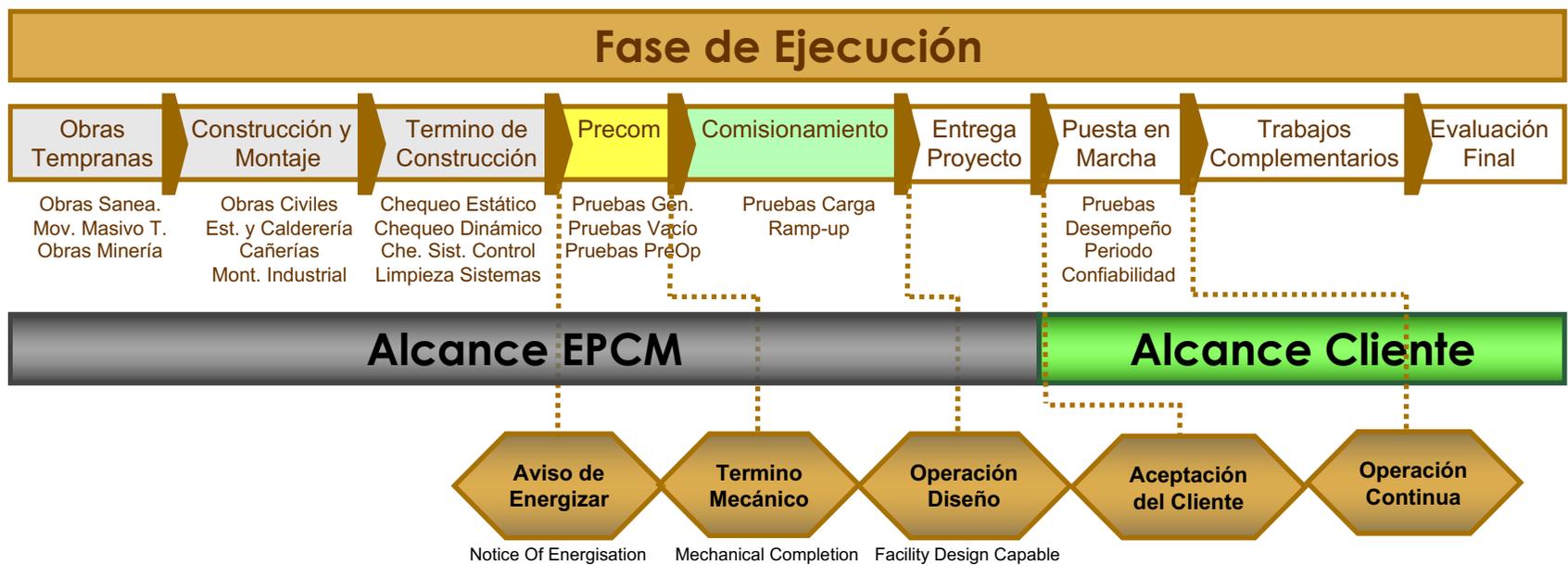
14.1.1 Responsabilidad del Mandante (EPCM)

Se establece que la responsabilidad de la puesta en marcha queda sujeta al mandante con apoyo de personal especialista del agente y de los contratistas de construcción. Este tipo de contrato define el alcance del agente hasta el comisionamiento. Ver figura 3.40.

Los contratos que se implementan con esta modalidad son del tipo:

- ❖ Contrato EPCM Alcance contractual hasta el comisionamiento.

Figura 3.40 Alcance contractual EPCM



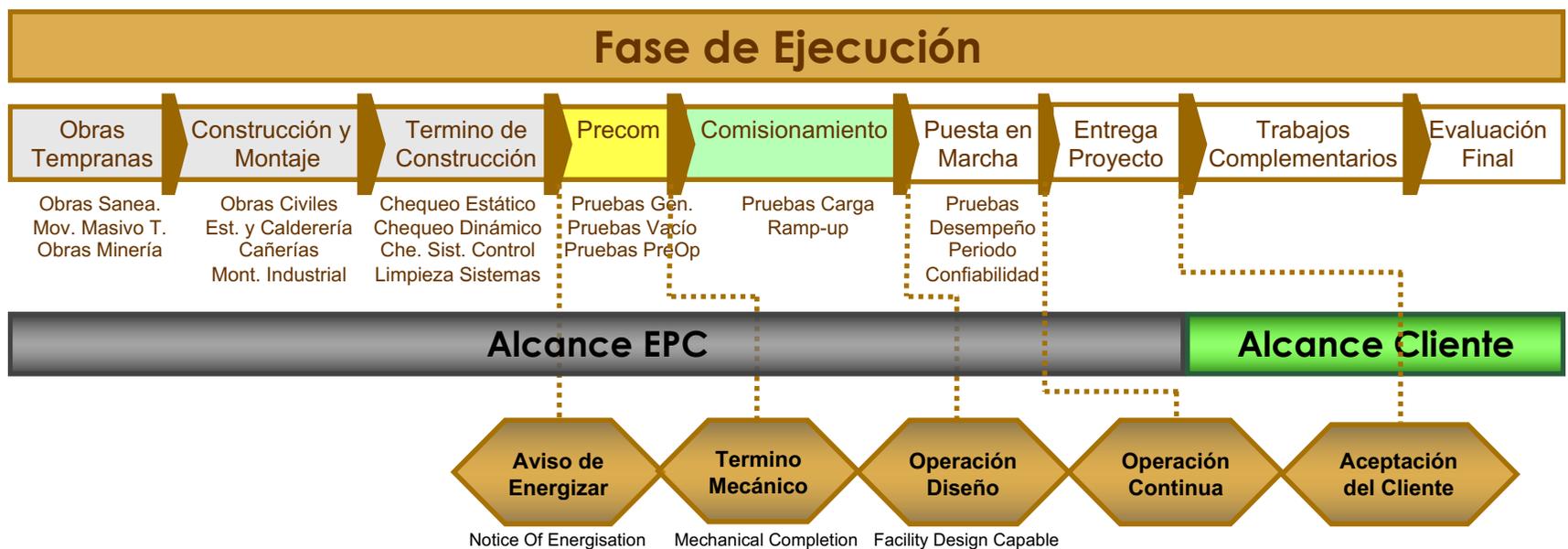
14.1.2 Responsabilidad del Agente (EPC)

Se establece que la responsabilidad de la puesta en marcha queda sujeta al agente con apoyo de personal especialista del cliente. Este tipo de contrato define el alcance del agente hasta la puesta en marcha. Ver figura 3.41.

Los contratos que se implementan con esta modalidad son del tipo:

- ❖ Contrato EPC Alcance contractual llave en mano.

Figura 3.41 Alcance contractual EPC



14.2 Alcance de la Puesta en Marcha

Durante la etapa de puesta en marcha se realizan las siguientes actividades y pruebas:

- ❖ Plan de Comisionamiento y PEM.
- ❖ Plan de Preparación Operacional.
- ❖ Pruebas de Desempeño.
- ❖ Pruebas de Confiabilidad.

14.6.1 Especificación de las Pruebas de Desempeño

Este documento describe los pasos e identifica las actividades necesarias para efectuar las pruebas de desempeño de uno o varios sistemas de la planta industrial. Se determinan las pruebas y etapas a ejecutar, se identifican los equipos involucrados, los requerimientos de materiales, de equipamiento y el personal necesario. Se establecen las responsabilidades de los involucrados y las principales consideraciones de seguridad.

En el caso que se requiera la participación de equipos auxiliares para una prueba de desempeño, estos deberán estar probados y aceptados como conjunto, con anterioridad a la fecha de realización de la prueba.

Se define el conjunto de pruebas de desempeño para ser efectuado en las diferentes áreas de la planta industrial y sus instalaciones. Se deben adjuntar los diagramas de proceso con los equipos involucrados en cada prueba. El alcance de las pruebas es el contractualmente definido y comprende todas las actividades necesarias para demostrar un funcionamiento satisfactorio en las pruebas de desempeño. Para estas pruebas se preparará un dossier documental en el que se archivan los documentos utilizados y se registran todos los resultados de las actividades.

14.6.2 Alcance de las Pruebas de Desempeño

Definir los sistemas considerados en la prueba de rendimiento incluyendo equipos, componentes, instalaciones, sistema de control, instrumentación, dispositivos de protección, etc., los que serán demarcados en los planos P&Ids correspondientes.

14.6.3 Descripción de las Pruebas de Desempeño

Se deben describir detalladamente cada una de las pruebas indicando:

14.6.3.1 Descripción General

Esta es una descripción de las actividades a realizar durante el desarrollo de la prueba, es completa y debe considerar todas las variables posibles de desviación del proceso.

14.6.3.2 Principales Equipos Involucrados

Listado de los equipos que se contemplan o incluyen dentro del alcance de la prueba.

14.6.3.3 Requerimientos Externos

Definición de suministros, apoyo, implementos u otro requerimiento que sea necesario para ejecutar la prueba y sea dependiente de otras organizaciones como organismos fiscales, el cliente etc.

14.6.3.4 Condiciones de Proceso

Consideraciones que tienen relación con las variables del proceso, características del mineral, consumo eléctrico, cantidades de material, consumo de agua etc.

14.6.3.5 Condiciones de Seguridad

Se deben considerar todos los aspectos de riesgos, seguridad industrial (personal, equipos y materiales) y medio ambiente. Por lo anterior, se deben diseñar procedimientos detallados que incluyan el mejor nivel de experiencia, la ingeniería del proyecto, las normas API, NFPA, ASME, ASTM, ANSI, NACE, Código Eléctrico Nacional, y todas aquellas que contribuyan a lograr un buen desarrollo de los trabajos. Además, debiera ser revisado o complementado, en sus partes pertinentes, por los proveedores de los equipos o sistemas que se instalen en el proyecto y los manuales de puesta en marcha de cada equipo o instalación, se deberán entregar debidamente revisados y autorizados, antes del inicio de las actividades.

14.7 Pruebas de Confiabilidad

Las pruebas o periodo de confiabilidad, se cumple una vez logradas las condiciones establecidas en el contrato principal. Estas condiciones generalmente están relacionadas con rendimientos de la planta o una determinada cantidad de producción, verificando el comportamiento de la planta a nivel del ejercicio operacional (seguridad operacional) de ella bajo condiciones de régimen permanente de producción y respecto de los costos globales preestablecidos en el diseño.

Durante el periodo de confiabilidad, la instalación o sistema será operado por el equipo de operaciones del cliente en forma normal y a un flujo de carga estándar. El periodo de confiabilidad finaliza cuando el gerente de comisionamiento del proyecto comprueba que el sistema o la instalación sujeta a prueba opera y produce conforme a lo establecido en el diseño, esto en base a que todas las pruebas se han desarrollado satisfactoriamente y fueron aceptadas por las partes involucradas. El periodo de comprobación operacional y productivo de la instalación o sistema a régimen normal de producción se formalizará de acuerdo a los criterios de aceptación y recepción final de las Instalaciones.

14.7.1 Confiabilidad operacional

La confiabilidad operacional se define como una cadena de técnicas de mejora continua, que introducen en forma sistemática, avanzados equipos de diagnóstico, métodos de análisis y nuevas tecnologías, para perfeccionar el servicio, planeación, ejecución y control de la producción. Sistema compuesto por personas, procesos y activos para el cumplimiento de funciones dentro de un contexto operacional específico, dentro de sus límites de diseño.

Es importante, puntualizar que en un sistema de confiabilidad operacional es necesario el análisis de sus cuatro parámetros operativos:

- ❖ Confiabilidad humana
- ❖ Confiabilidad de los procesos
- ❖ Mantenibilidad
- ❖ Confianza de los equipos

los cuales interactúan de forma óptima para obtener un mejoramiento duradero y de largo plazo.

14.7.1.1 Confiabilidad Humana

Se puede definir como el conjunto de conocimientos y técnicas que se aplican en la predicción, análisis y reducción del error humano, enfocándose sobre el papel de las personas en las áreas de diseño, operación, procesos, mantenimiento y gestión de un activo de producción. Se vincula con el número de errores que se cometen en un tiempo determinado y bajo condiciones específicas de trabajo. Por ello, la confiabilidad en el contexto de operación de un sistema agrupa: los modos de fallas propios que ocurren dentro del proceso de producción (técnicos); y aquellos determinados por las personas que interactúan (diseño, operación y mantenimiento) con estos sistemas.

14.7.1.2 Confiabilidad de Procesos

Se define como la técnica que nos permite conocer y determinar los parámetros de las operaciones de una organización, de esta forma se tendrá un panorama más amplio en base al entendimiento preciso de las operaciones dentro de un organismo.

14.7.1.3 Confiabilidad de los Equipos

Se entiende como el conjunto de herramientas aplicadas para conducir al mejoramiento y lograr la efectividad global dentro de las organizaciones y de esta forma se pueda extender el tiempo entre fallos de un sistema o componente.

14.7.1.4 Mantenibilidad

Conjunto de acciones destinadas a mantener o reacondicionar un componente, equipo o sistema, en un estado en el cual sus funciones pueden ser cumplidas. Entendiendo como función cualquier actividad que un componente, equipo o sistema desempeña, bajo el punto de vista operacional.

14.8 Entrega Final del Proyecto

El proceso de entrega final del proyecto se materializa mediante handover al cliente junto con la entrega del certificado de pruebas de desempeño (performance test) del proyecto. Será revisado, aprobado y completado por el gerente de proyecto, para la entrega final (del proyecto) a la gerencia de operaciones del cliente. Ver figura 3.43.

La entrega final estará conformado por:

- ❖ Paquete CRP (Construction Release Package) por subsistema.
- ❖ Paquete PRP (Precommissioning Release Package) por sistema.
- ❖ Reportes de pruebas de comisionamiento (Report Commissioning Test) por sistema.
- ❖ Respaldos de cumplimiento de variables de producción obtenidas del sistema de control.
- ❖ Reporte de prueba de desempeño (Performance Test) por proyecto.

Figura 3.43 Entrega final del proyecto



HERRORES HABITUALES EN PEM

La experiencia indica que es muy importante realizar una buena puesta en marcha inicial de las instalaciones del proyecto minero ya que los errores cometidos durante este proceso *no se corrigen jamás*, o tardan mucho en solucionarse.

El *primer error* lo comete generalmente el cliente u operador de la planta, mediante la aceleración del proceso y presiona a los responsables de la puesta en marcha para comenzar la explotación de la instalación de la forma más rápida posible, obligándolo a que resuma su lista de tareas, comprobaciones, pruebas y ajustes para realizar una buena puesta en marcha.

El *segundo error* lo suele cometer el responsable del comisionamiento y puesta en marcha cuando no tiene claramente estructurado todo el proceso, con una planificación detallada y una idea muy clara de todas y cada una de las pruebas y ajustes que pretende hacer, y con un criterio muy definido sobre las condiciones que se deben cumplir para dar cada prueba y ajuste como finalizado.

El *tercer error* durante este periodo consiste en iniciar el comisionamiento y puesta en marcha sin que los sistemas que se ponen en marcha estén finalizados correctamente. Antes de iniciar este proceso hay que comprobar que la construcción y/o montaje de la instalación se ha realizado de acuerdo al proyecto y se ha finalizado en sus puntos más importantes, quedando tan solo pequeños trabajos que es posible ir terminando durante el proceso de puesta en marcha (Los detalles no finalizados correctamente están registrados en el punch list).

El *cuarto error* suele ser suceder cuando se inicia la fase del comisionamiento y puesta en marcha de un sistema sin haber finalizado satisfactoriamente la fase de precomisionamiento del sistema. Así, no debería iniciarse el comisionamiento y puesta en marcha del sistema si en la transferencia del precomisionamiento del sistema se detectaron problemas graves.

El *quinto error* suele ocurrir si, para acabar el proceso de puesta en marcha lo antes posible, se dejan en control manual alguno o muchos de los puntos que estaban diseñados para ser controlados de forma automática: así, el control de niveles, de dosificaciones, de caudales, de revoluciones, pueden quedar en modo manual cuando se dispone de todos los equipos necesarios para funcionar automáticamente. Este es un error demasiado habitual, y causa entre otras cosas que la cantidad de personal necesaria para operar la planta o la instalación se incremente o la disponibilidad de la instalación disminuya.

El *sexto error* consiste en dar por finalizada la puesta en marcha cuando todavía quedan equipos por probar o por arrancar, y dejar este proceso en manos del personal de producción o mantenimiento, que pueden no estar suficientemente preparados para hacerse cargo de un trabajo así, que en absoluto es habitual para ellos.

El *séptimo error* consiste en no elaborar planos e información final (As Built) que recoja todas las modificaciones producidas durante el proceso término de construcción, precomisionamiento, comisionamiento y puesta en marcha. Durante estas etapas y con el fin de corregir errores detectados, se producen cambios tanto en los programas informáticos que controlan autómatas, dispositivos programables, así como cambios y modificaciones en la propia instalación (tuberías, tendidos de cable, cambios de equipos, etc).

El problema que encuentra el operador de la instalación, y el mantenedor, es tan grande como habitual, ya que lo que existe en la realidad no es lo mismo que lo que se refleja en la información técnica en la que se está basando para realizar una intervención, un diagnóstico o una modificación posterior.

El *octavo error* consiste en saltar conscientemente la fase final: la optimización de la instalación (confiabilidad). La planta no sólo debe producir, sino que debe hacerlo de la forma más eficiente posible.

Sección 16

PLAZO Y COSTO PEM

Definir el plazo y costo de las etapas de comisionamiento y puesta en marcha, es un tema bastante variable ya que depende de muchos factores y de múltiples situaciones específicas de cada proyecto minero que serán definidas a medida que avanza el proyecto. Sin embargo, en las fases iniciales de estudio del proyecto será necesario contar con estimaciones referenciales. La práctica ha tratado de formular empíricamente un modelo que permita establecer parámetros referenciales del presupuesto y plazo estimativo de la etapa de comisionamiento y puesta en marcha.

Los costos se dividen en tres categorías:

- ❖ Costos de los equipos, materiales y personal (Recursos)
- ❖ Costos de los cambios inesperados y adiciones
- ❖ Costos de las averías de equipos mecánicos (Reparaciones)

La estimación referencial del costo está directamente relacionada con:

$$\text{COSTO} = A (0,10 + B + C + D + NE)$$

Donde:

- ❖ A = Costo directo % del capital del proyecto (0% a 5% en proyectos mineros)
- ❖ B = Factor de proceso.
 - 0,05 Procesos radicalmente nuevos.
 - 0,02 Procesos relativamente nuevos.
 - - 0,02 Familias de procesos.
- ❖ C = Factor de equipamiento.
 - 0,07 Equipos radicalmente nuevos.
 - 0,03 Equipos relativamente nuevos.
 - - 0,03 Familias de equipos.
- ❖ D = Factor de trabajo.
 - 0,04 Trabajos especializados.
 - 0,02 Trabajos relativamente especializados.
 - - 0,01 Trabajos simples.
- ❖ N = Número de procesos u operaciones unitarias.
- ❖ E = Factor de Dependencia.
 - 0,04 Proceso interdependencia unitaria.
 - 0,02 Proceso moderadamente dependiente.
 - - 0,02 Plantas independientes.

La estimación referencial del plazo está directamente relacionada con:

$$\text{PLAZO} = a (0.15 + b + c + d + Ne)$$

Donde:

- ❖ a = Tiempo de construcción.
- ❖ b = Factor de proceso.
 - 0.15 Proceso radicalmente nuevo.
 - 0.05 Proceso relativamente nuevo.
 - - 0.01 Familia de procesos.
- ❖ c = Factor de equipo.
 - 0.15 Equipos radicalmente nuevos.
 - 0.08 Equipos nuevos.
 - 0.05 Equipos relativamente nuevos.
 - - 0.01 Familia de equipos.
- ❖ d = Factor de Trabajo.
 - 0.15 Trabajos especializados.
 - 0.05 Trabajos relativamente especializados.
 - - 0.01 Trabajos simples.
- ❖ N = Numero de procesos u operaciones unitarias.
- ❖ e = Factor de dependencia.
 - 0.25 Proceso interdependencia unitaria.
 - 0.10 Proceso moderadamente dependiente.
 - - 0.02 Planta Independiente.

Estas estimaciones son referenciales y depende en gran medida de la experiencia del *Commissioning Manager* para establecer o definir su grado de certeza.

TRABAJOS COMPLEMENTARIOS

17.1 Trabajos Complementarios

Durante las etapas de término de construcción, precomisionamiento, comisionamiento y puesta en marcha del proyecto, se van estableciendo en la lista de detalles o punch list, una serie de trabajos solicitados por el grupo de operaciones o por el grupo de mantenimiento del cliente. Estos trabajos no están contemplados en el alcance del proyecto original por lo que quedan establecidos como trabajos complementarios, los cuales serán realizados por el cliente a través de un contratista externo. En algunos casos estos trabajos son asumidos por la empresa agente, esto dependerá del alcance de la obra, de los costos y de la disponibilidad de recursos ya que a menudo la empresa agente está dedicada a la entrega y desmovilización del proyecto durante el periodo en el cual se desarrollan los trabajos complementarios.

17.2 Evaluación Final

La evaluación final corresponde al análisis del proceso de cierre de la fase de ejecución del proyecto o cierre del proyecto. En esta etapa se evalúan los resultados finales del proyecto, se hace una distribución final de cuentas transitorias y se procede a tramitar y solucionar todos los reclamos y situaciones pendientes de seguros y garantías.

Bibliografía

1. Fundamentos para la dirección de proyectos Guía del PMBok) Cuarta Edición 2008
2. Américo Albalá, Dirección de proyectos; Colegio Ingenieros de Chile 1993.
3. Adolfo Arata, Ingeniería y Gestión de la Confiabilidad Operacional en Plantas Industriales. Universidad TFMSM 2009.
4. Antonio Creus, Instrumentos Industriales; Alfaomega 2009.
5. Gustavo Arriagada, Administración Integral de Proyectos; Colegio Ingenieros de Chile 1995.

Apuntes Personales de Proyectos

1. Proyecto EPCM Doña Inés de Collahuasi Angloamerican 1997
2. Proyecto EPCM Los Pelambre Antofagasta Minerals 1999
3. Proyecto EPC El Tesoro Antofagasta Minerals 2000
4. Proyecto CTF Codelco Chile 2002
5. Proyecto EPCM Biolixiviación Codelco Chile 2003
6. Proyecto EPCM ODS Minera Escondida 2004
7. Proyecto EPCM Sulphide Leach Minera Escondida Ltda. 2005
8. Proyecto EPCM MSC OLE/W9 Minera Escondida Ltda. 2007
9. Proyecto EPCM Metals Enterprice Expansion Sherrit Company (Moa - CUBA) 2008
10. Proyecto EPCM Explotación de Sulfuros RT Fase 1, Codelco Chile 2009
11. Proyecto Binacional EPCM Pascua Lama, Compañía Minera Nevada. 2010
12. Proyecto EPCM EOA Escondida Ore Access, Minera Escondida Ltda. 2012
13. Proyecto EPCM Bottlenecking 160 KTPD, Collahuasi, Angloamerican. 2012
14. Proyecto EPC Antucoya, Compañía Antofagasta Minerals. 2014
15. Proyecto EPCM Deposito de Relaves Minera Candelaria 2018