



INGENIERÍA DE DETALLES CAMBIO DE MATERIAL LÍNEAS ELECTROLITO INTERPLANTA A HDPE MEL

REVISADO



BPI17009

☐ SIN COMENTARIOS

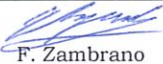


☒ CON COMENTARIOS

FECHA: 22.10.17 POR: H.Letelier

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

PRUEBAS HIDROSTÁTICAS

BPI17009-M-6000-TS005 Rev. B

B	06-09-17	Aprobación Cliente	 F. Zambrano	 H. Martínez	 G. Acevedo		
A	03-08-17	Coordinación Interna	J. Castro	H. Martínez	G. Acevedo		
REV.	FECHA	EMITIDO PARA	POR	L.D.	J.P.	REV.	APR.
			BRASS			CLIENTE	



BRASS Chile S.A.
Tecnología de punta
en transporte de fluidos



BRASS Chile S.A.
Tecnología de punta
en transporte de fluidos

CONTROL DE PRODUCTOS

Revisado por: Krishna B

Fecha: 07/09/2014

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

PRUEBAS HIDROSTÁTICAS

BPI17009-M-6000-TS005 Rev. B

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	4
2	ALCANCE	5
2.1	TRABAJOS INCLUIDOS	5
2.2	TRABAJOS EXCLUIDOS	6
2.3	ENTREGABLES	6
3	REFERENCIAS	8
3.1	CÓDIGOS Y NORMAS	8
3.2	DOCUMENTOS	8
4	DEFINICIONES	9
5	CARACTERÍSTICAS GENERALES	10
6	CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS COMUNES	13
6.1	PROVISIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES	13
6.2	PROCEDIMIENTOS	14
6.3	AGUA PARA LAS PRUEBAS	15
6.4	CABEZALES DE PRUEBA	16
6.5	REGISTROS DE LAS PRUEBAS	18
6.6	LLENADO	19
7	CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS PARA TUBERÍAS DE ACERO	20
7.1	PRESURIZACIÓN (ACERO)	20
7.2	ESTABILIZACIÓN (ACERO)	20
7.3	PRUEBA HIDROSTÁTICA (ACERO)	21
7.4	DESPRESURIZACIÓN Y DRENAJE (ACERO)	22
7.5	LOCALIZACIÓN Y REPARACIÓN DE FUGAS (ACERO)	22
8	CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS PARA TUBERÍAS DE HDPE	23

8.1	ESTABILIZACIÓN (HDPE)	23
8.2	PRESURIZACIÓN (HDPE).....	23
8.3	PRUEBA HIDROSTÁTICA (HDPE)	24
8.4	DESPRESURIZACIÓN Y DRENAJE (HDPE)	24
8.5	LOCALIZACIÓN Y REPARACIÓN DE FUGAS (HDPE).....	25

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

PRUEBAS HIDROSTÁTICAS

BPI17009-M-6000-TS005 Rev. B

TABLAS

Tabla 1: Requerimientos de calidad del agua de prueba	16
---	----

FIGURAS

Figura 1: Esquema de cabezal de instrumentación	17
Figura 2: Esquema de cabezal receptor	18

1 INTRODUCCIÓN

“Minera Escondida Limitada, en adelante MEL, ha solicitado a Brass Chile S.A., en adelante BRASS, el desarrollo de una Ingeniería de Detalles para Cambio de Material Línea Electrolito Interplanta a HDPE.

Actualmente el Electrolito Rico, obtenido en la planta de Sulfuros, es impulsado hasta el Estanque de Electrolito Rico ubicado en la planta de Óxidos; el sistema impulsa a través de un “pipeline” de aproximadamente 16,8 km, constituido por tuberías de acero inoxidable. De forma paralela y en sentido inverso, el Electrolito Pobre obtenido en la planta de Óxidos, es impulsado hacia la Planta de Sulfuros por un pipeline de igual longitud y mismo material.

El proyecto original de MEL contemplaba el uso únicamente de tuberías de acero inoxidable, que con el transcurso del tiempo, han presentado reiterados problemas de fugas atribuibles aparentemente a problemas de corrosión. Estos problemas han significado que las Líneas de Interplanta se encuentre actualmente, en algunas zonas, con un grado de deterioro importante, que ha significado realizar reemplazos de tuberías de acero inoxidable por tuberías de HDPE.

Con información proporcionada por MEL y soportada con la realización de estudios hidráulicos, se desarrollarán los trabajos necesarios que permitan validar, considerando todos los estándares y normas aplicables, los cambios de material realizados y/o en su defecto plantear modificaciones adicionales a las actuales configuraciones de la Líneas Interplanta”.

2 ALCANCE

En este documento se encuentran especificados los requerimientos principales que deberán cumplir las pruebas hidrostáticas a ser desarrolladas en las líneas de transporte de electrolito, los equipos mínimos requeridos, así como las precauciones que deberán tomarse durante la realización de las diferentes actividades comprendidas en este trabajo.

El propósito de esta especificación es establecer los requerimientos técnicos mínimos para la prueba de presión de las tuberías y sus componentes.

Las pruebas hidrostáticas serán realizadas para todas las líneas de reemplazo de las líneas de transporte de electrolito (tuberías de acero y tuberías de HDPE).

Las pruebas hidrostáticas de las tuberías comprenden como mínimo la realización de las actividades que se describen en esta especificación y otros servicios adicionales relacionados con la prueba que el Cliente decida incorporar al presente documento. ...suministro de agua, preparación del área, aplicar procedimientos de seguridad,...

Las actividades mínimas a realizar por el Contratista para probar las tuberías son el llenado, presurización, estabilización, prueba hidrostática, vaciado y disposición del agua.

Serán removidos o aislados los componentes sensibles tales como reguladores, instrumentos y válvulas de control, que pueden resultar dañados por presiones elevadas (eventualmente presiones de prueba por sobre la capacidad resistente de estos elementos).

2.1 TRABAJOS INCLUIDOS

El Contratista suministrará todos los equipos, materiales, bombas de llenado y de presurización, cabezales, instrumentos, personal con experiencia para los trabajos y supervisión requeridos para la realización de las pruebas.

El tratamiento del agua a utilizar en las pruebas será responsabilidad del Contratista en caso que el agua suministrada por el Cliente así lo requiera. El Contratista deberá realizar el análisis del agua para verificar si cumple los requisitos descritos en el presente documento.

El Contratista deberá generar toda la documentación (registros) y respaldo de las pruebas realizadas, según los protocolos y formatos establecidos.

Los trabajos de soldadura de las tuberías así como el montaje y pruebas de otros elementos deberán estar finalizados y recepcionados por el Cliente previo a la realización de las pruebas hidrostáticas. El Contratista reparará y/o sustituirá, a su costo, los trabajos incorrectos detectados durante el desarrollo del proceso, a total satisfacción del Cliente.

El Contratista será responsable de la restitución del terreno afectado por la prueba.

Se encuentra prohibido la realización de pruebas neumáticas en las líneas, salvo las pruebas realizadas por el contratista del *liner* de HDPE para probar la hermeticidad del *liner*.

2.2 TRABAJOS EXCLUIDOS

Quedan excluidos del alcance de esta especificación toda tubería que no pertenezca al reemplazo de las líneas involucradas en el proyecto.

2.3 ENTREGABLES

El Contratista entregará un procedimiento de prueba para aprobación del Cliente o su representante. Este procedimiento abarcará los siguientes temas:

- Manual de procedimiento que debe incluir al menos:
 - Plano de ejecución con secuencia de operaciones;
 - Procedimientos para detección de fugas;
 - Procedimientos para reparación de filtraciones;
 - Diagrama esquemático de los tramos de prueba;
 - Diagrama esquemático de equipamiento de prueba, posicionamiento de arranques y conexiones;
 - Diagrama esquemático de los cabezales para las pruebas;
 - Metodología para compensación debido a variaciones de temperatura;
 - Listado de equipos e instrumentos, ordenados por fabricante y número de modelo;
 - Listado del personal asignado a la prueba (incluyendo cargo y resumen de la experiencia).
 - Manual de procedimiento y medidas de seguridad. (incluyendo Matriz de Riesgo, procedimientos de bloqueo y controles críticos asociados)
Consistentes con los estándares HSEC de MEL
- ~~Plan de emergencia con un análisis de prevención de riesgos y de protección del personal y del medio ambiente. Esto es para evitar un impacto sobre los trabajadores y el medio ambiente si se producen fugas.~~ el cual se detallan los pasos a seguir en caso de un evento en seguridad y/o medio ambiente. En dicho manual se identifican a lo menos; zonas de seguridad, PEE, teléfonos y canales de radio de emergencia
- Origen del agua, con una disposición parcial y final para el agua utilizada en las pruebas.
- Análisis del agua.
- Listado de aditivos químicos para el agua, cuando corresponda.

- Requerimientos y procedimientos de filtración de agua.
 - Localización y método de las pruebas de agua.
 - Planos esquemáticos de los tramos de pruebas con datos “as-built”.
 - Planos esquemáticos de la disposición de equipos de prueba y conexiones.
 - Planos esquemáticos de las presiones de prueba propuestas.
 - Lista de equipos e instrumentos debidamente calibrados y certificados con una validación no superior a 3 meses antes del inicio de los trabajos, mostrando la totalidad de los registros requeridos (por fabricante y número de modelo).
 - Certificado de los cabezales.
 - Registros de las pruebas (se recomienda la utilización del punto 6 del código API RP 1110).
- Dado que este cabezal puede ser fabricado en maestranzas locales o por el contratista en terreno, favor detallar que tipo de certificados debe presentar Ej.. soldadura, materiales, etc.)

3 REFERENCIAS

3.1 CÓDIGOS Y NORMAS

Las pruebas hidrostáticas deberán estar de acuerdo, en todo lo que corresponda, con las regulaciones y requerimientos contenidos en las ediciones vigentes de los códigos y normas aplicables de los siguientes organismos, indicados a continuación:

- ASME B31.4 *Pipeline Transportation Systems for Liquids and Slurries*
- API RP 1110 *Recommended Practice for Pressure Testing of Liquid Petroleum Pipelines*
- ASTM F2164 *Standard Practice for Field Leak Testing of Polyethylene (PE) and Crosslinked Polyethylene (PEX) Pressure Piping Systems Using Hydrostatic Pressure*
- ASME VIII Div. 1 *Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 1: Design and Fabrication of Pressure Vessels*
- ASTM E165/E165M *Standard Practice for Liquid Penetrant Examination for General Industry*

En el caso de existir diferencias entre los códigos y normas indicadas, deberá ser aplicada la más estricta, con la correspondiente aprobación del Cliente.

Las pruebas hidrostáticas de los sistemas de tuberías serán llevados a cabo de acuerdo con el código ASME B31.4 y API RP 1110 (tuberías de acero) o ASTM F2164 (tuberías de HDPE), según corresponda.

Si el Contratista presenta algún conflicto con esta especificación, deberá comunicar y solicitar una aclaración por escrito al Cliente o a su representante, antes de proceder con las pruebas hidrostáticas.

3.2 DOCUMENTOS/PLANOS

A continuación se listan los planos de referencia para la presente especificación técnica:

- | | | |
|-----|-----------------------|--|
| [1] | BPI17009-H-6000-DG001 | Plano de Pruebas Hidrostáticas Electrolito Rico |
| [2] | BPI17009-H-6000-DG002 | Plano de Pruebas Hidrostáticas Electrolito Pobre |

Se debe hacer referencia al documento "CONDICIONES DEL SITIO", puesto que la influencia del Clima y la radiación solar, puede afectar la ejecución de la prueba, sobre todo en tuberías de HDPE. Por tanto es importante tener presente el factor Climático en los procedimientos de prueba.

4 DEFINICIONES

- Cliente: Se referirá a MEL.
- Contratista: Se referirá a la parte responsable de la realización de las pruebas hidrostáticas de las líneas de transporte de electrolito y del suministro de todo el personal, equipos y materiales necesarios para el servicio.

5 CARACTERÍSTICAS GENERALES

El Contratista deberá cerciorarse que todos los trabajos previos que puedan afectar al desarrollo de las pruebas hidrostáticas estén finalizados satisfactoriamente.

El Contratista suministrará el agua adecuada para las pruebas hidrostáticas de las tuberías, cumpliendo con todas las leyes y reglamentos para obtener, transportar y retirar el agua después de completar las pruebas.

Se deberá privilegiar la reutilización del agua entre cada prueba. El Contratista deberá presentar un procedimiento para aprobación del Cliente.

La disposición final del agua utilizada en las pruebas deberá hacerse en lugares permitidos por la autoridad competente y en completo cumplimiento de la normativa de protección ambiental.

El Contratista entregará un informe de análisis del agua que se pretende utilizar para las pruebas, preparado por laboratorios especializados aprobados por el Cliente y con la anticipación necesaria para ejecutar las pruebas hidrostáticas, de acuerdo con el programa del Contratista.

El Contratista deberá recomendar, para la aprobación del Cliente, una lista de productos químicos que puedan ser requeridos como aditivos para las pruebas. Estos aditivos químicos serán certificados como ambientalmente seguros para su disposición en fuentes naturales.

El Contratista presentará un procedimiento de pruebas para aprobación del Cliente o su representante. Este procedimiento será entregado para cada tramo de pruebas y abarcará, aunque no limitado a ellos, los siguientes tópicos: *El procedimiento debe ser genérico y los protocolos deben ser específicos para cada tramo, esto para evitar documentación duplicada. Ej: Metodologías y Procedimientos HSEC*

- Esquema con el perfil longitudinal del tramo de prueba, conteniendo por lo menos:
 - Perfil longitudinal de terreno “as built” de los tramos de prueba. *(protocolo)*
 - Presiones de pruebas máximas y mínimas consideradas por el Contratista en los puntos de medición (extremos) y en otros puntos relevantes (puntos bajos del tramo) de acuerdo a los planos listados en la sección 3.2 (referencias [1] y [2]). *(Protocolo)*
- Listado de equipos e instrumentos, debidamente calibrados y certificados, señalando el rango de registros requeridos por cada uno de ellos (fabricante y número de modelo) y con tiempo de uso no superior a 3 meses. *(protocolo, se entrega uno para toda la prueba, en caso de no exceder los 3 meses)*
- Fuentes de agua. *(protocolo, registro)*
- Análisis de agua. *(protocolo, registro)*

- Listado de aditivos químicos al agua (si aplica). (protocolo)
- Requerimientos y procedimientos de filtración. (procedimiento)
- Planos esquemáticos de secciones de pruebas con los datos conforme a la obra (as-built) del trazado.(protocolo)
- Planos esquemáticos de disposición de equipamientos de pruebas y conexiones. (protocolo)
- Planos esquemáticos de alturas de pruebas.(protocolo)
- Metodología para la compensación de la presión debido a variaciones de temperatura. (Procedimiento)
- Listado de personal para las pruebas (incluyendo experiencia e idoneidad).(Protocolo)
- Secuencia de ejecución de las pruebas y duración total de las mismas.(protocolo)
- Disposición parcial y final para el agua utilizada en las pruebas. (Protocolo)
- Aspectos de prevención de riesgos y medio ambiente. (Procedimiento HSEC, charlas e inducciones de seguridad)

El Contratista deberá contar con las instalaciones adecuadas y suficientes, tipo contenedor o remolque, a satisfacción de los requerimientos del Cliente, para mantener de forma segura los instrumentos (balanzas de peso muerto, registradores y manómetros). Del mismo modo deberá contar con instalaciones donde operen los instrumentos durante el proceso de prueba. Además deberá brindar las condiciones necesarias para el personal que ejecutará las pruebas.

La operación será conducida de forma segura y de acuerdo con el procedimiento de prueba aprobado. Cualquier etapa del procedimiento que el Cliente o su representante considere que esté fuera de lo requerido o con desviaciones con respecto a lo aprobado, será corregida inmediatamente. Las pruebas serán paralizadas hasta que todas las condiciones sean seguras y se encuentren de acuerdo a lo estipulado. El Cliente autorizará el re-inicio de las pruebas.

Todos los daños causados durante la prueba a las tuberías o sus componentes, cables de fibra óptica, faja de servicios y propiedades adyacentes serán reemplazados y/o reparados por el Contratista a entera satisfacción del Cliente y sin costo alguno para este último.

El Contratista designará un equipo, el cual tendrá la responsabilidad del cuidado de los equipos y la ejecución de las pruebas de acuerdo con el procedimiento aprobado por el Cliente o su representante. Este equipo de pruebas deberá estar integrado, como mínimo, por las siguientes personas:

- Un ingeniero.
- Un capataz.

- Ayudantes.
- Un ~~prevencionista~~. Asesor HSEC validado por el Cliente

El Contratista deberá hacerse cargo de todas las labores de protección, instalación de balizaje y señalética de advertencia a terceros, de acuerdo a los protocolos internos que el Cliente disponga para tales fines, además del aviso oportuno (mínimo cinco días antes de las pruebas) al Cliente y/o su representante y a cualquier otro contratista y/o subcontratista.

En el caso de líneas de HDPE sobre terreno, en caso de ser necesario, el Contratista deberá asegurar la tubería restringiéndola mediante camellones de arena para evitar movimientos descontrolados de ésta en caso de falla, dejando a la vista las uniones de secciones de tuberías.

El Contratista debe proveer personal calificado y debidamente acreditado para ejecutar trabajos al interior de MEL, el cual a su vez, debe contar con todas las inducciones de seguridad requeridas tanto de MEL como aquellas que son específicas del área. Para ello el Contratista deberá considerar en su planificación los tiempos requeridos para efectuar dichas capacitaciones, así como los costos que estas implican.

6 CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS COMUNES

En esta sección se presentan las características comunes para las pruebas para las tuberías de acero y HDPE.

6.1 PROVISIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES

El Contratista proporcionará las tuberías, bridas, accesorios de acero y HDPE, manómetros, balanza de peso muerto, válvulas, estanques de almacenamiento, mangueras, equipos de soldadura y termofusión, bombas, equipos para corte/biselado, filtros de agua y toda instrumentación requerida con sus registros adecuados para la validación de las pruebas hidrostáticas.

Durante las horas de oscuridad será utilizada iluminación permanente, de cargo del Contratista, adecuada para operar todas las bombas, *manifolds* de prueba e instrumentos utilizados en las operaciones de llenado, estabilización, presurización y drenaje.

El Contratista proporcionará los instrumentos certificados necesarios para las pruebas y sus conexiones para cada sección de prueba, además suministrará e instalará registradores calibrados de temperatura, un registrador gráfico de presión y una balanza de peso muerto. La calibración y la certificación de estos instrumentos no deberán exceder de tres meses antes de la realización de cualquier prueba hidrostática. Serán utilizados registradores de temperatura para registrar la temperatura ambiente, de la tubería, del agua y del suelo.

Se deberán considerar los *rating* (clase ASME) de conexiones y equipos mayores a las presiones de prueba.

Los requisitos mínimos para los equipos de prueba son los siguientes:

- Balanza de peso muerto: una en cada sección de prueba, con la precisión y diferencias de 3,45 kPa (0,5 psi).
- Equipos de comunicación para la coordinación durante la prueba.
- Bombas de alto caudal para el llenado, filtro y flujómetro.
- Bomba de alta presión para la presurización de la línea. Ésta deberá contar con un sistema de regulación para un ajuste final de caudal, a fin de minimizar los peligros por el incremento de presión que origina el ingreso de caudal a altas presiones.
- Termómetros/Termocuplas: con una precisión de 1 °C dentro de un rango de -30 °C a 60 °C. Éstos serán utilizados para medir la temperatura del suelo, del ambiente y de la tubería. La temperatura del agua de llenado debe ser registrada cuando se introduce en la tubería. Estos dispositivos deberán ser calibrados inmediatamente antes del inicio de las pruebas con un termómetro certificado.

- Registradores de temperatura: se instalarán uno en cada extremo de la sección de prueba con una precisión de 1°C dentro de un rango de -30 °C a 60 °C.
- Flujómetro: con una sensibilidad referente a 3% del flujo.
- Un registrador gráfico de presión con una duración de 24 horas con papel y rangos adecuados para las presiones de prueba, que deberá ser calibrado inmediatamente antes del inicio de la prueba.
- Manómetros con visor de gran tamaño con un rango de operación adecuado a las presiones de prueba con una precisión de 0,5% de la escala total y subdivisiones de máximo 100 psi.
- Cabezales fabricados bajo los estándares del proyecto (diseño para clase ASME 300).
- Válvulas de aguja para realizar una despresurización controlada del cabezal de instrumentación.
- Válvulas de bola para utilizar como bloqueo previo a las válvulas de aguja.
- Válvulas de alivio pueden ser requeridas para prevenir sobrepresiones durante la realización de las pruebas.
- Válvulas de retención en la descarga de la bomba de llenado pueden ser utilizadas con el objeto de facilitar la operación del sistema de bombeo e impedir el retorno del fluido de trabajo.
- *Pigs* de llenado/limpieza, además de filtros para capturar elementos sólidos en la prueba (*pigs* suaves de esponja y *pigs* semi-duros de plástico para impulsar agua).
- Cualquier accesorio o elemento de *piping* que el Contratista considere necesario, tanto para mejorar las medidas de seguridad como de operatividad continua. El Contratista siempre deberá considerar las indicaciones de fabricantes bajo los requerimientos de los códigos, normas y/o regulaciones aplicables.

6.2 PROCEDIMIENTOS

El Cliente o su representante deberán certificar y aprobar las operaciones de llenado, presurización, estabilización, prueba, despresurización y drenaje. También aprobará todos los resultados de las pruebas.

El Contratista notificará al Cliente el plan concerniente a las pruebas con una semana de antelación al inicio del proceso de pruebas. El Cliente, en conjunto con el Contratista, revisará los planos y diagramas de las pruebas hidrostáticas preparadas por el Contratista, de acuerdo con los criterios específicos de prueba, también seleccionados por el Contratista.

Será responsabilidad del Contratista la determinación real de la elevación de los puntos de instalación de dispositivos de prueba, debiendo incorporar los cambios de trazado y posición que se hayan incurrido durante los trabajos de construcción.

Para determinar los lugares y longitudes de las secciones de prueba, el Contratista deberá considerar los cambios de elevación, la accesibilidad a los equipos de prueba, disponibilidad de agua, etc. Las presiones de prueba serán determinadas de acuerdo a los diagramas de pruebas hidrostáticas, planos listados en la sección 3.2 (referencias [1] y [2]).

El Contratista deberá emitir procedimientos para las distintas etapas de las pruebas hidrostáticas de acuerdo a lo siguiente:

- Pruebas hidrostáticas de sistemas de tuberías de acero constarán de las siguientes etapas en el orden indicado:
 - Llenado.
 - Presurización.
 - Estabilización.
 - Prueba hidrostática.
- Pruebas hidrostáticas de sistemas de tuberías de HDPE constarán de las siguientes etapas en el orden indicado:
 - Llenado.
 - Estabilización.
 - Presurización.
 - Prueba hidrostática.
- Tanto las pruebas para tuberías de acero como para HDPE deberán contar con procedimientos de despresurización y drenaje, y localización y reparación de fugas.

6.3 AGUA PARA LAS PRUEBAS

El Cliente proveerá el agua para las pruebas hidrostáticas de las tuberías, mientras que el Contratista será responsable de transportar y retirar el agua después de completar las pruebas hidrostáticas. El Contratista será responsable por la disposición final del agua de las pruebas en lugares autorizados, en cumplimiento de las normativas de protección ambiental y deberá disponer del total permiso de la autoridad correspondiente.

No se aceptará el uso de agua de carácter ácido o de agua con elementos químicos que puedan causar daño a la tubería (corrosión).

Un análisis del agua será realizado con la anticipación necesaria para realizar la prueba hidrostática, de acuerdo con el programa del Contratista.

El Contratista deberá presentar para aprobación del Cliente una lista de laboratorios para realizar el análisis del agua.

El tratamiento del agua incluirá ajustar el pH al rango requerido en la Tabla 1 y remover sustancias que puedan afectar negativamente a las tuberías de acero y/o HDPE.

Si bien el Cliente es el responsable del suministro del agua, el Contratista deberá asegurar que ésta cumple por lo general con los siguientes parámetros:

Parámetro	Valor
pH	6,5 – 9,0
Cloruros	100 ppm máximo
Sulfatos	250 ppm máximo
Sólidos en suspensión	50 ppm máximo

Tabla 1: Requerimientos de calidad del agua de prueba

6.4 CABEZALES DE PRUEBA

El Contratista fabricará los cabezales de prueba de acuerdo con las necesidades y requerimientos de esta especificación. Los cabezales, así como las bridas y espesores de las tuberías, serán fabricadas de materiales adecuados y serán probados previamente. Los cabezales podrán ser fabricados en terreno o en taller de acuerdo con los procedimientos aprobados.

Los cabezales se conectarán a las líneas mediante uniones bridadas. Todas las uniones bridadas que serán utilizadas en las pruebas deberán contar con su respectivo protocolo de torque, información que deberá ser revisada previamente por el Cliente o su representante.

Los cabezales que serán utilizados en las pruebas hidrostáticas deberán ser 100% inspeccionados y luego 100% probados hidrostáticamente antes de la instalación. En las pruebas hidrostáticas de los cabezales se deberán tomar todas las precauciones para evitar daños a personas, incluyendo el aislamiento del área de prueba y el uso de barreras de protección para evitar posibles fugas que puedan afectar al personal involucrado o a terceros.

Los cabezales serán probados hidrostáticamente a una presión mínima de 1,1 veces la máxima presión de prueba de los tramos por un período mínimo de una hora. Se recomienda la prueba de varios cabezales al mismo tiempo para aumentar el volumen interno que será presurizado.

Las soldaduras de los cabezales deberán ser 100% inspeccionadas radiográficamente de acuerdo con el código ASME VIII Div.1 sección UW-51, antes del inicio de las operaciones. Otros procedimientos de soldaduras del Contratista serán debidamente autorizados por el Cliente o su representante. En los puntos donde no sea posible realizar pruebas

radiográficas por restricciones físicas, será permitida la inspección por tintas penetrantes según los requerimientos establecidos por ASTM E165/E165M.

La seguridad de estos procedimientos de fabricación y de pruebas de cabezales será de exclusiva responsabilidad del Contratista.

Los cabezales serán enumerados y todos los registros de prueba deberán ser conservados por el Contratista.

Si un cabezal de prueba presenta deformación permanente después de realizar una prueba hidrostática (deformación circunferencial, protuberancias, etc.) no deberá ser utilizado nuevamente, debiendo ser remplazado por un cabezal nuevo. Los cabezales podrán ser utilizados indefinidamente si éstos no sobrepasan los esfuerzos de su elemento más débil y se utilicen por debajo de la presión a las que fueron probados hidrostáticamente para su liberación.

Por razones de seguridad se recomienda el uso de válvulas de tipo aguja en los drenajes o venteos de los cabezales, para despresurizar el sistema de forma controlada y eventualmente retirar el aire durante el llenado de las líneas.

Se fabricarán dos tipos de cabezales, un cabezal de instrumentación donde se centrarán las actividades de las pruebas y un cabezal receptor para verificación. Ambos cabezales deberán considerar el espacio para lanzar y recibir al menos dos *pigs* de copas.

A continuación se presentan esquemas referenciales de los cabezales:

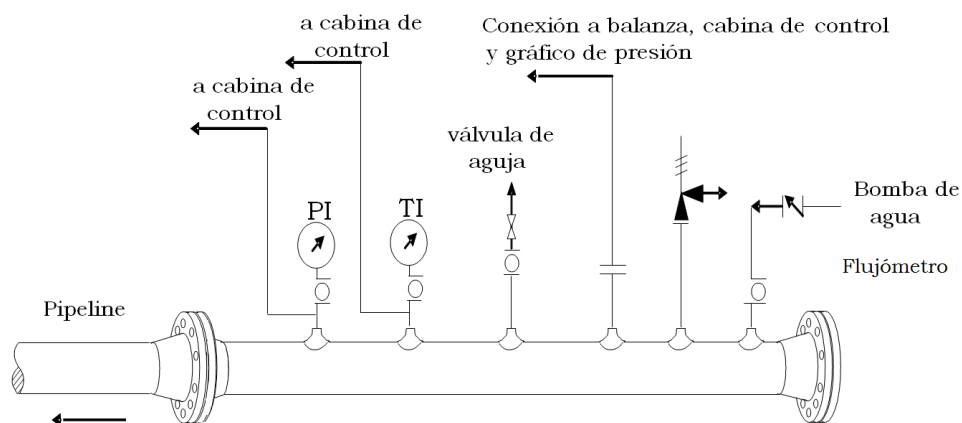


Figura 1: Esquema de cabezal de instrumentación

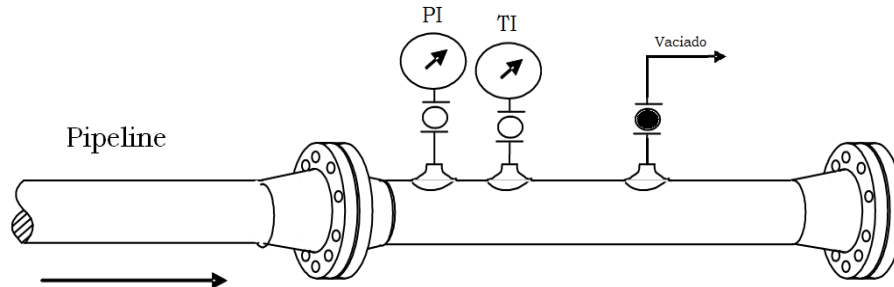


Figura 2: Esquema de cabezal receptor

En caso de utilizar mangueras hidráulicas para conexión de elementos, éstas deberán contar con elementos retenedores o de seguridad para evitar golpes ante posibles desconexiones.

6.5 REGISTROS DE LAS PRUEBAS

Para controlar las presiones y las temperaturas en la tubería serán instalados durante la prueba registradores continuos de presión, manómetros y registradores de temperatura que estén previamente calibrados, de acuerdo con lo indicado en el esquema del cabezal de instrumentación (ver Figura 1).

El cabezal de instrumentación se montará en el extremo de la sección con mayor cota y en el extremo de menor cota se instalará un cabezal receptor que contará sólo con un registrador de presión y temperatura, por lo que el extremo con mayor presión consiste en un punto de verificación de fugas, control de presión y temperatura.

Se prefiere posicionar el cabezal de instrumentación en el extremo con mayor cota como medida de seguridad dado que en el cabezal de instrumentación es donde se centran la mayoría de las actividades de la prueba y existe mayor personal expuesto a los peligros asociados a esta actividad.

Los registradores contarán con un visor gráfico de tipo 24 horas. Las conexiones de los registradores deberán estar separadas de todas las otras conexiones. Los registradores deberán contar con registrador grafico de plumas para presión y temperatura, con escala adecuada a la cantidad de horas de la prueba (≥ 12 h). Las plumas deberán ser revisadas previo al inicio de la etapa de estabilización.

El Contratista deberá garantizar que todos los instrumentos hayan sido calibrados por un laboratorio aprobado por el Cliente. Sin embargo, se revisarán los punteros de los registradores para verificar sus perfectas condiciones.

Además del registro de presiones con visor gráfico, este contará con un registro manual de lecturas de la balanza de peso muerto, extraídas cada 10 minutos. Los valores de presión entregados por el registrador gráfico de registro continuo serán considerados como los oficiales, previa contrastación con la balanza de peso muerto la cual se considerará como instrumento patrón dado que es el instrumento de presión de mayor precisión.

El control de calidad verificará si las válvulas utilizadas en las pruebas son de clasificación (*rating*) igual o superior a la correspondiente presión de prueba utilizada.

6.6 LLENADO

Antes de iniciar la prueba, se debe asegurar que el tramo de tubería se encuentre libre de aire, para esto el Contratista podrá lanzar uno o más *pigs* para purgar el aire de la línea. Los *pigs* de purga contendrán 4 discos o copas de poliuretano para conseguir un sello hermético contra las paredes de la tubería. Cada *pig* que sea lanzado será impulsado por el agua de la prueba hidrostática y ninguno será enviado hasta que el control de calidad verifique que todas las válvulas de la línea estén 100% abiertas.

La tasa de impulsión del agua será suficiente para que el *pig* tenga una velocidad de flujo uniforme. Es importante resaltar que el Contratista deberá declarar la velocidad esperada de avance del *pig* en su procedimiento de trabajo, que en ningún caso deberá ser superior a 3 km/h. En caso de ser necesario, el agua pasará por filtros con una capacidad para remover hasta el 99% de todas las partículas de diámetro igual o superior a 50 micrones.

Al inicio del bombeo del agua (bomba de alto caudal y baja presión), será indicada la dosis de productos químicos, según lo recomendado por el laboratorio después del análisis químico del agua de prueba.

En esta etapa el Contratista también deberá considerar un medidor de flujo para el control del agua durante el llenado. El Contratista instalará también un manómetro en la descarga de la bomba de llenado para observar la presión en este punto.

Todos los alivios u otras conexiones estarán abiertos mientras el aire de las líneas es eliminado durante las operaciones de llenado.

Las actividades de estabilización, presurización y prueba hidrostática, actividades posteriores al llenado, se detallan en los capítulos 7 y 8 para tuberías acero y HDPE, respectivamente.

7 CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS PARA TUBERÍAS DE ACERO

7.1 PRESURIZACIÓN (ACERO)

Una vez finalizado el llenado, el tramo de tubería de prueba será presurizada de forma escalonada hasta llegar a la presión de prueba especificada. Esta maniobra se llevará a cabo con una bomba de alta presión y bajo caudal, que posea algún sistema para regulación de caudal.

La presurización se realizará por etapas de un 20%, 40%, 60% y 80% respecto de la presión de prueba (100%), permaneciendo en cada etapa un tiempo mínimo a 15 minutos (estabilizando entre las etapas).

Durante el primer escalón de la presurización se realizará la comprobación de la cantidad de aire al interior de la línea mediante la confección de un diagrama presión-volumen, construido por intervalos de presión máxima de 500 kPa. La comprobación de la presencia de aire se realizará comparando los volúmenes de agua realmente ingresados en la línea con los volúmenes de agua teóricos. El Contratista deberá presentar un procedimiento para la comprobación de cantidad de aire en la línea. Se aceptarán variaciones máximas del 5% entre el volumen teórico y el real medido durante este procedimiento.

La tasa de presurización no será superior a 69 kPa/minuto (10 psi/min). Durante los períodos de presurización, todos y cada uno de los accesorios, conexiones, abrazaderas y tramos en prueba serán revisados para verificar que no haya fugas en el tramo de prueba. Una vez alcanzado el 90% de la presión de prueba, la tasa de presurización deberá ser reducida, especialmente cuando la presión es cercana al 100% de la presión de prueba. Alcanzada la presión de prueba se deberá aislar la bomba de presurización.

7.2 ESTABILIZACIÓN (ACERO)

Después de completar las actividades de presurización el agua en la tubería deberá ser estabilizada. Se tomarán lecturas de presión y temperatura cada cinco (5) minutos durante la primera media hora y luego cada media hora hasta que la presión y temperatura sean estables. El Contratista deberá presentar una correlación entre la presión y temperatura del fluido de manera de poder corroborar que las variaciones de presión detectadas durante todo el proceso de estabilización correspondan a las esperadas por los cambios de temperatura del fluido, previamente declaradas por el Contratista.

En caso de que durante la estabilización aparezca una fuga el Contratista deberá drenar el tramo de tubería de manera inmediata e identificar la fuga (ver secciones 7.4 y 7.5). El Contratista deberá informar al Cliente de tal situación quien deberá autorizar la ejecución del procedimiento de reparación.

El Contratista deberá presentar un procedimiento de las actividades para la estabilización de temperatura y presiones de las líneas.

7.3 PRUEBA HIDROSTÁTICA (ACERO)

Luego de lograda la estabilización térmica y de presiones se darán por iniciadas las horas asociadas a la prueba hidrostática.

La presión de prueba se deberá mantener por un periodo mínimo de 4 horas continuas para tuberías dispuestas sobre superficie (prueba de resistencia) y de 8 horas continuas para tuberías enterradas (prueba de resistencia y prueba de fugas), verificando que no se produzcan fugas ni variaciones de presión fuera de las correlaciones entre presión y temperatura declaradas previamente por el Contratista.

Los esfuerzos en la tubería producto de la presión de prueba no podrán superar el 90% del esfuerzo mínimo de fluencia de la tubería (SMYS). Si para algún tramo en particular se requiere sobrepasar este límite, se exigirá aprobación por escrito del Cliente. Además, no se deberá superar la presión de prueba en fábrica de las tuberías y las indicadas en los diagramas de pruebas hidrostáticas (referencias [1] y [2]).

En caso de detectarse una fuga el Contratista deberá despresurizar el sistema y proceder según lo indicado en las secciones 7.4 y 7.5 del presente documento e informar al Cliente o a su representante de tal situación, quien deberá autorizar la ejecución del procedimiento de reparación. Luego de realizada la reparación se deberá proceder nuevamente con el proceso de pruebas hidrostáticas, a partir de la etapa de llenado (ver sección 6.6). Se deberá comenzar desde cero, a partir de la reparación de la filtración o fuga, no se considerarán las horas presurizadas del tramo de prueba previo a la detección de la fuga.

Si la presión disminuye sistemáticamente durante la etapa de prueba y no se correlaciona visualmente con los datos de temperatura, es necesario extender el período de prueba a la espera que la temperatura y presión muestren un comportamiento similar. Se deberá extender la prueba el tiempo necesario para asegurar que no existan fugas en la tubería.

Si la presión de prueba aumenta, producto de la temperatura, se puede despresurizar de manera controlada mediante las válvulas de aguja del cabezal de instrumentación. Se deberá mantener la presión por sobre el valor mínimo de prueba requerido para el tramo y por debajo de las presiones máximas.

Las pruebas hidrostáticas serán aceptadas si la presión de prueba durante todo el tiempo de éstas se mantiene dentro del rango de presiones mínimas y máximas definidas por el Contratista en su procedimiento, siempre y cuando las posibles variaciones de presión sean atribuibles a variaciones de temperatura. En caso contrario la prueba será rechazada y deberá repetirse.

7.4 DESPRESURIZACIÓN Y DRENAJE (ACERO)

El Contratista efectuará una despresurización gradual (70%, 50%, 40%, 30%, 0%) de la presión, manteniéndose al menos 15 minutos en cada una de estas etapas para evitar despresurizaciones descontroladas. La tasa de despresurización será definida por el Contratista en base a su experiencia. Se recomienda utilizar válvulas de aguja para llevar a cabo esta maniobra.

Una vez despresurizado el tramo de prueba el agua acumulada al interior de la línea puede ser removida mediante la impulsión de *pigs*. El drenaje del tramo de tubería deberá ser realizado disponiendo del agua de prueba en los lugares autorizados para este efecto y de acuerdo con los requerimientos de las normas y procedimientos especificados por el Cliente.

El Contratista deberá realizar el tratamiento químico o filtración requerida, para el agua utilizada en la prueba, para poder disponer de ella en los lugares autorizados por el Cliente y por las autoridades locales. El Contratista además deberá entregar la documentación técnica pertinente informando al Cliente o su representante que todos los reglamentos fueron cumplidos.

El Contratista deberá entregar un protocolo de trabajo para la despresurización y drenaje de la tubería, que deberán ser revisados y aprobados por el Cliente.

7.5 LOCALIZACIÓN Y REPARACIÓN DE FUGAS (ACERO)

Si durante las etapas de llenado, estabilización y/o presurización se detecta que existen fugas, el Contratista deberá despresurizar, drenar si es necesario, y reparar previo a volver a llenar, presurizar y estabilizar nuevamente. El Contratista verificará en primera instancia todos los puntos expuestos del tramo de prueba tales como instrumentos, mangueras, equipos de pruebas, etc. En caso de no ser identificadas fugas en los lugares expuestos del tramo de prueba, el Contratista deberá disponer de todo el equipamiento y recursos necesarios para inspeccionar y localizar la fuga en el tramo de tubería.

Cualquier fuga solamente será reparada con la aprobación formal del Cliente y de acuerdo con los procedimientos de reparación establecidos. Luego de realizada la reparación se deberá proceder nuevamente con el proceso de pruebas hidrostáticas, a partir de la etapa de llenado (ver sección 6.6).

El Contratista mantendrá un registro completo de todos los trabajos que corresponden a la localización y reparación de fugas.

8 CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS PARA TUBERÍAS DE HDPE

8.1 ESTABILIZACIÓN (HDPE)

Después de completar las actividades de llenado, la temperatura del agua y de la sección de tubería deberá ser estabilizada a una temperatura común. Se tomarán lecturas de presión y temperatura cada cinco (5) minutos durante la primera media hora y luego cada media hora hasta que las temperaturas sean estables.

La comprobación de la presencia de aire se realizará durante esta etapa luego de finalizada la estabilización, comparando los volúmenes de agua realmente ingresados en la línea con los volúmenes de agua teóricos. El Contratista deberá presentar un procedimiento para la comprobación de cantidad de aire en la línea. Se aceptarán variaciones máximas del 5% entre el volumen teórico y el real medido durante este procedimiento.

En caso de que durante la estabilización aparezca una fuga el Contratista deberá drenar el tramo de tubería de manera inmediata e identificar la fuga (ver secciones 7.4 y 7.5). El Contratista deberá informar al Cliente de tal situación quien deberá autorizar la ejecución del procedimiento de reparación.

El Contratista deberá presentar un procedimiento de las actividades para la estabilización de temperatura de las líneas.

La temperatura de prueba no deberá superar los 23°C. En caso contrario, los *ratings* de presión deberán ser reducidos al igual que las presiones de prueba.

8.2 PRESURIZACIÓN (HDPE)

Una vez finalizado el llenado y la estabilización térmica, el tramo de tubería de prueba será presurizada de forma escalonada hasta llegar a la presión final de prueba especificada. Esta maniobra deberá ser llevada a cabo con una bomba de alta presión y bajo caudal, que posea algún sistema para regulación de caudal.

La presurización se realizará por etapas de un 20%, 40%, 60% y 80% respecto de la presión de prueba (100%), permaneciendo en cada etapa un tiempo mínimo a 15 minutos (estabilizando presión entre las etapas).

La tasa de presurización no será superior a 69 kPa/minuto (10 psi/min). Durante los períodos de presurización, todos y cada uno de los accesorios, conexiones, abrazaderas y tramos en prueba serán revisados para verificar que no haya fugas en el tramo de prueba. Una vez alcanzado el 90% de la presión de prueba, la tasa de presurización deberá ser reducida, especialmente cuando la presión es cercana al 100% de la presión de prueba. Alcanzada la presión de prueba se deberá aislar la bomba de presurización.

8.3 PRUEBA HIDROSTÁTICA (HDPE)

Una vez lograda la presión de prueba (100%), se deberá añadir agua suficiente a la línea a medida que sea necesario para mantener la presión especificada de prueba por un periodo de cuatro (4) horas continuas, verificando que no se produzcan fugas (etapa de expansión).

Una vez transcurridas las 4 horas indicadas anteriormente se deberá aislar la bomba de presurización y se deberá reducir la presión de prueba en 69 kPa (10 psi) para luego monitorear la presión durante una (1) hora (etapa de prueba). En esta etapa de prueba no se deberá añadir agua al sistema ni incrementar su presión.

La máxima presión de prueba será 1,5 veces la presión de diseño del sistema o el menor *rating* de presión (PN) de las tuberías de HDPE a probar, el que resulte menor. Además, no se deberá superar la presión de prueba en fábrica de las tuberías y las indicadas en los diagramas de pruebas hidrostáticas (referencias [1] y [2]). En caso que la temperatura de prueba supere los 23°C los *ratings* de presión deberán ser reducidos al igual que la máxima presión de prueba.

No se deberá mantener presurizado el sistema a la presión de prueba por más de 8 horas.

En caso de detectarse una fuga o si la presión disminuye sistemáticamente, el Contratista deberá despresurizar el sistema y proceder según lo indicado en las secciones 8.4 y 8.5 del presente documento e informar al Cliente o a su representante de tal situación, quien deberá autorizar la ejecución del procedimiento de reparación. Luego de realizada la reparación y de pasado el tiempo de relajación del sistema, se deberá proceder nuevamente con el proceso de pruebas hidrostáticas a partir de la sección 6.6. Se deberá comenzar desde cero, a partir de la reparación de la filtración o fuga, no se considerarán las horas presurizadas del tramo de prueba previo a la detección de la fuga.

Las pruebas hidrostáticas serán aceptadas si no se observan fugas visibles y si la presión durante la etapa de prueba no presenta variaciones superiores al 5%.

8.4 DESPRESURIZACIÓN Y DRENAJE (HDPE)

El Contratista efectuará una despresurización gradual (70%, 50%, 40%, 30%, 0%) de la presión, manteniéndose al menos 15 minutos en cada una de estas etapas para evitar despresurizaciones descontroladas. La tasa de despresurización será definida por el Contratista en base a su experiencia. Se recomienda utilizar válvulas de aguja para llevar a cabo esta maniobra.

Una vez despresurizado el tramo de prueba el agua acumulada al interior de la línea puede ser removida mediante la impulsión de *pigs*. El drenaje del tramo de tubería deberá ser realizado disponiendo del agua de prueba en los

lugares autorizados para este efecto y de acuerdo con los requerimientos de las normas y procedimientos especificados por el Cliente.

El Contratista deberá realizar el tratamiento químico o filtración requerida, para el agua utilizada en la prueba, para poder disponer de ella en los lugares autorizados por el Cliente y por las autoridades locales. El Contratista además deberá entregar la documentación técnica pertinente informando al Cliente o su representante que todos los reglamentos fueron cumplidos.

El Contratista deberá entregar un protocolo de trabajo para la despresurización y drenaje de la tubería, que deberán ser revisados y aprobados por el Cliente.

8.5 LOCALIZACIÓN Y REPARACIÓN DE FUGAS (HDPE)

Si durante las etapas de llenado, estabilización y/o presurización se detecta que existen fugas, el Contratista deberá despresurizar, drenar si es necesario, y reparar previo a volver a llenar, estabilizar y presurizar nuevamente.

El Contratista verificará en primera instancia todos los puntos expuestos del tramo de prueba tales como uniones de tuberías, instrumentos, mangueras, equipos de pruebas, etc. En caso de no ser identificadas fugas en los lugares expuestos del tramo de prueba, el Contratista deberá disponer de todo el equipamiento y recursos necesarios para inspeccionar y localizar la fuga en el tramo de tubería.

Cuando las filtraciones o fugas se produzcan en uniones de tuberías realizadas por termofusión, se deberá proceder rápidamente a la despresurización del tramo dado que la ruptura completa será inminente. La unión deberá ser cortada y realizada nuevamente.

Cualquier fuga solamente será reparada con la aprobación formal del Cliente y de acuerdo con los procedimientos de reparación establecidos. Luego de realizada la reparación se deberá esperar mínimo 8 horas para que la sección de prueba se “relaje” y/o las uniones se enfrien antes de proceder nuevamente con el proceso de pruebas hidrostáticas, a partir del punto 6.6.

El Contratista mantendrá un registro completo de todos los trabajos que corresponden a la localización y reparación de fugas.

En las pruebas en HDPE se deben tener presentes los efectos las condiciones del sitio, por ejemplo radiación solar y bajas temperatura y el control de desplazamiento de la tubería debido a su alto coeficiente de expansión térmica y flexibilidad. De esta forma se pueden seleccionar horas del día para efectuar llenados o drenados con el objetivo de minimizar los efectos climáticos.

El llenado de debe ser a una velocidad controlada así como la longitud de los tramos a probar, a fin de evitar esfuerzos de tracción que pudieran comprometer o dañar la tubería.