	<p align="center">ANEXO A</p> <p align="center">Formato para la elaboración de un Plan de Prueba Hidrostática</p> <p align="center">Documento al que pertenece: <i>ITO.011 “Elaboración de Plan e Informe de Prueba Hidrostática”</i></p>	
Revisión 1	Vigente desde: 06.07.2023	Página: 1/ 8

El documento a ser presentado para aprobación de la ANH deberá contener el índice descrito a continuación, tomando en cuenta que toda la información descrita en letra ***itálica*** es simplemente una guía del contenido mínimo:

1. PROCEDIMIENTO DE PRUEBA HIDROSTÁTICA

1.1 ANTECEDENTES Y OBJETIVO

(Razón por la que se ejecuta la PH)

[por ejemplo: Ejecución de pruebas de resistencia y hermeticidad de . . . , comprendidos/ubicados en...]

1.2 ALCANCE

[por ejemplo: Es parte del proyecto:..., que se aplicará a la tubería....con diámetro nominal..., indicar las secciones en caso de que sea aplicable]

(En el caso de reemplazos detallar las características técnicas del ducto existente y las características del ducto a instalar).

1.3 DESCRIPCIÓN

1.3.1 CONDICIONES GENERALES DE LA PRUEBA

La tubería o instalación ...deberá ser sometida a una prueba hidrostática para demostrar la integridad de los materiales y verificar la inexistencia de pérdidas. Se adjunta cálculos específicos para la sección de prueba o instalación superficial.

1.3.2 PERFIL DEL TRAMO A PROBAR

Incluir diagrama de la sección de prueba, que indica la porción de la tubería que será probada [Artículo 33 del RDCOADB], incluyendo un perfil hidráulico de la sección de prueba.


En caso de instalaciones superficiales se debe incluir un diagrama isométrico a detalle que permita una mejor comprensión del plan de PH, adicionando las dimensiones.

1.3.3 POSICIÓN DE LOS CABEZALES DE PRUEBA

Incluir diagrama de la ubicación de los cabezales de prueba [Artículo 33 del RDCOADB], sea de las secciones a probar o respecto a la instalación superficial.

Describir la instrumentación que será conectada al cabezal de prueba y la ubicación final de estos instrumentos.

Nota: Los cabezales de prueba hidrostática deben contar con un certificado de prueba de ensayos no destructivos al 100% y certificado de prueba hidrostática que indique una prueba igual o superior al 1.5 del MOP del sistema a certificar con dicho cabezal de prueba.

		ANEXO A Formato para la elaboración de un Plan de Prueba Hidrostática Documento al que pertenece: ITO.011 "Elaboración de Plan e Informe de Prueba Hidrostática"
Revisión 1	Vigente desde: 06.07.2023	Página: 2/ 8

1.4 DETERMINACION DE PRESIONES DE PRUEBA

1.4.1 PRESIÓN DE PRUEBA MECÁNICA

Tomar en cuenta que de acuerdo a:

- ASME B 31.4: El ducto debe ser probado a no menos de 1,25 veces la Máxima Presión de Operación (MOP).
- ASME B 31.8: Para todos los cálculos de tensión circunferencial se recomienda el uso de cinco factores, que se clasifican en:

Localidad CLASE 1 DIV. 1	P.H.=1,25 MOP
Localidad CLASE 1 DIV. 2	P.H.= 1,25 MOP
Localidad CLASE 2	P.H.= 1,25 MOP
Localidad CLASE 3	P.H.= 1,50 MOP
Localidad CLASE 4	P.H.= 1,50 MOP

La presión máxima de prueba hidrostática se la determina de acuerdo a la tensión circunferencial, la cual no debe ser superior a la tensión mínima de deformación de la cañería:

$$P = \frac{2(S_t) * \tau * F_s}{D}$$

P = Presión máxima de prueba

τ = Espesor de la cañería

S_t = SMYS

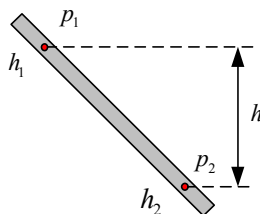
D = Diámetro externo de la cañería

F_s = Factor de Seguridad para no exceder la

SMYS, se tomará un factor de 0.95.

Donde:

- La presión de prueba máxima deberá ser como máximo al 95% de la tensión de rendimiento mínima especificada de la cañería (SMYS).
- Se debe tomar en cuenta que el Criterio para la aceptación de la prueba de resistencia mecánica (Artículo 41 del RDCOADB) indica que la presión de prueba no deberá estar por debajo del 97.5% de la presión mínima de resistencia, considerando la cota mayor, durante la ejecución de la misma.
- Se debe calcular la presión máxima en la cota menor (p_2):



$$p_2 = p_1 + \delta * g * h$$

$$h = h_2 - h_1$$


Conversión:

$$p_2[psi] = p_1[psi] + \{1000[kg/m^3] * 9.81[m/s^2] * (h_2 - h_1)[m]\}$$

Recomendación: Se debe tomar en cuenta la Presión Máxima de Prueba estipulada en el contrato.

Tomar en cuenta que para instalaciones superficiales, tubería completamente expuesta, tubería probada con anterioridad, no se requiere una prueba de fuga, debiendo consistir la prueba de resistencia en:

- Para ductos que transportarán hidrocarburos líquidos, el tiempo de prueba deberá ser de cuatro horas de duración a una presión mínima de 1.25 del

	<p style="text-align: center;">ANEXO A</p> <p style="text-align: center;">Formato para la elaboración de un Plan de Prueba Hidrostática</p> <p style="text-align: center;">Documento al que pertenece: ITO.011 “Elaboración de Plan e Informe de Prueba Hidrostática”</p>	
Revisión 1	Vigente desde: 06.07.2023	Página: 3/ 8

MOP, o por lo menos una hora y media de duración a una presión mínima de 1.5 del MOP.

- *Para instalaciones superficiales de gasoductos, el tiempo de prueba debe ser de cuatro horas y a una presión sujeta a la Localización de clase de acuerdo a la ASME B31.8. Si el sistema a probar contiene válvulas no exceder el valor permitido de presión de prueba de las válvulas.*

1.4.2 PRESIÓN DE PRUEBA DE FUGAS

- *Incluir diagrama de la sección de prueba que indica la porción de la tubería que será probada [Artículo 33 del RDCOADB].*
- *Para hidrocarburos líquidos la presión mínima de prueba se podrá bajar a 1,1 del MOP, para gas se mantiene las mismas presiones de la prueba de resistencia.*
- *Tomar en cuenta si el ducto es aéreo o enterrado.*
- *Si el ducto es aéreo, el control de la prueba de fugas debe estar acompañado de un plan de inspección visual durante la ejecución de la prueba mecánica.*

1.4.3 DOCUMENTOS DE PRUEBA

Listar y anexar los formularios que se usarán en la PH.

- *FO.167 Certificado de Limpieza de Tubería*
- *FO.168 Certificado de Calibración*
- *FO.169 Registro de Llenado de Sección de Prueba*
- *FO.170 Registro de Presión y Temperatura*
- *FO.171 Certificado de Datos de Prueba Mecánica*
- *FO.172 Certificado de Datos de Prueba de Hermeticidad (Fugas)*
- *FO.173 Certificado de Secado de Tubería*
- *FO.174 Registro de Fallas en el Ducto*

1.4.4 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DE LA PRUEBA

1.4.4.1 CRITERIO PARA ACEPTACIÓN DE PRUEBA DE RESISTENCIA MECÁNICA


En esta sección, indicar claramente los parámetros de presión y tiempo de prueba, basados en que:

El criterio de aceptación para la prueba de resistencia mecánica no deberá estar por debajo del 97.5% de la presión establecida en el punto 2.4.1 [Artículo 41 del RDCOADB].

Se requiere conciliaciones por pérdida de presión cuando exista variación de temperatura.

Se debe indicar claramente en una tabla que especifique las siguientes presiones:

- ✓ *Presión mínima de prueba de resistencia.*
- ✓ *Diferencia de presión(Pd) [psi]entre la cota mayor y cota menor*
- ✓ *Presión [psi]en el cabezal de prueba (Pmr-Pd)*
- ✓ *Presión máxima de resistencia admisible del ducto o instalación superficial a probar, establecida en el punto 2.4.1*

	<p style="text-align: center;">ANEXO A</p> <p style="text-align: center;">Formato para la elaboración de un Plan de Prueba Hidrostática</p> <p style="text-align: center;">Documento al que pertenece: <i>ITO.011 “Elaboración de Plan e Informe de Prueba Hidrostática”</i></p>	
Revisión 1	Vigente desde: 06.07.2023	Página: 4/ 8

1.4.4.2 CRITERIO PARA ACEPTACION DE PRUEBA DE HERMETICIDAD O DE FUGAS

En esta sección, indicar claramente los parámetros de presión y tiempo de prueba, basados en que:

El criterio de aceptación para la prueba de hermeticidad o fugas se basa en el control de las variaciones de presión y temperatura.

Si la presión inicial es igual a la presión final (cierra el gráfico) luego de las 24 horas de prueba no se requiere cálculo y se da por aceptada la prueba, en caso no se logre las mismas condiciones de presión se podrá prolongar el tiempo de prueba.

Para todas las pérdidas de presión, el criterio de aceptación de acuerdo al RDCOADB establece que las conciliaciones para líneas aéreas y enterradas se hacen conforme al Artículo 42, con los registros del inicio y final de prueba de las 24 horas (4 horas de resistencia mecánica y 20 horas de prueba de hermeticidad).

El Artículo 38 del RDCOADB establece también, que los ductos que sean probados con un fluido líquido, serán sometidos a una prueba combinada de resistencia y fugas.

Para la prueba de hermeticidad (fugas) los métodos de conciliación se basan en: Pipeline Rules of Thumb Hand Book, Mc Allister, Apéndice “B” “Estimación de la Cantidad del Cambio de Presión por el Cambio en la Temperatura del Agua de Prueba”.

Cálculo de la variación de la presión por temperatura de la P.H.

Donde:

DP = Variación de presión por °C

β = Coeficiente de expansión del agua

α = Coeficiente de expansión del acero

r = Radio interior de la cañería

ν = Relación de Poisson

E = Modulo de elasticidad del acero


t = Espesor de la cañería

C = Factor de compresibilidad del agua

Para la aprobación visual en cañerías aéreas se deberá establecer un recorrido a lo largo del ducto que se probará. Tomar en cuenta las recomendaciones de la cláusula 841.342 del ASME B31.8 [841.342 El procedimiento de prueba utilizado deberá ser capaz de descubrir todas las fugas en la sección que se esté probando y deberá ser seleccionado después de haber considerado debidamente el contenido volumétrico de la sección y su ubicación. Esto requiere la aplicación del buen juicio, responsable y experimentado, más que de una precisión numérica].

2. PROCEDIMIENTO DE LLENADO

Describir claramente los pasos a seguir para realizar el llenado del ducto o instalación superficial, indicando la fuente de agua, el punto de llenado, asegurando la extracción efectiva del aire contenido en el mismo.

		ANEXO A Formato para la elaboración de un Plan de Prueba Hidrostática Documento al que pertenece: ITO.011 “Elaboración de Plan e Informe de Prueba Hidrostática”
Revisión 1	Vigente desde: 06.07.2023	Página: 5/ 8

Se debe especificar los tipos de controles durante el llenado, principalmente cuando se llena el ducto desde un punto elevado hacia un punto bajo (ej. Generar contrapresión aguas abajo del chanco utilizado).

Se debe indicar los equipamientos (bomba, control de presión, caudal, temperatura) y herramientas a utilizar (por ejemplo: chancos).

Asimismo, en esta sección se debe describir el proceso de descarga del agua utilizada y la disposición final de la misma. Se debe aclarar que el Informe de Análisis del Agua de Descarga será enviado a la ANH una vez los resultados estén disponibles.

Se debe tomar en cuenta la API 1110, Sección 3.7 Llenado de línea y limpieza. (Line fill and Cleaning).

2.1 VOLUMEN DE AGUA REQUERIDO

En este sector se debe incluir todos los cálculos para determinar el volumen inicial y volumen adicional necesario para la presurización.

Volumen de agua requerido:

$$V = L * 3.1415 * (D-t)^2 / 4$$

V = Volumen requerido a 0 psi [m3]

L = Longitud de la sección requerida [m]

D = Diámetro exterior de la cañería [m]

t = espesor de la cañería [m]

Volumen de agua requerido para presurizar:

$$V_{tp} = V * F_{wp} * F_{pp} * F_{pwt}$$

V_{tp} = Volumen requerido a una presión P y temp. T, [m3]

F_{wp} = Factor de corrección de compresibilidad del agua desde 0 hasta P(psi)

F_{pp} = Factor de corrección por cambio de volumen en la cañería desde 0 hasta P(psi)

F_{pwt} = Factor de corrección por cambio de volumen del agua y de la cañería desde 60°F hasta T (°F).

Donde:

$$F_{wp} = 1/[1-(4.5/100000) * (P/14.73)]$$

P = Presión de Prueba

$$F_{pp} = 1+[(D/t)*(0.91P/30*1000000)]+[3.6/1000000*(T-60)]$$

D = Diámetro exterior de la cañería [m]

t = Espesor de la cañería [m]

T = Temperatura de la cañería [°F]


$$F_{pwt} = F_{pt} / F_{wt}$$

Donde:

F_{pt} = Factor de corrección por cambio de volumen de la cañería debido a la expansión térmica de la cañería desde la temperatura base de 60°F

$$F_{pt} = 1+((T - 60) * 18.2/1000000)$$

F_{wt} = Factor de corrección por cambio térmico en el volumen específico del agua desde 60°F a la temperatura de prueba del agua. (Ver tablas).

 YPFB Transporte S.A.	ANEXO A Formato para la elaboración de un Plan de Prueba Hidrostática Documento al que pertenece: ITO.011 “Elaboración de Plan e Informe de Prueba Hidrostática”
Revisión 1	Vigente desde: 06.07.2023 Página: 6/ 8

2.2 PRESURIZACIÓN Y EJECUCIÓN DE LA PRUEBA

2.2.1 PRESURIZACIÓN

Se debe explicar que se iniciará una vez que se ha comprobado que toda la extensión del ducto o instalación superficial fue llenada completamente.

Indicar que equipo será utilizado para realizar la presurización y el régimen de presurización en psi/minuto.

Indicar las fases de presurización y estabilización, determinando los tiempos a utilizar que no deben ser menores a 30 minutos, antes de iniciar el periodo de prueba de resistencia y hermeticidad.

Adjuntar un gráfico de la variación de presión versus el tiempo previsto de la prueba.

En la etapa de llenado, cuando se alcance el 50% de la presión de prueba se deberá estabilizar el sistema durante 30 minutos. Pasado ese tiempo se deberá incrementar la presión hasta alcanzar el 75% de la presión de prueba y a esa presión estabilizar nuevamente el sistema durante 30 minutos. Luego continuar con la elevación de presión hasta alcanzar el 100% y estabilizar el sistema durante 30 minutos y después continuar con la prueba.

2.2.2 EJECUCIÓN DE LA PRUEBA

Se debe indicar claramente el tiempo de prueba y que la presión de prueba no deberá ser menor a la indicada en el punto 2.4.1.

Se debe incluir las recomendaciones de seguridad aplicables, o hacer referencia al manual de contingencias previsto para este fin.

Recomendación:

En instalaciones aéreas y superficiales, se debe evitar el realizar las pruebas en horarios de mucha variación de temperatura ambiente con la finalidad de evitar sobre presiones en la tubería.

En los registros se debe indicar claramente las etapas de presurización, inicio de prueba e inicio de despresurización.

Durante la ejecución de la prueba de hermeticidad se debe hacer un estricto seguimiento a los valores de presión y temperatura, tanto para asegurar la integridad del ducto, como para determinar posibles desviaciones durante el desarrollo de la prueba de hermeticidad, para considerar la continuidad o reiniciar la prueba.

Se recomienda usar la metodología indicada en: Pipeline Rules of Thumb Hand Book, Mc Allister, Apéndice “B” “Estimación de la Cantidad del Cambio de Presión por el Cambio en la Temperatura del Agua de Prueba.

La variación total de presión será calculada como sigue:

$$dP = DP * |T_f - T_i|$$


Si: $T_i \geq T_f$

Entonces: $P_i \geq P_f \geq P_{adm}$

$$P_{adm} = (P_i - dP)$$

Si: $T_i \leq T_f$

Entonces: $P_i \leq P_f \leq P_{adm}$

 YPFB Transporte S.A.	ANEXO A Formato para la elaboración de un Plan de Prueba Hidrostática Documento al que pertenece: ITO.011 “Elaboración de Plan e Informe de Prueba Hidrostática”
Revisión 1	Vigente desde: 06.07.2023 Página: 7/ 8

$$P_{adm} = (P_i + dP)$$

Tomar en cuenta las consideraciones de variación de presión por temperatura cuando se trabaje por debajo de 42°F, ya que las consideraciones son diferentes.

2.2.3 DESPRESURIZACIÓN

Especificar la tasa de despresurización una vez concluida la prueba hidrostática.

Se recomienda no ser mayor a 15 psi/minuto hasta bajar al 70% del valor de prueba, y luego continuar a un régimen de 50 psi/minuto hasta alcanzar el valor de 0 psi.

Los registros deben contener los valores obtenidos durante la despresurización, e indicar claramente la hora de inicio y fin de despresurización.

2.2.4 SECADO

Especificar la metodología del secado interno de ducto o instalación superficial, para eliminar todo residuo de agua.

Indicar claramente los puntos de introducción y retiro de chanchos, los equipamientos a utilizar para este fin.

La cantidad de chanchos estará en función al criterio de aceptación de secado de la línea probada, de acuerdo a contrato y esta fase deberá contar con el certificado de aceptación de secado de la línea por parte del fiscal asignado por YPFB TR.

2.3 LISTA DE PERSONAL, INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

2.3.1 PERSONAL

Especificar en una tabla los datos del personal involucrado en las operaciones de PH como: nombre, cargo, cantidad y experiencia en pruebas hidrostáticas de ductos.

2.3.2 INSTRUMENTOS DE INSPECCIÓN Y MEDICIÓN


En este sector se debe incluir una tabla que contenga la descripción del instrumento, serie o código, rango - capacidad, fecha de calibración, fecha de vencimiento y N° de certificados de los instrumentos de inspección y medición.

Asimismo, los datos del ente certificador (que se deben incluir en el certificado) deben ser: Logotipo, número de certificado y firma del responsable del laboratorio.

El periodo de calibración será de acuerdo a recomendación de la empresa certificadora y esta no será mayor a seis meses. Excepto la balanza de peso muerto cuya calibración no será mayor a un año.

Instrumentos mínimos:

- Balanza de pesos muertos
- Registrador de presión
- Registrador de temperatura
- Manómetro en el cabezal de prueba
- Termómetro para temperatura ambiente
- Manómetro en el otro extremo de la sección de prueba (en caso necesario)

 <div style="text-align: center;"> ANEXO A Formato para la elaboración de un Plan de Prueba Hidrostática </div>		
Documento al que pertenece: ITO.011 "Elaboración de Plan e Informe de Prueba Hidrostática"		
Revisión 1	Vigente desde: 06.07.2023	Página: 8/ 8

Los rangos de los instrumentos deberán ser los adecuados para la ejecución de la prueba.

Nota:

Los termómetros de contacto deben estar instalados en el ducto a realizar la prueba y registrar sus valores en el formulario FO.170
Registro de Presión y Temperatura

2.3.3 EQUIPOS

Se deben incluir una tabla todos los equipos principales a ser utilizados en la prueba hidrostática.

Como mínimo se debe contar con:

- Bomba de llenado
- Bomba de presurización
- Compresor de aire
- Caudalímetro

3. MATRIZ DE RIESGO

Se debe incluir la matriz de riesgos de acuerdo al PS.040, u otra similar de acuerdo al Sistema de Gestión de la Empresa Contratista, previa aprobación de los responsables de YPFB TRANSPORTE S.A. asignados al proyecto, especificando en forma clara cómo serán implementadas todas las barreras requeridas para reducir o eliminar los riesgos identificados, en las áreas de Seguridad, Salud, Social y Medio Ambiente. Asimismo, se deberá adjuntar un plan de contingencias. El nivel de riesgo debe mandatoriamente estar acorde a lo establecido en los Anexos 4 y 5 del procedimiento PS.040 Gerenciamiento de Riesgos y Oportunidades de YPFB TRANSPORTE S.A.

4. ANEXOS

ANEXO A: Perfil Hidrostático de Prueba

ANEXO B: Perfil Topográfico o isométrico en el caso de instalaciones superficiales

ANEXO C: Esquema de Cabezal de prueba con la ubicación de los instrumentos

ANEXO D: Diagrama Presión vs. Tiempo

ANEXO E: Cronograma de la prueba

ANEXO F: Certificados de los instrumentos.