

BUENAS PRÁCTICAS RESPECTO DE REQUISITOS EXIGIDOS SEGÚN CÓDIGO ASME, PARA TANQUES ESTACIONARIOS EN PLANTAS ENVASADORAS DE GLP



 **Osinergmin**

DIVISIÓN DE SUPERVISIÓN DE
HIDROCARBUROS LÍQUIDOS

UNIDAD DE PLANTAS
DE ENVASADO E IMPORTADORES

CONTENIDO

ANEXO 1 – PRINCIPALES REGLAS DEL CÓDIGO ASME SECCIÓN VIII, DIV 1



01 INTRODUCCIÓN	3
02 OBJETIVO	4
03 ALCANCE	4
04 REQUERIMIENTO NORMATIVO	5
05 RESPONSABILIDADES	5
06 SOLICITUD DE AV – CONFORM.	12
07 REQUISITOS PRINCIPALES	15
Requisitos de Materiales de fabricación	
Requisitos de Diseño	
Requisitos de Fabricación	
Requisitos para la inspección y pruebas	
Marcado e Informes	

01 MATERIALES	18
Corrosión	
Materiales más utilizados	
Trazabilidad	
Redondez	
02 UNIONES SOLDADAS	21
Calificación del procedimiento de soldadura	
Calificación del desempeño	
Categoría de Junta	
Valores de la Eficiencia de Junta	
Flujogramas	
03 CUERPOS CILÍNDRICOS	25
Cargas	
Espesor mínimo requerido	
04 CABEZALES	26
05 CONEXIONES/BOQUILLAS	27
Áreas equivalentes	
Espesor de las boquillas	
Límites de Refuerzo	
06 TRATAMIENTO TÉRMICO	30
07 INSPECCIONES Y PRUEBAS	31
08 VALVULA DE ALIVIO	32
09 PRUEBA DE PRESION	32
Temperatura de prueba	
Presión de prueba	
10 MARCADO	33
Placa de Identificación	
Marcado Requerido	
ANEXO 2 - PLACA DE IDENTIF.	35

1. Introducción

Cuando se construye una estructura, usualmente deben cumplir con un cierto código de construcción. Un código incluye condiciones, requisitos para el diseño y construcción, así como la descripción de los métodos para determinar si estas condiciones y requisitos se han cumplido. Además de ello, es importante que se considere el costo del ciclo de vida y los requisitos para la inspección, prueba, mantenimiento y reparación. Esto permitirá optimizar el diseño y la construcción del tanque estacionario a instalar y operar, así como disposiciones para minimizar el impacto de posibles reparaciones.

Los tanques estacionarios instalados en las Plantas Envasadoras de GLP presentan peligros inherentes debido a la energía potencial de su contenido. Como consecuencia, la normativa nacional ha regulado las normas y requisitos para su diseño, fabricación y certificación; siendo obligatorio el cumplimiento de los Código emitidos por ASME.

ASME¹ ha desarrollado una serie de Códigos aplicables al diseño y construcción² de recipientes a presión. El objetivo de las reglas del Código BPV ASME³ es suministrar una real y razonable protección a la vida y a la propiedad, así como proporcionar un margen de deterioro del equipo en servicio, que permita un periodo de utilización razonablemente largo y seguro. El código contiene requisitos obligatorios, prohibiciones, y guías no obligatorias para algunas actividades de la construcción.

Se entiende que los fabricantes de tanques estacionarios de GLP cuentan y cumplen estrictamente con un proceso sistemático de revisión de calidad de sus instalaciones y procesos de calidad; el mismo que es verificado por el Propietario de la Planta Envasadora de GLP y lo considera aceptable para su cadena de suministro. El propietario debe asegurarse que su proveedor tenga un proceso de calidad aceptable ya implementado y que cumpla con los requisitos del Código ASME, que tenga las habilidades técnicas y pueda cumplir con los términos y condiciones comerciales que se requieran. El propósito de la Certificación del producto, en tal caso, es verificar que los procesos de calidad estén funcionando como deberían ser y, verificar que los pasos críticos en el plan de inspección y pruebas se hayan realizado satisfactoriamente antes de la finalización constructiva del tanque estacionario de GLP.

Para tal efecto, se debe desarrollar un Plan de Inspección y Pruebas que incluya los materiales y aspectos esenciales que se inspeccionarán para verificar el cumplimiento del Código ASME, las especificaciones del proyecto, dibujos y demás normas y requisitos aplicables. Este plan debe incluir, además, los detalles específicos sobre cómo se realizarán las actividades de inspección para verificar que se cumple con el nivel esperado de desempeño de calidad del fabricante. El propietario de la Planta Envasadora de GLP puede haber desarrollado sus propios requisitos mínimos para la inclusión en el Plan de Inspección y pruebas y el Organismo de Certificación de Productos debe estar familiarizado con estos requisitos, verificando su conformidad con el Código ASME.

¹ American Society of Mechanical Engineers.

² El término "construcción" como se usa en el código ASME comprende los materiales, el diseño, la fabricación, la inspección, las pruebas y los accesorios de alivio de presión.

³ Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC), Código de Calderas y Recipientes a Presión.

Para la fabricación de un recipiente a presión podemos mencionar las siguientes Secciones del Código de Recipientes a Presión ASME, las cuales también son obligatorias si se requiere cumplir con la Sección VIII del Código:

Construcción de Recipientes a presión	Sección VIII
Materiales	Sección II, Parte A, C y D
Ensayos no destructivos.	Sección V
Calificaciones de soldadura.	Sección IX
Protección por sobrepresión	Sección XIII

Otros estándares de referencia pueden encontrarse en la tabla U-3 del Código ASME Sección VIII, División 1.

2. Objetivo

El presente documento contempla algunos de los principales requisitos que deberán cumplirse en el diseño y construcción de los recipientes a presión fabricados por organizaciones que no cuentan con la certificación ASME, para su instalación como tanque estacionario en Plantas Envasadoras de GLP, a nivel nacional. No obstante, debe considerarse sólo como información general y un primer acercamiento al Código ASME; no pretende reemplazar o interpretar los requisitos del Código ASME; el fabricante deberá aplicar el Código ASME, Sección VIII en toda su extensión, según corresponda.

La información que se indica en esta Guía no permite abordar el diseño específico del tanque; por lo tanto, para lograr un diseño seguro y tomar una decisión respecto de la construcción de un tanque estacionario, se requiere el trabajo de un diseñador calificado con la experiencia necesaria y la revisión de todo el Código ASME en su amplia extensión.

Asimismo, las actividades descritas en este documento no pretenden reemplazar los propios sistemas de calidad del fabricante o la conducta y requisitos que evalúa el Organismo de certificación de productos, los cuales son más estrictos y detallados que lo mencionado aquí, sino más bien se pretende guiar a los representantes de Plantas Envasadoras de GLP a tener un conocimiento mínimo de lo que deberá cumplirse, de modo que los materiales y el tanque adquirido cumplan con los acuerdos contractuales y el Código ASME.

Para información oficial, deberá consultarse el Código ASME, Sección VIII en su edición actual, así como las otras secciones de referencia que se indiquen en la sección VIII. En caso existieran discrepancias entre lo indicado en el presente documento y lo requerido por el Código ASME, Sección VIII, primará lo que se indique en el Código ASME.

3. Alcance

El presente documento cubre solo algunos de los principales requisitos establecidos en la Sección VIII, División 1, aplicables al diseño y construcción de un recipiente a presión⁴ para su instalación como tanque estacionario de GLP en Plantas Envasadoras de GLP, a nivel nacional. El recipiente

⁴ La división 1 cubre recipientes con presiones por encima de los 15 psi y que no excedan 3000 psi.

Regla U-1(d) "Las reglas de esta División se han formulado sobre la base de principios de diseño y prácticas de construcción aplicables a recipientes proyectados para presiones que no exceden de 3000 psi (...)"

a presión considerado en el presente documento es el cilíndrico horizontal sometido a presión interna.

El presente documento no contempla lo establecido en la División 2 ni División 3 del Código ASME, Sección VIII⁵, u otros usos o aplicaciones distintos a lo descrito anteriormente.

4. Requerimiento normativo

Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 027-94-EM

El diseño, fabricación y prueba del recipiente a presión para Plantas Envasadoras de GLP debe efectuarse de acuerdo con lo establecido en el Código ASME Sección VIII⁶. Asimismo, el recipiente a presión debe contar con los documentos que acrediten que ha sido fabricado de acuerdo con las especificaciones establecidas en el Código ASME Sección VIII⁷.

Estos documentos pueden ser:

Certificado de Conformidad emitido por un Organismo de Certificación acreditado ante el INACAL.	El registro del Organismo de Certificación acreditado debe estar vigente, y en el alcance de la acreditación debe considerarse el Código ASME, Sección VIII, en su edición vigente.
Reporte de Datos del Fabricante suscrito por un inspector autorizado.	Debe estar suscrito por un inspector autorizado por National Board. En este caso el recipiente debe contar con el marcado en su placa de identificación con el sello oficial de ASME para recipientes a presión.

Cabe precisar que, también es obligatorio el cumplimiento de lo indicado en la norma NFPA 58 - Código del Gas Licuado del Petróleo, con respecto al diseño y construcción del recipiente a presión, para lo cual se detallará en las secciones posteriores, según corresponda.

5. Responsabilidades

Las responsabilidades han sido establecidas en el Código ASME, Sección VIII.

Entidad que asume Responsabilidades	Según lo indicado en las siguientes Reglas del Código ASME Sección VIII, Div.1
Usuario	U-2(a), Apéndice NN.
El Fabricante	U-2(b); U-2(g); UG-90(b); UG-96(a); UG-117(d); UG-117 (e); UG-117 (f); UW-26(b); apéndice 10.
Organismo de Certificación de Productos	U-2(e); U-2(f); U-2(g); UG-90(c)(1); UG-90(c)(2); UG-96(c); UG-117(e); UG-117 (f); UG-91

⁵ *División 2 del Código de Calderas y Recipientes a Presión Sección VIII - Reglas alternativas., y División 3 del Código de Calderas y Recipientes a Presión Sección VIII - Reglas alternativas para la construcción de recipientes de alta presión.*

⁶ *Artículo 17° del Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 027-94-EM - En las Plantas Envasadoras, los tanques estacionarios de GLP, deberán ser diseñados, fabricados y probados cumpliendo con lo establecido en el Código ASME Sección VIII. La presión de diseño no será menor de 250 psig. Los tanques estacionarios de GLP pueden ser instalados de forma aérea, soterrado o monticulado, dependiendo de las condiciones de diseño del tanque.*

⁷ *Artículo 18 del Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 027-94-EM - Los tanques estacionarios de GLP que hayan sido fabricados de acuerdo a las especificaciones que señala el artículo anterior, deberán estar acreditados mediante cualquiera de los siguientes documentos:*

a) *Certificado de Conformidad otorgado por un organismo de certificación acreditado ante el INDECOPI, señalando que el tanque cumple con el Código ASME Sección VIII.*

b) *Reporte de Datos del Fabricante suscrito por un inspector autorizado, de acuerdo al Código ASME Sección VIII.*

5.1 Responsabilidades del Usuario

El propietario de la Planta Envasadora de GLP o usuario⁸ es responsable de proporcionar, o hacer que se provea, la información de los requerimientos de diseño del recipiente a presión a ser construido.

Se cuenta con dos escenarios:

1. Un usuario, especifica el recipiente a presión y un Fabricante construye el recipiente.
2. Un usuario nombra un agente designado, el agente designado especifica un recipiente a presión, y un Fabricante construye el recipiente.

5.1.1 Agente Designado por el Usuario

De conformidad con el Apéndice NN del Código ASME Sección VIII, División 1, Guía de las Responsabilidades del Usuario y el Agente Designado, el agente designado puede ser:

1. Una agencia de diseño contratada por el usuario;
2. El Fabricante de un sistema para un servicio específico que incluye un recipiente a presión como una parte a ser comprada por el usuario, o
3. Una organización que ofrece recipientes a presión para venta.

El usuario puede seleccionar más de un agente designado para obtener asesoramiento basado en una mayor experiencia en diferentes áreas de conocimiento cuando sea necesario.

5.2 Responsabilidades del Fabricante

El fabricante será responsable de fabricar los tanques de almacenamiento para GLP, cumpliendo todas las disposiciones aplicables del Código ASME, Sección VIII, División 1. El Fabricante es responsable del diseño del tanque utilizando la información proporcionada por el usuario, de modo que se cumplan todos los requisitos de diseño aplicables. Asimismo, es responsable de la soldadura, el examen no destructivo, el tratamiento térmico posterior a la soldadura, e incluso, cuando el fabricante subcontrata, sigue siendo responsable del diseño y fabricación del tanque. Cabe señalar que la documentación del Código requiere que el Fabricante certifique que el diseño y fabricación cumplen con el Código.

Las responsabilidades técnicas deberán ser documentadas y dicha información acredita el cumplimiento del Código.

5.2.1 Manual del Sistema de Control de Calidad

El fabricante es responsable por la documentación e implementación del Manual del Sistema de Control de Calidad escrito (Apéndice 10 del Código). También debe asegurar que todos los

⁸ Apéndice NN (...) Es importante destacar que el "usuario", es una entidad que define las condiciones de diseño y los parámetros del recipiente a presión en consideración y le comunica esas condiciones y parámetros al Fabricante.

trabajos efectuados por otros (como formado, ensayos no destructivos - END y tratamiento térmico) cumpla con todos los requerimientos aplicables de la División 1 [UG-2(b)(2)].

El fabricante debe aplicar, exacta, completa y oportunamente el manual del sistema de control de calidad y deberá controlar, por medio de su sistema de control de calidad, que los tanques se fabriquen conforme a todas las exigencias del Código ASME Sección VIII, última edición.

El sistema para tratar inconformidades, en el proceso de certificación de producción, será establecido como parte del sistema de control de calidad del fabricante (10-8 del Apéndice 10).

5.2.2 Procedimientos

Debe contarse con procedimientos que aseguren que los últimos planos aplicables, cálculos de diseño, especificaciones e instrucciones requeridas por el Código, así como cambios autorizados, sean los que se utilizaron para la fabricación, examen, inspección y ensayo del tanque estacionario.

Los procedimientos para las operaciones de fabricación, incluidos los exámenes y las pruebas a ejecutar deberán ser descritas con suficiente detalle para permitir que el Organismo de certificación del Producto determine en qué etapas se deben realizar las inspecciones específicas; en ese sentido esta información deberá ser entregada al Organismo de Certificación de Productos, con anterioridad al inicio de la construcción del tanque estacionario, de modo que éste último esté informado de las etapas del proceso constructivo y pruebas.

Los procedimientos para el control de materiales deberán garantizar que el material recibido se identifique correctamente y se tenga la documentación, incluidas, según corresponda, las certificaciones de materiales requeridas o los informes de pruebas de materiales, para cumplir con los requisitos del Código⁹. Esto permitirá que se cuenten con medidas para asegurar el correcto marcado, manejo y almacenamiento de los materiales.

Este sistema de control de materiales permitirá que en la construcción del Código solo se utilice el material previsto; en caso de sustitución de materiales, se documentará tales acciones, incluyendo la designación de la persona autorizada para aprobar las sustituciones. El manejo de materiales que no cumplen con los requisitos de inspección debe estar previsto en los procedimientos y deberá quedar documentado.

Asimismo, el Fabricante tendrá un sistema para la conservación de radiografías (UW-51) y de Informes de Datos del Fabricante (UG-120), según sea requerido por la División 1. Entre otros, conservará los siguientes documentos:

Planos de fabricación.

Cálculos de diseño.

Reportes de prueba de materiales.

Especificaciones del procedimiento de soldadura (WPS).

Registros de calificación del procedimiento (PQR).

⁹ Si se requiere realizar más pruebas de materiales en la inspección de recepción o durante las operaciones de fabricación, también se documentan los procedimientos aplicables para el control de esta actividad.

Registros de calificación de desempeño de soldador (WPQ).

Registros de tratamiento térmico posterior a la soldadura.

Registros de prueba de presión.

5.2.3 Soldadura

Cada procedimiento de soldadura que se siga en la construcción será registrado en detalle por el fabricante. El procedimiento empleado al soldar partes a presión y, en la unión de partes sin presión que soportan carga a partes a presión, será calificado de acuerdo con la Sección IX, UW-28(a) y UW-28(b). El fabricante certificará que la soldadura en un recipiente ha sido hecha sólo por soldadores y operarios de soldadura que han sido calificados según los requerimientos de la Sección IX, UW-48(a).

El fabricante es responsable de la calidad de soldadura hecha por su organización, para lo cual efectuará pruebas del procedimiento de soldadura, así como de los soldadores y operarios de soldadura, UW-26(b). El Fabricante mantendrá un registro de los soldadores y operarios de soldadura, que muestre la fecha y resultado de las pruebas, así como la marca de identificación asignada a cada uno. Estos registros serán certificados por el Fabricante y estarán disponibles para el Organismo de certificación de Productos, UW-29(d).

El Manual de Inspección de Soldadura de AWS, el Código ASME Sección IX, el Código de Soldadura estructural AWS D1.1 y la práctica recomendada API RP 577 son referencias adecuadas para el conocimiento y la comprensión de las especificaciones del proceso de soldadura y la calificación del procedimiento de soldadura.

5.2.4 Ensayos no Destructivos

El desarrollo de los procedimientos en ensayos no destructivos es responsabilidad del fabricante; para la ejecución de estos ensayos deberá emplear personal debidamente calificada y que cumpla con los requisitos del Código ASME. Los ensayos no destructivos deberán ser realizados siguiendo procedimientos aprobados y que estén en concordancia con los estándares aplicables.

Los reportes, films y otros documentos que resulten de la ejecución de los ensayos no destructivos deberán mantenerse en custodia por el fabricante. Asimismo, los equipos e instrumentos utilizados en estos ensayos deberán ser calibrados en frecuencia, según sea el caso.

El Manual de inspección de soldadura de AWS, el Código ASME Sección V, el Código de Soldadura estructural AWS D1.1 y la norma para la Calificación y certificación del personal en pruebas no destructivas SNT-TC-1A, son referencias adecuadas para el conocimiento y la comprensión de los procedimientos de ensayos no destructivos y la capacitación requerida.

5.2.5 Otras Responsabilidades

- Contar con un Organismo de Inspección acreditado ante el INACAL, para que le proporcione los servicios de inspección a lo largo del proceso constructivo¹⁰.

¹⁰ El objetivo principal de las inspecciones es comprobar si el sistema de control de calidad del fabricante permite acreditar el cumplimiento del Código. Para este propósito, el inspector, por ejemplo, examinará que los ensayos sean efectuados con la

- Facilitar un completo y oportuno acceso al Organismo de Certificación de Productos, a todas las dependencias de fábrica, en todas las etapas de fabricación.
- Facilitar al Organismo de Certificación de Productos toda la información técnica y operativa relacionada con la fabricación de los tanques, tanto la que esté expresamente regulada por el manual del sistema de control de calidad del fabricante, como aquella que se juzgue como necesaria o relevante (UG-92 y 10.15 del apéndice 10).
- Preparación y utilización de los planos de diseño y fabricación, así como de la memoria de cálculo de los tanques, UG-90(b)(2) y 10.5 del apéndice 10 del Código.
- Inspección de los Certificados de materiales, emitidos por sus respectivos fabricantes, y de la identificación física respectiva, UG-90(b)(3), UG-93(a) y UG-93(b).
- Inspección de los espesores y otras dimensiones de los materiales, respecto de los requeridos por el diseño, UG-90(b)(6) y UG-93(e).
- Inspección de defectos, para todos los materiales antes de la fabricación, para detectar imperfecciones que puedan afectar la resistencia del tanque y para comprobar que éstos son permitidos por la norma asignada, UG-90(b)(6) y UG-93(d).
- Inspección de trazabilidad de identificación de materiales, UG-90(b)(6) y UG-77.
- Ensayos de impacto, si ellos son requeridos, UG-90(b)(7), UCS-66.
- Presencia del representante del Organismo de Certificación de Productos, para cualquier reparación, según corresponda UG-90(b)(8) y UG-78.
- Inspección de la geometría de formado del cuerpo y cabezales, UG-90(b)(9) y UG-79.
- Calificación para los procedimientos de soldar, del soldador y de los operarios de soldadura que intervienen en la fabricación, UG-90(b)(10), UG-90(b)(11), UW-29.
- Inspección en limpieza y tolerancias de alineamiento, previo a la unión con soldadura, UG-90(b)(12) y UW-31.
- Inspección de defectos, conforme avanza la fabricación, UG-90(b)(13) y UG-95 y 96.
- Control para asegurar que se ha efectuado tratamiento térmico, si es requeridos, UG-90(b)(14), UW-10.
- Registro de información de ensayos no destructivos, y placas radiográficas, UG-90(b)(15), UW-51 y 52.
- Ejecución de la prueba hidrostática, UG-90(b)(16) y UG-99.
- Aplicación del marcado requerido, en la placa de tanque, UG-90(b)(17), UG-116.
- Preparación del Informe de Datos de Fabricante, UG-90(b)(18) y UG-120.

5.3 Responsabilidades del Organismo de Certificación de Productos.

El Organismo de Certificación de Productos deberá realizar todas las verificaciones necesarias, para asegurarse que los tanques estacionarios se fabriquen conforme a todas las exigencias del Código ASME Sección VIII, División 1, última edición.

frecuencia apropiada y que se tomen las medidas correctas en caso de que se esté produciendo alguna falla. Asimismo, comprueba todos los registros, incluyendo aquellos sobre calibración y mantenimiento del equipo de ensayo. El número mínimo de visitas de inspección deberá ser planificada desde sus inicios y permitirá asegurar el cumplimiento integral del Código, tomando en cuenta que la seguridad pública está de por medio. Visitas extra también deben ser consideradas, dependiendo de los resultados obtenidos

El Organismo de Certificación de Productos es responsable de realizar todas las inspecciones especificadas por el Código. Esto no significa que deba actuar como la función de control de calidad del fabricante, sino más bien, está encargado de monitorear el control de calidad y los exámenes realizados por el Fabricante. El Organismo de Certificación de Productos tiene libertad para controlar y realizar cualquier inspección que, según su criterio, confirmará que el Fabricante ha cumplido con todos los requisitos del Código aplicables.

Un paso importante en el proceso de certificación del tanque estacionario es el verificar la evidencia de que el personal que lleva a cabo los pasos de fabricación y control de calidad durante la fabricación está debidamente capacitado, calificado y certificado. Esto puede incluir la verificación de credenciales tales como las calificaciones del personal de calidad, la verificación de los libros de registro del soldador y las certificaciones de los técnicos de ensayos no destructivos según los estándares y requisitos de la industria.

Antes de realizar la inspección de soldadura, se deberá confirmar que la versión de la especificación del proceso de soldadura (WPS) ha sido revisada y aprobada por el ingeniero responsable; posteriormente verificar el registro de continuidad de los soldadores que trabajarán en la fabricación del recipiente estacionario y asegurarse que se estén utilizando soldadores calificados según el WPS aprobado para todas las operaciones de soldadura.

El Organismo de Certificación de Productos se encuentra facultado de exigir, en cualquier momento, la ejecución de los procedimientos de soldadura y presenciar la capacidad de los soldadores, así como de los ensayos no destructivos; para la realización de las tareas asignadas según lo requiere el Código.

Asimismo, el Organismo de Certificación de Productos tiene el deber específico de verificar que todos los cálculos aplicables se hayan realizado y estén archivados en las instalaciones del fabricante.

5.3.1 Reunión previa a la inspección

El Organismo de Certificación de Productos deberá debe participar en una reunión previa a la inspección o fabricación del tanque estacionario. El propósito de esta reunión es garantizar que todas las personas que estarán involucradas en la fabricación y el control de calidad del equipo comprendan completamente los requisitos y detalles específicos del trabajo a ejecutar. Aunque los materiales se pueden pedir antes de esta reunión, no se debe realizar ninguna fabricación real hasta que se haya completado la reunión de inspección previa y se hayan resuelto todas las inquietudes o comentarios.

La preparación previa por parte del Organismo de Certificación de Productos es importante para la reunión previa a la inspección para garantizar que la reunión cubra todos los asuntos y requisitos necesarios según sea especificada por el Código ASME y por la política y prácticas del Organismo de Certificación de Productos. Esta reunión permitirá revisar la preparación de fabricación o fabricación de los equipos y materiales de ingeniería frente a las expectativas del alcance del trabajo y puede incluir la revisión de:

- Requisitos adicionales del propietario y acuerdos contractuales;
- Cronograma de fabricación;

- Ruta crítica, equipo y materiales;
- Rol, responsabilidades y limitaciones del inspector;
- Requisitos de calidad, desarrollo del proceso constructivo, frecuencia de inspección, etc.;
- Proveedores del fabricante y sus requisitos de calidad;
- Plan de entrega y liberación del producto;
- Requisitos de documentación final;
- Registro y reporte de cualquier observación, excepción o desviación;
- Canales de comunicación entre el inspector, fabricante y propietario.

5.3.2 Informes de inspección de avance

Un paso clave durante la inspección son los informes de inspección de avance; en éstos se detallan los documentos revisados y la actividad de inspección realizada, observada y/o atestiguada durante las visitas de inspección. Este informe deberá incluir fotografías (fechadas y etiquetadas), que ayuden en la descripción de los resultados de la inspección. Se deberá hacer referencia a la siguiente información:

- Nombre del fabricante;
- Fecha y lugar de la visita;
- Descripción del equipo y su servicio;
- Propósito de la visita;
- Elementos de acción o temas de interés;
- Resultados de inspección o atestiguamiento, incluidos los resultados de ensayos no destructivos, sean aceptados o rechazados;
- Resultados de las pruebas, incluidas las pruebas de aceptación en fábrica, pruebas de presión, pruebas neumáticas, etc.;
- Dibujos y datos de referencia utilizados para realizar la inspección y seguimiento;
- Revisiones de dibujos e información de referencia;
- Identificación de elementos y no conformidades.

5.3.3 Otras actividades de Organismo de Certificación de Productos

Otras actividades realizadas por el Organismo de Certificación de Productos incluyen lo siguiente:

- Emite certificados de conformidad para los tanques de almacenamiento para GLP¹¹. Sólo el cumplimiento completo de lo indicado en el Código ASME, y la completa ausencia de no conformidades¹², darán lugar a la certificación del tanque.
- Mantener una completa y permanente independencia e imparcialidad de su juicio técnico.

¹¹ Para ello, el inspector debe haber verificado que:

- Todo el trabajo ejecutado cumple con el Código ASME y otros acuerdos contractuales que hubieran.
- Todas las No Conformidades han sido cerradas y resueltas satisfactoriamente. Estas No Conformidades se identifican y registran convenientemente, tomando en cuenta las medidas y las acciones correctivas.
- Todas las actividades relacionadas con la inspección se han completado y documentado.

¹² Una "No Conformidad" es cualquier condición que no cumple con las reglas aplicables del Código, el manual de control de calidad u otros requisitos especificados. Las no conformidades deben corregirse antes de que se pueda considerar que el tanque estacionario cumple con el Código.

- Verificar que los cálculos de diseño estén disponibles.
- Verificar que los materiales de construcción estén debidamente identificados y que su trazabilidad sea confiable.
- Verificar que los procedimientos de soldadura hayan sido calificados.
- Verificar que los soldadores hayan sido calificados.
- Verificar que se hayan realizado todos los tratamientos térmicos requeridos por el Código ASME.
- Verificar que los defectos de los materiales hayan sido reparados de manera aceptable.
- Verificar que se hayan realizado todos los ensayos no destructivos requeridas y que los resultados sean aceptables.
- Verificar que todas las marcas de identificación del material se hayan transferido correctamente.
- Realizar inspección visual para confirmar que no haya defectos materiales o dimensionales.
- Atestiguar la prueba de presión.
- Verificar la información de la placa de identificación del tanque estacionario.
- Firmar el reporte de datos del fabricante.
- Efectuar todas las verificaciones e inspecciones señaladas, más todas aquellas que juzgue necesarias para permitirle el convencimiento técnico de que cada tanque ha sido diseñado y fabricado, en completo acuerdo al Código ASME Sección VIII; y que por tanto corresponde otorgar, a cada uno de ellos, un Certificado de Conformidad.
- De no mediar este convencimiento técnico, el tanque o sus partes, recibirán la no conformidad, la cual podrá ser transitoria o definitiva. Las no conformidades de carácter definitivo serán establecidas por el Organismo de Certificación de Productos, cuando su juicio técnico, y los antecedentes a la vista, con o sin documentación, ameriten tal resolución¹³.

6. Solicitud de Acta de Verificación de Conformidad

A fin de obtener el Acta de Verificación de conformidad, y teniendo en cuenta las responsabilidades del fabricante¹⁴ y del Organismo de Certificación de Productos¹⁵ establecidas en el Código ASME Sección VIII, División 1, se requiere la presentación de los documentos que se indican a continuación, listado que es enunciativo y no taxativo.

¹³ Para ello se requiere que el procedimiento para la corrección de no conformidades prevea la identificación de los responsables del tratamiento de las no conformidades y; la identificación y control para el procesamiento posterior de elementos no conformes hasta su disposición final.

¹⁴ **Regla U-2(b) Responsabilidades.** “(...) Es responsabilidad del Fabricante, del recipiente o de la parte, asegurar que todo el trabajo realizado cumpla con todos los requerimientos aplicables de esta División. (...)”.

¹⁵ En concordancia con los deberes del Inspector Autorizado, establecidos en la “Parte 4. Inspección Autorizada” de la norma NB-263, RCI-1, Reglas para Inspectores Comisionados (RCI-1), edición 2021.

Fase	#	Entregable	De conformidad con los requerimientos de las Reglas del Código ASME Secc VIII Div 1.
Materiales ¹⁶	1	Reporte de examinación de planchas y sus respectivos certificados de calidad.	UG-90, UG-93, UG-5, UG-23, UW-5, UCS-5, UCS-6, UCS-23; ASME Sección II.
	2	Reporte de examinación de coplas, tubos y/o tuberías, con costura o sin costura, y sus respectivos certificados de calidad.	UG-90; UG-93, UG-8, UCS-9.
	3	Reporte de examinación de materiales para las aberturas de inspección y bridas.	UG-90; UG-93, UG-4.
	4	Reporte de examinación de los materiales de soldadura usados y sus respectivos certificados de calidad.	UG-90, UG-93, UG-9; ASME Sección II parte C.
	5	Reporte de examinación de pernos y espárragos, tuercas y arandelas, barras y varillas, y sus respectivos certificados de calidad, según corresponda.	UG-90, UG-93, UG-12, UG-13, UG-14, UCS-10, UCS-11, UCS-12.
Diseño ¹⁷	6 ¹⁸	Plano de soldadura de cuerpo y cabezales.	UG-90, UW-12, UW-13; Apéndice 10-5, 10-13, 10-15.
	7 ¹⁹	Plano de soldadura de boquillas y aberturas.	UG-90, UW-16; Apéndice 10-5, 10-13, 10-15.
	8	Plano de soldadura de las tuberías internas (para ingreso, salida y/o drenaje de GLP, según corresponda).	UG-90, UW-16; Apéndice 10-5, 10-13, 10-15.
	9	Plano de soldadura de tuberías internas (para indicadores de nivel, presión y/o temperatura, y otros según corresponda).	UG-90, UW-16; Apéndice 10-5, 10-13, 10-15.
	10	Plano de soldadura de las placas de asiento (porta placa de datos, soportes, parche para orejas, orejas, conexión a tierra, entre otros), según corresponda.	UG-90; Apéndice 10-5, 10-13, 10-15.
	11	Plano de soldadura de soportes del tanque (patas, silletas, orejas) según corresponda.	UG-90; Apéndice 10-5, 10-13, 10-15.
	12	Plano dimensional del tanque antes de la fabricación.	UG-90; Apéndice 10-5, 10-13, 10-15.
	13	Plano de la placa de identificación del tanque.	UG-90; Apéndice 10-5, 10-13, 10-15.
	14	Registro de verificación de las cargas consideradas para el diseño del tanque estacionario.	UG-22; UG-54.
	15	Cálculo de verificación del porcentaje (%) de elongación extrema de fibra, para cuerpo y cabezales.	UG-79, UCS-79
	16	Cálculo de espesores mínimos requeridos para el cuerpo y cabezales, del tanque sometido a presión interna.	UG-27, UG-31, UG-32, Apéndice 1, Apéndice 10.
	17	Cálculo de esfuerzo en estructuras de soportes del tanque y cálculo del tamaño de soldadura.	UG-22, UG-54, UW-18(d) y Apéndice G
	18	Cálculo de esfuerzo en orejas de izaje y cálculo del tamaño de soldadura.	UG-22, UG-54, UG-82, UW-18(d) y Apéndice G
	19	Cálculo de espesor de boquillas.	UG-45, UG-27 y UG-28

¹⁶ La documentación para materiales (como reportes de datos parciales, reportes de pruebas de materiales, Certificados de Conformidad) deberán cumplir con el Código ASME.

¹⁷ **Regla U-2(b) Responsabilidades.** "(...) El Fabricante del recipiente o de la parte deberá tener disponible los cálculos de diseño aplicables para la revisión por parte del Inspector. Ver 10-5 y 10-15(d)".

¹⁸ El plano especificado en el #6 deberá incluir la simbología de soldadura, el detalle de las juntas soldadas, categoría de juntas, así como eficiencia de las juntas, o información equivalente.

¹⁹ Los planos indicados desde el #7 hasta el #11 deberán incluir la simbología de soldadura, el detalle de las juntas soldadas.

Fase	#	Entregable	De conformidad con los requerimientos de las Reglas del Código ASME Secc VIII Div 1.
	20	Cálculo de refuerzos, o verificación del cumplimiento de sus excepciones, Cálculo de Límites de refuerzo (conexiones de acceso, de inspección y otras boquillas) y Cálculo de resistencia de refuerzos, según corresponda.	UG-36, UG-37, UG-40, UG-41, UG-42.
	21	Cálculo de tamaño de soldaduras en las conexiones y aberturas.	UG-43, UW-15, UW-16, Apéndice 2
	22	Cálculo de diseño de la brida y accesorios de tubería (estándar aplicado, dimensiones de la brida, cálculo de tensión en la brida, dimensiones y cantidad de pernos).	UG-4, UG-44, UG-46, Apéndice 2, Apéndice S.
	23	Cálculo de dimensionamiento del dispositivo de alivio de presión.	UG-125, UG-129, UG-131, UG-134, UG-135, Apéndice M.
	24 ²⁰	Especificación de los Procedimientos de Soldadura – WPS	UW-27, UW-28, UW-29, UW-47, ASME Sección IX.
	25	Reportes de calificación de procedimientos de soldadura - PQR.	UW-27, UW-28, UW-47, ASME Sección IX.
	26	Reportes de calificación de soldadores y operarios de soldadura - WPQ	UW-27, UW-29, UW-48, ASME Sección IX.
Fabricación	27	Reporte de verificación de que el tanque o sus partes, han sido sometidos a tratamiento térmico de precalentamiento.	UG-85, Apéndice R, UW-10, UW-40, UW-49, UCS-56.
	28	Registro de verificación de la reparación por soldadura de imperfecciones del material, según corresponda.	UG-78, UW-52(d)(2)(c)
	29	Registro de verificación de desalineamiento y sobremonta ²¹	UW-33; UW-35
	30 ²²	Registro de trazabilidad de Soldadores.	
	31 ²³	Registro de Inspección Dimensional del tanque, y su respectivo plano dimensional.	UG-80, UG-81, UG-95, UG-96 y UG-97
Inspección y pruebas	32 ²⁴	Registro de inspección interna del tanque, según corresponda.	UG- 96, UG-97
	33	Registro de inspección externa del tanque.	UG- 96, UG-97
	34	Registro de Prueba Hidrostática del tanque.	UG-100
	35 ²⁵	Reporte de inspección de trazabilidad de materiales.	UG-90, UG-77, UG-94
	36	Reporte de verificación de que las pruebas de impacto, o el cumplimiento de su excepción, y otras pruebas requeridas han sido realizados y que los resultados sean aceptables.	UG-84, UG-20(f), UG-93

²⁰ Las especificaciones de procedimientos de soldadura (WPS), registros de calificación de procedimientos (PQR), y calificaciones de soldador/operador de soldadura (WPQ) deberán estar en conformidad con los requerimientos del Código ASME.

²¹ Todas las soldaduras finalizadas deberán cumplir con los requerimientos del Código ASME.

²² Las soldaduras deberán ser hechas solo por personal calificado. Los registros de continuidad deberán estar en conformidad con los requerimientos del Código ASME.

²³ Debe incluir la verificación que los cabezales han sido conformados correctamente, así como las tolerancias permisibles y fuera de redondez permitida del cuerpo.

²⁴ Las inspecciones internas deberán desempeñarse siempre que el acceso lo permita y cuando sea requerido por Código ASME BPV. Cuando el acceso no es permitido basado en diseño, el Inspector deberá usar otros medios para verificar el cumplimiento del Código ASME BPC.

²⁵ Los números de identificación de los materiales que conforman el tanque deberán detallarse y ser transferidos correctamente.

Fase	#	Entregable	De conformidad con los requerimientos de las Reglas del Código ASME Secc VIII Div 1.
	37	Reporte de Inspección radiográfica al 100%(full) o por puntos (spot) de las juntas soldadas en el cuerpo y cabezales.	Artículo 2 del Código ASME Sección V, UW-11, UW-51 UW-52, UCS-57 y Apéndice 4
	38	Registro de verificación de reparación de los defectos de soldadura.	UW-51(c) y UW-52(c)
	39	Reporte de inspección de otros ensayos no destructivos efectuados, según corresponda, y que los resultados sean aceptables	UG-93, UW-50, UW-51, UW-52
	40	Certificación del personal calificado encargado de realizar el ensayo no destructivo	UW-42, UW-53, UW-54, UG-103, Apéndice 6, Apéndice 8 y Apéndice 12
Marcado e Informes	41 ²⁶	Reporte de verificación del marcado requerido y fijación de la Placa de Identificación.	UG-90; UG-115, UG-116, UG-118, UG-119
	42 ²⁷	Informe de Datos del Fabricante suscrito por el Organismo de Inspección.	UG-90(b), UG-90(c), UG-120
Pintado	43	Registro del procedimiento de pintado, según corresponda, y sus respectivos certificados de calidad de los recubrimientos empleados.	UG-99, Apéndice F, Apéndice KK

7. Principales Requisitos del Código ASME Sección VIII División 1

Los requisitos que se detallan a continuación corresponden a los principales requisitos que se deben efectuar, no obstante, el usuario del tanque deberá asegurarse que el fabricante aplique el Código ASME, Sección VIII, de conformidad con el artículo 17° del Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 027-94-EM.

1. Requisitos de Materiales de Fabricación	Párrafos del Código ASME, Sección VIII, División 1
General	UG-4/UW -5/UCS-5/ UG-23/ UCS-23/ ASME Sección II parte D.
Planchas	UG-5/UCS-6/ UG-23/ UCS-23/ ASME Sección II parte D.
Tuberías y tubos	UG-8/UCS-9/ UG-23/ UCS-23/ ASME Sección II parte D.
Materiales de soldadura	UG-9/ ASME Sección II parte C.
Partes de presión misceláneas	UG-11
Pernos y tornillos	UG-12/UCS-10
Tuercas y arandelas	UG-13/UCS-11
Barras y perfiles	UG-14/UCS-12
Especificaciones de Productos	UG-15

2. Requisitos de Diseño	Párrafos del Código ASME, Sección VIII, División 1
General	UG-16/UW-8/UCS-16/UCS-66/ Apéndice 10
Temperatura de diseño	UG-20
Presión de diseño ²⁸	UG-21
Cargas	UG-22

²⁶ El marcado deberá incluir las características requeridas por el Código ASME, así como lo requerido por la norma NFPA 58.

²⁷ El Fabricante deberá completar con precisión el formulario de informe de datos del fabricante antes de la certificación por parte del Organismo de Inspección.

²⁸ Cabe mencionar que en concordancia con el Artículo 18° del Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 027-94-EM, la presión de diseño debe ser por lo menos 250 psi.

2. Requisitos de Diseño	Párrafos del Código ASME, Sección VIII, División 1
Esfuerzos máximos admisibles	UG-23/UCS-23
Espesor de envoltentes sometidos a presión interna	UG-27 /UCS-27
Corrosión	UG-25/ Apéndice E
Cabezales sometidos a presión en el lado cóncavo	UG-32/ Apéndice 1
Aberturas en tanques de presión	UG-36
Refuerzos requeridos para aberturas en envoltentes y cabezales	UG-37
Límite de refuerzos	UG-40
Resistencia del refuerzo	UG-41
Refuerzo de múltiples aberturas	UG-42
Métodos de unión de tuberías y cuellos de boquilla a paredes de recipientes	UG-43
Bridas y accesorios de tubos	UG-44
Espesor de cuello de boquilla	UG-45
Aberturas de inspección	UG-46
Soportes	UG-54/ Apéndice G.
Orejas para plataformas, escaleras y otras adiciones a las paredes del recipiente	UG-55
Categoría de junta soldada	UW-3
Diseño de juntas soldadas	UW-9/UCS-19
Tratamiento térmico posterior a la soldadura (PWHT ²⁹)	UW-10/UCS-56
Prueba radiográfica y ultrasónica	UW-11/UCS-57
Eficiencia de juntas	UW-12
Detalles de unión	UW-13
Aberturas en soldaduras o adyacentes a éstas	UW-14
Conexiones Soldadas	UW-15
Requisitos mínimos para soldaduras de fijación en aberturas	UW-16
Soldaduras de filete	UW-18
Fórmulas suplementarias de diseño	Apéndice 1
Reglas para conexiones con bridas con pernos con empaques del tipo de anillo	Apéndice 2
Recomendaciones relacionadas con el diseño de soportes	Apéndice G

3. Requisitos de fabricación.	Párrafos del Código ASME, Sección VIII, División 1
General	UG-75/UW-26/UCS-75
Corte de planchas y de otros materiales	UG-76
Identificación de material	UG-77
Reparación de defectos en los materiales	UG-78
Formado de las secciones de envoltentes y cabezales	UG-79/UCS-79
Fuera de redondez permisible de envoltentes	UG-80
Tolerancias para cabezales formadas	UG-81
Fijaciones de orejas y accesorios	UG-82
Procesos de soldadura	UW-27
Calificación de procedimientos de soldadura	UW-28
Pruebas a soldadores y operarios de soldadura	UW-29
Temperatura mínima permisible para soldar	UW-30
Corte, montaje y alineamiento	UW-31
Limpieza de superficies a soldar	UW-32
Tolerancias de alineamiento	UW-33
Juntas longitudinales y circunferenciales terminadas	UW-35
Soldaduras de filete	UW-36
Requisitos de soldaduras misceláneas	UW-37

²⁹ Postweld Heat Treatment.

3. Requisitos de fabricación.	Párrafos del Código ASME, Sección VIII, División 1
Reparación de defectos de soldaduras	UW-38
Procedimiento para tratamiento térmico posterior a la soldadura	UW-40
Acumulación superficial de metal de aporte	UW-42
Pre calentamiento	Apéndice R

4. Requisitos para la inspección y pruebas.	Párrafos del Código ASME, Sección VIII, División 1
General	UG-90/UW-46/UCS-90
Acceso al Inspector	UG-92
Inspección de los materiales	UG-93
Marcado en los materiales	UG-94
Inspección de superficies durante la fabricación	UG-95
Verificación dimensional de partes componentes	UG-96
Inspección durante la fabricación	UG-97
Máxima presión de trabajo permitida	UG-98, UG-101
Prueba hidrostática	UG-99
Manómetro para la prueba	UG-102
Pruebas no destructivas	UG-103
Revisión del procedimiento de soldadura	UW-47
Revisión de calificación de soldadores y de operarios de soldadura	UW-48
Revisión de práctica de tratamiento térmico posterior a la soldadura	UW-49
Prueba radiográfica de las juntas soldadas	UW-51
Prueba radiográfica local de las juntas soldadas	UW-52
Prueba ultrasónica de las juntas soldadas	UW-53
Calificación del personal de ensayos no destructivos	UW-54
Estándar de aceptación de gráficas de indicaciones redondeadas ³⁰ para indicaciones redondeadas determinadas radiográficamente en soldaduras	Apéndice 4
Métodos para pruebas por partículas magnéticas	Apéndice 6
Métodos para pruebas por líquidos penetrantes	Apéndice 8
Prueba ultrasónica de soldaduras	Apéndice 12

5. Marcado e Informes	Párrafos del Código ASME, Sección VIII, División 1
General	UG-115; UCS-115
Marcas requeridas	UG-116(b)(1) / UG-116(e) / UG-116(f)
Placas de identificación	UG-119
Informes de datos	UG-120

En las siguientes secciones, se detallarán algunos de los principales requisitos mencionados en los cuadros anteriores.

Si tuviera algún comentario o sugerencia al presente documento, por favor envíe un mensaje a jmerino@osinergmin.gob.pe

³⁰ **Regla 4-2 del Apéndice 4.** Se definen como las indicaciones con una longitud máxima de tres veces el ancho o menores en la radiografía. Estas indicaciones pueden ser de forma circular, elíptica, cónica o irregular, y pueden tener colas. Al evaluar el tamaño de una indicación, habrá de incluirse la cola. La indicación puede derivarse de cualquier imperfección en la soldadura, tal como porosidad, escoria o tungsteno.

ANEXO 1: Información Complementaria con respecto a las principales reglas del Código ASME Sección VIII División 1, aplicable a tanques estacionarios en Plantas Envasadoras de GLP

1. Materiales

Con algunas excepciones los materiales sometidos a tensiones o esfuerzos debidos a presión deben ser materiales Código (listados en las tablas del Código ASME Sección II parte D y permitidos en la subsección C de la Sección VIII División 1). Las excepciones en mención se encuentran en UG-8, UG-10, UG-11, UG-15; incluyendo UCS-6.

Las piezas como faldones, soportes, cáncamos u otros componentes no sometidos a presión no tienen que cumplir con los mismos requisitos que el material para el que están unidos o a una especificación de código permitida; sin embargo, el material no identificado, soldado a una pieza de presión, tiene que ser de calidad soldable comprobada. El párrafo UW-5(b) define la calidad soldable como la capacidad de un cupón de prueba soldado a tope del material para pasar la prueba de doblado guiado, especificado en el párrafo QW-451 de la Sección IX del Código. Asimismo, el párrafo UG-4(b) especifica que la tensión admisible utilizada para material que no está identificado con una especificación permitida, no deberá exceder el 80 % del valor máximo de tensión admisible para un material similar permitido por la subsección C de la Sección II.

El fabricante está obligado a inspeccionar los materiales que se utilizarán en la fabricación del tanque estacionario de GLP. Los materiales aceptados para su uso deben cumplir con los requisitos del párrafo UG-93. Estos se resumen de la siguiente manera:

- Se debe proporcionar la documentación adecuada. Se requiere un informe de prueba de materiales o un certificado de cumplimiento (según lo dispuesto en la especificación de materiales); el Organismo de Certificación de Productos deberá examinar la documentación y asegurarse de que cumple con los requisitos de especificación de materiales.
- Cuando el Código ASME requiera la ejecución de pruebas en el material y esas pruebas no las realiza el proveedor del material, el fabricante debe obtener informes de pruebas de materiales complementarios o certificados de cumplimiento que demuestren que los materiales cumplen con los requisitos y representan el material suministrado. Por ejemplo, si el proveedor del material no realiza un tratamiento térmico requerido por la especificación del material, el fabricante del recipiente debe obtener la documentación necesaria, incluidos los resultados de las pruebas mecánicas adicionales, para confirmar que el material cumple con la especificación de materiales. Asimismo, cuando los requisitos de la División 1 excedan o complementen los de la especificación del material, el Fabricante debe obtener cualquier documentación complementaria que demuestre el cumplimiento de los requisitos del Código ASME.
- Antes de que comience la fabricación, se examinará todo el material para asegurarse de que no haya imperfecciones que puedan afectar la seguridad del tanque estacionario. Esto incluye la inspección visual de los bordes cortados del material en busca de laminaciones, grietas y otros defectos. En el caso de materiales que deban someterse a

pruebas de impacto, las superficies deben inspeccionarse en busca de grietas superficiales y repararse, si es necesario.

Corrosión

UG-25 establece que el usuario o su agente designado debe establecer la tolerancia a la corrosión requerida. Usualmente la tolerancia para la corrosión a lo largo de toda la vida útil esperada del tanque, se da por un sobre-espesor por encima del mínimo requerido por las fórmulas de diseño. El sobre-espesor para corrosión no tiene que ser de la misma magnitud para todas las partes del recipiente. Recomendaciones para el establecimiento de tolerancias de corrosión se encuentran en el Apéndice E.

Materiales más utilizados

En la siguiente tabla resumen, obtenida a partir de la Tabla UCS-23 de la Subsección UCS del Código ASME Sección VIII y de la Subparte 1 del Código ASME Sección II - Parte D, se listan los materiales usualmente empleados en la construcción de recipientes de presión de aceros al carbono y de baja aleación, para Plantas Envasadoras de GLP.

Las tensiones máximas admisibles varían con la temperatura. La información completa para los materiales indicados se encuentra en la Subparte 1 del Código ASME Sección II, Parte D.

Materiales más utilizados								
Forma del Producto	Designación	Espesor	N° P	Tipo Grado	Grupo N°	Esfuerzo Rotura (Ksi)	Esfuerzo Fluencia (Ksi)	Máxima tensión admisible (Ksi x 1000), en función de la temperatura en 100°F
Plancha, lámina	SA-36	--	1	...	1	58	36	16.6
Tubería soldada	SA-53	--	1	E/B	1	60	35	17.1
Tubería sin costura	SA-106	--	1	B	1	60	35	17.1
Forjado	SA-105	--	1	...	2	70	36	23.3
Plancha	SA-283	--	1	C	1	55	30	15.7
Plancha	SA-285	--	1	C	1	55	30	15.7
Plancha	SA-299	$t \leq 1"$	1	A	2	75	42	21.4
Plancha	SA-299	$t \leq 1"$	1	B	3	80	47	22.9
Lámina	SA-414	--	1	C	1	55	33	15.7
Lamina	SA-414	--	1	G	2	75	45	21.4
Plancha	SA-455	$0.58" < t \leq 3/4"$	1	...	2	70	35	20.0
Plancha	SA-515	--	1	60	1	60	32	17.1
Plancha	SA-515	--	1	70	2	70	38	20.0
Plancha	SA-516	--	1	60	1	60	32	17.1
Plancha	SA-516	--	1	65	1	65	35	18.6
Plancha	SA-516	--	1	70	2	70	38	20.0
Plancha	SA-612	$1/2" < t \leq 1"$	10C	...	1	81	50	23.1
Plancha	SA-612	$t \leq 1/2"$	10C	...	1	83	50	23.7
Plancha	SA-737	--	1	C	3	80	60	22.9

Nota: Información obtenida del Código ASME, Sección II, parte D.

Los materiales para partes no retenedoras de presión tales como soportes, orejas, clips, entre otros, no tienen que cumplir con las especificaciones listadas en la Sub-Sección C, pero deben tener su soldabilidad probada [UW-5(b)].

Debe tenerse en cuenta que, de conformidad con la regla UCS-6(b)(3), las placas de acero que cumplen con SA-36, SA/CSA-G40.21 38W, y SA-283 Grados A, B, C y D pueden ser usadas para partes de presión de recipientes a presión para su uso con GLP, siempre que el espesor de las placas sobre las cuales se aplica soldadura de resistencia no exceda de 5/8" (16 mm), a excepción de las bridas, tapas planas empernadas y anillos rigidizadores.

Trazabilidad

Las reglas UG-75 hasta UG-85 establecen los requisitos generales de fabricación aplicables a todos los tipos de materiales y métodos de construcción.

Todos los materiales retenedores de presión deberán tener trazabilidad con la marcación original (UG-77). Si los materiales son divididos en partes las marcas deben ser transferidas en forma apropiada (UG-94). Los materiales preferiblemente deberán ubicarse de tal forma que al finalizar la construcción un juego completo de las marcas originales permanezca visible. UG-77 indica los métodos aceptables para mantener la trazabilidad.

La Regla UG-77 requiere que el Fabricante mantenga la trazabilidad del material utilizado en un recipiente hasta la identificación del material original. Hay varias formas aceptadas de proporcionar la identificación del material de la siguiente manera:

- Transferir las marcas del material original al tanque estacionario, en un lugar donde sean visibles cuando el tanque esté terminado.
- Identificarlo mediante una marca codificada que se pueda rastrear hasta la marca del material original.

Registrar las marcas requeridas en tabulaciones de materiales o croquis que aseguren que cada pieza pueda ser identificada durante la fabricación y subsiguientemente en el tanque estacionario cuando esté construido.

A continuación, se presenta un ejemplo de la información que deberá contener el Registro de Trazabilidad. La información detallada usualmente va acompañada de un esquema, a fin de identificar fácilmente la ubicación en el tanque de cada material. La información que se presenta no es limitativa, es decir en dicho registro puede incluirse, según se encuentre establecido en su Sistema de Control de Calidad, información como medición de espesores antes y después del conformado de las planchas, entre otros.

Ítem	Descripción*	Cod. de trazabilidad	N° Certificado**	N° de Colada**	Observaciones	Espesor (mm)
1	Plancha ASTM SA-XXX, e=12.70 mm	TK-CU1-E12.7	Según corresponda	Según corresponda	Cuerpo, sección 1	Según corresponda
2	Plancha ASTM A-XXX, e=12.00 mm	TK-CA1-E12.7	Según corresponda	Según corresponda	Cabezal, sección 1	Según corresponda
3	Plancha ASTM A-XXX, e=50.00 mm	TK-BR1-E12.7	Según corresponda	Según corresponda	Brida	Según corresponda
4	Perno hexagonal 3/4", ASTM XXX (Gr X)	TK-PN-D3/4	Según corresponda	Según corresponda	Para Brida	Según corresponda
5	Tuerca hexagonal 3/4", ASTM XXX (Gr X)	TK-TX-D3/4	Según corresponda	Según corresponda	Para Brida	Según corresponda
6	Copla Ø2", ASTM XXX	TK-CP1-D2	Según corresponda	Según corresponda	Conexiones	Según corresponda
7	Tubo Ø2", ASTM AXXX GrX Sch X	TK-TB1-D2	Según corresponda	Según corresponda	Tubo interno	Según corresponda

* Las "X", representan los materiales (y sus especificaciones) permitidos por el Código ASME, Sección VIII, División 1.

** El número de Certificado y N° de colada deberán ser los mismos que se indiquen en cada Certificado de material.

Redondez

La regla UG-80 proporciona las consideraciones para la determinación de la falta de redondez permisible del cuerpo de los tanques. La falta de redondez del cuerpo del tanque medida por la diferencia entre el diámetro máximo y mínimo en una sección transversal no puede ser superior al 1% del diámetro nominal. Esta tolerancia se aplica a todas las secciones, excepto en las boquillas, perpendiculares al eje del tanque, incluidas las juntas circunferenciales y las juntas entre el cuerpo y los cabezales. Debido a que se necesita una tolerancia adicional para la deformación local en las boquillas, la tolerancia de falta de redondez permisible es del 2% del diámetro nominal en las secciones transversales cerca de una abertura.

2. Uniones Soldadas

Calificación del procedimiento de soldadura

Una especificación de procedimiento de soldadura (WPS) es un documento escrito que proporciona instrucciones a la persona que aplica el proceso de unión de materiales. El propósito de calificar la WPS es demostrar que el proceso de unión propuesto para la construcción es capaz de producir juntas que tengan las propiedades mecánicas requeridas para la aplicación prevista.

UW-28 da los requisitos para la calificación de un WPS. Estos incluyen:

- Cada procedimiento de soldadura a ser utilizado en la construcción deberá ser registrado detalladamente por el fabricante.
- El procedimiento utilizado para soldar partes sometidas a presión y en la unión de partes no sometidas a presión que soportan cargas a partes sometidas a presión deberá ser calificado de acuerdo con la Sección IX [ver excepción UW-28(C)].
- Alternativamente, pueden utilizarse WPS Estándar de la AWS que hayan sido aceptadas por la Sección IX, siempre que cumplan con todos los demás requisitos de la División 1.

Calificación de Desempeño

El propósito de calificar a la persona que utilizará un proceso de unión es demostrar la capacidad de esa persona para producir una unión sólida al usar una WPS. El registro de calificación de desempeño del soldador (WPQ) documenta lo que ocurrió durante la producción de un cupón de prueba hecho por una persona.

Los soldadores y operadores de soldadura encargados de soldar partes sometidas a presión y en la unión de partes no sometidas a presión que soportan cargas (uniones) a partes sometidas a presión deberán ser calificados de acuerdo con la Sección IX y comúnmente se le denomina "*soldador homologado*".

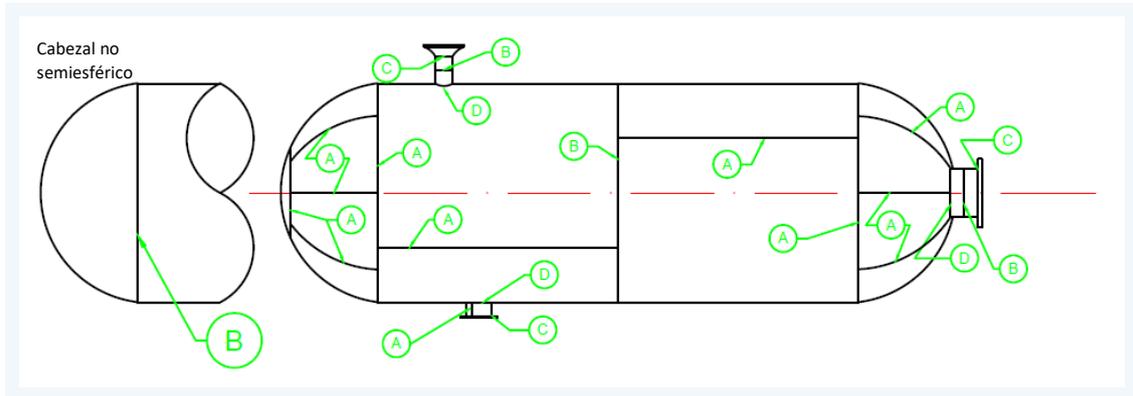
Categoría de Junta

Los espesores mínimos requeridos en el diseño de cuerpos cilíndricos de recipientes sometidos a presión interna están determinados también por el tipo de junta, su localización y por el alcance

de los ensayos no-destructivos que se efectúan en la junta. Estos factores se determinan de acuerdo con UW-3 y UW-12.

La categoría de junta define la localización de una junta (UW-3), y es usado para establecer requisitos especiales en relación con los distintos tipos de juntas y el grado de inspección para ciertas juntas soldadas sometidas a presión.

Esquema de ubicaciones de juntas soldadas en tanques estacionarios para GLP, típicas de las categorías A, B, C y D³¹



Nota: Adaptado de la figura UW-3 del Código ASME, Sección VIII, División 1.

Categoría	Alcance
A	<ol style="list-style-type: none"> Uniones longitudinales en: <ol style="list-style-type: none"> cuerpo principal, b) transiciones de diámetro. Uniones soldadas en: <ol style="list-style-type: none"> recipientes esféricos, b) cabezales conformados Uniones circunferenciales que conectan los cabezales semiesféricos con: <ol style="list-style-type: none"> el cuerpo principal, b) transiciones de diámetro, c) derivaciones o d) cámaras comunicantes³².
B	<ol style="list-style-type: none"> Uniones circunferenciales en: <ol style="list-style-type: none"> cuerpo principal, b) cámaras comunicantes, c) derivaciones o d) transiciones de diámetro. Uniones circunferenciales que conectan los cabezales conformados³³ (excepto semiesféricos) con: <ol style="list-style-type: none"> cuerpo principal, b) transiciones de diámetro, c) derivaciones o d) cámaras comunicantes.
C	Uniones que conectan las bridas, los cabezales conformados, las transiciones de diámetro y las derivaciones.
D	Uniones que conectan las cámaras comunicantes o las derivaciones con: <ol style="list-style-type: none"> cuerpo principal, b) tanques esféricos, c) transiciones de diámetro, d) cabezales

Valor de la Eficiencia de Junta (E)

Los tipos de uniones soldadas usados en la construcción de recipientes se listan en la Tabla UW-12, donde se describen las juntas y las limitaciones para su uso. Existen ocho (8) tipos de juntas permitidas. La eficiencia de la junta depende de la localización de la junta en el recipiente y del alcance de los ensayos no destructivos que efectúen en las mismas (UW-12). En la siguiente tabla se resumen algunos valores de eficiencias, tipos de juntas y ensayos no destructivos.

³¹ Figura UW-3 del Código ASME Sección VIII división 1.

³² **Numeral 85 de la Sección ENDNOTES del Código ASME Sección VIII.** Cámaras comunicantes se define como partes agregadas al recipiente que hacen intersección con el cuerpo o cabezales y forman una parte integral del recinto que contiene presión, p. ej., sumideros.

³³ Cabezal de una sola pieza, sin soldadura.

Tipo	Descripción de la Junta	Categoría	Radiografiado		
			Total	Parcial	Nada
1	Juntas a tope que se logran por soldadura doble, (con depósito de material en las superficies interna y externa) o por otro medio el cual obtendrá la misma calidad de metal de soldadura depositado en las superficies de soldar interiores y exteriores para concordar con los requerimientos de UW-35.	A, B, C y D	1.00	0.85	0.70
2	Juntas a tope de simple arco de soldadura, con respaldo.	A, B, C y D	0.90	0.85	0.65
	Uniones a tope circunferenciales con una placa desplazada respecto de la otra; ver UW-13(b)(4) y Fig. UW-13.1, croquis (i)	A, B y C	0.90	0.85	0.65
3	Juntas a tope con soldadura simple, sin respaldo. Se aplican solo en uniones circunferenciales, donde el espesor no es mayor a 16 mm (5/8") y el diámetro exterior no es mayor a 600 mm (24").	A, B y C	N.A.	N.A.	0.65

Nota: Información obtenida de la tabla UW-12 del Código ASME, Sección VIII, División 1.

En la Tabla UCS-57 del Código ASME Sección VIII, División 1 se indica, para diversos materiales, el espesor a partir del cual es obligatorio el radiografiado total en uniones a tope, además de los requerimientos de UW-11. En la siguiente tabla se indican algunas de esas condiciones.

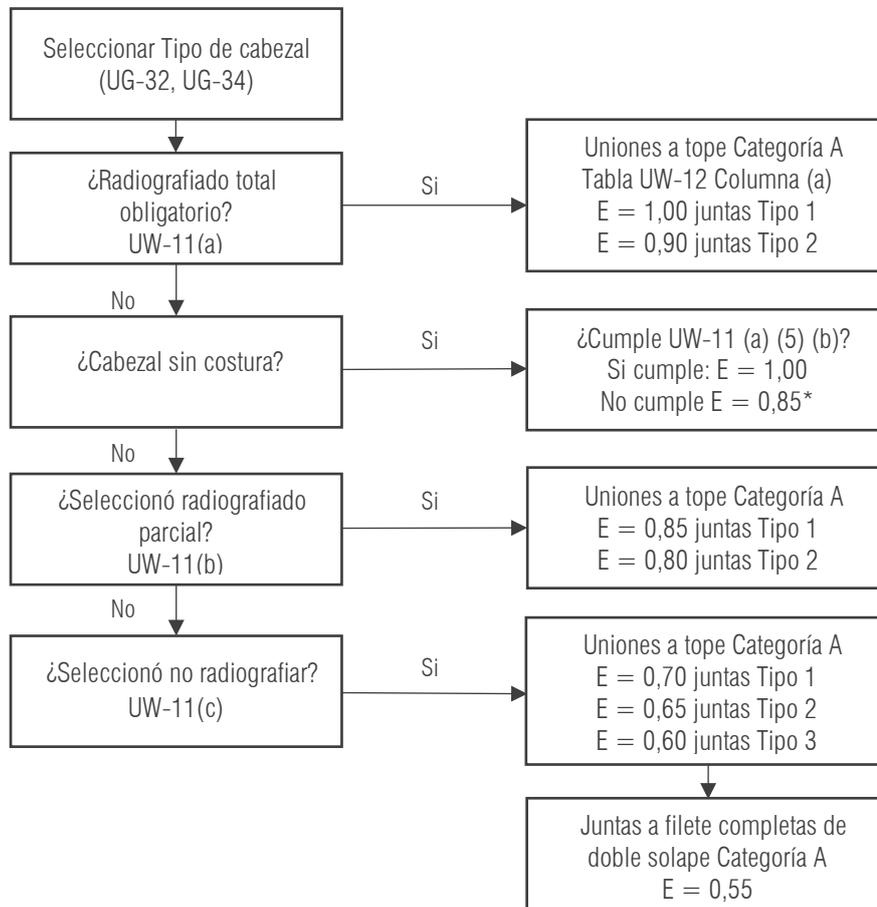
Clasificación de Material N° P y Grupo	Espesor nominal por encima del cual las juntas soldadas a tope serán radiografiadas plenamente, pulg.
P-1 Grupo 1, 2, 3	1 ¼"
P-10C Grupo 1	5/8"

Flujograma para determinar la eficiencia de junta E y el tipo de unión soldada para cabezales

Cada junta soldada se considera por separado y la eficiencia de la junta para esa junta soldada se aplica luego en la fórmula de diseño apropiada para el componente en consideración.

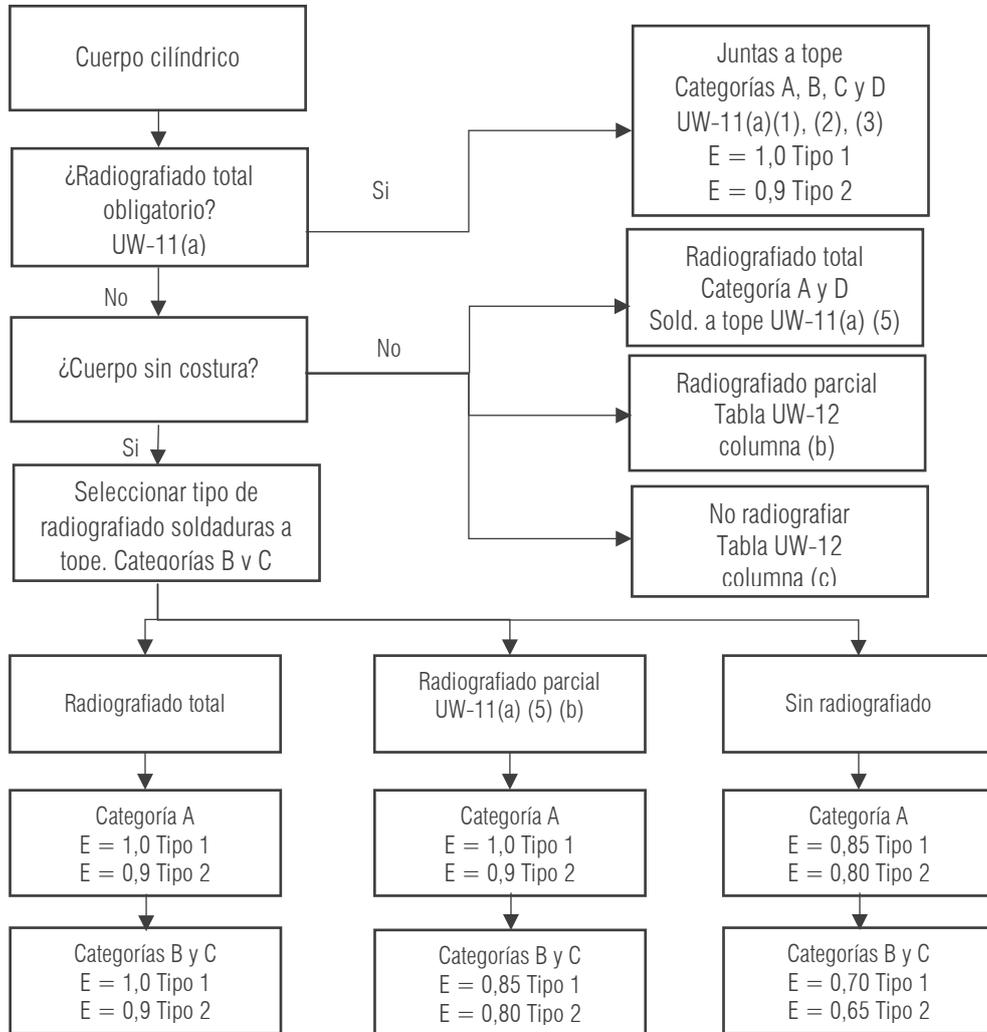
Las Figuras L-1.4-1 y L-1.4-2 (Apéndice L) del Código ASME Sección VIII División 1, de los cuales se muestra un extracto, proporciona pautas para determinar las eficiencias de junta E. Alternativamente, las Figuras L-1.4-3 y L-1.4-4 proporcionan pautas para determinar la eficiencia para las categorías de soldadura. Generalmente, el diseñador debe considerar si la radiografía es obligatoria debido al espesor del material y si el grado de radiografía realizado en las juntas de Categoría B en el cuerpo cilíndrico afecta la eficiencia de la junta utilizada, en las juntas soldadas de Categoría A.

La eficiencia E del cabezal es la menor de todas las eficiencias de juntas del cabezal. Para cabezales semiesféricos, según UG-32(f), se debe considerar también la junta del cabezal con el cuerpo.



*Ver UW-12(d), cuando la unión entre cabezal y el cuerpo es una soldadura de tipo N° 3, 4, 5 o 6

Flujograma para determinar la eficiencia de junta E y el tipo de unión soldada para cuerpo cilíndrico



3. Cuerpos cilíndricos

Cargas

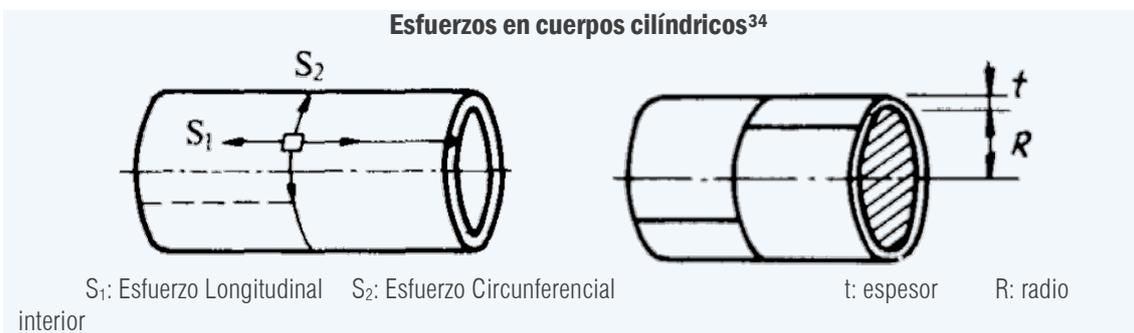
Los recipientes a presión están sujetos a diversas cargas, que causan esfuerzos de diferentes intensidades en los componentes del recipiente. El tipo e intensidad de los esfuerzos es una función de la naturaleza de las cargas, de la geometría del recipiente y de su construcción. Las cargas que deben considerarse en el diseño de un recipiente (UG-22) deberán incluir, entre otras, las provenientes de:

- La presión de diseño interior y exterior.
- El peso del tanque y de sus contenidos habituales bajo condiciones de operación o prueba.
- Gradientes de temperatura y expansiones térmicas diferenciales.

Espesor mínimo requerido

Los requisitos mínimos para determinar el espesor del cuerpo cilíndrico y cabezales se especifican en el párrafo UG-16. El espesor mínimo especificado de los recipientes a presión, después de formarse y sin incluir ningún margen para la corrosión, es de 1/16 de pulgada.

El espesor mínimo requerido del cuerpo sometido a presión interna no deberá ser menor que el calculado por las siguientes formulas, a excepción de lo permitido por el Apéndice 1 o el Apéndice 32. Además, se deberán hacer consideraciones sobre cualquiera de las cargas listadas en UG-22, cuando se esperen que ocurran dichas cargas. El espesor previsto de los cuerpos también deberá también cumplir con los requerimientos de UG-16, a excepción de lo permitido en el Apéndice Obligatorio 32.



Nota: Figuras obtenidas de la sección Esfuerzos En Recipientes A Presión, del libro "Pressure Vessel Handbook", Seventh Edition - Eugene F. Megyesy.

Espesor(*)	Leyenda
$t_r = \frac{PR}{SE - 0.6P}$	t_r : espesor mínimo requerido para el cuerpo (pulg). P: Presión interna de diseño (psi). R: Radio interior S: Esfuerzo máximo admisible. E: Eficiencia de la junta en las soldaduras.
$t = \frac{PR}{2SE + 0.4P}$	

(*): Se deberá elegir el mayor espesor calculado

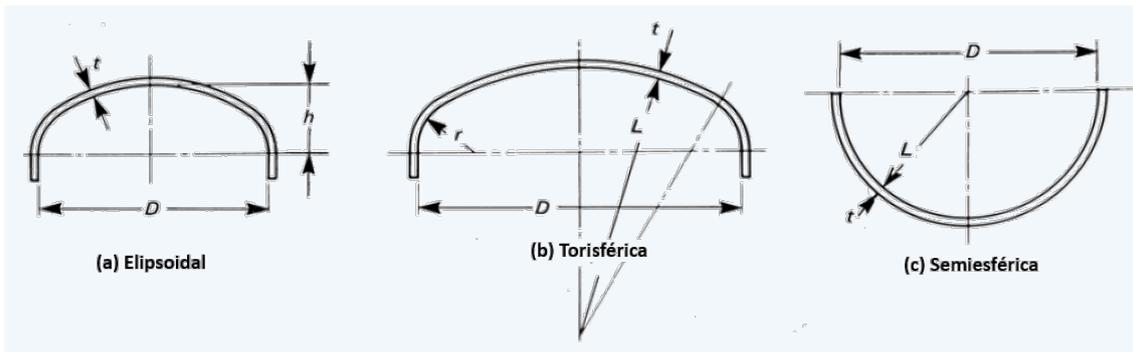
Nota: Formula obtenida del del Código ASME, Sección VIII, División 1.

4. Cabezales

Los principales cabezales contemplados en el Código ASME y aplicables en Plantas Envasadoras de GLP son elipsoidales, torisféricos y semiesféricos. El espesor mínimo requerido en el punto más delgado luego del conformado de cabezales deberá ser calculado por medio de las fórmulas apropiadas a excepción de lo permitido por el Apéndice 32.

A continuación, se detallan los cálculos para determinar el espesor mínimo requerido para los cabezales semiesféricos, elipsoidales, y torisféricos.

³⁴ Imágenes obtenidas de la sección Esfuerzos En Recipientes A Presión, del libro "Pressure Vessel Handbook", Seventh Edition - Eugene F. Megyesy.



Nota: Figura obtenida a partir de la figura 1.4 del Apéndice Obligatorio 1, del Código ASME, Sección VIII, División 1.

Cabezal Semiesférico	Leyenda
$t = \frac{PL}{2SE - 0.2P}$	t: Espesor mínimo requerido para el cabezal (pulg).
Cabezal Elipsoidal	P: Presión interna de diseño (psi).
$t = \frac{PDK}{2SE - 0.2P} \quad K = \frac{1}{6} \left[2 + \left(\frac{D}{2h} \right)^2 \right]$	D: Diámetro interior del faldón de tapa.
Cabezal Torisférico	S: Esfuerzo máximo admisible (psi).
$t = \frac{PLM}{2SE - 0.2P} \quad M = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{L}{r}} \right)$	E: Eficiencia más baja de cualquier junta en el cabezal.
	h: la mitad de la longitud del eje menor de la tapa elipsoidal (pulg).
	K: se puede obtener de la Tabla 1-4.1: Valores del factor K, del Apéndice 1 del Código ASME SECCIÓN VIII, DIVISIÓN 1
	L: Radio esférico o de corona interior para cabezales torisféricos y semiesféricos (pulg).
	r: radio de articulación interior (pulg).
	M: se puede obtener de la Tabla 1-4.2: Valores del factor M, del Apéndice 1 del Código ASME SECCIÓN VIII, DIVISIÓN 1

Nota: Formulas obtenidas del Código ASME, Sección VIII, División 1.

Los párrafos UG-16(c) y UG-16(d) proporcionan requisitos relacionados a cómo se deberá considerar las tolerancias de espesor de las planchas y tuberías para los componentes del límite de presión. El material de la plancha no se puede pedir con un espesor inferior al requerido por las fórmulas de diseño; sin embargo, el material de la plancha recibido por el fabricante con un espesor real suministrado que es más delgado que el espesor requerido por 0,01 pulgadas o 6 % del espesor pedido puede usarse a la presión de diseño total. Si la especificación del material prevé un espesor por debajo de la tolerancia mayor, entonces el espesor pedido debe considerar esta mayor tolerancia.

5. Conexiones / Boquillas

Las reglas para el diseño de aberturas están contenidas en UG-36 a UG-46.

Cuando se hace una abertura en un recipiente a presión, se intensifica la tensión como resultado del orificio que se forma en la cubierta. Esto es análogo al clásico efecto de concentración de tensión de un agujero en una placa que se carga en tracción. Las reglas de refuerzo del Código ASME no consideran cargas distintas a la de la presión.

No hay límite para el tamaño de una abertura que se puede instalar en un recipiente a presión. Las reglas de refuerzo de aberturas dadas en UG-36 a UG-43 se aplican a aberturas que no excedan lo siguiente:

- Para recipientes a presión con Diámetro interno $\leq 60''$, el diámetro de la abertura no debe exceder la mitad del diámetro del cuerpo ni ser mayor a $20''$.
- Para recipientes a presión con Diámetro interno $> 60''$, el diámetro de la abertura no debe exceder la tercera parte del diámetro del cuerpo ni ser mayor a $40''$.

Las aberturas que excedan estos límites también deberán cumplir con las reglas complementarias del Apéndice Obligatorio 1.

Áreas equivalentes

La filosofía básica de las reglas de refuerzo del código asegura que, en cualquier sección transversal a través de una abertura, el área de la plancha que es removida por la abertura es reemplazada por material de resistencia adecuada y un área equivalente adyacente a la abertura. Los elementos de refuerzo deben estar unidos a la plancha y boquilla mediante soldaduras que tengan la resistencia suficiente para transmitir y distribuir las cargas resultantes de la presión, en las proximidades de la abertura.

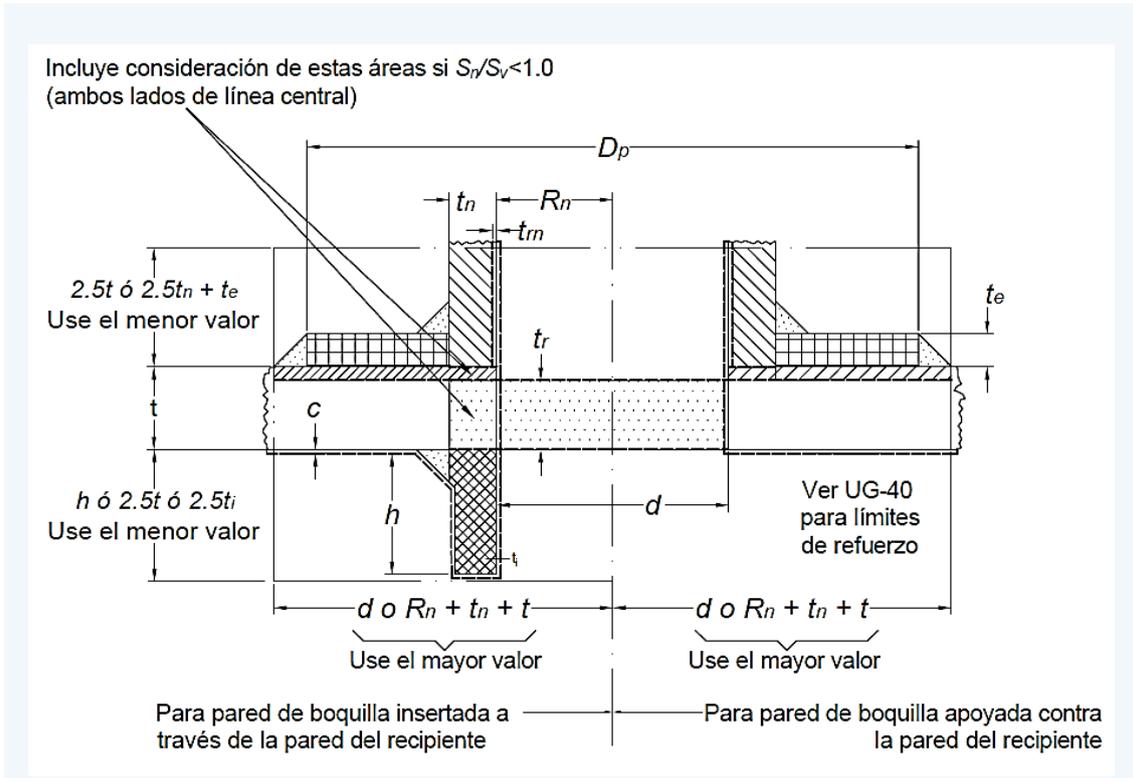
Para el cálculo de aberturas, el código tiene en cuenta el concepto de “áreas equivalentes”, que establece que, el área faltante por la abertura debe ser reemplazada por:

- el área en exceso en el cuerpo del recipiente,
- el área de la derivación propiamente dicha (también llamado cuello, o nozzle),
- el área en las soldaduras que fijan la derivación, o
- agregando material extra (refuerzo)

El sobre-espesor por corrosión no se puede considerar en el cálculo de las áreas equivalentes. En los siguientes casos no es necesario colocar un refuerzo (UG-36(c)(3)):

- Aberturas no mayores a $3 \frac{1}{2}''$ (90 mm) en cuerpos o cabezales cuyo espesor requerido sea menor o igual a $\frac{3}{8}''$ (10 mm).
- Aberturas no mayores a $2 \frac{3}{8}''$ (60 mm) en cuerpos o cabezales cuyo espesor requerido sea mayor a $\frac{3}{8}''$ (10 mm).
- Conexiones roscadas o expandidas, en las cuales el orificio en el cuerpo o cabezal no es mayor a $2 \frac{3}{8}''$ (60 mm).

En la siguiente figura, se presenta la nomenclatura para determinar el área de refuerzo requerida AR y el área de refuerzo disponible. Para más detalle respecto de la aplicación de las respectivas fórmulas, revisar Figura UG-37.1.



Nota: Figura obtenida a partir de la figura UG-37.1 del Código ASME, Sección VIII.

Sin elemento de refuerzo	Con elemento de refuerzo agregado
- Si $A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} > A$ La abertura está reforzada adecuadamente	- Si: $A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + A_5 > A$ La abertura está reforzada adecuadamente
- Si $A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} < A$ La abertura no está reforzada adecuadamente de manera que se deben agregar elementos de refuerzo y/o los espesores se deben aumentar.	

Leyenda		
A		Área requerida
A ₁		Área disponible en envolvente; el valor mayor.
A ₂		Área disponible en boquilla que sobresale hacia afuera; el valor menor.
A ₃		Área disponible en boquilla hacia adentro
A ₄₁		Área disponible en soldadura hacia afuera Soldadura de boquilla hacia afuera
A ₄₂		Área disponible en soldadura de afuera soldadura de elemento de afuera (en caso de contar con elemento de Refuerzo)
A ₄₃		Área disponible en soldadura hacia adentro soldadura de boquilla hacia adentro
A ₅		Área disponible en el elemento de refuerzo agregado.

S_n = tensión admisible en la boquilla, psi (MPa).

S_v = tensión admisible en el recipiente, psi (MPa).

Espesor de las boquillas

El espesor mínimo de pared del cuello de las boquillas deberá determinarse como se indica a continuación, de conformidad con la regla UG-45.

Para conexiones de acceso e inspección	Leyenda
$t_{UG-45} = t_a$	t_{UG-45} : Mínimo espesor de pared del cuello de las boquillas. t_a : Espesor mínimo requerido para presión interna y externa, de acuerdo a UG-27 y UG28 según sea aplicable (más el margen para corrosión). Si aplica deben considerarse cargas externas (UG-22).
Para las otras conexiones	
$t_{UG-45} = \max(t_a, t_b)$ $t_b = \min[t_{b3}, \max(t_{b1}, t_{b2})]$	t_{b1} : Para recipientes sometidos a presión interna, el espesor (más el margen para corrosión), requerido del cuerpo o cabezal donde se colocará a la conexión, asumiendo E=1, pero no menor que los espesores mínimos indicados en UG-16.b. t_{b2} : Para recipientes sometidos a presión externa, el espesor (más el margen para futura corrosión), requerido del cuerpo o cabezal donde se colocará a la conexión, asumiendo E=1, pero no menor que los espesores mínimos indicados en UG-16.b. t_{b3} : Espesor indicado en la Tabla UG-45 (más el margen para corrosión).

Extracto de la Tabla UG-45 Requerimientos de espesor mínimo para boquillas	
Tamaño nominal, pulg	Espesor mínimo de pared, pulg (ver UG-16(d))
NPS 3/4	0.099
NPS 1	0.116
NPS 1 1/4	0.123
NPS 1 1/2	0.127
NPS 2	0.135
NPS 2 1/2	0.178
NPS 3	0.189

Límites de Refuerzo

Se denomina límites de refuerzo para un plano a los límites del área transversal de cualquier plano perpendicular a la pared del recipiente y pasando a través del centro de la abertura dentro de los cuales tiene que ubicarse el metal para ser considerado como refuerzo.

A continuación, presentamos un ejemplo de cálculo de límites de refuerzo:

Datos	
Tipo de boquilla: Perpendicular a la línea longitudinal del cilindro (sin elemento de refuerzo).	Límite paralelo de refuerzo, según UG-40(b) $L_R = \text{Max}(d, R_n + t_n + t)$ $L_R = \text{Max}(118.1, 59.05 + 68.45 + 23)$ $L_R = 150.5 \text{ mm}$
Espesor de la pared de la boquilla (t_n): 68,45 mm Espesor de la pared del cuerpo (t): 23 mm Espesor de cálculo del cuerpo (t_r): 22,05 mm El diámetro de la abertura terminada (d): 118,1 mm. Radio de la boquilla (R_n): 59,05 mm Proyección interna (h): 14 mm	Límite exterior normal de refuerzo, según UG-40(c): $L_H = \text{Min}(2.5 \times t, 2.5t_n + t_e)$ $L_H = \text{Min}(2.5 \times 23, 2.5 \times 68.45 + 0)$ $L_H = 57.5 \text{ mm}$
Espesor o altura del elemento de refuerzo (t_e) = 0 Espesor nominal de la proyección interna de la pared de la boquilla (t_i)	Límite interno normal de refuerzo, según UG-37, UG-40(c): $L_R = \text{Min}(h, 2.5 \times t, 2.5 \times (t_i))$ $L_R = \text{Min}(14, 2.5 \times 23, 2.5 \times (68.45 - 1))$ $L_R = 14 \text{ mm}$

6. Tratamiento térmico post soldadura (PWHT)

Antes de aplicar los requisitos y exenciones de UCS-56, se deberá realizar la calificación satisfactoria del procedimiento de soldadura de aquellos procedimientos a ser utilizados en conformidad con todas las variables esenciales de la Sección IX.

A excepción de a lo indicado de manera específica en las notas de las Tablas UCS-56-1 a UCS-56-11 y la Tabla UCS -56.1, todas las soldaduras de recipientes a presión y partes de recipientes a presión deberán ser sometidas a un tratamiento térmico posterior a la soldadura a una temperatura no menor que la especificada en dichas tablas cuando el espesor nominal, definido en UW-40(f), incluido el margen de corrosión, exceda los límites establecidos en aquellas Tablas. Los tiempos y temperaturas indicados son mínimos. Los tiempos de mantenimiento no necesitan ser continuos.

RESÚMEN DE LAS TABLAS UCS-56					
Requerimientos de tratamiento térmico posterior a la soldadura para aceros al carbono y de baja aleación					
N° P	Grupo	Mínima Temperatura Normal de mantenimiento, °F	Tiempo mínimo de mantenimiento a temperatura normal para espesor nominal [Vea UW-40(f)]		
			Hasta 2"	De 2" hasta 5"	Más de 5"
P-1	1, 2, 3	1100	1 hr/pulg., 15 min mínimo	2 hr más 15 min por cada pulg. adicional sobre 2"	2 hr mas15 min por cada pulg. adicional sobre 2"
P-1	4	N.A.	Ninguno	Ninguno	Ninguno
P-3	1, 2, 3	1100	1 hr/pulg., 15 min mínimo	2 hr más 15 min por cada pulg. adicional sobre 2"	2 hr más 15 min por cada pulg. adicional sobre 2"
P-4	1, 2	1200	1 hr/pulg., 15 min mínimo	1 hr/pulg.	5 hr más 15 min por cada pulg. adicional sobre 5"
P-5 A/B/C	1	1250	1 hr/pulg., 15 min mínimo	1 hr/pulg.	5 hr más 15 min por cada pulg. adicional sobre 5"
P-9 A/B	1	1100		1 hr/pulg., 15 min mínimo	
P-10 A/B	1	1100		1 hr/pulg., 15 min mínimo	
P-10 C	1	1000		1 hr/pulg., 15 min mínimo	

En cada Tabla UCS-56, deberá considerar las notas generales. Por ejemplo, para el material P-1, se indica:

Extracto de las notas generales de la Tabla UCS-56-1

Material P-1, Grupo 1, 2, 3 y 4

- (a) Cuando sea impráctico el tratamiento a la temperatura indicada en esta tabla, se permite realizarlo a temperaturas menores por períodos de tiempo más prolongados de acuerdo con la Tabla UCS -56.1.
- (b) El tratamiento térmico posterior a la soldadura es obligatorio bajo las siguientes condiciones:
- (1) para juntas soldadas con espesor nominal mayor que 1½ pulg. (38 mm);
 - (2) para juntas soldadas con espesor nominal mayor que 1¼ pulg. (32 mm) hasta 1½ pulg. (38 mm). a menos que se aplique precalentamiento a una temperatura de 200 °F (95 °C) durante la soldadura. (...)

7. Inspecciones y Pruebas

Las reglas UG-90 a UG-103 proporcionan requisitos generales para inspecciones y pruebas. Estos requisitos se suman a los requisitos de inspección y prueba que se encuentran en otras partes del Código ASME. Los requisitos generales de UG-90 resumen con cierto detalle las responsabilidades del fabricante e incluyen, entre otros, lo siguiente:

- Preparar dibujos y cálculos.
- Identificación de todos los materiales utilizados en el tanque estacionario
- Obtener informes de datos parciales para trabajos de fabricación que involucren soldadura realizados por terceros.
- Proporcionar acceso al Inspector.
- Examen de todos los materiales antes de la fabricación.

- Documentación de los resultados de las pruebas de impacto cuando se requieran pruebas de impacto.
- Obtener la aprobación del Inspector antes de realizar cualquier reparación.
- Examen del cuerpo y cabezales del tanque estacionario para asegurar que cumplan con las tolerancias requeridas.
- Calificación de procedimientos de soldadura.
- Examen del montaje para asegurar una limpieza y alineación adecuadas.
- Asegurarse de que existan disposiciones para cumplir con todos los requisitos de tratamiento térmico cuando sea necesario.
- Mantener registros de exámenes no destructivos.
- Llevar a cabo la prueba de presión requerida del recipiente.
- Revisión de la placa de identificación del tanque estacionario.
- Preparar el Informe de Datos del Fabricante para evaluación del inspector.

8. Válvula de Alivio de Presión

Las reglas UG-125 a UG-137 establecen los requisitos para los dispositivos de alivio de presión. Los dispositivos de alivio de presión, como se describe en estos requisitos, deben proteger de manera integral todo el recipiente a presión.

Cabe mencionar que, de acuerdo con el Código de GLP, NFPA 58 Ed. 2020, en su numeral 5.9.2.6, establece la metodología para determinar el flujo de descarga mínima de la válvula de alivio de presión; dando la siguiente fórmula:

$$\text{Flujo (pie}^3/\text{min)} = 53.632 * A^{0.82}$$

Donde "A" es el área de la superficie externa total del tanque estacionario (pie²). Cabe mencionar que, esta capacidad de flujo de las válvulas de alivio de presión cuando sean instaladas en tanques estacionarios monticulados o enterrados podrá ser como mínimo del 30% del flujo especificado en la fórmula anterior.

9. Prueba de presión

Todos los recipientes a presión terminados tienen que ser probados hidrostáticamente excepto aquellos que son probados neumáticamente. El párrafo UG-99 contiene las reglas para la prueba hidrostática, y aquellas para la prueba neumática están en UG-100.

Todos los recipientes a presión terminados deben someterse a una prueba de presión. Los requisitos para las pruebas de presión se proporcionan en las reglas UG-99 y UG-100.

La prueba de presión consigue una serie de efectos beneficiosos; la más obvia es que una prueba de presión expondrá fugas en las conexiones bridadas y en las uniones soldadas. Además, la prueba de presión expondrá cualquier otro error en el diseño de la contención de presión.

La prueba de presión también dará como resultado un "alivio de tensión" mecánico del tanque estacionario. Las regiones locales de alto esfuerzo, como las que ocurren en concentraciones de esfuerzo e imperfecciones similares a grietas, experimentarán una fluencia local a la presión de prueba. Después de la liberación de la presión, se logra un patrón de tensión más favorable

porque estas áreas locales tendrán tensiones residuales que reducirán la tensión local en posteriores aplicaciones de presión.

La prueba de presión más deseable es una prueba hidrostática en la que el recipiente se llena con un líquido y se presuriza por encima de su presión de trabajo máxima permitida. La prueba hidrostática debe realizarse después de que se haya completado la construcción del tanque estacionario. Cabe señalar que no se realizará ninguna soldadura en un recipiente después de la prueba hidrostática.

Temperatura de la Prueba Hidrostática

UG-99(h) recomienda que la temperatura del metal durante la prueba hidrostática sea mantenida al menos 30°F (17°C) arriba de la mínima temperatura de diseño del metal para minimizar el riesgo de fractura frágil. La presión de prueba deberá no ser aplicada hasta que el recipiente y su contenido estén a la misma temperatura. Una inspección visual cercana al recipiente deberá no ser efectuada cuando la temperatura exceda 120°F (48 °C).

Presión de prueba hidrostática

La mínima presión a la que se realiza el ensayo se relaciona con la máxima presión de trabajo admisible - MAWP³⁵, a través de la siguiente expresión:

$$P_p = 1.3M_{AWP} \frac{S_p}{S}$$

P_p: Presión de prueba a la que es sometido el recipiente.
 MAWP: Máxima presión de trabajo admisible.
 S_p: Máximo esfuerzo admisible, a la temperatura de la prueba.
 S: Máximo esfuerzo admisible, a la temperatura de diseño.

MAWP como es definida en UG-98, es la máxima presión permitida en la parte superior del recipiente en su posición normal de operación a la temperatura especificada para tal presión. Es el mínimo de los valores de MAWP correspondientes a las distintas partes esenciales del recipiente ajustadas por la diferencia de columna estática que pueda existir entre la parte considerada y la parte superior del recipiente.

Luego de la aplicación de la presión de prueba hidrostática requerida, la presión debe reducirse a un valor no menor que la presión de prueba dividida por 1.3. A continuación, se inspeccionará el tanque estacionario en busca de fugas a esta presión más baja. No se permiten fugas observables en las conexiones atornilladas permanentes o cordones de soldadura.

Si el recipiente experimenta una deformación permanente visible como resultado de la prueba de presión, el Inspector deberá rechazar el tanque estacionario.

10. Marcado

Placa de Identificación

El marcado requerido puede ser aplicado directamente sobre el recipiente, o en una placa de datos separada. Cuando el estampado del Código es aplicado a una placa de datos, deberá ser ubicada en un lugar visible sobre la superficie del recipiente, y deberá cumplir con lo siguiente (UG-119):

³⁵ Maximum Allowable Working Pressure.

- El espesor nominal de la placa de identificación no deberá ser menor de 0.02 pulg.
- El número de serie del fabricante tiene que ser estampado.
- Las placas de identificación pueden tener marcados producidos por fundición, grabado, sobre relieve o bajo relieve, estampado, o cincelado.
- El marcado requerido sobre una placa de identificación deberá ser con caracteres de no menos de 5/32" (4 mm) de altura.
- Los caracteres deberán ser tanto hendidos como elevados, al menos, 0.004 pulg (0.1 mm) y deberán ser legibles y entendibles.

Una Placa de identificación adicional podrá ser instalada en los soportes, camisa u otro accesorio unido permanente al recipiente. Toda la información en la placa adicional deberá ser como lo requerido para la placa de identificación obligatoria. La placa de identificación adicional deberá ser marcada como "DUPLICADO".

Marcado requerido

La información contenida en la Placa de identificación deberá estar en conformidad con lo establecido en UG-116 y en concordancia con lo establecido en el numeral 5.2.8.3 de la norma NFPA 58, edición 2020. Se presenta en el Anexo 2 un esquema de placa a modo de ejemplo.

El Reporte de Datos del Fabricante contendrá muchos más detalles sobre el tanque estacionario. Las instrucciones detalladas para completar el Reporte de Datos del fabricante se pueden encontrar en el Apéndice W del Código ASME Sección VIII, División 1.

ANEXO 2: Esquema de Placa de Identificación, para tanques estacionarios en Plantas Envasadoras de GLP

Las marcas específicas para recipientes a presión deberán estar sobre una placa de metal de acero inoxidable sujeta al recipiente y localizada de modo que sea visible después de la instalación del recipiente. Asimismo, en concordancia con lo establecido en el numeral 5.2.8.3(C) del Código de GLP – NFPA 58 Ed. 2020, la información contenida en la placa deberá incluir lo siguiente:

FABRICADO POR	<input style="width: 150px;" type="text" value="1"/>		
DIRECCIÓN FABRICANTE	<input style="width: 300px;" type="text"/>		
MAWP	<input style="width: 80px;" type="text" value="2"/>	CON UNA TEMPERATURA	<input style="width: 80px;" type="text"/> °F
MDMT	<input style="width: 80px;" type="text"/>	CON UNA PRESIÓN	<input style="width: 80px;" type="text"/> PSI
SERIE	<input style="width: 250px;" type="text"/>		
AÑO DE FABRICACIÓN	<input style="width: 250px;" type="text"/>		
EDICIÓN DEL CÓDIGO & ADENDA	<input style="width: 250px;" type="text"/>		
SERVICIO	<input style="width: 80px;" type="text" value="3"/>	FLUIDO DE SERVICIO	<input style="width: 100px;" type="text" value="GLP"/>
CAPACIDAD	<input style="width: 80px;" type="text" value="4"/>	PESO DEL RECIPIENTE	<input style="width: 100px;" type="text" value="5"/>
LONGITUD TOTAL	<input style="width: 100px;" type="text"/>	ÁREA SUPERFICIAL	<input style="width: 100px;" type="text" value="6"/>
TIPO DE CABEZAL	<input style="width: 100px;" type="text"/>	DIÁMETRO EXTERIOR	<input style="width: 100px;" type="text"/>
MATERIAL DEL CABEZAL	<input style="width: 100px;" type="text"/>	MATERIAL DEL CUERPO	<input style="width: 100px;" type="text"/>
ESPESOR DEL CABEZAL	<input style="width: 100px;" type="text"/>	ESPESOR DEL CUERPO	<input style="width: 100px;" type="text"/>
RADIOGRAFIADO	<input style="width: 80px;" type="text" value="7"/>	RADIOGRAFIADO	<input style="width: 100px;" type="text"/>
TRATAMIENTO TÉRMICO	<input style="width: 80px;" type="text" value="8"/>	SOLDADURA	<input style="width: 100px;" type="text" value="9"/>
Este recipiente no debe contener ningún producto con una presión de vapor superior a ____ psig a 100°F"			

Número en los círculos	Instrucción
1	Nombre del Fabricante
2	MAWP en psi.
3	El servicio para el cual se diseña el recipiente (Superficial/Enterrado/Monticulado).
4	Capacidad nominal, en galones de agua.
5	Peso neto del recipiente (tara).
6	Área de superficie externa en pies cuadrados.
7	Grado de radiografiado, Radiografía según UW-11 (RT 1; RT 2; RT 3; RT 4).
8	Tratamiento térmico posterior a la soldadura (HT; PHT).
9	Tipo de construcción utilizado para el recipiente (por ejemplo, W)

Para recipientes a presión fabricados por organizaciones autorizadas por ASME, la información de la Placa de identificación deberá estar de conformidad con la regla UG-116 del Código ASME, Sección VIII, División 1.



Calle Bernardo Monteagudo 222 - Magdalena del Mar
Teléfono: (01) 219-3400
www.osinergmin.gob.pe