RELEVADO DE ESFUERZOS MEDIANTE RESISTENCIAS CALEFACTORAS Y GAS

HOJA DE APROBACIÓN

ELABORA:

ING. MARTIN CERVANTES LIMA

COORDINADOR DEL GRUPO DE TRABAJO

PROPONE:

ING. JOSÉ ANTONIO CEBALLOS SOBERANIS

PRESIDENTE DEL SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE PEMEX-REFINACIÓN

APRUEBA:

ING. RAÚL LIVAS ELIZONDO

PRESIDENTE DEL COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

CONTENIDO

CAPÍTULO **PÁGINA**

0. INTRODUCCIÓN 4

1. OBJETIVO 5

2. ALCANCE 5

3. CAMPO DE APLICACIÓN 5

4. ACTUALIZACIÓN 5

5. REFERENCIAS 6

6. DEFINICIONES 6

7. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS 8

8. DESARROLLO 9

8.1 Requisitos Generales 9

8.2 Memoria de cálculo 11

8.3 Información que debe entregar PEMEX 11

8.4 Productos y servicios que debe proporcionar PEMEX 11

8.5 Información que debe entregar el licitante o contratista 11

8.6 Requerimientos del relevado de esfuerzos 12

8.7 Relevado de esfuerzos de soldaduras en tuberías 14

8.8 Relevado de esfuerzos de recipientes a presión en el lugar de fabricación mediante quemador de gas 18

8.9 Registros a entregar por el proveedor o contratista 21

9. RESPONSABILIDADES 21

9.1 Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios 21

9.2 Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios 22

9.3 Proveedores y contratistas 22

10. CONCORDANCIA CON NORMAS MEXICANAS O INTERNACIONALES 22

11. BIBLIOGRAFÍA 22

12. ANEXOS 23

0. INTRODUCCIÓN

Los esfuerzos residuales son un tema que por muchos años ha sido controvertido por la dificultad de evidenciar la presencia de esfuerzos elásticos en los materiales por medios físicos o químicos no destructivos; sin embargo, existen dos modos de falla por los cuales deben ser estudiados y controlados en las instalaciones industriales.

El primero se refiere a que inducen un comportamiento frágil en materiales que, habiendo sido probados mecánicamente en laboratorio y puestos en servicio, se fracturan de manera súbita e insospechada, sin absorber energía ni sufrir deformación o adelgazamiento.

El segundo implica una forma de corrosión, conocida como corrosión bajo tensiones, que ocurre sólo en combinaciones específicas de un agente químico y ciertas aleaciones. Es decir, no todos los metales son dañados por corrosión bajo tensiones ante cualquier agente corrosivo, sino que ocurre exclusivamente en un trinomio: agente–aleación–nivel de esfuerzos de tensión. También se precisa que un binomio conocido agente-aleación en el que se ha conocido ocurre el fenómeno de corrosión bajo tensiones, el daño es inexistente cuando su estado de esfuerzos es de bajas tensiones, nulo o a compresión.

Con estos antecedentes, la industria petrolera tiene el reto de reducir las posibilidades de falla y sus consecuencias en las instalaciones, el entorno ambiental y en especial la seguridad de las personas que las operan y de quienes habitan y realizan sus actividades productivas alrededor de ellas. El relevado de esfuerzos es una de las medidas preventivas que pueden aplicarse para evitar riesgos y que incide en la integridad mecánica-metalúrgica de los bienes de capital de la industria del petróleo y del gas.

Por lo anterior, y de acuerdo con la facultad que le otorga la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), Petróleos Mexicanos expide la presente norma de referencia, que conjunta la experiencia de la empresa con la investigación y el desarrollo tecnológico.

En la elaboración de la presente norma de referencia participaron los siguientes organismos, empresas e instituciones:

Pemex Exploración y Producción.
Pemex Gas y Petroquímica Básica.
Pemex Refinación.
Instituto Mexicano del Petróleo.
Instituto Politécnico Nacional
Productos POLIMEX S.A. de C. V.
SISTERE de Chiapas S. A. de C. V.
STREMEX S.A. de C.V.
Thermica Mexicana S.A. de C.V.
TRANSWELD

1. OBJETIVO

Establecer los requisitos técnicos y documentales mínimos que deben cumplir los proveedores de servicios de relevado de esfuerzos mediante resistencias calefactoras o por combustión de gas, que se contraten o realicen como parte del alcance de un contrato de obra para Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

2. ALCANCE

Establecer los requisitos mínimos que deben cumplir los proveedores de servicios y contratistas, para el relevado de esfuerzos en recipientes a presión, tuberías y tubing mediante resistencias calefactoras o por combustión de gas.

3. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma de referencia es de aplicación general y de observancia obligatoria en la contratación y ejecución del servicio objeto de la misma, que lleven a cabo los centros de trabajo de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, por lo que debe ser incluida en los procedimientos de contratación: licitación publica, invitación a cuando menos tres personas, o adjudicación directa, como parte de los requisitos que debe cumplir el proveedor o licitante.

4. ACTUALIZACIÓN

Esta norma se debe revisar y en su caso modificar al menos cada 5 años, o antes si las sugerencias y recomendaciones de cambio lo ameritan.

Las sugerencias para la revisión y actualización de esta norma, deben enviarse al Secretario del Subcomité Técnico de Normalización de PEMEX Refinación, quien debe programar y realizar la actualización de acuerdo a la procedencia de las mismas y en su caso, inscribirla dentro del Programa Anual de Normalización de Petróleos Mexicanos, a través del Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

Las propuestas y sugerencias de cambio deben elaborarse en el formato CNPMOS-001-A01 de la Guía para la Emisión de Normas de Referencia CNPMOS-001-A0, Rev. 1 del 30 de septiembre de 2004 y dirigirse a:

Subcomité Técnico de Normalización de PEMEX Refinación.
Av. Marina Nacional No. 329, Edificio B-2, 2º piso
Col. Huasteca, México D. F., C. P. 11 311
Teléfono directo: 1944-8628, 1944-8041
Conmutador: 1944-2500, ext. 53107, 53108
Correo electrónico aalvarezm@ref.pemex.com

5. REFERENCIAS

La aplicación de esta NRF se complementa con las siguientes normas.

5.1 **NOM-001-SEDE-2005** Instalaciones Eléctricas (Utilización)

5.2 **NOM-008-SCFI -2002** Sistema General de Unidades de Medida

5.3 **NMX-CC-9001-IMNC-2000** Sistemas de Gestión de la Calidad – Requisitos.

5.4 **NMX-EC-17025-IMNC-2000** Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración

5.5 **NRF-028-PEMEX-2004** Diseño y construcción de recipientes a presión

5.6 **NRF-030-PEMEX-2006** Diseño, construcción, inspección y mantenimiento de ductos terrestres para transporte y recolección de hidrocarburos

5.7 **NRF-034-PEMEX-2004** Aislamientos térmicos para altas temperaturas en equipos, recipientes y tubería superficial

5.8 **NRF-035-PEMEX-2005** Sistemas de tubería en plantas industriales - Instalación y pruebas

5.9 **NRF-036-PEMEX-2003** Clasificación de áreas peligrosas y selección de equipo eléctrico

5.10 **NRF-048-PEMEX-2007** Diseño de instalaciones eléctricas

5.11 **NRF-049-PEMEX-2006** Inspección de bienes y servicios.

5.12 **NRF-090-PEMEX-2005** Cambiadores de calor de envolvente haz de tubos.

5.13 **NRF-148-PEMEX-2005** Instrumentos para medición de temperatura

6. DEFINICIONES

Para los propósitos de esta NRF aplican las definiciones siguientes:

6.1 **Análisis de riesgo del trabajo (AST):** Técnica para el análisis en forma detallada, completa y minuciosa de la secuencia de actividades y la forma segura de hacer éstas, una vez identificados los riesgos.

6.2 **Acero al carbono.-** Acero que conforma una especificación que prescribe un límite máximo en por ciento de masa de no mas de 2,0 para el carbono y 1,65 para el manganeso, pero no se prescribe un límite mínimo para el cromo, cobalto, molibdeno, níquel, niobio, tungsteno, vanadio o zirconio.

6.3 **Acero de aleación.** Acero que contiene los elementos, con excepción del carbono, que se han agregado en cantidades suficientes para obtener mejores características mecánicas o físicas definidas, tales como más alta resistencia en temperaturas elevadas y dureza, entre otros. Con respecto a su composición, puede ser de baja o alta aleación. Atendiendo a la estructura en estado de utilización, los aceros pueden ser clasificados en tres grupos, con las siguientes composiciones típicas:

Austeníticos.- Aleaciones hierro, cromo, níquel y carbono (C ≤0.08 %, Cr 17-20 %, Ni 8-10 %)
Martensíticos.- Aleaciones hierro, cromo y carbono (C ≥ 0.1 %, Cr 12-14 %)
Ferriticos.- Aleaciones hierro, cromo y carbono (C < 0.1 %, Cr 16-18 %)

6.4 Anelado. Término genérico que cubre cualquiera de los diferentes tipos de tratamientos térmicos, usados para reducir la dureza, facilitar el maquinado y el trabajo en frío, producir una microestructura deseada u obtener propiedades deseadas mecánicas, físicas u otras.

6.5 Bases de licitación: Es el compendio de los documentos en los que se establecen los requisitos legales, técnicos, administrativos y económicos para participar en una licitación pública o invitación a cuando menos tres personas, de conformidad con las convocatorias o invitaciones que se emitan, incluyendo cualquier modificación derivada de aclaraciones formulados por escrito por Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios.

6.6 Contratista: Persona física o moral que celebre contratos de obras públicas y/o de servicios relacionados con las mismas.

6.7 Ciclo térmico: Variación de la temperatura en función del tiempo, durante el tratamiento térmico.

6.8 Equivalente: Es aquel documento que no sea Norma Oficial Mexicana (NOM), Norma Mexicana (NMX), Norma Internacional (ISO o IEC), Código o Estándar que demuestre cumplir como mínimo con los requisitos y características físicas, químicas, mecánicas o de cualquier naturaleza que establece el documento normativo citado en esta norma de referencia.

6.9 Hojas de datos: Es un documento en el que se indica información de equipo tal como: servicio, condiciones de operación, tipo de materiales, características y componentes del equipo, entre otros.

6.10 Licitante: Persona física o moral que participe en cualquier procedimiento de licitación pública, o invitación a cuando menos tres personas.

6.11 Números-P: Asignación hecha a grupos de materiales basados en su composición química, soldabilidad y propiedades mecánicas con objeto de reducir el número de procedimientos de calificación de soldadura requeridos. Esta agrupación no implica que los materiales base y/o el agregado para realizar la junta soldada de diferente composición dentro del mismo número-P, puedan indiscriminadamente sustituirse unos por otros.

6.12 Proveedor: Persona física o moral que celebre contratos de adquisiciones, arrendamientos y servicios.

6.13 Resistencia Eléctrica Calefactora: Dispositivo diseñado con el propósito de producir calor bajo el principio de resistencia eléctrica, apropiadamente protegido y aislado térmicamente.

6.14 Soldadura de filete: Es la soldadura de área seccional aproximadamente triangular, que une dos superficies en ángulo recto o casi ángulo recto.

6.15 Sustancia letal: Para fines de esta NRF se define como los gases ó líquidos de tal naturaleza, que muy pequeñas cantidades de gas ó vapor, mezclados ó sin mezclarse en aire son peligrosos para la vida cuando se inhalan.

6.16 Tratamiento térmico: Es una combinación de operaciones de calentamiento y enfriamiento, por tiempos determinados y aplicados a un metal o aleación en el estado sólido en una forma tal que producirá propiedades deseadas.

6.17 Relevado de esfuerzos.- Tratamiento térmico, que consiste en calentar una pieza metálica hasta una temperatura apropiada por debajo de la temperatura inferior de transformación, que se debe mantener constante por un cierto tiempo, seguido por enfriamiento a un régimen apropiado, para reducir los esfuerzos internos sin modificar substancialmente la estructura molecular del metal. Este tratamiento térmico tiene la finalidad de reducir los esfuerzos residuales generados durante la soldadura de piezas metálicas y/o formado de las mismas. Siempre que diga relevado de esfuerzos en esta norma de referencia, significa tratamiento térmico posterior a la soldadura.

6.18 Temperatura de transformación: Temperatura a la cual comienza o termina la transformación de un microcomponente en otro, durante el calentamiento o enfriamiento de un metal.

6.19 Temperatura de sostenimiento: Temperatura constante a la cual se mantiene por un tiempo determinado el material, durante el tratamiento térmico.

6.20 Zona afectada por el calor (ZAC): Es la porción del material base que no se fundió, pero cuyas propiedades mecánicas ó micro estructura han sido alterados por el calor de la soldadura ó corte.

7. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

Los símbolos de unidades de medida que se utilicen deben cumplir con la NOM-008-SCFI de acuerdo a lo siguiente:

A ampere

cm centímetro

°C grado Celsius

°F grado Fahrenheit

h hora

kg kilogramo

K kelvin

m metro

s segundo

V volt

% Por ciento

ANSI American National Standards Institute (Instituto Americano de Normas Nacionales)

ASTM American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)

ASME American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos)

AWG Calibre de Alambre Estadounidense (American Wire Gauge)

AWS Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society)

BPVC Boiler and Pressure Vessel Code (Código ASME de Calderas y Recipientes a Presión)

c.a. Corriente alterna

c.c. Corriente continua

CENAM Centro Nacional de Metrología

ema Entidad Mexicana de Acreditación, A.C.

LFMN Ley Federal sobre Metrología y Normalización

NMX Norma Mexicana

NOM Norma Oficial Mexicana

NPS Nominal Pipe Size (Tamaño Nominal de Tubería)

NRF Norma de Referencia

PEMEX Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios

plg pulgada

V c.a. Volts corriente alterna

8. DESARROLLO

8.1 Requisitos generales

8.1.1 Los licitantes, proveedores o contratistas deben considerar las condiciones ambientales y de los equipos o elementos a relevar de esfuerzos, que se definan en el Anexo 1 de esta norma, para cumplir con los requerimientos de la misma.

8.1.2 El licitante debe entregar procedimientos detallados del proceso de relevado de esfuerzos en la propuesta técnica y antes de iniciar los trabajos en el caso de contrato de obra, que sean específicos para los trabajos indicados en las bases de licitación. Estos procedimientos deben cumplir con lo establecido en esta NRF y deben ser evaluados por PEMEX durante la licitación. En los servicios que efectúe durante el contrato debe de entregar al supervisor de PEMEX los procedimientos detallados utilizados, junto con los registros

indicados en el numeral 8.9 de esta norma. El proveedor o contratista es el único responsable de la calidad del trabajo contratado.

8.1.3 Las unidades de medida y los símbolos empleados deben estar de acuerdo con la NOM-008-SCFI-2002, y si es necesario, entre paréntesis su unidad en el sistema equivalente.

8.1.4 El proveedor o contratista debe prestar el servicio a través de personal capacitado en las actividades relacionadas en el contrato respectivo, debiendo entregar la documentación comprobatoria.

8.1.5 Las tuberías y equipos que hayan estado en operación y deban someterse a un relevado de esfuerzos, deben lavarse con vapor cuando así sea posible y se debe asegurar que estén depresionados, purgados, libres de agua e hidrocarburos. El supervisor de seguridad del proveedor, de común acuerdo con el supervisor de PEMEX, deben elaborar un análisis de riesgo del trabajo a realizar (AST o equivalente), para determinar las medidas y equipos de seguridad necesarios para su ejecución (aislamiento mediante juntas ciegas, entre otros). Dicho análisis debe cumplir con las normas de seguridad del centro de trabajo.

8.1.6 Se debe mantener el orden y la limpieza en el área donde se realicen los trabajos, al inicio, durante y al finalizar los mismos. El área debe quedar libre de cualquier material utilizado en la ejecución de los trabajos, retirando los materiales sobrantes al sitio indicado por la supervisión de PEMEX.

8.1.7 Se deben utilizar materiales y equipo eléctrico conforme a la NOM-001-SEDE-2005. El material y equipo debe contar con los certificados de fabricante en el idioma de origen y con una traducción simple al idioma español.

8.1.8 Las instalaciones eléctricas y de instrumentación de los equipos empleados para el relevado de esfuerzos, deben cumplir con la NOM-001-SEDE-2005, NRF-036-PEMEX-2003 y NRF-048-PEMEX-2007.

8.1.9 Para el tratamiento térmico de los cambiadores de calor de envolvente haz de tubos, se debe cumplir con lo especificado en el numeral 8.3.7 de la NRF-090-PEMEX-2005.

8.1.10 Todas las extensiones eléctricas utilizadas para el relevado de esfuerzos deben ser con cable de uso rudo sin empalmes y con calibre adecuado para la carga a alimentar.

8.1.11 El proveedor debe disponer de extintores de al menos 9 kg y equipo contraincendio portátil, en cantidad y tipo definidos en las bases de licitación o contrato.

8.1.12 El proveedor o contratista es responsable de los residuos que genere por el desempeño de sus actividades, tales como envolturas, embalajes, cables, colcha aislante, entre otros. Por consiguiente, debe elaborar un programa de manejo para sus residuos, el cual debe contar con la siguiente información:

a) Actividad que genera residuos

b) Tipo de residuos a generar, indicando su peligrosidad, volumen de residuos generados al mes.

c) Tratamiento aplicado a los residuos generados.

d) Lugar de destino final de los residuos generados.

e) Permisos o autorizaciones con las que se cuenta para el manejo de residuos.

f) Programa calendarizado de retiro de resíduos.

Así mismo, debe informar del cumplimiento de dicho programa en forma mensual a PEMEX, o como se indique en las bases de licitación o contrato. También debe elaborar la documentación correspondiente para los trámites internos de seguridad y ecología del centro de trabajo.

8.1.13 El proveedor o contratista es el responsable del tratamiento, transporte y disposición final de los residuos generados durante el contrato, y debe entregar al final del mismo un reporte a la supervisión de PEMEX, del cumplimiento de este requisito.

8.2 Memoria de cálculo

A menos que se indique otra cosa en las bases de licitación, el proveedor o contratista debe elaborar el cálculo del ciclo térmico y la gráfica correspondiente, de acuerdo a los materiales y espesores que se especifiquen en el contrato, cumpliendo con los Códigos ASME BPVC, ASME B31 o equivalentes. Cuando aplique, la definición del espesor nominal del material debe ser calculado como se describe en 8.2.1.4.11 de la NRF-028-PEMEX-2004 y en 8.2.3.2 de la NRF-035-PEMEX-2005. Estos cálculos los debe integrar el proveedor o contratista al procedimiento de relevado de esfuerzos, así como la gráfica del Anexo 4 de esta norma de referencia. Para el caso de relevado de esfuerzos en recipientes a presión, también se debe realizar la memoria de cálculo para determinar los valores requeridos en el numeral 8.8 de esta norma.

8.3 Información que debe entregar PEMEX

8.3.1 Datos climatológicos y del equipo o material a relevar de esfuerzos, de acuerdo al Anexo 1 y Anexo 3.

8.3.2 Sustancia manejada (clasificación por seguridad y salubridad).

8.4 Productos y servicios que debe proporcionar PEMEX

8.4.1 PEMEX debe suministrar la energía eléctrica para alimentar las máquinas de relevado de esfuerzo, en 440 V c.a. en el punto donde se defina en las Bases de Licitación o contrato. Personal de PEMEX debe efectuar la conexión en la subestación que se establezca en las Bases de Licitación o contrato (PEMEX no proporcionará el cable de alimentación). En el caso de que se requiera que el proveedor o contratista cuente con generador de energía eléctrica portátil, se debe especificar en las Bases de Licitación o contrato.

8.4.2 Cualquier otro equipo, producto o servicio adicional, que se requiera para realizar las actividades descritas, se deben especificar en bases de licitación o contrato.

8.5 Información que debe entregar el licitante o contratista

Debe incluir en su propuesta la siguiente información, en idioma español:

- Hojas técnicas y certificados de calibración de los equipos propuestos para el relevado de esfuerzos, tales como maquina de relevado de esfuerzos con controlador, registrador y graficador digital, multímetro, amperímetro de gancho, medidor portátil de temperatura, medidor portátil digital de dureza, entre otros, así como el programa calendarizado de mantenimiento y calibración, que considere la totalidad de los equipos propuestos para el relevado.

- Hojas de datos de los materiales propuestos para el relevado de esfuerzos, tales como termocoples, fibra de cerámica, resistencias calefactoras, entre otros.

- Requerimientos de energía eléctrica, gas combustible, agua de servicio u otros, necesarios para proporcionar el relevado de esfuerzos.

- Currículum vítae de la empresa y/o del personal que debe efectuar el trabajo, que acredite su experiencia en la materia.

- Certificado(s) del personal técnico, con acreditación y/o certificado del instructor que los evaluó (La experiencia técnico-práctica del instructor debe ser de por lo menos 5 años en el campo de tratamientos térmicos).

- Información técnica completa y detallada (catálogos y/o folletos, entre otros), así como esquema de instalación y las medidas de seguridad para la operación de los siguientes equipos, entre otros:

a. Máquinas de relevado de esfuerzos con controlador, registrador y graficador digital programables,

b. Tablero de interruptores para conexión eléctrica de sus máquinas de relevado de esfuerzos,

c. Sistema y equipo de combustión para relevado de esfuerzos con gas,

d. Equipo de maniobras para el control de la dilatación y verticalidad del recipiente, en caso de relevado de recipientes.

- Hojas de datos de seguridad de todos los insumos empleados en el servicio y que no impactan al ambiente.

- Información de los medios y elementos empleados para protección contra la intemperie de las piezas a relevar y de los equipos del relevado de esfuerzo.

- Barreras de seguridad.

8.6 Requerimientos del relevado de esfuerzos

El proveedor o contratista que suministre los servicios objeto de la presente norma, debe cumplir con los siguientes requerimientos y los que se indiquen en bases de licitación o contrato:

8.6.1 Materiales y Equipos

8.6.1.1 Para proporcionar el servicio de relevado de esfuerzos, el proveedor o contratista debe contar con lo siguiente:

- Multímetro digital

- Amperímetro digital de gancho c.a. / c.c.

- Medidor portátil de temperatura mediante infrarrojos, con grado de emisión ajustable dependiendo del metal a medir, con capacidad de medición hasta 1 500 °C y precisión de al menos +/- 1,0 %.

- Medidor de dureza digital, portátil, para los métodos ASTM A 1038 y ASTM A 956 o equivalentes, con capacidad para el almacenamiento de las mediciones realizadas y para la emisión de reportes. Con escalas seleccionables para durezas Vickers, Brinell y Rockwell. Con capacidad de toma de lecturas en cualquier posición, sin necesidad de realizar ajustes o compensaciones por la posición de la lectura.

- Máquinas de relevado de esfuerzos automáticas de al menos seis salidas con tres resistencias por cada salida, alimentación a 440 V c.a., con controlador, registrador y graficador de temperatura digitales programables.

(Nota: La capacidad requerida de las máquinas de relevado de esfuerzo se debe establecer en las bases de licitación o contrato)

- Equipo de combustión para relevado de esfuerzos, con controlador, registrador y graficador de temperatura digitales programables y sistema de protección automático. (Aplica para relevado con gas),

- Resistencias calefactores de diferentes tipos, capacidades y dimensiones.

- Cables de alimentación (uso rudo) y cables de conexión a las resistencias, en buen estado (aislamiento sin daño mecánico, ni empalmes y/o reparaciones) y ajustados para evitar puntos calientes.

- Cable termopar.

- Tablero de distribución de cargas eléctricas tipo intemperie, de acuerdo a la capacidad de la carga eléctrica por alimentar.

- Equipo portátil para fijar termopares al material a relevar, por medio de descarga eléctrica.

- Medidor y graficador del ciclo térmico de relevado de esfuerzos.

- Lote de refacciones y consumibles, tales como fusibles de las máquinas de relevado, colcha mineral aislante y cables, entre otros.

8.6.1.2 Los equipos de medición y control utilizados por el proveedor o contratista, deben estar calibrados por un laboratorio acreditado por una entidad de acreditación autorizada (ema) en los términos de la LFMN y aprobado por la dependencia correspondiente con la norma NMX-EC-17025-IMNC-2000 (ISO/IEC 17025), por el CENAM o por cualquier laboratorio nacional de metrología signatario de acuerdos de reconocimiento mutuo con base en la LFMN. Los certificados de calibración deben estar vigentes durante todo el tiempo que dure el contrato.

8.6.1.3 Para la alimentación eléctrica de sus equipos, el proveedor o contratista debe contar con cable de uso rudo apropiado, del calibre adecuado de acuerdo a la distancia y de la carga a alimentar (Debe proporcionar cálculo del calibre), así como tablero tipo intemperie con interruptor principal termomagnético con la capacidad necesaria, de acuerdo a la carga eléctrica de sus máquinas de relevado de esfuerzo. Para la conexión a tierra de sus equipos debe contar con cable de cobre desnudo de calibre 2/0 AWG y conectores.

8.6.1.4 Los instrumentos para medición de temperatura utilizados por el proveedor o contratista deben cumplir con la NRF-148-PEMEX-2005.

8.6.1.5 El proveedor o contratista debe contar con un ingeniero titulado especialista en relevado de esfuerzos, como supervisor responsable del servicio de relevado de esfuerzos, con experiencia comprobada mínima de 1 año en estos servicios. Además debe incluir su currículum vítae en la propuesta y no se debe permitir su sustitución por lo menos tres meses después del inicio del contrato. El horario de trabajo se debe establecer en las bases de licitación.

8.6.1.6 El proveedor o contratista debe contar con un supervisor de seguridad calificado en seguridad industrial, que permanezca en el lugar en donde se deben realizar los trabajos de relevado de esfuerzos desde el inicio hasta la conclusión de los mismos, equipado con equipo de seguridad apropiado para la realización de

estos trabajos y con extinguidores con capacidad de 9 kg como mínimo, suficientes para el riesgo calculado y de acuerdo con la magnitud de los trabajos.

8.6.1.7 El proveedor o contratista debe contar con personal técnico especializado, con experiencia mínima de un año en tratamientos térmicos.

8.6.1.8 Pruebas de dureza.- El proveedor o contratista debe realizar las pruebas de dureza en las soldaduras y en ambos lados de la zona afectada por el calor (ZAC), antes y después del relevado de esfuerzos, en presencia de personal de PEMEX (Supervisión o Inspección Técnica), para determinar si el tratamiento térmico después del proceso de soldadura se llevó a cabo satisfactoriamente. Cuando se especifiquen límites de dureza, como en las Tablas A2 del Anexo 2, se deben probar el 100% de las soldaduras relevadas. Estos límites se aplican tanto para la soldadura como para la zona afectada por el calor. En caso de que las durezas queden fuera de lo establecido en las Tablas A2 del Anexo 2, se debe realizar el relevado de esfuerzos nuevamente, por cuenta del proveedor o contratista y sin costo para PEMEX. Solo se permite realizar dos relevados consecutivamente en la misma soldadura.

8.6.1.9 Los puntos de prueba de dureza se deben hacer al menos en la misma cantidad de puntos de medición indicados en la Tabla 1 de esta norma de referencia.

8.6.1.10 El proveedor o contratista debe delimitar su área de trabajo mediante barreras de seguridad, que cumplan lo establecido en la guía DG-SASIPA-SI-02513, o las medidas de seguridad que el organismo contratante determine.

8.6.1.11 El proveedor o contratista debe entregar al supervisor de PEMEX el procedimiento y el programa de relevado de esfuerzos respectivo que debe aplicarse antes de iniciar cualquier trabajo, indicando la temperatura de sostenimiento del relevado de esfuerzos (mínima y máxima) y el tiempo mínimo de sostenimiento, incluyendo gráfica del Anexo 4 de esta norma de referencia. Al finalizar los trabajos de relevado, el proveedor o contratista debe entregar las gráficas originales emitidas por el equipo registrador automático del relevado efectuado, así como el reporte por escrito del relevado (Anexo 3 de la presente norma de referencia) incluyendo mediciones de durezas, avalado por el supervisor del proveedor o contratista, o por un tercero en caso de que así se requiera en las bases de licitación.

8.6.1.12 El relevado de esfuerzos se debe llevar a cabo, antes de realizar la prueba hidrostática y después de cualquier reparación de soldaduras.

8.7 Relevado de esfuerzos de soldaduras en tuberías

8.7.1 Requisitos del relevado de esfuerzos posterior a la soldadura.

8.7.1.1 Antes de iniciar cualquier actividad de relevado de esfuerzos, el proveedor o contratista debe proporcionar a PEMEX el procedimiento respectivo donde se establezcan las actividades a realizar, las cuales deben cumplir con lo indicado en 8.6.1.9 de la presente NRF. Para la construcción y mantenimiento de ductos terrestres para transporte y recolección de hidrocarburos se debe cumplir con lo indicado en el numeral 8.2.12.3 de la NRF-030-PEMEX-2006.

8.7.1.2 Las tuberías deben estar depresionadas, purgadas, libres de agua e hidrocarburos y aisladas con juntas ciegas cuando proceda y para evitar que se deforme algún elemento adyacente, debe estar abierto a la atmósfera. El área a relevar debe estar libre de grasa y aceite para garantizar la aplicación segura antes de realizar el relevado de esfuerzos.

8.7.1.3 El ancho de banda de calentamiento a cada lado de la soldadura a relevar, no debe ser menor de cinco veces el espesor de pared y en ningún caso menor de 25,4 mm (una plg). La porción que queda fuera de la banda de calentamiento debe aislarse de tal manera que no sea dañino el gradiente de temperatura.

8.7.1.4 Se debe aplicar aislamiento de fibra cerámica de 96,11 ó 128,14 kg/m^3 (6 u 8 lb/pie^3) de densidad y cubrir de 91,44 cm a 152,4 cm (3 a 5 pies) a ambos lados de la soldadura, sellando los extremos de la tubería o boquillas pero permitiendo la expulsión de los gases calientes, para evitar corrientes de aire internas.

8.7.1.5 Para boquillas o aditamentos soldados, el ancho de la zona a relevar debe extenderse al menos 25.4 mm (una plg) a cada lado del borde de la soldadura y debe extenderse completamente alrededor del cabezal o tubería principal a la cual se soldó la boquilla o el aditamento.

8.7.1.6 Se debe verificar que las tuberías y arreglos al relevar estén bien soportadas para evitar deflexiones en las mismas.

8.7.1.7 Las válvulas deben estar en la posición abierta o deben removerse completamente los internos. Si el bonete se deja instalado durante el tratamiento térmico, no debe cubrirse con el aislamiento.

8.7.1.8 El arreglo para el tratamiento térmico debe protegerse contra la lluvia, viento y cualquier otro factor que pueda afectarlo.

8.7.1.9 Los residuos de metal producidos al soldar los termopares se deben remover después de realizado el relevado de esfuerzos, mediante esmerilado y finalmente examinar visualmente dichas áreas, para asegurar que no se afectó su integridad mecánica.

8.7.1.10 Las resistencias eléctricas calefactoras deben instalarse asegurando que las conexiones ramificadas en la zona a tratar térmicamente no excedan la temperatura del tratamiento térmico.

8.7.2 Control de la temperatura

8.7.2.1 La temperatura se debe medir con termopares tipo K (Chromel-alumel) Q/Q calibre 20 AWG con aislamiento diseñado para soportar altas temperaturas, empleando registradores de temperatura múltiples.

8.7.2.2 Los cables de los termopares deben estar numerados, y una vez cubiertos por la colcha aislante, se debe rotular sobre ésta su número correspondiente, cuando sea necesario facilitar su identificación.

8.7.2.3 El proceso de relevado de esfuerzos se debe controlar y registrar al menos a partir de los 600°F iniciales y hasta 600°F en descenso de temperatura.

8.7.3 Fijación de Termopares

8.7.3.1 Los termopares se deben fijar al material a tratar térmicamente, mediante soldadura de descarga de capacitancia y colocarse en el borde de la zona a ser tratada térmicamente.

8.7.3.2 La cantidad y localización de los termopares de control/registro de cada soldadura a relevar, debe cumplir con lo indicado en la Tabla 1, mas uno de respaldo adyacente en cada posición.

Diámetro nominal del tubo	Cantidad de termopares y localización de acuerdo a las manecillas del reloj
Hasta 20,32 cm (8 plg)	1 termopar en la posición de las 6:00
25,40 cm a 30,48 cm (10 a 12 plg)	2 termopares en las posiciones de 12:00 y 6:00
35,56 cm a 45,72 cm (14 a 18 plg)	3 termopares en las posiciones 12:00, 4:00 y 8:00
50,80 cm a 76,20 cm (20 a 30 plg)	4 termopares en las posiciones 12:00, 3:00, 6:00 y 9:00
Mayores de 76,20 cm (30 plg)	El número suficiente de termopares distribuidos uniformemente y separados por un máximo de 63,5 cm (25 plg) sobre el perímetro de la junta.

TABLA 1 Cantidad y localización de los termopares para relevado de juntas en tuberías

8.7.3.3 Para conexiones de ramal de diámetro de 15,24 cm (6 plg) y mayores se deben utilizar al menos dos termopares para registrar él ciclo del relevado, mas los de repuesto.

8.7.3.4 En las tuberías de 76,20 cm (30 plg) de diámetro en adelante y que tengan brida instalada, se les deben colocar resistencias calefactoras con control de temperatura, en la brida como apoyo para evitar la disipación de temperatura.

8.7.4 Registro del ciclo térmico del relevado de esfuerzos

8.7.4.1 Se deben utilizar registradores de temperatura de puntos múltiples.

8.7.4.2 Para cada relevado de esfuerzos se debe registrar e imprimir una gráfica tiempo -temperatura.

8.7.4.3 Cada gráfica de registro debe indicar lo siguiente:

a) Identificación de la soldadura y colocación de los termopares

b) Tipo de material y espesor a tratar térmicamente

c) Número de isométrico y/o número de línea

d) Fecha y hora del inicio y término del ciclo de relevado

e) Rango de velocidad de la gráfica en mm por hora o plg por hora.

f) Firma y fecha de revisión y aprobación del responsable del servicio de relevado de esfuerzos por parte del proveedor o contratista.

8.7.5 Colocación de las resistencias y del aislamiento

8.7.5.1 Las resistencias calefactoras se deben colocar de tal forma que se cumpla con la cobertura mínima del ancho de la zona a tratar térmicamente a cada lado de la soldadura, de acuerdo al numeral 8.7.1.

8.7.5.2 La temperatura del material a relevar se debe disminuir gradualmente para evitar daños térmicos, de acuerdo al código ASME B31 o equivalente.

8.7.5.3 Para soldaduras de componentes de diferente espesor, se deben colocar elementos calefactores adicionales con control de temperatura en el componente más grueso y separados de los elementos calefactores en la soldadura, para contrarrestar el efecto de difusión térmica.

8.7.5.4 Se debe usar cinta de fibra de vidrio o tela de fibra de cerámica como elemento primario y alambre recocido como refuerzo, para sujetar los elementos calefactores.

8.7.6 Requisito del aislamiento.

8.7.6.1 Las colchas de aislamiento deben cumplir con la NRF-034-PEMEX-2004.

8.7.6.2 El aislamiento debe colocarse bien adherido alrededor del área a tratar térmicamente utilizando flejes, alambre recocido u otro medio similar, y debe ser suficiente para mantener una temperatura uniforme, evitando la pérdida de calor y los cambios bruscos de temperatura entre el área cubierta por las resistencias y las próximas a ella.

8.7.6.3 Para materiales con espesor menor o igual a 3,17 cm (1 ¼ plg), el aislamiento se debe extender hasta 22,86 cm (9 plg) en ambos lados de la banda calefactora.

8.7.6.4 Para materiales con espesor mayor a 3,17 cm (1 ¼ plg) y hasta 5,08 cm (2 plg), el aislamiento se debe extender hasta 30,48 cm (12 plg) en ambos lados de la banda calefactora.

8.7.6.5 Para materiales con espesor mayor a 5,08 cm (2 plg) el aislamiento se debe extender hasta 45,72 cm (18 plg) en ambos lados de la banda calefactora.

8.7.7 Temperatura del relevado de esfuerzos posterior a la soldadura.

8.7.7.1 Las temperaturas y los tiempos para el relevado de esfuerzos se indican como guía en el Anexo 2 de esta norma de referencia; sin embargo, debe imperar sobre lo establecido en dichos anexos el tratamiento térmico indicado en el procedimiento de soldadura establecido en la ingeniería de diseño.

8.7.7.2 Cuando existan limitaciones operativas imputables a PEMEX, para realizar el relevado de esfuerzos a las temperaturas mínimas establecidas en los Códigos ASME B31.1 y 31.3 o equivalentes, se permite realizar el relevado de esfuerzos a una temperatura mas baja por tiempos mayores a los establecidos en estos códigos (sujeto a aprobación del supervisor de PEMEX), de acuerdo a la tabla 132.1 del Código ASME B31.1 o equivalente.

8.7.8 Velocidad de calentamiento y de enfriamiento

La velocidad de calentamiento y de enfriamiento se debe establecer de acuerdo a las secciones 132.5 de ASME B31.1, 331.1 de ASME B31.3 o Sección VIII Div. 1 y 2 de ASME BPVC aplicables, o equivalentes.

8.7.9 Interrupción del relevado de esfuerzos

8.7.9.1 Se debe prevenir la interrupción del relevado de esfuerzos durante el periodo de calentamiento, de sostenimiento y de enfriamiento, y se deben incluir las acciones correctivas en los procedimientos de relevado. Se considera interrupción cuando la temperatura de sostenimiento disminuye por debajo de la temperatura mínima especificada o la velocidad de enfriamiento excede la velocidad máxima especificada y puede ser causada por la suspensión de energía eléctrica, mal funcionamiento del equipo o por error del operador.

8.7.9.2 Para responder a las desviaciones durante el relevado de esfuerzos, se debe aplicar lo establecido en el numeral 12, de la Práctica recomendada para calentamiento local de soldaduras en tubería y tubing AWS D10.10/D10.10M:1999, o equivalente.

8.7.9.3 Cuando la temperatura de un material P5 con más de 3% de Cromo, cae por debajo de la temperatura de sostenimiento requerida, el ingeniero especialista del proveedor o contratista debe establecer el procedimiento a seguir.

8.7.9.4 La junta soldada debe ser recalentada a una velocidad que no exceda la especificada para el relevado de esfuerzos original y la temperatura de sostenimiento debe ser restablecida.

8.7.9.5 Se puede contabilizar el tiempo que previamente permaneció la junta a la temperatura de sostenimiento, y la soldadura se debe mantener a la temperatura de sostenimiento por el tiempo faltante o por media hora, la que sea mayor.

8.7.9.6 El supervisor de PEMEX debe indicar si se continúa el proceso o si se reinicia.

8.7.9.7 Para la realización del relevado de esfuerzos, la definición del espesor mandatorio del material debe ser calculado como se describe en 8.2.3.2 de la NRF-035-PEMEX-2005.

8.8 Relevado de esfuerzos de recipientes a presión en el lugar de fabricación mediante quemador de gas

8.8.1 El proveedor o contratista debe proporcionar procedimiento por escrito, donde establezca las actividades para el relevado de esfuerzos, indicando al menos lo siguiente (debe cumplir con lo establecido en el numeral 8.3.1.2.7 de la NRF-028-PEMEX-2004):

- Método de relevado.- La técnica mediante la combustión de gas debe ser con quemador de alta velocidad instalado en el interior del recipiente, utilizando ventilador homogenizador de gases para obtener la transferencia de calor por convección forzada. El diseño del quemador debe evitar la incidencia directa de la flama sobre la superficie del recipiente. Se debe recubrir la superficie exterior del recipiente con aislamiento a base de fibra cerámica, con al menos 10,16 cm (4 plg) de espesor.

- El procedimiento debe indicar los requerimientos del mismo de acuerdo al Código ASME “Calderas y Recipientes a Presión” Sección I, Sección VIII División 1 ó 2, o equivalente, según corresponda.

- El procedimiento debe especificar la temperatura de sostenimiento del relevado de esfuerzos (mínima y máxima) y el tiempo mínimo de sostenimiento. También debe especificar el tiempo adicional de sostenimiento, en caso de no alcanzar la temperatura mínima de sostenimiento, para que en su caso, el supervisor de PEMEX autorice este requerimiento alternativo.

- Cuando sea impráctico realizar el relevado de esfuerzos a las temperaturas mínimas establecidas en el Códigos ASME “Calderas y Recipientes a Presión” o equivalente, se permite realizar el relevado de esfuerzos a una temperatura mas baja por tiempos mayores a los establecidos en este código (sujeto a aprobación del supervisor de PEMEX), de acuerdo a las tablas PW-39.1 y AF-402.2 del mismo código o equivalente.

- Se debe calcular el consumo de gas requerido, así como el volumen de los gases de combustión generados.

- Método para control de la temperatura y la salida de los gases de combustión.

- Método para permitir la libre expansión del recipiente y su soporte necesario.

- El equipo empleado para liberar del anclaje al recipiente a relevar y sus especificaciones, cuando proceda.

- Los arreglos para asegurar el libre desplazamiento de los apoyos del recipiente.

- El método para inspeccionar y medir la expansión, desplazamiento y verticalidad del recipiente, respecto a su posición original durante el relevado de esfuerzos.

- La medición de la expansión y desplazamiento se debe iniciar desde los 37,7 °C (100 °F) y en cada incremento de 37,7 °C (100 °F).

- El método y criterios para corregir el desplazamiento no uniforme y verticalidad del recipiente.

- Cálculos de la expansión total del recipiente a la temperatura máxima del relevado.

8.8.2 Sistema de calentamiento.

8.8.2.1 El sistema de calentamiento debe ser mediante quemador(es) de gas natural o LP, de alta velocidad, con la capacidad de combustión calculada para calentar el recipiente hasta la temperatura de sostenimiento, indicada en el procedimiento de relevado.

Para determinar el tipo y número de quemadores se debe considerar lo siguiente:

a) El calor requerido para elevar la temperatura del metal del recipiente en el rango requerido de temperatura de sostenimiento.

b) Las pérdidas de calor a través del aislamiento.

c) Las pérdidas de flujo estimadas a la temperatura de sostenimiento.

d) El consumo estimado del gas combustible.

8.8.2.2 Antes de iniciar el relevado de esfuerzos, se deben colocar resistencias calefactores con control de temperatura para relevado de esfuerzos en áreas como registros y boquillas, u otras que no se puedan calentar eficientemente mediante el quemador de gas, para asegurar el calentamiento uniforme de todo el recipiente. Se debe cumplir lo indicado en los subincisos de los numerales 8.7.2, 8.7.3, 8.7.4 y 8.7.5 de la presente norma de referencia.

8.8.2.3 Se debe asegurar que la salida de los gases del recipiente, producidos por la combustión del gas sea en forma segura, mediante un arreglo de tubería de las dimensiones correspondientes para manejar el volumen y temperatura establecida por el cálculo. La descarga no debe afectar a otros equipos adyacentes y debe estar a no menos de 10 m de la alimentación del gas de combustión y en dirección contraria a los vientos dominantes, o lo que resulte del análisis de seguridad del trabajo, indicado en el numeral 8.8.3.

8.8.2.4 El gas de combustión debe ser alimentado a los quemadores mediante vaporizadores, para garantizar el gasto requerido por el quemador.

8.8.2.5 El quemador debe contar con una válvula de seguridad de falla de flama, conectada a una válvula de emergencia de la línea principal de alimentación del gas, la cual debe cerrar automáticamente a falla de flama.

8.8.2.6 La línea principal de alimentación del gas combustible debe ser de acero al carbono, y cumplir con la norma NRF-035-PEMEX-2005. Se debe hacer una prueba de hermeticidad con jabonadura que garantice la integridad física de la línea.

8.8.2.7 El sistema de encendido del quemador debe ser mediante chispa electrónica, con detector de flama que cierre en forma automática el suministro de gas cuando se apague el quemador, activando una alarma de seguridad.

8.8.2.8 En caso de que se apague el quemador, antes de encenderlo de nuevo, se debe hacer una medición de explosividad de acuerdo como lo establezca el procedimiento proporcionado por el proveedor o contratista. Una vez confirmada la no existencia de mezclas explosivas, se puede proceder a encender de nuevo el quemador.

8.8.3 Medidas de seguridad

8.8.3.1 El supervisor de seguridad del proveedor, de común acuerdo con el supervisor de PEMEX, deben elaborar un análisis de riesgo del trabajo a realizar (AST o equivalente), para determinar las medidas y equipos de seguridad necesarios para su ejecución. Dicho análisis debe cumplir con las normas de seguridad del centro de trabajo.

8.8.3.2 Se debe especificar al menos:

- Equipo básico de protección del personal para el relevado de esfuerzos
- Las previsiones para la salida de los gases de combustión.
- Los elementos de soporte para sostener el elemento constructivo relevado de esfuerzos
- La distancia y posición de la fuente de suministro del gas combustible.
- La cantidad, tipo y capacidad de extintores de fuego requeridos, y del equipo de contraincendio portátil.
- Los servicios paramédicos, ambulancia y clínica médica a donde se remitirían lesionados en caso de requerirse, que cuente con la infraestructura necesaria para su atención.

8.8.4 Termopares

8.8.4.1 Se deben emplear termopares tipo “K” Q/Q calibre 20 AWG con aislamiento diseñado para soportar altas temperaturas, colocados en la superficie exterior del recipiente, abriendo una ventana en el aislamiento que permita fijar el cable (alambre) mediante soldadura por resistencia eléctrica. Adicionalmente se deben colocar termopares como respaldo, adyacentes a los principales.

8.8.4.2 Se deben colocar sobre la superficie exterior del recipiente a una distancia de 4,57 m (15 pies) entre termopares adyacentes, de acuerdo con ASME Sección VIII División 2 párrafo AF-415 o equivalente, en la zona superior, media y baja (en su caso) del recipiente; así como en la sección más alejada del quemador y que requiera el relevado de esfuerzos.

8.8.4.3 Para recipientes cilíndricos se deben aplicar los criterios de Tabla 1 y para otras formas especificar en el procedimiento.

8.8.4.4 El procedimiento de relevado debe indicar la cantidad y posición de los termopares.

8.8.4.5 Los termopares deben estar numerados e identificados.

8.8.5 Aislamiento

8.8.5.1 El recipiente se debe aislar en su superficie externa con fibra cerámica de al menos 144 kg/m^3 (9 lb/pie^3) con un mínimo de 10,16 cm (4 plg) de espesor, apropiada para temperaturas de hasta 37,7 °C (100 °F) arriba de la temperatura máxima del relevado de esfuerzos. El material aislante debe cumplir con la NRF-034-PEMEX-2004.

8.8.5.2 El aislamiento se debe sujetar al recipiente asegurando que esté en estrecho contacto con la superficie del mismo y debe permitir la libre expansión del recipiente sin que se desprenda. Se debe asegurar que no queden áreas descubiertas por el aislamiento, durante el calentamiento y dilatación del recipiente.

8.8.5.3 Todas las boquillas se deben cubrir también con aislamiento. En boquillas en donde no haya flujo de gases de combustión, se debe utilizar el doble del espesor de aislamiento indicado en 8.8.5.1, para evitar pérdidas de calor.

8.8.5.4 Se debe especificar en el procedimiento de relevado de esfuerzos, cualquier otro elemento auxiliar del recipiente, tales como columnas de anclaje, que deba de aislarse.

8.8.5.5 Durante el periodo de calentamiento, no debe haber diferenciales de temperatura (valor mínimo y valor máximo) mayores a 121°C (250°F) entre termopares adyacentes a 4,6 m, de acuerdo con ASME Sección VIII División 2 párrafo AF-415 o equivalente.

8.8.5.6 Durante el periodo de sostenimiento, no debe haber diferenciales de temperatura (valor mínimo y valor máximo) mayores a 65°C (150°F) entre termopares adyacentes a 4,6 m.

8.8.5.7 Se debe especificar la velocidad de enfriamiento en °C/h, desde la temperatura de sostenimiento de relevado hasta los 426,6 °C (800 °F).

8.8.5.8 Se deben efectuar mediciones de la verticalidad del recipiente (corrigiendo la misma en caso necesario, de acuerdo al procedimiento establecido en 8.8.1.) en cada intervalo de 37,7°C (100°F). La remoción del aislamiento se debe iniciar cuando el recipiente se encuentre a temperatura ambiente.

8.9 Registros a entregar por el proveedor o contratista

8.9.1 El supervisor responsable del servicio de relevado de esfuerzos debe elaborar el reporte del relevado de esfuerzos de acuerdo al Anexo 3, incluyendo la gráfica correspondiente del Anexo 4 y debe ser entregado al supervisor de PEMEX. Por cada relevado de esfuerzos se debe entregar la gráfica original del ciclo térmico emitida por el registrador de temperatura, que contenga la información correcta y completa. La gráfica emitida por el registrador de temperatura se debe poder revisar en el sitio del relevado de esfuerzos, por lo que no se aceptan gráficas posteriores al proceso de relevado emitidas por sistemas de cómputo.

9. RESPONSABILIDADES

9.1 Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios

9.1.1 Vigilar que se apliquen los requisitos y recomendaciones de esta NRF, en las actividades de relevado de esfuerzos mediante resistencias calefactores y gas en las soldaduras de tuberías y recipientes a presión que se contraten.

9.1.2 Verificar el material de las juntas a relevar, a través de equipo de análisis de materiales y aleaciones, tipo NITON® o equivalente, cuando esta actividad no sea requisito del contratista.
9.1.3 La inspección de los trabajos de relevado de esfuerzos debe realizarse utilizando cualquiera de las siguientes modalidades:

- Con empresas contratadas conforme a la NRF-049-PEMEX-2006 ó
- Con personal designado por PEMEX conforme al procedimiento de Inspección de Bienes y Servicios PA-800-70600-01.

9.2 Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios

Establecer comunicación con las áreas usuarias de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, así como proveedores de servicios y contratistas, con el fin de asegurar que los relevado de esfuerzos mediante resistencias calefactoras y gas cumplan con las especificaciones y características requeridas.

9.3 Proveedores y contratistas

9.3.1 Deben cumplir como mínimo los requerimientos especificados en esta norma de referencia, y lo establecido en las bases de licitación.

9.3.2 Los licitantes deben contar con un sistema de Gestión de la Calidad, el cual debe amparar la totalidad del proceso productivo del servicio requerido en la presente NRF, con certificado vigente en NMX-CC-9001-IMNC-2000 emitido por una entidad certificadora autorizada en los términos de la LFMN. Lo anterior conforme a los artículos 13 y 13-A del Reglamento de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público, artículo 24, 3° párrafo de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas y artículo 11 del Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas.

10. CONCORDANCIA CON NORMAS MEXICANAS O INTERNACIONALES

Al momento de la elaboración de la presente norma, no existe concordancia con normas mexicanas ni internacionales.

11. BIBLIOGRAFÍA

11.1 GPEI-IT-4205 Rev. 2, Mayo de 1989. **"**Guía para seleccionar el tratamiento térmico de relevado de esfuerzos de las soldaduras de tubería y recipientes a presión". PETROLEOS MEXICANOS, Gerencia de Protección Ecológica e Industrial.

11.2 DG-SASIPA-SI-02513 Rev. 1, Julio de 2006. "Guía para el empleo de barreras de seguridad". PEMEX-Refinación, Subdirección de Auditoria en Seguridad Industrial y Protección Ambiental.

11.3 Código ASME Calderas y Recipientes a Presión 2004, Sección I "Reglas de Construcción para Calderas de Potencia"; Sección VIII "Recipientes a Presión" Divisiones 1 y 2; y Sección IX "Calificación de Procesos de Soldadura". (ASME BPVC, Boiler and Pressure Vessel Code 2004, Section I, "Rules for

Construction of Power Boilers" ; Section VIII, "Pressure Vessels," Division 1 and 2; and Section IX, "Welding and Brazing Qualifications") ASME International, 3 Park Avenue, New York, New York.

11.4 Código para tubería a presión ASME B31, Sección B31.1a-2005 "Tubería de Potencia"; Sección B31.3-2004 "Tubería de proceso" (ASME B31, Code for Pressure Piping, Section B 31.1a-2005 ANSI/ASME "Power Piping"; Section B 31.3-2004, ANSI/ASME "Process Piping"). ASME International, 3 Park Avenue, New York, New York.

11.5 AWS D10.10/D10.10M:1999 Práctica recomendada para calentamiento local de soldaduras en tubería y tubing (Recommended Practices for Local Heating of Welds in Piping and Tubing).

12. ANEXOS

Anexo 1 Datos climatológicos y del equipo o material a relevar de esfuerzos

Anexo 2 Guía para seleccionar el tratamiento térmico de relevado de esfuerzos de las soldaduras de tubería y recipientes a presión

Anexo 3 Reporte de relevado de esfuerzos

Anexo 4 Gráfica de relevado de esfuerzos

Anexo 1 "Datos climatológicos y del equipo o material a relevar de esfuerzos"

Los datos mínimos que se deben tomar en cuenta para la definición del servicio de relevado de esfuerzos, son los siguientes:

Clima ambiental:
Clima tropical húmedo, ambiente marino con depósitos de sal, humos que atacan al cobre (amonio, sulfuro), ambiente corrosivo por SO_x, NO_x y H_2S.

	Bulbo seco / Bulbo Húmedo
Temp. Máxima	_____°C / _____°C
Temp. Mínima	_____°C / _____°C
Temp. promedio	_____°C / _____°C
Humedad relativa verano	_____% a _____%
Humedad relativa invierno	_____% a _____%
Altitud de operación	_____ m s.n.m.

Datos del recipiente:	
• Código de diseño:	
• Servicio	
• Capacidad:	
• Presión de diseño	
• Peso vacío	
• Diámetro interior	
• Material	
• Espesor del cuerpo (min/máx) mandatorio	

Datos de la tubería:	
• Código de diseño:	
• Servicio	
• Presión de diseño	
• Diámetro nominal	
• Espesor nominal mandatorio	
• Material	

Anexo 2 "Guía para seleccionar el tratamiento térmico de relevado de esfuerzos de las soldaduras de tubería y recipientes a presión"

Este anexo cubre los requerimientos generales mínimos, así como las excepciones, para relevar de esfuerzos las soldaduras de tuberías y recipientes a presión construidos con materiales bajo la jurisdicción de la ASTM.

A.1 Generalidades

Cuando la ingeniería de diseño especifique requerimientos para llevar a cabo relevado de esfuerzos menos severos que los indicados en los códigos aplicables, se debe demostrar a satisfacción del usuario lo adecuado de esas condiciones, por comparación con servicios similares experimentados ó pruebas apropiadas.

A.1.1 Pruebas de dureza.- Las pruebas de dureza de las soldaduras y de la zona afectada por el calor (ZAC) se realizarán con el fin de contar con un parámetro adicional que coadyuve a determinar si el tratamiento térmico posterior a la soldadura se llevó a cabo satisfactoriamente. Cuando se especifican límites de dureza, como en las Tablas A2, se deben probar como mínimo un 10% de las soldaduras tratadas en hornos y un 100% de las soldaduras relevadas en campo. Estos límites se aplican tanto para la soldadura como para la zona afectada por el calor y las pruebas deberán efectuarse en la soldadura y en la zona afectada por el calor en un punto lo más cercano posible a la soldadura.

A.1.2 Carbono equivalente.- Como a menudo el carbono equivalente (Ceq) se utiliza como una guía para determinar tanto la soldabilidad como los requerimientos de precalentamiento ó tratamiento térmico posterior a la soldadura de las juntas soldadas, el Ceq se calcula con la siguiente fórmula:

$$Ceq = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Ni}{15} + \frac{\%Cr}{5} + \frac{\%Mo}{4} + \frac{\%V}{5}$$

Se puede utilizar para determinar la necesidad de estos tratamientos, de tal manera que:

a) Aceros con Ceq ≤ 0,40% normalmente no requieren ni precalentamiento ni relevado de esfuerzos.

b) Aceros con Ceq entre 0,40% y 0,60% usualmente requieren precalentamiento.

c) Acero con Ceq > 0,60% podrían requerir ambos precalentamiento y relevado de esfuerzos.

Considerando como parámetro complementario la configuración de la junta, principalmente el espesor.

A.1.3 Ciclo térmico - Las tres fases del ciclo térmico que se controlan en el tratamiento térmico son:

a) Velocidad de calentamiento.

b) Tiempo de calentamiento a la temperatura del tratamiento.

c) Velocidad de enfriamiento.

Como los gradientes de temperatura a través del material del diámetro externo al interno, así como en la dirección longitudinal, producen esfuerzos tangenciales a la compresión en el diámetro externo y tangenciales a la tensión en el diámetro interno, los códigos restringen las velocidades de calentamiento y enfriamiento para minimizar esos esfuerzos. En general y cuando se desconozca el ciclo térmico de un material, pueden aplicarse los siguientes criterios:

a) Velocidad de calentamiento-enfriamiento. Debe de ser permisible cualquier velocidad de calentamiento ó enfriamiento que produzca gradientes de temperatura no mayores de 83°C (150°F) entre el diámetro externo e interno.

b) Tiempo de permanencia a la temperatura de calentamiento. Por razones de cambios metalúrgicos y reducción de esfuerzos, la mayoría de los códigos establecen un período de permanencia de una hora por plg de espesor.

A.2 Precalentamiento

A.2.1 El precalentamiento se lleva a cabo principalmente para prevenir fracturas durante el proceso de soldadura ó en la zona afectada por el calor (ZAC). Con el precalentamiento la dureza de la zona afectada por el calor será normalmente menor (lo disminuye la tendencia a la formación de martensita en metales con base ferrítica, incrementándose en consecuencia su tenacidad), debido a que la velocidad de enfriamiento es menor y los esfuerzos residuales se minimizan; normalmente la necesidad de precalentar la indica la combinación de carbono y manganeso en unión con la configuración de la junta, principalmente el espesor de ésta.

El precalentamiento se debe hacer con resistencias calefactoras y control de temperatura.

Cuando se precalienta con estos medios y siempre que sea posible, es conveniente calentar en una cara y medir la temperatura en la cara opuesta, debiéndose abarcar 76,2 mm (3 plg) a cada lado de la soldadura. Cuando se desconozca la temperatura a que se debe precalentar un material, se puede utilizar la siguiente fórmula para calcularla; aplicable para aceros con un contenido de carbono (% C) superior a 0,20%.

Temperatura de precalentamiento (° F) = 1000 (% C - 0.11) + 18 t. Donde t es el espesor de la soldadura, en pulgadas.

A.2.2 Aunque la necesidad de precalentar antes de efectuar la soldadura, así como la temperatura a que debe hacerse, se establecerá en la ingeniería de diseño y se comprobará por la calificación del procedimiento de soldadura; en la Tabla A1 se indican las temperaturas mínimas requeridas y las recomendadas para varios Números-P. Si la temperatura ambiente es menor de 0°C (32°F), los precalentamientos recomendados serán mandatarios. El espesor para juzgar el tratamiento será el menor medido en la junta.

A.2.3 Cuando se unan por soldadura materiales que tengan diferentes recomendaciones para efectuar el precalentamiento, la temperatura para este tratamiento debe ser la más alta de la de los materiales unidos, de acuerdo a la Tabla A1. Las recomendaciones de la Tabla A1 aplican a todas las soldaduras, incluyendo: soldaduras a tope, soldaduras de filete, socket weld, reparaciones, entre otros.

A.3 Métodos para efectuar relevado de esfuerzos

Las operaciones de relevado de esfuerzos de las soldaduras de tuberías y recipientes se deben realizar usando uno de los procedimientos siguientes:

A.3.1 Calentando el recipiente o tubería como un todo en un horno cerrado. Este procedimiento es el preferible y debe utilizarse siempre que sea posible.

A.3.2 Calentando el recipiente o tubería en secciones en un horno, cuidando que el traslape de las partes tratadas del equipo sea al menos de 152,4 cm (5 pies). Cuando se usa este método, la porción que queda fuera del horno debe protegerse de tal manera que no la dañe el gradiente de temperatura.

A.3.3 Cuando el relevado de esfuerzos es mandatorio y no es posible efectuarlo como se indica en A.3.1 y A.3.2 cualquier junta circunferencial no tratada previamente puede ser relevada de esfuerzos en campo, calentando dichas juntas por medios apropiados (tales como: métodos de inducción, resistencia eléctrica,

flama.), que aseguren la uniformidad requerida. El ancho de la banda de calentamiento a cada lado de la soldadura terminada, no debe ser menor de cinco veces el espesor de pared y en ningún caso menor de 25 mm (1 plg). La porción que queda fuera de la banda de calentamiento debe protegerse (aislarse) de tal manera que no sea dañino el gradiente de temperatura, se requiere aislamiento de al menos 51 mm (2 plg) de espesor y cubrir de 91,44 cm a 152,4 cm (3 a 5 pies) a ambos lados de la soldadura, sellando los extremos con colcha aislante. En recipientes con diámetro mayor de 121,92 cm (4 pies), es necesario aislar además el interior del mismo. Cuando se trate de tuberías, se deben bloquear los extremos con el fin de evitar la circulación de aire.

A.3.4 Calentando el equipo internamente por medios apropiados, utilizando registradores e indicadores de temperatura adecuados con el fin de ayudar en el control y mantenimiento uniforme de la temperatura en la pared del recipiente. Previamente a esta operación el equipo deberá ser totalmente sellado con material aislante. En este método la presión interna debe mantenerse tan baja como sea posible, pero en ningún caso exceder 50% de la máxima presión de trabajo permisible a la más alta temperatura de la pared metálica, esperada durante el proceso de revelado de esfuerzos.

A.3.5 Calentando una banda circunferencial que contenga boquillas u otros accesorios soldados que requieran relevado de esfuerzos, de tal manera que dicha banda sea uniformemente llevada a la temperatura de relevado de esfuerzos y mantenida en ella el tiempo especificado. Esta banda se extenderá alrededor del recipiente y cubrirá al menos seis veces el espesor de la placa, contados a partir de la soldadura que conecta la(s) boquilla(s) al recipiente.

A.3.6 Calentando las juntas soldadas circunferenciales de la tubería por medios apropiados, sobre una banda que tenga un ancho a lado y lado de la soldadura de 5 veces el espesor de la misma ó 10,16 cm (4 plg), lo que resulte mayor. El área que quede fuera de la banda, se debe aislar.

A.3.6.1 Las temperaturas y velocidades de calentamiento y enfriamiento que se deben usar en el tratamiento de relevado de esfuerzos, se dan en las Tablas A3, A4 y A5 de los incisos A.4, A.5 y A.6 respectivamente.

A.3.6.2 Cuando se requiera relevado de esfuerzos, debe hacerse antes de la prueba hidrostática y después de cualquier reparación de soldaduras. Se puede efectuar una prueba hidrostática preliminar para detectar fugas antes del relevado de esfuerzos.

A.4 Relevado de esfuerzos de soldaduras de tuberías.

El tratamiento de relevado de esfuerzos, se debe efectuar de acuerdo con las disposiciones inscritas en las Tablas A2 y aplicarse como enseguida se menciona si el diseñador no marca condiciones más severas, incluyendo relevados de esfuerzos para espesores de pared más delgados.

A.4.1 La tubería se debe relevar de esfuerzos después de soldarse, de acuerdo a los grupos y espesores citados en las Tablas A2. La velocidad de calentamiento y enfriamiento se debe establecer de acuerdo a las secciones 132.5 de ASME B31.1, 331.1 de ASME B31.3 o Sección VIII Div. 1 y 2 de ASME BPVC o equivalente.

A.4.2 Juntas soldadas de materiales diferentes.

A.4.2.1 El relevado de esfuerzos de juntas soldadas entre materiales ferríticos diferentes ó entre metales ferríticos con diferente soldadura ferrítica, debe hacerse a la más alta temperatura para los materiales unidos de las requeridas en las Tablas A2.

A.4.2.2 El relevado de esfuerzos de juntas soldadas de materiales diferentes, incluidos los ferríticos y austeníticos, se deben tratar de acuerdo a los requisitos de las Tablas A2 para el material ferrítico, a menos que el diseñador especifique otra cosa.
A.4.3 Cuando se unan componentes de diferente espesor por soldadura, el espesor que se usará para determinar los requerimientos de relevado de esfuerzos y las recomendaciones de precalentamiento de las Tablas A1 y A2 será el mayor, excepto que:

A.4.3.1 En el caso de injertos, la placa añadida como refuerzo sea esta integral ó parcial (solapa), no debe considerarse para determinar el relevado. Sin embargo, éste último se requerirá cuando el espesor de la soldadura en cualquier plano del injerto, sea dos veces mayor que el espesor límite del material para el que se requiere relevado de esfuerzos, aunque el espesor de los componentes en la junta sea menor que dicho espesor límite. El espesor mandatorio de la soldadura se debe calcular de acuerdo a 8.2.3.2 de la NRF-035-PEMEX-2005.

A.4.3.2 En el caso de soldaduras de filete usadas en bridas deslizantes (slip-on), en bridas de insertos soldables (socket-weld) y en conexiones de tubería con diámetros NPS de 50 mm (2 plg) y menores, para soldaduras de sello en juntas roscada de tubería de 50 mm (2 plg) de diámetro NPS y menores, así como para uniones de partes externas no sometidas a presión tales como muñones u otros elementos de soportería de tubería en todos los diámetros, se debe aplicar El relevado, cuando el espesor de la soldadura en cualquier plano sea mayor de 2 veces el espesor límite del material para el que se requiere el relevado (aunque el espesor de los componentes en la junta sea menor que el espesor mínimo); excepto en lo siguiente:

- No se requiere para materiales con número P 1, cuando el espesor en la garganta de la soldadura sea de 16 mm ó menor, sin tomar en consideración el espesor del metal base.

- No se requiere para materiales con números P 3, 4, 5 ó 10A, cuando el espesor de la garganta de la soldadura sea de 13 mm ó menor, sin tomar en consideración el espesor del metal base, siempre que el precalentamiento que se aplique no sea menor que el recomendado, y el esfuerzo a la tensión mínimo especificado del metal base, sea menor que 490 MPa (71 ksi).

- No se requiere para materiales ferríticos, cuando las soldaduras estén hechas con metal de aporte que no se endurezca al aire. Los materiales de soldadura austeníticos, pueden ser usados para soldaduras de materiales ferríticos cuando el efecto de las condiciones de servicio, tal como la expansión térmica diferencial, debido a temperaturas elevadas, no afecte negativamente la soldadura.

A.5 Revelado de esfuerzos de recipientes de acero al carbono y aceros de baja aleación

A.5.1 Excepto que otra cosa se especifique en las notas de las Tablas A3 y A4, todos los recipientes soldados ó partes de él se deben relevar de esfuerzos a temperaturas no menores que las indicadas en esas tablas, cuando el espesor nominal, incluyendo la tolerancia por corrosión de cualquier junta soldada, exceda los límites de espesor ahí establecidos. Las excepciones de las Tablas A3 y A4 no son permitidas cuando el tratamiento térmico posterior a la soldadura es un servicio requerido ya sea por el diseño ó por el tipo de fluido a manejar, ó cuando se unan por soldadura materiales ferríticos con espesores mayores de 3,17 mm (1/8 plg) por el proceso de soldadura EWB (Electron Beam Welding).

A.5.2 Excepto cuando se prohíba en la Tabla A3, es aceptable el relevado de esfuerzos a temperaturas menores de los valores mínimos que en ella se especifican, durante períodos mas largos de tiempo de acuerdo a la Tabla A4. Los tratamientos térmicos de soldaduras intermedias no requieren cumplir con los requisitos de la Tabla A3 y los tiempos y temperaturas ahí marcados no necesitan ser continuos, puede haber una acumulación de tiempo de los ciclos de tratamientos térmicos.

A.5.3 Cuando se unan partes a presión de diferentes números-P por soldadura, el relevado debe hacerse de acuerdo a la Tabla A3 con los requisitos para el material que requiera la más alta temperatura de relevado. Cuando partes no presionadas (soportes) son soldadas a partes a presión, la temperatura de relevado de la parte presionada, debe llevar el control.

A.5.4 El espesor nominal indicado en las Tablas A2, A3 y A5 es el espesor de la soldadura, ó el menor espesor de las secciones unidas, cualquiera que sea menor. Para soldaduras de filete, el espesor nominal es el espesor de la garganta. Cuando la junta soldada conecte partes que son de diferente espesor, el espesor que se utilizará para aplicar los requerimientos de A.5.1 para el relevado de esfuerzos, será el siguiente:

A.5.4.1 El más delgado de dos placas adyacentes soldadas a tope, incluyendo conexiones de cabezales a cuerpos.

A.5.4.2 El más grueso del cuerpo ó cabezal en uniones a cabezales intermedios, de los tipos mostrados en la Figura (a).

A.5.4.3 El espesor del cuerpo en conexiones de espejos de tubos, cabezales planos, cubiertas ó construcciones similares.

A.5.4.4 El espesor de la placa del cuerpo ó cabezal en soldadura de boquillas, excepto para soldaduras de acuerdo a Figuras (b) y (c).

A.5.4.5 Para las Figuras (b) y (c) el espesor del cuello de la boquilla ó placa del cuerpo ó cabezal, cualquiera que sea menor.

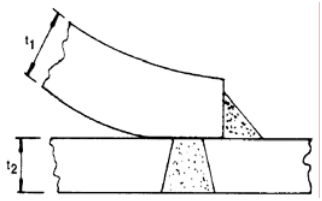


Figura (a)

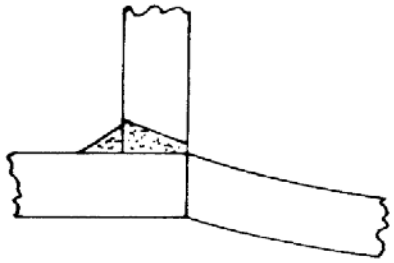


Figura (b)

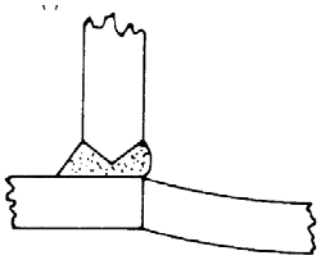


Figura (c)

A.5.4.6 El espesor del cuello de la boquilla en la unión del cuello a la brida.

A.5.4.7 El espesor de la soldadura al punto de unión, cuando una parte no presionada es soldada a una parte presionada.

A.5.4.8 La profundidad de la reparación de una soldadura.

A.5.5 La operación de relevado de esfuerzos se debe llevar a cabo por uno de los métodos indicados en el inciso 5, de acuerdo con los siguientes requisitos (a excepción de lo indicado en la Tabla A5).

A.5.5.1 Al momento de introducir la tubería o recipiente al horno, la temperatura de este no deberá exceder a 427°C (800°F).

A.5.5.2 Arriba de 427°C (800°F) la velocidad de calentamiento no debe ser mayor de 222°C/h (400°F/h) dividido por el máximo espesor en plg de la placa del cuerpo o cabezal, pero en ningún caso mayor de 222°C/h (400°F/h). Durante el período de calentamiento no debe existir una diferencia de temperatura mayor de 130°C (250°F) entre la más alta y la más baja temperatura entre la pared interna y la pared externa de la porción del recipiente que está siendo tratada en 5 m (15 pies) de longitud.

A.5.5.3 El recipiente ó la parte de él, se deben mantener a la temperatura especificada en la Tabla A3 ó A4 por el período de tiempo ahí indicado. Durante este tiempo no debe existir una diferencia de 83°C (150°F) entre la más alta y la más baja temperatura a través de la pared del recipiente en la sección que se está tratando, excepto cuando el rango sea más limitado de acuerdo a lo indicado en la Tabla A3.

A.5.5.4 Durante el ciclo de calentamiento y sostenimiento de la temperatura, la atmósfera del horno debe ser controlada para evitar una excesiva oxidación de la superficie del metal y se deberá evitar que la flama incida sobre el mismo.

A.5.5.5 Arriba de 427°C (800°F) se debe enfriar a horno cerrado o cámara de enfriamiento a una velocidad de 278°C/h (500°F/h) dividida por el máximo espesor en plg de la placa del cuerpo ó cabezal, pero en ningún caso mayor de ese valor. Desde 426°C (800°F) el recipiente puede ser enfriado en aire quieto. Las velocidades de calentamiento y enfriamiento no deberán ser menores de 56°C/h (100°F/h).

A.5.6 Cuando sea impráctico relevar de esfuerzos a la temperatura estipulada en la Tabla A3, se pede llevar a cabo ese tratamiento a temperaturas más bajas por períodos más largos, de acuerdo a la Tabla A4 excepto para materiales de los grupos P-No. 9A y 9B.

A.5.7 El relevado de esfuerzos no es mandatorio para materiales del grupo P-No 1 bajo las siguientes condiciones.

A.5.7.1 Para materiales hasta e inclusive 38,1 mm (1 ½ plg) de espesor, con la condición que sobre 31,75 mm (1 ¼ plg) de espesor se precaliente a una temperatura mínima de 93,3°C (200°F) durante el proceso de soldadura siempre y cuando el tratamiento térmico no se necesite como un requerimiento de servicio, es decir, que cuando los recipientes contengan ó manejen sustancias letales, ya sean líquidos ó gases, todas las juntas soldadas deberán ser 100% radiografiadas y relevadas de esfuerzos independientemente del espesor con que estén construidas.

A.5.7.2 Para materiales sobre 38,1 mm (1 ½ plg) de espesor y para materiales de cualquier espesor, cuando el recipiente requiera el relevado de esfuerzos de acuerdo al último párrafo de A.5.7.1, todas las conexiones y accesorios soldados deberán ser tratados térmicamente después de la soldadura, excepto que:

A.5.7.2a El relevado de esfuerzos no será mandatorio para soldadura de abertura no mayores de 12,7 mm (½ plg) de tamaño y para soldaduras de filete con gargantas no mayores de 12,7 mm (½ plg) que unan boquillas que tengan un diámetro interno terminado no mayor de 51 mm (2 plg), a condición que dichas conexiones no formen ligas que obliguen a un incremento en el espesor de pared de cuerpo a cabezal y se aplique un precalentamiento a una temperatura mínima de 93°C (200°F).

A.5.7.2b El relevado de esfuerzos no será mandatorio para soldaduras de filete que tengan un espesor de garganta de 12,7 mm (½ plg) ó menor, usadas para unir partes no presionadas a partes presionadas (ejemplo herrajes) y las soldaduras se precalienten a una temperatura mínima de 93°C (200°F) cuando el espesor de la parte presionada exceda de 19 mm (¾ plg).

A.5.8 Para materiales del P-N° 3 el relevado de esfuerzos es mandatorio para los SA-302 y 533 en todos los espesores y no mandatorio para los restantes bajo las siguientes condiciones:

A.5.8.1 Para materiales hasta e inclusive 15,87 mm (5/8 plg) de espesor, siempre y cuando se haya seguido un proceso calificado de soldaduras y que el relevado de esfuerzos no sea un requisito necesario de acuerdo a A.5.7.1.

A.5.8.2 Para materiales sobre 15,87 mm (5/8 plg) y para materiales de cualquier espesor, cuando el recipiente requiere relevado de esfuerzos de acuerdo al último párrafo de A.5.7.1 todas las conexiones soldadas deberán relevarse, excepto que:

A.5.8.2a El tratamiento térmico después de la soldadura no es mandatorio para conexiones ó herrajes soldados a partes presionadas que tengan un contenido de carbono de no más de 0,25% (contenido de carbono especificado para materiales SA, excepto cuando sea limitado más ampliamente por el comprador a un valor dentro de los límites de la especificación), ó a partes no presionadas con soldaduras de filete con espesores de garganta de 12,7 mm (½ plg) ó menor, con la condición de que se precaliente a una temperatura mínima de 93°C (200°F).

A.5.8.2b El relevado de esfuerzos no es mandatorio para juntas circunferenciales en tubería donde ésta cumpla con un espesor nominal de pared de 12,7 mm (½ plg) ó menor y no más de 0,25% de contenido de carbono (ambos).

A.5.9 Para los materiales del P-No. 4, el relevado de esfuerzos no es mandatario bajo las siguientes condiciones:

A.5.9.1 Para las especificaciones SA-202, grados A y B hasta inclusive 15,87 mm (5/8 plg) de espesor, siempre y cuando se use un procedimiento de soldadura calificado de acuerdo a la sección IX del Código ASME y el equipo no requiera del tratamiento por manejar fluidos letales.

A.5.9.2 Para juntas circunferenciales de tubería a tope, cuando ésta cumpla con todos los requisitos siguientes:

A.5.9.2a Máximo diámetro exterior nominal de 10,16 cm (4 plg).

A.5.9.2b Máximo espesor de pared de 15,87 mm (5/8 plg).

A.5.9.2c Máximo contenido de carbono especificado no mayor de 0,15%.

A.5.9.2d Máxima temperatura de precalentamiento de 121°C (250°F).

A.5.9.3 Para materiales de tubería que cumplan con los requerimientos de A.5.9.2.a, b y c; con soldaduras de filete que la unan a partes no presionadas, con las siguientes condiciones:

A.5.9.3a Que las soldaduras de filete tengan un espesor máximo de garganta de 12,7 mm (½ plg).

A.5.9.3b Se aplique un precalentamiento a una temperatura mínima de 121°C (250°F).

A.5.9.4 Para tuberías con materiales que cumplan con A.5.9.2.a, b y c; y se suelden a ella herrajes, con la condición de que se aplique un precalentamiento a una temperatura mínima de 121°C (250°F).

A.5.10 El relevado de esfuerzos para los materiales del grupo P-Nº 5 no es mandatorio en las siguientes condiciones:

A.5.10.1 Para juntas circunferenciales soldadas a tope en tubería, cuando ésta cumple con todos los siguientes requisitos:

A.5.10.1a Máximo contenido de cromo especificado de 3%

A.5.10.1b Máximo diámetro externo nominal de 10,16 cm (4 plg).

A.5.10.1c Máximo espesor nominal de 15,87 mm (5/8 plg).

A.5.10.1d Máximo contenido de carbono especificado de no más de 0,15%

A.5.10.1e Se aplique precalentamiento a una temperatura mínima de 149°C (300°F)

A.5.10.2 Para tuberías cuyos materiales cumplan con los requerimientos de A.5.10.1.a, b, c y d; y tengan accesorios no presionados soldados a ellas con soldaduras de filete; con la condición que:

A.5.10.2a Las soldaduras de filete tengan un máximo espesor de garganta de 12,7 mm (½ plg).

A.5.10.2b Se aplique un precalentamiento a una temperatura mínima de 148,8°C (300°F).

A.5.10.3 Para tubería con materiales que cumplan los requisitos de A.5.10.1.a, b, c y d; que tenga herrajes soldados a ella siempre y cuando se aplique un precalentamiento a una temperatura mínima de 149°C (300°F).

A.5.11 Para los materiales que ampara el grupo la P-Nº 9A, temperatura mínima de relevado de esfuerzos será de 537°C (1000°F).

A.5.11.1 No es obligatorio el relevado de esfuerzos para los materiales del grupo P-Nº 9A, hasta e inclusive 15,87 mm (5/8 plg) de espesor, con la condición de que use un procedimiento de soldadura calificado de acuerdo a la sección IX del Código ASME siempre y cuando este tratamiento no sea un requisito indispensable por el servicio.

A.5.11.2 Para materiales con espesores arriba de 15,87 mm (5/8 plg) y para materiales de cualesquier espesor, cuando el relevado de esfuerzos es un requisito indispensable de acuerdo con el último párrafo de 7.7.1 todas las conexiones y boquillas deberán ser relevadas de esfuerzos, excepto que:

A.5.11.2.a No será obligatorio para partes no presionadas soldadas a partes presionadas, con soldadura de filete que tengan un espesor de garganta de 12,7 mm (½ plg) ó menor, y se precaliente a una temperatura mínima de 93°C (200°F), cuando el espesor de la parte presionada exceda 15,87 mm (5/8 plg).

A.5.11.2.b Aplica lo anterior para tornillos ó pernos soldados a partes presionadas.
A.5.12 Para los materiales del grupo P-No 9B la temperatura mínima de relevado de esfuerzos será 635°C (1175°F).

A.5.12.1 Aplica lo anotado en A.5.11.1

A.5.12.2 Aplica lo anotado en A.5.11.2

A.5.13 Para los materiales del grupo P-No. 10A deberá de tenerse en cuenta la posibilidad de fragilización de los materiales con 0,15% de vanadio, cuando el relevado de esfuerzos se lleva a cabo a la temperatura mínima ó a menor temperatura por un mayor tiempo, de acuerdo a la Tabla A4.

A.5.13.1 Excepto para la especificación SA-487 Clase 1Q, el relevado de esfuerzos no es mandatorio bajo las siguientes condiciones: (el relevado es obligatorio para el SA-487 Clase 1Q para todos los espesores).

A.5.13.2 Aplica lo anotado en A.5.11.1
A.5.13.3 Aplica lo anotado en A.5.11.2

A.5.13.4 Aplica todo lo anotado en A.5.8.2.a.

A.5.13.5 Aplica todo lo anotado en A.5.8.2.b.

A.5.14 Para los materiales del grupo P-N° 10B, el relevado de esfuerzos es mandatorio para todos los espesores.

A.5.15 Para los materiales del grupo P-N° 10C, son aplicables todas las recomendaciones de A.5.7.1, A.5.7.2, A.5.7.2.a, b y c.

A.5.16 El relevado de esfuerzos es mandatorio para todos los materiales en todos los espesores del grupo P-N° 10F.

A.6 Revelado de esfuerzos en recipientes de acero de alta aleación.

A.6.1 Son aplicables las recomendaciones de los incisos A.5.1, A.5.2, A.5.3 y A.5.4, utilizando la Tabla A5 para la referencia de tiempo y temperatura de relevado de esfuerzos, con los requisitos y excepciones que enseguida se anotan:

A.6.1.1 Materiales del P-N° 6, Grupos 1, 2 y 3.

A.6.1.1.a No se requiere el relevado de esfuerzos para recipientes construidos con material TP 410 de las especificaciones SA-240 y SA- 479 con un contenido de carbono que no exceda de 0,08%, soldados con electrodos que produzcan un depósito de soldadura austenítico de Cr-Ni ó un depósito de soldadura de Ni-Cr-Fe no endurecible al aire, siempre y cuando el espesor de las placas en la junta soldada no exceda de 9,52 mm (3/8 plg) y para espesores entre 9,52 mm (3/8 plg) a 38,1 mm (1 ½ plg) se dé un precalentamiento a 232°C (450°F), manteniendo éste durante todo el proceso de soldadura y las juntas se radiografíen al 100%.

A.6.1.2 Materiales del P-N° 7, Grupos 1 y 2.

A.6.1.2.a El relevado de esfuerzos no se requiere para recipientes construidos con material TP 405 de las especificaciones SA-240 y SA-268, soldados con electrodos que produzcan un depósito de Cr-Ni siempre que el espesor de la placa en la junta soldada no exceda de 9,52 mm (3/8 plg) y para espesores entre 9,52 mm (3/8 plg) y 38,1 mm (1 ½ plg) se mantenga un precalentamiento de 232°C (450°F), durante el proceso de soldadura y esta junta sea radiografiada al 100%.

A.6.1.2.b La velocidad de enfriamiento debe ser como máximo 56°C/h (100°F/h) arriba de 648°C (1200°F), después del cual la velocidad de enfriamiento deberá ser lo suficientemente rápida para prevenir la fragilización.

A.6.1.3 Materiales del P-N° 8, Grupos 1, 2 y 3.

A.6.1.3.a El relevado de esfuerzos no es mandatorio para juntas entre aceros inoxidables austeníticos.

A.6.1.4 Materiales del P-N-10E, Grupo 5

A.6.1.4.a Para la especificación SA-268 TP 446 exclusivamente, el relevado de esfuerzos deberá efectuarse de acuerdo a las recomendaciones de los incisos 5 y 7.4., excepto que la velocidad de enfriamiento deberá ser de 56°C/h (100°F/h) como máximo arriba de 648°C (1200°F), después de la cual la velocidad de enfriamiento deberá ser lo suficientemente rápida para evitar la fragilización. (Descubriendo el aislamiento y dejando enfriar al aire libre).

A.6.1.4.b Para la especificación SA-268 Grado 329 (0,08% C, máximo) exclusivamente, aplican las reglas para materiales inoxidables ferríticos excepto que el relevado de esfuerzos no es mandatorio. Si se realizara un tratamiento térmico después del formado o soldado, la temperatura que debe aplicarse será de 940°C (1725°F) a 954°C (1750°F) seguido por un enfriamiento rápido (descubriendo el aislamiento y dejando enfriar libremente).

A.6.1.5 Materiales del P-N° 10G, Grupo No. 7

A.6.1.5.a El relevado de esfuerzos, no es mandatorio.

A.6.1.6 Materiales del P-N° 10H, Grupo No. 8

A.6.1.6.a El relevado de esfuerzos no es mandatorio pero si se aplica cualquier tratamiento térmico, debe hacerse a 982°C (1800°F) -1038°C (1900°F), seguido de un enfriamiento rápido.

A.6.1.7 Materiales del P-N° 10I, Grupo N° 9

A.6.1.7.a El relevado de esfuerzos deberá realizarse de acuerdo a lo estipulado en los incisos A.3 y A.5.4, excepto que la velocidad de enfriamiento debe ser como máximo 56°C/h (100°F/h), arriba de 649°C (1200°F). Después de esta temperatura la velocidad debe ser lo suficientemente rápida para evitar la fragilización. (Descubriendo el aislamiento y dejando enfriar al aire libre).

A.6.1.7.b El relevado de esfuerzos no es mandatorio para espesores de 12,7 mm (½ plg) ó menores.

A.7 Sugerencias para seleccionar tratamientos térmicos de aceros inoxidables austeníticos.

A.7 1 Con objeto de no especificar un tratamiento térmico que pudiera ser perjudicial, para el Código ASME no es mandatorio el relevado de esfuerzos de los aceros inoxidables austeníticos ya que los tratamientos térmicos que han demostrado la eliminación de esfuerzos, podrían dañar ó disminuir la resistencia a la corrosión ó viceversa. Las características metalúrgicas de los aceros inoxidables austeníticos que pueden afectar la selección de un tratamiento térmico específico son:

A.7 1.1 El calentamiento en el rango de 482°C (900°F) a 815°C (1500°F) precipitaría carburos de cromo en las fronteras del grano de los grados inestabilizados y en esta condición, el acero es susceptible de corrosión intergranular. El uso de aceros estabilizados ó extra bajo carbono puede disminuir esta precipitación intergranular, así como el anelado a 1010°C (1850°F) - 1121°C (2050°F) seguido por un rápido enfriamiento hasta el rango de sensibilización.

A.7 1.2 El calentamiento en el rango de 538°C (1000°F) a 927°C (1700°F) podría resultar en la formación de la dura y frágil fase sigma, la cual puede hacer que decrezca la resistencia a la corrosión y la ductilidad. Esta fase podría transformarse a austenita y ferrita por medio de un calentamiento a 815°C (1500°F) - 927°C (1700°F) y "apagado".

A.7 1.3 El calentamiento a 954°C (1750°F) - 1121°C (2050°F) (tratamiento de anelado) causaría que todos los carburos de cromo precipitados se redisolvieran, transformando la fase sigma en ferrita y volver suave el acero.

En la Tabla A6, se presentan los tratamientos térmicos sugeridos para aceros inoxidables austeníticos en función del servicio

Anexo 2, **Tabla A1**

Temperaturas de precalentamiento ASME B31.3 - 2006, Tuberia de Proceso -Tabla 330.1.1										
Metal Base P-No. o S-No. [Nota (1)]	Analisis de metal soldado A-Número [Nota (2)]	Grupo de Metal Base	Espesor Nominal de Pared		Resistencia mínima a la tensión especificada		Temperatura Mínima Requerida		Temperatura Mínima Recomendada	
			mm	plg	MPa	ksi	°C	°F	°C	°F
1	1	Acero al Carbono	< 25	< 1	≤ 490	≤ 71	...	...	10	50
			≥ 25	≥ 1	Todos	Todos	...	...	79	175
			Todos	Todos	> 490	> 71	...	...	79	175
3	2, 11	Aceros Aleados	< 13	< ½	≤ 490	≤ 71	...	...	10	50
		Cr ≤ ½%	≥ 13	≥ ½	Todos	Todos	...	...	79	175
			Todos	Todos	> 490	> 71	...	...	79	175
4	3	Aceros Aleados ½%< Cr ≤ 2%	Todos	Todos	Todos	Todos	149	300	...	...
5A, 5B, 5C	4, 5	Aceros Aleados (2 1/4% ≤ Cr ≤ 10%)	Todos	Todos	Todos	Todos	177	350	...	...
6	6	Aceros Alta Aleación martensiticos	Todos	Todos	Todos	Todos	…	…	149 [Nota (4)]	300 [Nota (4)]
7	7	Aceros Alta Aleación, ferriticos	Todos	Todos	Todos	Todos	…	…	10	50
8	8, 9	Aceros Alta Aleación, austeniticos	Todos	Todos	Todos	Todos	…	…	10	50
9A, 9B	10	Acero Aleación Nickel	Todos	Todos	Todos	Todos	…	…	93	200
10	…	Acero Cr-Cu	Todos	Todos	Todos	Todos	149-204	300-400	…	…
10I	…	Acero 27Cr	Todos	Todos	Todos	Todos	149 [Nota (3)]	300 [Nota (3)]	…	…
11A SG1	…	Acero 8 Ni, 9Ni	Todos	Todos	Todos	Todos	…	…	10	50
11A SG2	…	Acero 5Ni	Todos	Todos	Todos	Todos	10	50	…	…
21-52	…	…	Todos	Todos	Todos	Todos	…	…	10	50

Tabla solamente como guía, referirse siempre al codigo y procedimiento de soldadura correspondientes.

Notas:

1. Los números P ó números S del Código BPV - Sección IX, QW/QB-422.
2. El Número A de la Sección IX, QW-422.
3. Mantener la temperatura interpasos entre 177°C–232°C (350°F–450°F).
4. Temperatura interpasos máxima 316°C (600°F).

Anexo 2, Tablas A2

Requerimientos para Tratamiento Témico Posterior a la Soldadura
ASME B31.3-2006, Tuberia de Proceso -Tabla 331.1.1

Metal Base No. P o No. S [Nota (1)]	Analisis de metal soldado A-Número [Nota (2)]	Grupo de Metal Base	Espesor Nominal de Pared		Resistencia mínima a la tensión especificada Metal Base		Rango de Temperatura del Metal		Tiempo Sostenido			Dureza Brinell Max. [Nota (4)]
			mm	plg	MPa	ksi	°C	°F	Espesor de pared nominal [Nota (3)] min/mm	Espesor de pared nominal [Nota (3)] h/plg	Tiempo Mínimo en h	
1	1	Acero al Carbono	≤20	≤3/4	Todos	Todos	Ninguno	Ninguno				
			>20	>3/4	Todos	Todos	593-649	1 100-1 200	2.4	1	1	
3	2, 11	Aceros Aleados	≤20	≤3/4	≤490	≤71	Ninguno	Ninguno				
		Cr ≤1/2%	>20	>3/4	Todos	Todos	593-718	1 100-1 325				225
			Todos	Todos	>490	>71	593-718	1 100-1 325	2.4	1	1	225
4	3	Aceros Aleados	≤13	≤1/2	≤490	≤71	Ninguno	Ninguno				
[Nota (5)]		1/2%< Cr≤2%	>13	>1/2	Todos	Todos	704-746	1 300-1 375	2.4	1	2	225
			Todos	Todos	>490	>71	704-746	1 300-1 375	2.4	1	2	225
5A, 5B, 5C	4, 5	Aceros Aleados(2 1/4% ≤ Cr ≤ 10%)										
[Nota (5)]		≤ 3% Cr y ≤0.15% C	≤13	≤1/2	Todos	Todos	Ninguno	Ninguno				
		≤ 3% Cr y ≤0.15% C	>13	>1/2	Todos	Todos	704-760	1 300-1 400	2.4	1	2	241
		>3% Cr or >0.15% C	Todos	Todos	Todos	Todos	704-760	1 300-1 400	2.4	1	2	241
6	6	Aceros Alta Aleación martensiticos	Todos	Todos	Todos	Todos	732-788	1 350-1 450	2.4	1	2	241
		A 240 Gr. 429	Todos	Todos	Todos	Todos	621-663	1 150-1 225	2.4	1	2	241
7	7	Aceros Alta Aleación, ferriticos	Todos	Todos	Todos	Todos	Ninguno	Ninguno				
8	8, 9	Aceros Alta Aleación, austeniticos	Todos	Todos	Todos	Todos	Ninguno	Ninguno				
9A, 9B	10	Acero Aleación Nickel	≤20	≤3/4	Todos	Todos	Ninguno	Ninguno				
			>20	>3/4	Todos	Todos	593-635	1 100-1 175	1.2	1/2	1	
10		Acero Cr-Cu	Todos	Todos	Todos	Todos	760-816 [Nota (6)]	1 400-1 500 [Nota (6)]	1.2	1/2	1/2	
10H		Acero Inoxidable Duplex	Todos	Todos	Todos	Todos	[Nota (7)]	[Nota (7)]	1.2	1/2	1/2	
10I		Acero 27Cr	Todos	Todos	Todos	Todos	663-704 [Nota (8)]	1 225-1 300 [Nota (8)]	2.4	2.4	1	
11A SG1		Acero 8 Ni, 9Ni	≤51	≤2	Todos	Todos	Ninguno	Ninguno				
			>51	>2	Todos	Todos	552-585 [Nota (9)]	1 025-1 085 [Nota (9)]	2.4	1	1	
11A SG2		Acero 5Ni	>51	>2	Todos	Todos	552-585 [Nota (9)]	1 025-1 085 [Nota (9)]	2.4	1	1	
					Todos	Todos						
62		Zr R60705	Todos	Todos	Todos	Todos	538-593 [Nota (10)]	1 000-1 100 [Nota (10)]	[Nota (10)]	[Nota (10)]	1	

Tabla solamente como guía, referirse siempre al codigo y procedimiento de soldadura correspondientes.

Notas:

(1). Los números P ó números S del Código BPV - Sección IX, QW/QB-422.

(2). El número A de la Sección IX, QW-422.

(3). Para tiempo de sostenmiento en unidades del sistema métrico internacional se usa min/mm (minutos por mm de espesor).Para el sistema inglés se usa h/plg de espesor.

(4). Ver párrafo 331.1.7 : **Pruebas de Dureza.-** Las pruebas de dureza de la producción de soldaduras, formado en caliente y de tubería formada en caliente son para verificar que el tratamiento térmico haya sido satisfactorio. El límite de la dureza aplica a la soldadura y a la zona afectada por el calor (HAZ) medida tan cerca como sea posible al borde de la soldadura.

a)Donde se especifique un límite de dureza en la Tabla 331.1.1, se deben probar por lo menos 10% de soldaduras, juntas calientes y componentes formados en caliente de cada lote tratado en horno y 100% de los tratados térmicamente en sitio.

b)Cuando se unen mediante soldadura metales disímiles, los límites de dureza especificados para el material base y el de la soldadura en Tabla 331.1.1 se deben cumplir para cada material.

(5). Ver apéndice F, párrafo F331.1 **Consideraciones para el tratamiento térmico**

Las temperaturas del tratamiento térmico listadas en la Tabla 331.1.1 para algunos materiales P-No. 4 y P-No.5 pueden ser más altas que las temperaturas mínimas de templado especificadas en las especificaciones ASTM para el material base. Para materiales de alta resistencia normalizados y templados, existe la posibilidad de reducir propiedades de material base, particularmente si se usan tiempos mayores de sostenido a temperaturas más altas.

(6). Enfriar tan rápido como sea posible después del periodo de tratamiento.

(7). El tratamiento térmico posterior a la soldadura no es requerido ni prohibido, pero cualquier tratamiento térmico aplicado debe ser como se requiera en la especificación de material.

(8). La velocidad de enfriamiento a 649°C (1 200 °F) debe ser menor a 56°C (100 °F)/h; después de ello la velocidad de enfriamiento debe ser lo suficientemente rápida como para evitar fragilidad en el material.

(9).La velocidad de enfriamiento debe ser mayor de 167°C (300 ºF)/h a 316°C (600 ºF).

(10). El tratamiento térmico debe hacerse dentro de los 14 días posteriores a la soldadura. El tiempo de tratamiento debe ser incrementado en ½ h para cada 25 mm (1 plg) de espesor sobre 25 mm. Enfriar a 427°C (800 °F) a una velocidad de ≤ 278°C (500 °F)/h, por cada 25 mm (1 pulg) de espesor nominal, 278°C (500 °F)/h máximo. Enfriar en aire quieto desde 427°C (800 °F).

Requerimientos para tratamiento térmico posterior a la soldadura
ASME B31.1a-2005, Tubería de potencia -Tabla 132

P-No. Grupos No.	**Temperatura de sostenimiento**	**Tiempo de sostenimiento basado en el espesor nominal**	
	Rango °C (°F)	**Hasta 50 mm (2 plg)**	**Mas de 50 mm (2 plg)**
1 1, 2, 3	600 (1 100) a 650 (1 200)	1 h/25 mm (plg) 15 min. mínimo	2 h mas 15 min. por cada 25 mm (plg) adicionales sobre 50 mm (2 plg)
3 1, 2	600 (1 100) a 650 (1 200)	1 h/25 mm (plg) 15 min. mínimo	2 h mas 15 min. por cada 25 mm (plg) adicionales sobre 50 mm (2 plg)
4 1, 2	650 (1 200) a 700 (1 300)	1 h/25 mm (plg) 15 min. mínimo	2 h mas 15 min. por cada 25 mm (plg) adicionales sobre 50 mm (2 plg)
5 1, 2	700 (1 300) a 760 (1 400)	1 h/25 mm (plg) 15 min. mínimo	2 h mas 15 min. por cada 25 mm (plg) adicionales sobre 50 mm (2 plg)
6 1, 2	760 (1 400) a 800 (1 475)	1 h/25 mm (plg) 15 min. mínimo	2 h mas 15 min. por cada 25 mm (plg) adicionales sobre 50 mm (2 plg)
7 1, 2	730 (1 350) a 775 (1 425)	1 h/25 mm (plg) 15 min. mínimo	2 h mas 15 min. por cada 25 mm (plg) adicionales sobre 50 mm (2 plg)
8 1, 2, 3	Ninguno [Nota (1)]	Ninguno [Nota (1)]	Ninguno [Nota (1)]
9A 1	600 (1 100) a 650 (1 200)	1 h/25 mm (plg) 15 min. mínimo	2 h mas 15 min. por cada 25 mm (plg) adicionales sobre 50 mm (2 plg)
9B 1	600 (1 100) a 630 (1 175)	1 h/25 mm (plg) 15 min. mínimo	2 h mas 15 min. por cada 25 mm (plg) adicionales sobre 50 mm (2 plg)
10H 1	Ninguno [Nota (1)]	Ninguno [Nota (1)]	Ninguno [Nota (1)]
10I 1	730 (1 350) a 815 (1 500)	1 h/25 mm (plg) 15 min. mínimo	1 h/25 mm (plg)

Nota (1).- El tratamiento Térmico Posterior a la Soldadura ni se requiere ni se prohibe.

Tabla solamente como guía, referirse siempre al código y procedimiento de soldadura correspondientes.

Requerimientos alternativos para Tratamiento Térmico Posterior a la Soldadura para aceros al carbono y de baja aleación
ASME B31.1a-2005, Tabla 132.1, (Aplicable solo cuando lo permita la Tabla 132)

Disminución de temperatura por debajo de la mínima especificada °C (°F)	Tiempo mínimo de sostenimiento a temperatura disminuida, h (Nota 2)	Notas
28 (50)	4 (2)	.....
56 (100)	8 (4)	.....
84 (150)	20 (10)	1
112 (200)	40 (20)	1

Tabla solamente como guía, referirse siempre al codigo y procedimiento de soldadura correspondientes
NOTAS:

(1) Una disminución de mas de 56°C (100°F) por debajo de la temperatura mínima especificada es permitible solo para materiales P-No. 1, Grupos 1 y 2.

(2) El tiempo mostrado aplica para espesores mayores a 25 mm (1 plg). Adicionar 15 min/25 mm (15 min/plg) de espesor para espesores mayores a 25 mm (1 plg)

Anexo 2, Tabla A3

Requerimientos para Tratamiento Térmico Posterior a la Soldadura de partes a presión y uniones ASME PBVC Sección I, Parte PW - Calderas soldadas, Tabla PW-39

Material	Temperatura mínima de sostenimiento °C (°F)	Tiempo mínimo de sostenido a temperatura normal para espesor de nominal de la soldadura		
		Hasta 50 mm (2 plg)	Mas de 50 mm (2 plg) y hasta 125 mm (5 plg)	Mas de 125 mm (5 plg)
P-No. 1 Grupo No. 1, 2, 3	595 (1 100)	2 min/mm (1 h/plg), 15 min mínimo	2 h mas 15 min por cada 50 mm adicionales (2 plg) sobre 50 mm (2 plg)	2 h mas 15 min por cada 25 mm adicionales (1 plg) sobre 50 mm (2 plg)
P-No. 3 Grupo No. 1, 2, 3	595 (1 100)	2 min/mm (1 h/plg), 15 min mínimo	2 h mas 15 min por cada 50 mm adicionales (2 plg) sobre 50 mm (2 plg)	2 h mas 15 min por cada 25 mm adicionales (1 plg) sobre 50 mm (2 plg)
P-No. 4 Grupo No. 1, 2	650 (1 200)	2 min/mm (1 h/plg), 15 min mínimo	2 min/mm (1 h/plg)	5 h mas 15 min por cada 25 mm adicionales (1 plg) sobre 125 mm (5 plg)
P-No. 5A Grupo No. 1 y P-No. 5B Grupo No. 1	675 (1 250)	2 min/mm (1 h/plg), 15 min mínimo	2 min/mm (1 h/plg)	5 h mas 15 min por cada 25 mm adicionales (1 plg) sobre 125 mm (5 plg)
P-No. 5B Grupo No. 2	Temp. Mín. de sostenimiento °C (°F) 730 (1 350) Temp.máx. de sostenimiento °C (°F) 775 (1 425)		Hasta 125 mm (5 plg) 2 min/mm (1 h/plg), 30 min mínimo	5 h mas 15 min por cada 25 mm adicionales (1 plg) sobre 125 mm (5 plg)
P-No. 6 Grupo No. 1, 2, 3	760 (1 400)	2 min/mm (1 h/plg), 15 min mínimo	2 min/mm (1 h/plg)	5 h mas 15 min por cada 25 mm adicionales (1 plg) sobre 125 mm (5 plg)
P-No. 7 Grupo No. 1, 2	730 (1 350)	2 min/mm (1 h/plg), 15 min mínimo	2 min/mm (1 h/plg)	5 h mas 15 min por cada 25 mm adicionales (1 plg) sobre 125 mm (5 plg)
P-No. 10I Grupo No. 1	675 (1 250)	2 min/mm (1 h/plg), 15 min mínimo	2 min/mm (1 h/plg)	2 min/mm (1 h/plg)
P-No. 31	Ninguno (1)	Ninguno (1)	Ninguno (1)	Ninguno (1)
P-No. 45	Ninguno (1)	Ninguno (1)	Ninguno (1)	Ninguno (1)
P-No. 51	Ninguno (1)	Ninguno (1)	Ninguno (1)	Ninguno (1)

Tabla solamente como guía, referirse siempre al codigo y procedimiento de soldadura correspondientes.

NOTA: (1) El tratamiento termico posterior a la soldadura ni se requiere ni se prohibe para las junturas entre los materiales del grupo P-No. 31 . Idem para P-No.45 y P-No. 51.

Anexo 2, **Tabla A4**

Requerimientos alternativos para Tratamiento Térmico Posterior a la Soldadura para aceros al carbono y de baja aleación.
ASME PBVC Sección I, Parte PW - Calderas soldadas, Tabla PW-39.1
(Aplicable solo cuando lo permita la Tabla PW-39)

Disminución de temperatura por debajo de la mínima especificada °C (°F)	Tiempo mínimo de sostenimiento (Nota 1) a temperatura disminuida, min/mm (h/plg) de espesor	Notas
28 (50)	4 (2)	.....
56 (100)	8 (4)	.....
83 (150)	20 (10)	2
111 (200)	40 (20)	2

Tabla solamente como guía, referirse siempre al codigo y procedimiento de soldadura correspondientes.
NOTAS:

(1) Tiempo mínimo de sostenimiento para 25 mm de espesor y hasta e inclusive 50 mm (2 plg). Adicionar 15 min por 25 mm (plg) de espesor mayores a 50 mm (2 plg)

(2) Estas temperaturas mas bajas de tratamiento térmico posterior a la soldadura son permitidas solamente para materiales P-No. 1, Grupos 1 y 2.

Anexo 2, **Tabla A5**

Requerimientos para Tratamiento Térmico Posterior a la Soldadura de recipientes de acero de alta aleación				
Material	**Temperatura mínima de sostenimiento °C (°F)**	**Tiempo mínimo de sostenido a temperatura normal para espesor de nominal de la soldadura**		
		Hasta 50 mm (2 plg)	**Mas de 50 mm (2 plg) y hasta 125 mm (5 plg)**	**Mas de 125 mm (5 plg)**
P-No. 6 Grupo No. 1, 2, 3	676 (1 250)	2 min/mm (1 h/plg), 15 min mínimo	2 h mas 15 min por cada 25 mm adicionales (1 plg) sobre 50 mm (2 plg)	2 h mas 15 min por cada 25 mm adicionales (1 plg) sobre 50 mm (2 plg)
P-No. 7 Grupo No. 1 y 2	730 (1 350)	2 min/mm (1 h/plg), 15 min mínimo	2 h mas 15 min por cada 25 mm adicionales (1 plg) sobre 50 mm (2 plg)	2 h mas 15 min por cada 25 mm adicionales (1 plg) sobre 50 mm (2 plg)
P-No. 8 Grupo No. 1, 2 y 3		Ninguno [1]	Ninguno [1]	Ninguno [1]
P-No. 10 Grupo No. 5	676 (1 250)	2 min/mm (1 h/plg), 15 min mínimo	2 min/mm (1 h/plg)	2 min/mm (1 h/plg)
P-No. 10G Grupo No. 7		Ninguno (1)	Ninguno (1)	Ninguno (1)
P-No. 10H Grupo No. 8		Ninguno (1)	Ninguno (1)	Ninguno (1)
P-No. 10I Grupo No. 9	730 (1 350)	2 min/mm (1 h/plg), 15 min mínimo	2 min/mm (1 h/plg)	2 min/mm (1 h/plg)

Tabla solamente como guía, referirse siempre al codigo y procedimiento de soldadura correspondientes.
NOTA: (1) El tratamiento termico posterior a la soldadura ni se requiere ni se prohibe

Anexo 2, **Tabla A6**

Tratamiento térmico posterior a la soldadura sugerido para aceros inoxidables austeníticos			
Servicio esperado u otra razón para el tratamiento	**Extra bajo carbón, tales como 304L y 361L**	**Grados estabilizados, tales como 318, 321 y 347**	**Grados inestabilizados, tales como 304 y 316**
Corrosión severa por esfuerzos	A, B	B y A	(a)
Corrosión moderada por esfuerzos	A, B, C	B, A, C	C (a)
Corrosión baja por esfuerzos	A, B, C, E, F	B, A, C, E, F	C, F
Eliminación de esfuerzos	F	F	F
Ninguna corrosión por esfuerzos	No se requiere	No se requiere	No se requiere
Corrosión intragranular	A, C (b)	A, C, B (b)	C
Relevado de esfuerzos despues de la soldadura	A, C	A,C	C
Relevado entre operaciones de formado	A, B, C	B, A, C	C (c)

Tabla solamente como guía, referirse siempre al código y procedimiento de soldadura correspondientes.

NOTA. Tratamientos sugeridos en el orden de preferencia decreciente. El orden de las letras indica el tratamiento preferente (ver inciso A.7 de la presente norma).

A.- Recocido (annealing) a 1 065,5-1 093,3°C (1 950-2 000 ºF), enfriamiento lento.

B.- Relevado de esfuerzos a 898,8°C (1 650 ºF), enfriamiento lento.

C.- Recocido (annealing) a 1 065,5-1 121,1°C (1 950-2 050 ºF), enfriamiento rápido por inmersión.

D.- Relevado de esfuerzos a 898,8°C (1 650 ºF), enfriamiento rápido por inmersión.

E.- Relevado de esfuerzos a 482,2-648,8°C (900-1 200 ºF), enfriamiento lento.

F.- Relevado de esfuerzos abajo de 482,2°C (900 ºF).

a.- Para permitir un tratamiento óptimo de relevado de esfuerzos, se recomienda el uso de acero de extra-bajo-carbono o aceros inoxidables estabilizados.

b.- En muchas ocasiones no se requiere ningún tratamiento térmico, pero cuando los procesos de fabricación pueden sensibilizar el acero inoxidable, los tratamientos indicados pueden usarse.

c.- Los tratamientos A, B o D también pueden usarse si son seguidos de tratamientos C.

Anexo 3 Reporte de relevado de esfuerzos

Reporte de relevado de esfuerzos para tuberías

PROYECTO:	FECHA:	REPORTE No. _____	HOJA ____ DE ____
Contrato:	Isométrico No.:	Código o Especificación aplicable:	Procedimiento no.:
Planta y/o estructura:	Línea:	Circuito:	Observaciones:
Descripción:			

No. SOLDADURA	DIAMETRO	ESPESOR NOMINAL MANDATORIO	MATERIAL	GRÁFICA	DUREZAS		EVALUACIÓN
					ANTES	DESPUÉS	

Hora de inicio: _____ Rango de velocidad de calentamiento: _____
Hora de terminación: _____ Rango de velocidad de enfriamiento: _____

A= ACEPTABLE TTR = TRATAMIENTO TÉRMICO A SER REPETIDO

Supervisor responsable por parte del proveedor: _____
NOMBRE Y FIRMA

Por PEMEX: _____
NOMBRE Y FIRMA

Nota: Se debe anexar gráfica de relevado de esfuerzos, como la del Anexo 4.

Reporte de relevado de esfuerzos para recipientes

PROYECTO:	FECHA:	REPORTE No. _____	HOJA ____ DE ____
Contrato:	Planta:	Código o Especificación aplicable:	Procedimiento no.:

Datos del recipiente No:	
Código de diseño:	
Capacidad:	
Servicio:	
Presión de diseño:	
Peso vacío:	
Diámetro interior:	
Longitud:	
Material:	
Espesor del cuerpo • Mínimo: • Máximo: • Mandatorio:	
Tipo de apoyos:	

Soldadura No.	**DUREZAS**	
	ANTES	**DESPUÉS**

Registro de temperaturas

Registrador No.:		Fecha de Calibración:		Certificado de calibración:	

Fecha	Hora	Gráfica No. 1		Gráfica No. 2		Gráfica No. x		Gradientes		
		Temperatura Máxima °C	Temperatura Mínima °C	Temperatura Máxima °C	Temperatura Mínima °C	Temperatura Máxima °C	Temperatura Mínima °C	Dif. 1	Dif. 2	Dif. x

Observaciones:

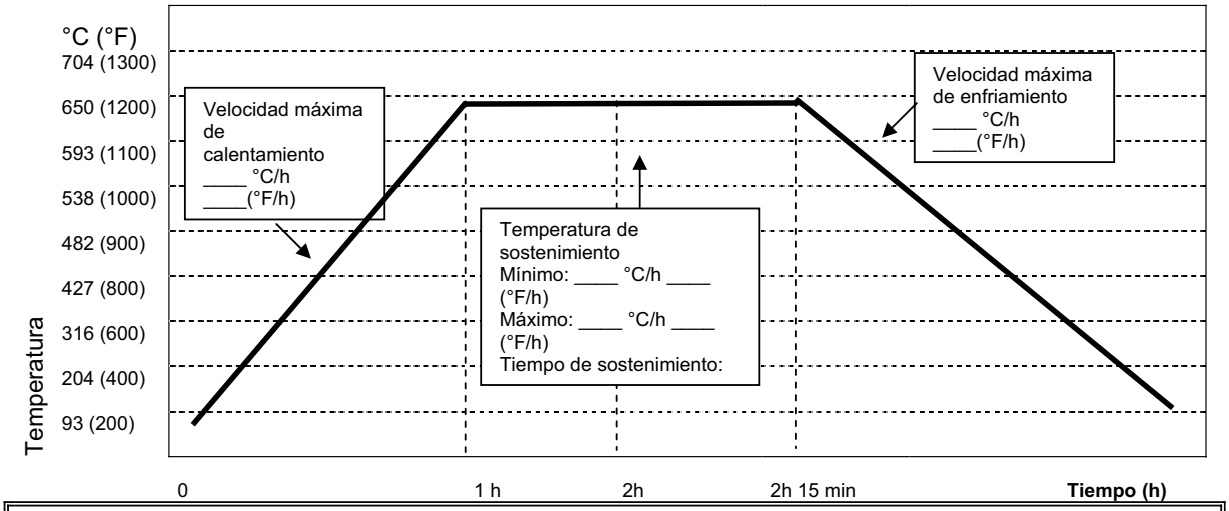
Nota: Se debe anexar gráfica de relevado de esfuerzos, como la del Anexo 4.

Supervisor responsable por parte del proveedor: _____
NOMBRE Y FIRMA

Por PEMEX: _____
NOMBRE Y FIRMA

Anexo 4.
Gráfica de relevado de esfuerzos (ejemplo)

PROYECTO:	FECHA:	REPORTE No. _____	HOJA ____ DE ____
Contrato:	Equipo o línea:	Código de referencia	Procedimiento no.:
Planta y/o estructura:	Circuito:	Isométrico No.:	Descripción de la parte:
Material:	Espesor nominal:		



INSTRUCCIONES:

1.- Calentar de 427 °C (800 °F) a 621 °C (1150 °F) a una proporción de 55 °C/h (100 °F/h)
2.- Sostenimiento la temperatura a 621 °C (1150 °F) + / - 14 °C (25 °F) por 2 h 15 minutos mínimo.
3.- Enfriar de 621 °C (1150 °F) a 427 °C (800 °F) a una velocidad de 55 °C/h (100 °F/h)
4.- Durante el período de calentamiento no debe haber diferencia mayor de 139 °C (250 °F) entre termocoples

Nota: Gráfica solamente ilustrativa, el proveedor o licitante debe elaborar la correspondiente al relevado específico.

PREPARADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA

Revisado por PEMEX:_____
NOMBRE Y FIRMA