



Rogelio González Pérez

FABRICACIÓN, SOLDADURA, CONTROL CALIDAD
Y REGLAMENTACIÓN DE EQUIPOS CRIOGÉNICOS

•
CRIOGÉNIA
(CERAP)



Rogelio González Pérez

**FABRICACIÓN, SOLDADURA, CONTROL
DE CALIDAD Y REGLAMENTACIÓN DE
EQUIPOS CRIOGÉNICOS**

Criogenia



Esta monografía está formada por varios capítulos del libro:

CRIOGENIA. Cálculo de equipos. Recipientes a presión

Autor: Rogelio González Pérez

(Obra completa publicada por Ediciones Díaz de Santos). Puede ocurrir que en el texto de esta monografía se haga referencia o citen otras páginas que correspondan a otros capítulos de la obra completa, esto sería normal al haberse respetado la paginación original.

Obra completa: ISBN 978-84-9969-875-5 (Libro electrónico)

Obra completa: ISBN 978-84-9969-515-0 (Libro en papel)

© Rogelio González Pérez, 2013

Reservados todos los derechos

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso y por escrito de los titulares del Copyright.

Ediciones Díaz de Santos

Albasanz, 2

28037 Madrid

www.editdiazdesantos.com

ediciones@diazdesantos.es

ISBN 978-84-9969-974-5

I

Índice

ÍNDICE GENERAL CERAP

Parte VIII. Soldadura	607
Parte IX. Fabricación.....	705
Parte X. Apéndices.....	719
Bibliografía recomendada	865
Índice analítico	867

PARTE VIII. SOLDADURA

54. REALIZACIÓN Y CONSTRUCCIÓN SOLDADA.....	609
GENERALIDADES.....	609
MATERIALES	610
DISEÑO	610
Juntas soldadas	610
Juntas en cruz	611
Piezas no sometidas a presión	611
Conexiones varias	611
Tipos admisibles	611
Bordes de soldadura	611
Juntas soldadas sometidas a tensiones de flexión.....	613
Aberturas en las soldaduras o adyacentes a las mismas.....	613
Soldaduras en ángulo	613
Soldaduras por ambas caras	613
Detección de la soldadura	613
Soldaduras por una sola cara.....	613
PREPARACIÓN DE LAS SUPERFICIES ANTES DE SOLDAR	613
CORTE, AJUSTE Y ALINEACIÓN.....	613
Corte.....	613
Ajuste y alineación	614
RECTITUD, IRREGULARIDADES DE PERFIL Y OVALIZACIÓN.....	614
Rectitud	614
Irregularidades de perfil	614
Ovalización.....	614

CONFORMACIÓN EN CALIENTE Y EN FRÍO.....	615
Control.....	615
Redondez.....	615
Soportes.....	615
Realización de soldadura en caso de tratamientos térmicos.....	615
Accesorios.....	616
REPARACIÓN DE DEFECTOS DE SOLDADURA.....	616
REGISTRO PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA.....	616
SIMBOLOGÍA, TERMINOLOGÍA Y UNIDADES.....	618
55. DETALLES TÍPICOS DE SOLDADURA	619
GENERALIDADES.....	619
SELECCIÓN DEL DETALLE.....	619
PERFILES Y TAMAÑOS DE LAS SOLDADURAS	619
Perfiles de soldadura.....	619
Uniones a tope.....	620
Tamaños de soldadura	620
Modificaciones	620
APLICACIÓN A UNIONES DE LAS FIGURAS.....	620
TIPOS DE UNIONES TÍPICAS ACEPTABLES	620
Detalles normales de soldadura.....	620
Derivaciones sin refuerzo de aberturas	622
Otras derivaciones con penetración. Figuras tipo: 11 a 16.....	627
Uniones forjadas.....	631
NOTAS APLICABLES A LAS DERIVACIONES SIN ANILLOS DE COMPENSACIÓN.....	632
Derivaciones directas	632
Derivaciones con entrante	632
NOTAS APLICABLES A LAS DERIVACIONES CON ADICIÓN DE ANILLO DE COMPENSACIÓN	633
NOTAS APLICABLES A LAS UNIONES DE TUBOS A PLACAS TUBULARES.....	633
DERIVACIONES CON REFUERZO DE ABERTURA.....	633
Derivaciones directas	633
Derivaciones con entrante	634
UNIÓN Y ACOPLAMIENTOS PARA ATORNILLAR	635
Soldadas a tope.....	635
Soldaduras con resalte y roscadas	635
UNIONES A BRIDAS	637
UNIONES A ENVOLVENTES.....	638
UNIONES DE TUBOS A PLACAS TUBULARES.....	639
UNIONES DE PLACA TUBULAR A ENVOLVENTES.....	640
56. PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA	643
GENERALIDADES.....	643
HOMOLOGACIÓN PROCEDIMIENTO SOLDADURA.....	643
POSICIONES DE LAS SOLDADURAS DE ENSAYO	644
Inclinación.....	646
Rotación	646
SOLDADURA PARA LOS ENSAYOS DE HOMOLOGACIÓN	647
Tipo del metal base.....	648

Criterio de validez en función del metal base	648
Electrodos, metal de aporte, fundentes y gas inerte	648
Tipo de preparación de bordes	649
Técnicas de soldadura	649
Proceso de soldadura	649
Precalentamiento y enfriamiento retardado	649
Tratamiento térmico	649
CAMPO DE VALIDEZ EN FUNCIÓN DEL ESPESOR	649
TAMAÑO DE LAS PROBETAS	649
NÚMERO DE PROBETAS Y ENSAYOS MÍNIMOS A REALIZAR	651
Exigencias para tuberías y tubos	651
INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA DE LAS PROBETAS SOLDADAS	651
VALORACIÓN DE LOS ENSAYOS OBTENIDOS AL ENSAYAR LAS PROBETAS	652
Repetición de ensayos	652
Aceptación de los ensayos de producción	653
NUEVA HOMOLOGACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA	653
FORMULARIOS DE LOS ENSAYOS	653
ACEPTACIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN POR LOS INSPECTORES	653
CUALIFICACIÓN DEL SOLDADOR	653
Condiciones de realización o no de la prueba	653
Aceptación mutua por los inspectores	653
Soldaduras a tope en chapas y tubos	654
Soldaduras en ángulo	654
Condiciones de calificación	654
Variables esenciales para la cualificación del soldador	654
CONDICIONES DE LAS SOLDADURAS DE ENSAYO	656
EXPEDIENTES DE LOS ENSAYOS	656
VALIDEZ DE LOS ENSAYOS DE HOMOLOGACIÓN. PROCEDIMIENTO COMO	
ENSAYO DE CUALIFICACIÓN DE COMPETENCIA SOLDADOR	656
REPETICIÓN DE ENSAYOS	656
TEMPERATURAS MÍNIMAS ADMISIBLES PARA LA SOLDADURA	657
57. ENSAYOS DESTRUCTIVOS	659
CHAPAS DE ENSAYO DE SOLDADURA DE PRODUCCIÓN. PROBETAS	659
Referencias a normas	659
Ensayos de dureza	659
Chapas de ensayo de cordones longitudinales	659
Chapas de ensayo para los recipientes en serie	660
Chapa de ensayo para cordones circulares	660
Material y dimensiones de las chapas de ensayo	660
Deformaciones de la chapa de ensayo	660
PROBETAS Y DIMENSIONES	661
Probeta para el ensayo a tracción	661
Ensayo a tracción con probeta de metal de aportación	661
Probetas para ensayo de doblado	662
Probeta entallada para el ensayo de resiliencia	663
Temperatura de los ensayos	633
Probeta para macroensayo de ataque químico (ensayo metalográfico)	664

CARACTERÍSTICAS EXIGIDAS A LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE	
CHAPAS. MUESTRA DE SOLDADURA DE PRODUCCIÓN	664
Ensayo a tracción con sección reducida	664
Ensayo con probeta íntegramente metal de aportación	664
Ensayos de resiliencia	664
Ensayo de macroataque químico (metalográfico)	665
Ensayos destructivos	665
Repetición de ensayos	665
58. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	667
GENERALIDADES	667
Ensayo de la soldadura original	667
Ensayo no destructivo en reparaciones	667
EXAMEN ULTRASÓNICO	667
FABRICACIÓN EN SERIE	668
ENSAYO NO DESTRUCTIVO AL 100%	668
Soldaduras a tope	668
Otras soldaduras	668
INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA POR PUNTOS	668
Soldaduras a tope	668
Magnitud del ensayo	669
Soldaduras que no sean a tope	669
INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA POR PUNTOS CON REPERCUSIÓN EN	
EL NIVEL DE TENSIONES	669
Soldaduras a tope	669
Soldaduras que no sean a tope	670
ENSAYO NO DESTRUCTIVO DE JUNTAS SOLDADAS. TÉCNICAS Y	
ACEPTABILIDAD DEFECTOS	670
Inspección de soldaduras en recipientes probados neumáticamente	670
DEFECTOS INACEPTABLES EN LAS SOLDADURAS	670
INSPECCIÓN POR PARTÍCULA MAGNÉTICA Y POR LÍQUIDOS PENETRANTES	671
Técnicas	671
Defectos inaceptables en las soldaduras	671
MÉTODOS PARA EL ENSAYO NO DESTRUCTIVO DE RAMALES, CONEXIONES	
ATORNILLADAS Y ACOPLAMIENTOS, RECIPIENTES ENCAMISADOS, CONEXIONES	
DE TUBO A PLACA TUBULAR Y DE PLACA TUBULAR A LA ENVOLVENTE	671
INSPECCIÓN POR ULTRASONIDOS	671
Técnicas de métodos posibles	671
59. INSPECCIÓN POR RADIOGRAFIADO	673
TÉCNICAS	673
DEFECTOS INACEPTABLES EN LA SOLDADURA	674
60. INSPECCIÓN POR ULTRASONIDOS	675
INTRODUCCIÓN, OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	675
PRINCIPIO DEL MÉTODO	676
CONDICIONES DE LA SUPERFICIE	676
Superficie de contacto del metal base	676
Superficies de soldadura	676
EXAMEN DEL METAL BASE	676

Inspección.....	676
Procedimiento.....	676
SELECCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL APARATO Y SU CALIBRADO	677
Informaciones preliminares.....	677
Aparato ultrasónico	677
Frecuencia	677
Palpador.....	677
Ángulo de refracción (o ángulo del haz).....	678
Medio de acoplamiento	678
Calibración del equipo	678
PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE LAS SOLDADURAS.....	682
Detección de los defectos longitudinales	682
Detección de los defectos transversales	683
Detección de los defectos en la zona de la raíz	684
EVALUACIÓN DE LAS INDICACIONES	684
INFORME DEL EXAMEN	684
61. INSPECCIONADO POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS.....	685
INTRODUCCIÓN, OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	685
PRINCIPIOS DEL MÉTODO.....	685
PROCEDIMIENTOS DE MAGNETIZACIÓN	686
MEDIOS DE EXAMEN	686
Polvo seco	686
Tintas magnéticas negras o de color.....	686
Tintas magnéticas fluorescentes	686
ESTADO.....	686
PROCEDIMIENTO DE MAGNETIZACIÓN POR CLAVIJA.....	687
Procedimiento de magnetización	687
Separación entre clavijas.....	687
Dirección magnetización por clavija.....	687
PROCEDIMIENTO DE MAGNETIZACIÓN POR BOBINA.....	688
Procedimiento de magnetización	688
Distancia de la bobina a la zona que se inspecciona	688
Dirección magnetización por bobina.....	688
Corriente de magnetización por bobina	688
APLICACIÓN DE LAS PARTÍCULAS MAGNÉTICAS.....	689
OBSERVACIÓN DE LAS INDICACIONES	689
Tiempo de inspección.....	689
Polvos o tintas negras o coloreadas.....	689
Polvos o tintas fluorescentes magnéticas	689
Interpretación de los resultados.....	689
LIMPIEZA Y DESMAGNETIZACIÓN DESPUÉS DE LA INSPECCIÓN.....	690
INFORME DEL EXAMEN	690
62. INSPECCIONADO POR LÍQUIDOS PENETRANTES	691
INTRODUCCIÓN.....	691
OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	691
PRINCIPIOS DEL MÉTODO.....	691
CARACTERÍSTICAS DE LÍQUIDOS PENETRANTES Y ACCESORIOS	692

Penetrantes	692
Reveladores	692
Notas sobre el empleo de penetrantes y revelados, y precauciones de seguridad correspondientes.....	692
PROCEDIMIENTO	692
Limpieza.....	692
Secado después de una limpieza	693
Aplicación de líquidos penetrantes	694
Aplicación del emulsionador.....	694
Eliminación del exceso de penetrante	694
Secado	695
Aplicación del revelador	695
OBSERVACIÓN DE LAS INDICACIONES	696
Penetrantes de tintura	696
Penetrantes fluorescentes.....	696
Interpretación de resultados	696
REPETICIÓN DE ENSAYOS	696
LIMPIEZA POSTERIOR A LA INSPECCIÓN.....	696
INFORME DEL EXAMEN	697
63. TRATAMIENTOS TÉRMICOS	699
TRATAMIENTOS TÉRMICOS.....	699
AGRUPACIÓN DE LOS MATERIALES PARA EL TRATAMIENTO TÉRMICO	
POSTSOLDADURA.....	699
GRUPOS DE CLASIFICACIÓN PARA EL TRATAMIENTO TÉRMICO	
POSTSOLDADURA.....	699
PIEZAS DE DIFERENTE ESPESOR	701
CHAPA CURVADA EN FRÍO	701
PIEZAS CONFORMADAS EN CALIENTE	701
TRATAMIENTO TÉRMICO POSTSOLDADURA.....	701
Aceros al carbono.....	701
Aceros aleados.....	701
Otros tratamientos térmicos	702
Forma del tratamiento térmico	703
Tratamiento simultaneo de varios recipientes	703
Tratamiento de las chapas de ensayo.....	704
COMPROBACIÓN DEL TRATAMIENTO TÉRMICO POSTSOLDADURA.....	704

PARTE IX. FABRICACIÓN

64. TOLERANCIAS DE FABRICACIÓN	707
TABLA DE TOLERANCIAS	707
DIBUJO GENERAL DE IDENTIFICACIÓN TOLERANCIAS	709
TOLERANCIAS DE JUNTAS SOLDADAS	710
65. CERTIFICACIÓN Y SELLADO.....	711
ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO, DIBUJOS Y HOJA DE DATOS.....	711
SELLADO	711
66. MARCADO Y CONFORMADO	713
MARCADO PARA IDENTIFICACIÓN DE CHAPAS.....	713

CONFORMADO DE LAS CHAPAS	713
Examen de las chapas conformadas y sin conformar	713
CORTE DE PIEZAS FORJADAS	713
CHAPAS DE LOS EXTREMOS Y DE FONDOS	713
67. PRUEBAS E INSPECCIÓN.....	715
INSPECCIÓN DURANTE LA FABRICACIÓN	715
PRUEBAS DE PRESIÓN	715
Prueba normal	715
Prueba neumática como variante.....	716
Prueba combinada hidráulica y neumática.....	718
Recipientes sometidos a vacío.....	718
PRUEBAS DE ESTANQUIDAD	718
PROCEDIMIENTO	718
SIMBOLOGÍA, TERMINOLOGÍA Y UNIDADES.....	718

PARTE X. APÉNDICES

68. TABLAS DE UNIDADES	721
69. DEFINICIONES.....	731
70. REAL DECRETO 769/1999, DE 7 DE MAYO. DIRECTIVA 97/23/ce RELATIVA A LOS EQUIPOS DE PRESIÓN	743
71. LISTADO GENERAL DE NORMAS	757
72. REGLAMENTO DE EQUIPOS A PRESIÓN. REAL DECRETO 2060/2008	777
73. ITC-EP-1. CALDERAS	799
74. ITC-EP-2. CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA	815
75. ITC-EP-3. REFINERÍAS DE PETRÓLEOS Y PLANTAS QUÍMICAS	827
76. ITC-EP-4. DEPÓSITOS CRIOGÉNICOS.....	835
77. ITC-EP-5. EQUIPOS RESPIRATORIOS AUTÓNOMOS	841
78. ITC-EP-6. RECIPIENTES A PRESIÓN TRANSPORTABLES.....	851
BIBLIOGRAFÍA.....	865
ÍNDICE ANALÍTICO	867

Parte VIII

Soldadura

- 54. Realización y construcción soldada
- 55. Detalles típicos de soldadura
- 56. Procedimientos de soldadura
- 57. Ensayos destructivos
- 58. Ensayos no destructivos
- 59. Inspección por radiografiado
- 60. Inspección por ultrasonidos
- 61. Inspeccionado por partículas magnéticas
- 62. Inspeccionado por líquidos penetrantes
- 63. Tratamientos térmicos

Realización y construcción soldada

Generalidades • Materiales • Diseño • Preparación de las superficies antes de soldar • Corte, ajuste y alineación • Rectitud, irregularidades de perfil y ovalización • Conformación en caliente y en frío • Reparación de defectos de soldadura • Registro procedimientos de soldadura • Simbología, terminología y unidades

GENERALIDADES

Las reglas del presente capítulo son aplicables a los aparatos a presión y sus componentes que se fabriquen por soldadura y se usarán en el hechurado y la fabricación en conjunto, con las exigencias específicas correspondientes a la clase de materiales que se utilicen en la construcción.

Las soldaduras se harán de conformidad con los procedimientos homologados, que responderán con las especificaciones de procedimiento de soldadura, de acuerdo con los formularios de registro definidos y que como orientación podrían nombrarse como:

- RPS** Registro Procedimiento de Soldadura. Véase apartado: Registro procedimientos de soldadura.
- RPTS** Registro Procedimiento Trabajo de Soldadura. Véase apartado: Registro procedimientos de soldadura.

El primer documento, denominado RPS, es el que recoge los datos básicos de los ensayos previamente realizados y que se propone como procedimiento de soldadura, aplicándolos a la primera probeta que se

ensayará para confirmar la aceptabilidad del procedimiento de soldadura así propuesto.

Serán recogidos en el correspondiente formulario, reflejando los datos básicos esenciales de realización y los resultados de los ensayos del laboratorio.

Si todos los resultados son satisfactorios, tanto el procedimiento como el soldador que realice la primera probeta base del procedimiento quedará aprobado u homologado, quedando registrados en el correspondiente documento.

Si se hace extensiva la aprobación u homologación del procedimiento base ya aceptado a otros soldadores, se seguirán los criterios que se indican más adelante.

Dado que el primer documento, RPS, es genérico y puede por sí mismo contemplar y amparar a distintos campos de espesores y ejecuciones, de acuerdo con las normas de diseño, es por lo que existirá un segundo formulario, denominado RPTS.

El documento RPTS es el específico de trabajo y propio del fabricante, en el que figurarán los datos reales de ejecución y dentro del campo amparado por el formulario RPS.

En este documento se recogerán los datos comunes con el primer formulario, además de aquellos

otros específicos de ejecución y otros que se consideren de interés.

Se recogerán asimismo el soldador o soldadores que han quedado aprobados u homologados según el formulario RPS.

Todos los documentos irán numerados, relacionados entre sí y ordenados, y serán conservados por el fabricante.

El soldador estará calificado de acuerdo con los ensayos de competencia de soldadores que se especifiquen para cada tipo y posición de unión soldada.

El fabricante de un aparato a presión, construido según las reglas de este capítulo, es responsable de la soldadura.

Realizará los ensayos necesarios para homologar el procedimiento de soldadura y la competencia de los soldadores encargados de aplicar dicho procedimiento.

No se emprenderá ningún tipo de trabajo de producción, en tanto no queden homologados el procedimiento de soldadura, los soldadores u operadores de las máquinas de soldar.

El fabricante conservará los registros de los resultados obtenidos en las homologaciones de soldadura, certificará estos y dará una descripción precisa de todas las características particulares de los materiales y del procedimiento en cuestión.

El inspector tendrá libre acceso a la realización de los ensayos y registros de los procedimientos de soldadura relacionados con el formulario RPS.

Los registros incluirán los resultados de los ensayos obtenidos en el laboratorio, haciendo constar la marca o número de referencia que identifique al soldador calificado, siendo accesibles estos datos al inspector, quien dará la conformidad de los mismos, firmándolos junto con el fabricante.

Las soldaduras efectuadas por cada soldador se marcarán con el sello que identifique la identidad de este con el procedimiento o por otro cualquier tipo de registro apropiado indeleble que lo identifique.

El fabricante conservará en su registro los datos necesarios para demostrar que un soldador cualificado y homologado para un determinado trabajo lo ha estado realizando en los últimos seis meses.

Si durante la construcción de un aparato a presión o componente se observara que el trabajo no es satisfactorio o no se ha desarrollado cumpliendo las exigencias de las presentes normas, se investigarán las causas.

Si se demuestra que el soldador es el responsable de una ejecución deficiente, se tomará una decisión

después de comprobar el registro del soldador, considerando si este debe ser recalificado o no.

En el registro se harán constar esta u otras decisiones tomadas.

En el caso de que no se permita el marcado por estampillado para la identificación del material, posición de radiografías, marcas del soldador, procedimiento u otros, esto será objeto de acuerdo previo entre el comprador, fabricante e inspector, para disponer de otros medios de identificación adecuados y que deben definirse en la etapa de las negociaciones del contrato.

Se puede exigir requisitos adicionales a los recipientes destinados a servicios especiales, tales como aquellos que vayan a estar sujetos a corrosión bajo tensión, fatiga, ataque de hidrógeno, ataques químicos, recipientes a bajas temperaturas u otros, previo acuerdo entre el comprador y fabricante, quedando definidos en contrato.

MATERIALES

Los materiales satisfarán las exigencias indicadas por las normas oficiales correspondientes a la calidad utilizada.

En el Capítulo 34, Materiales, se recogen las características de los materiales más frecuentes.

Los metales de aporte y protección serán compatibles con los materiales base a soldar y quedarán recogidos en los formularios correspondientes.

Los materiales de soldadura para aportación en forma de electrodo, combinación de alambre, polvo y gas para atmósferas inertizantes, serán los mismos para la calificación del procedimiento que los utilizados en la soldadura de producción.

DISEÑO

El alcance de estas reglas son aplicables específicamente al diseño de los aparatos a presión y partes de los mismos que se fabriquen por soldadura de acuerdo con las condiciones específicas de diseño que se establezcan para la clase y tipo de material a utilizar.

Juntas soldadas

El diseño de las juntas soldadas será tal que permita un acceso adecuado para que la disposición del metal de aporte de soldadura satisfaga las normas establecidas.

En el Capítulo 55, Detalles típicos de soldadura, se indican distintos detalles de soldadura aceptables.

Juntas en cruz

Se evitarán las juntas en cruz en la que concurran más de dos cordones de soldadura.

Si el diseño no permite esta particularidad se tomarán las precauciones adecuadas, previo acuerdo entre el fabricante, comprador e inspector, haciendo los controles e inspecciones que se requieran.

Piezas no sometidas a presión

Se evitarán las uniones de piezas no sometidas a presión por soldaduras que se crucen con las soldaduras principales existentes y que en alguna parte están sometidas a presión.

Cuando el diseño no pueda evitar esto, se tomarán en consideración las precauciones necesarias, previo acuerdo entre el fabricante, comprador e inspector.

Conexiones varias

Las conexiones de boquillas, placas de refuerzo, soportes, piezas de fijación, cartelas, derivaciones, tuberías, tubos y piezas no sometidas a presión, podrán soldarse a las partes sometidas a presión siempre que las características y resistencia sean compatibles.

En los casos en que sea conveniente y con el fin de evitar tensiones locales, se incluirán placas y fijaciones apropiadas, para proteger la zona de incidencia del aparato a presión.

Las placas de refuerzo de las conexiones, refuerzos, deberán ir provistas, como mínimo, de un agujero testigo, con objeto de evitar que los gases de soldadura queden encerrados.

Se realizará una prueba de estanquidad en la cámara.

Los agujeros testigo se pueden dejar abiertos o taponados, cuando el aparato en presión está en servicio.

Si se taponaran los agujeros, el material utilizado con estos fines no deberá resistir la presión existente entre la placa refuerzo y la pared del aparato a presión.

Tipos admisibles

Para los cordones principales, circunferenciales o longitudinales, solo serán aceptables las soldaduras a tope de penetración total, dejando el resalte de cordón o eliminando este último repasando la soldadura.

Los cordones principales que no sean soldaduras a tope, como los indicados en el Capítulo 55, se pueden permitir para las conexiones correspondientes que entren en el diseño del aparato a presión.

Bordes de soldadura

Las dimensiones y formas de los bordes serán tales que permitan la realización de soldaduras sanas.

Preparación de bordes

En los procesos de soldadura, el tipo de preparación de bordes en V, X, Y, U, doble U o borde recto, se pueden cambiar en las soldaduras de producción sin necesidad de realizar un nuevo ensayo de homologación de procedimiento, con tal que la forma de preparación responda a una buena práctica del taller a juicio del inspector. No obstante, cuando represente un cambio importante de las características eléctricas, mecánicas u otras, debido a un cambio importante en la preparación de bordes y que su garantía quede en duda, se exigirá la realización de un nuevo procedimiento de homologación.

En los casos que se requiera se realizará una probeta testigo de producción comprobando esencialmente la resiliencia en los casos donde el cambio de tipo de borde sea significativo.

Cuando se coloquen a tope chapas de espesor desigual y la diferencia de espesor entre las superficies excedan de lo especificado según lo indicado en las siguientes figuras, en alguno de ambos lados, la chapa será biselada suavemente, reduciendo su espesor desde una distancia al borde no inferior a cuatro veces la diferencia de espesores entre ambas chapas, incluyendo si se desea la anchura del cordón de soldadura, en el cual la altura de ambas chapas será sensiblemente igual.

En las figuras siguientes se acotan las desnivelaciones máximas admisibles y cuyos valores son los que se indican a continuación, dando las tolerancias de alineación de superficies (no soldadas), siendo:

Juntas longitudinales (no soldadas)

La desalineación máxima admisible de la superficie de las chapas será la recogida en la Tabla 54.1.

Tabla 54.1. Desalineación máxima, d_2 , d_3 en tipo a).

Espesor chapa gruesa, e_2	Desalineación máxima, d_2 , d_3
$e_2 \leq 12$ mm	$e_2/4$
12 mm $< e_2 \leq 48$ mm	3 mm
$e_2 > 48$ mm	$e_2/16$, o no mayor de 10 mm