Unidad 9

Obra mecánica. Acero

Cambios:
Nuevo material poliamida
Conocimientos básicos sobre los gases renovables
Actualización de formatos, corrección de estilos.
Todo marcado en amarillo

ENTRADA EN VIGOR CUANDO SE PUBLIQUEN EN LA WEB DE SEDIGAS

Elaborado por:	Revisado por: Comité Consultivo Distribución	Aprobado por: Naiara Ortiz de Mendíbil
M. Lombarte Responsable de Calidad Fecha: 14/10/2026	M. Lombarte Director de Certificación Fecha: 10/11/2026	Secretaria General Fecha: 11/11/2026

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

Unidad 9

Obra mecánica. Acero

Objetivo

Describir las características de las tuberías y accesorios de acero utilizados en la canalización de combustibles gaseosos, así como las condiciones para su transporte, manipulación, almacenamiento y tendido. Exponer, asimismo, las técnicas de control de calidad e inspección del proceso de soldadura y de obra mecánica en general.

Marco general

Se presentan inicialmente en esta unidad las propiedades generales del material, tubería y accesorios destacando aquéllas que condicionan, su manipulación y los certificados de calidad exigibles en la compra de tubería.

También se plantean las exigencias y recomendaciones a tener en cuenta para el transporte, almacenamiento, carga y descarga, manipulación del material y operaciones de tendido. El Jefe de Obra deberá efectuar especial hincapié en la lectura y estudio del texto destacado que hace referencia al proceso de soldadura, la inspección y la clasificación de defectos, así como al listado de operaciones de inspección a efectuar durante la instalación de la tubería.

Sumario

9.1. Material, Tuberías y Accesorios 5
9.1.1. Material 5
9.1.2. Tubería 7
9.1.3. Accesorios 7
9.1.4. Dimensionado 10
9.1.5. Recepción 13
9.1.6. Almacenamiento 13
9.1.7. Transporte, carga y descarga 14
9.1.8. Manipulación de accesorios y válvulas 14
9.2. Tendido de la tubería 14
9.2.1. Preparación y tendido de tubos 14

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

9.2.2. Alineación 15
9.2.3. Cambios de dirección 15
9.3. Unión por soldadura de tubos y accesorios de acero 15
9.3.1. Métodos de soldadura 16
9.3.2. Soldadura SMAW 17
9.4. Requisitos del proceso de soldadura 18
9.4.1. Materiales a soldar 18
9.4.2. Materiales de aportación (electrodos) 18
9.4.3. Equipo de soldadura 19
9.4.4. Procedimiento de soldadura 19
9.4.5. Cualificación de soldadores 19
9.4.6. Ejecución de la soldadura 20
9.4.6.1. Preparación de las tuberías y accesorios 20
9.4.6.2. Alineación 21
9.4.6.3. Precalentamiento 21
9.4.6.4. Soldadura 21
9.4.6.5. Soldaduras de reparación 22
9.4.6.6. Marcado 22
9.4.7. Inspección visual 22
9.4.8. Inspección radiográfica 25
9.4.8.1. Control radiográfico 25
9.4.8.2. Canalizaciones de acero con presión máxima de operación hasta 5 bar 25
9.4.8.3. Canalizaciones de acero con presión máxima de operación superior a 5 bar y hasta 16 bar 26
9.4.9. Documentación y certificados 26
9.4.10. Proceso de soldadura de accesorios de toma de acometida 26
9.4.10.1. Operaciones previas a la soldadura 27
9.4.10.2. Electrodos y parámetros de soldadura 27
9.4.10.3. Fijación de las piezas y cebado del arco 27
9.4.10.4. Soldadura directa a la tubería de tomas de acometidas 29
9.4.10.5. Soldadura de tomas de acometidas con refuerzo 29
9.4.10.6. Eliminación de escoria 29
9.4.10.7. Marcado de la soldadura 30
9.4.10.8. Inspección de las soldaduras 30
9.5. Uniones mecánicas 30
9.5.1. Uniones embridadas 30
9.5.2. Uniones roscadas 31

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

9.5.3. Requisitos para la utilización de uniones mecánicas....31
9.6. Revestimientos....32
9.7. Colocación de la tubería en la zanja....32
9.8. Derivaciones....33
9.9. Pasos especiales....34
9.10. Protección catódica....34
9.11. Inspección de la tubería durante su instalación....34
9.12. Pruebas de resistencia y estanquidad, purgado y puesta en servicio....35
9.12.1. Canalizaciones de acero con presión máxima de operación hasta 5 bar....35
9.12.2. Canalizaciones de acero con presión máxima de operación superior a 5 bar y hasta 16 bar....35
Anexo 9.1. Revestimiento de tubería de acero....37
A.1. Materiales....37
A.2 .Preparación de las superficies a revestir....37
A.3. Revestimiento con cintas plásticas....37
A.3.1. Aplicación de la capa de imprimación....37
A.3.2. Colocación de la cinta anticorrosiva....38
A.3.3. Colocación de la cinta de refuerzo mecánico....38
A.4. Revestimiento con materiales termorretráctiies....38
A.5. Protección antirroca....39
A.6. Inspección visual y comprobación del aislamiento....39

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

9.1. Material, Tuberías y Accesorios

9.1.1. Material

a) Propiedades generales

El acero es una aleación de hierro y carbono con un contenido de este último entre el 0,03% y el 1,7%, conteniendo, además, pequeñas proporciones de otros elementos tales como el azufre, fósforo, manganeso y silicio. En las canalizaciones de gas se suelen emplear aceros con bajo contenido en carbono, aceros suaves y medios, con carbono entre el 0,03% y el 0,6%.

El efecto del carbono en las propiedades mecánicas de la aleación es el que se indica en la figura 9.1

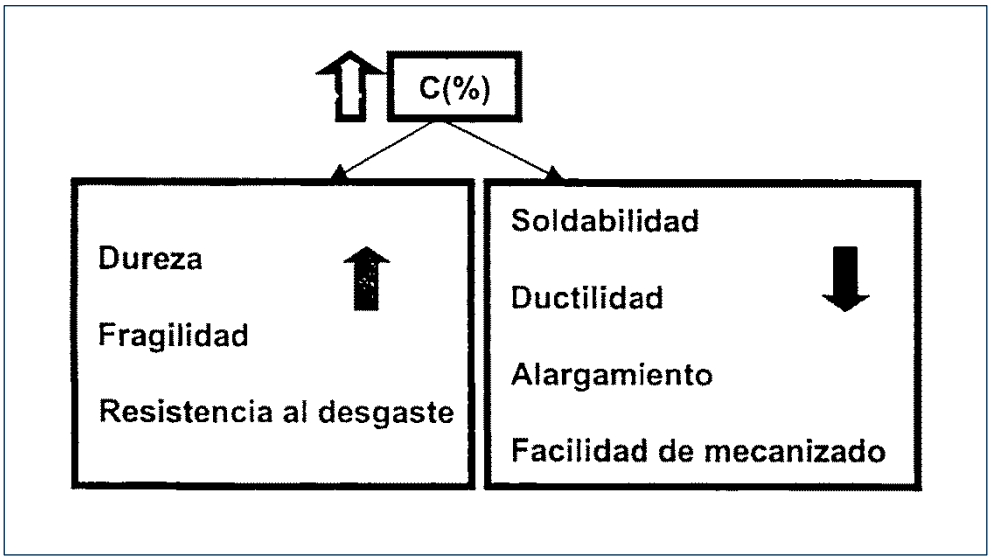


Figura 9.1: Efecto del carbono en las propiedades mecánicas de acero.

Los componentes del acero son:

- Hierro (Fe) y Carbono (C), este último en forma de cementita (C_3Fe);
- Impurezas provenientes del mineral de hierro: azufre (S) y fósforo (P);
- Elementos beneficiosos del mineral de hierro: manganeso (Mn) y silicio (Si);
- Elementos aleantes: cromo (Cr), níquel (Ni), molibdeno (Mo), etc.

El acero es un material autorizado para su empleo en las redes de transporte y distribución, así como en acometidas con presiones máximas de operación superiores a 10 bar. También se puede utilizar en redes con presión máxima de operación inferior a 10 bar, si bien su uso queda normalmente reducido a algunos supuestos en que no es aconsejable o está prohibido el uso de los materiales alternativos. El acero empleado para la fabricación de los tubos y accesorios que vayan a ser usados en las canalizaciones para el transporte y distribución de los gases combustibles, deberán cumplir lo especificado respecto a este material en el Reglamento técnico de distribución y utilización

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

de combustibles gaseosos y, en particular, en los apartados correspondientes de la ITC-ICG 01[1] y en las normas UNE que se citan en la misma, según sean las exigencias de presión de la red en la que vayan a ser instalados. Además, las canalizaciones de acero y sus formas de acometida se construirán, ampliarán o modificarán utilizando materiales, elementos, accesorios, equipos y técnicas de unión aprobados de acuerdo con la normativa técnica de la empresa distribuidora de gas.

En redes de acero con presión máxima de operación hasta 16 bar las válvulas serán de acero al carbono y cumplirán la norma UNE-EN 13774.

Cuando la canalización se destine al transporte de mezclas con hidrógeno o hidrógeno puro, deberá verificarse la compatibilidad del acero, soldaduras y accesorios frente a los fenómenos de fragilización por hidrógeno (hydrogen embrittlement), de acuerdo con la normativa y especificaciones técnicas vigentes.

b) Propiedades físicas

Las propiedades del acero son muy variables dependiendo de su composición y de los tratamientos térmicos. Para el acero al carbono (sin elementos aleantes) y de bajo contenido en carbono (aceros suaves o medios), que son los habitualmente utilizados en redes de gas, pueden darse los siguientes valores medios (Tablas 9.1 y 9.2):

Tabla 9.1: Propiedades del acero al carbono

Propiedad	Unidades	Valor medio
Peso específico	kg/dm^3	7,8
Punto de fusión (a 760 mmHg)	˚C	1450 - 1530
Módulo de elasticidad	GPa	200
Calor específico	kcal/kg/˚C	0,11
Coeficiente de dilatación	$ºC^{-1}$	$12,5 \times 10^{-6}$
Conductividad térmica	cal/s/cm/˚C	0,11
Resistividad eléctrica (a 20 ˚C)	$\mu\Omega.cm/cm^2$	11,78

1. En concreto, las normas UNE-EN 12007, UNE-EN 12327, UNE 60310 y UNE 60311

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

Tabla 9.2: Efecto de los diferentes componentes en las propiedades del acero

Propiedades	Adición de											
	C	Si	Mn	Ni	Cr	W	V	Mo	Co	Ti	P	S
Resistencia a la tracción	□ □	□	□ □	□	□ □	□	□	□ □	□	□	□	
Dureza	□ □	□	□ □	□	□ □	□	□	□ □				
Ductibilidad	□		□	□ □	□	□	□	□		□	□	□
Resiliencia	□		□	□	□	□	□	□	□	□		
Resistencia al fuego		□	□	□	□ □	□		□		□		
Elasticidad	□	□ □	□		□		□	□				
Forjabilidad			□	□			□	□		□		□
Soldabilidad	□	□	□				□	□				□
Facilidad de mecanizado	□	□	□		□			□			□	□
Calidad de corte	□	□			□	□ □	□ □	□	□ □	□	□	□

□□Aumento □ □□Aumento importante □□Disminución

9.1.2. Tubería

Para la fabricación de las tuberías debe emplearse un acero base que, permita obtener un producto con adecuadas prestaciones mecánicas según sea el rango de presiones que deba soportar y de una composición tal que asegure un buena soldabilidad en obra.

Los requisitos técnicos básicos de las canalizaciones de acero deben estar de acuerdo con la norma UNE-EN 12007-3. Los tubos de acero deben cumplir las especificaciones técnicas, requisitos y ensayos mínimos de la norma UNE-EN 10208-2. Para conducciones que trabajen a tensiones inferiores al 20% del límite elástico será suficiente el cumplimiento de las especificaciones indicadas en la norma UNE-EN 10208-1.

Las tuberías de acero pueden ser atacadas por el terreno cuando se instalan enterradas y deben protegerse para hacer frente a la corrosión electroquímica del medio. Para ello se procede a recubrir la superficie exterior de una capa de material que las aísle eléctricamente del terreno, es lo que se conoce como protección pasiva frente a la corrosión. Esta protección en general se consigue por medio del recubrimiento con una capa de polietileno (PE), material de elevado coeficiente dieléctrico que aísla al acero, o bien mediante encintado con solape al 50% con banda adhesiva de material aislante. Aparte de este aislamiento también deben dotarse las redes de acero de protección activa, mediante la correspondiente protección catódica.

9.1.3. Accesorios

Las características de este material hacen necesario en mayor grado que en el PE y la PA-U el uso de accesorios que acomoden la conducción al trazado y condiciones de la zanja en la que deba situarse, además del necesario uso de piezas especiales que faciliten los cambios de diámetro, derivaciones de red, tomas en carga, etc. (Figura 9.2)

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

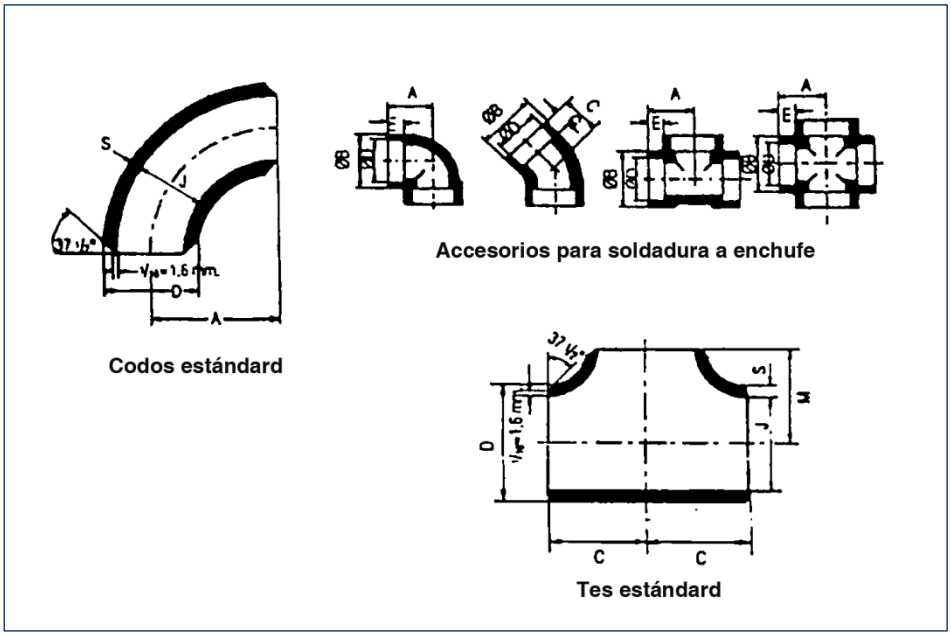


Figura 9.2: Accesorios para redes de acero

Aunque existen otras formas de clasificación, los accesorios pueden clasificarse según el proceso de fabricación del siguiente modo:

- **Accesorios forjados:** bridas, weldolets, válvulas de pequeño diámetro (venteos, drenajes y acometidas), manguitos;.
- **Accesorios laminados:** tes, reducciones, codos, caps;
- **Accesorios fundidos:** válvulas de diámetro medio y grande (Válvulas de línea).

Los accesorios y elementos auxiliares se ajustarán preferentemente a normas UNE o EN que definan sus principales características así como las pruebas a que deban someterse. No obstante, la disponibilidad de normas UNE o EN es, por ahora, muy limitada, por lo que el suministro de accesorios es habitual realizarlo de acuerdo con la normativa americana. En concreto, los requisitos dimensionales de los accesorios forjados (excepto válvulas) y laminados suelen atenerse a las normas ANSI/ASME, mientras que para válvulas se aplica la especificación API 6D[2]. Para los materiales, es de aplicación la normativa de la ASTM.

En caso de vehicular mezclas con hidrógeno o hidrógeno puro, las válvulas, juntas, elementos elastoméricos, sellos y accesorios deberán ser compatibles con el contenido de hidrógeno previsto, verificando especialmente los requisitos de permeación, estanquidad y compatibilidad química y que el hidrógeno tiene mucha mayor capacidad de difusión que el metano y puede provocar fugas en elementos que funcionan correctamente con gas natural.

Para los accesorios utilizados en canalizaciones de gas las especificaciones a aplicar son las indicadas en la tabla 9.3.

[2] Las normas UNE 60310 y UNE 60311, de obligado cumplimiento según la ITC-ICG 01, especifican que las válvulas de cuerpo metálico deben cumplir los requisitos de la norma UNE-EN 13774. Esta exigencia no se aplica a las redes de distribución de gases de la tercera familia con presión máxima de operación hasta 5 bar.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

Tabla 9.3: Especificaciones de los accesorios de acero

Accesorio	Especificación de fabricación	Dimensiones
Forjados		
Bridas	ASTM A-105	ANSI/ASME B.16.5
Weldolets [1]	ASTM A-105	Nota 2
Manguitos [3]	ASTM A-105	ANSI/ASME B.16.11
Laminados		
Tes	ASTM A-234	ANSI/ASME B.16.9
Reducciones	ASTM A-234	ANSI/ASME B.16.9
Codos	ASTM A-234	ANSI/ASME B.16.9
Caps	ASTM A-234	ANSI/ASME B.16.9

[1] Incluye otros tipos de entronques forjados, tales como sockolets y threadolets
[2] Dimensiones con normalización específica
[3] Incluye todos los accesorios con soldadura a enchufe (socket) y con rosca (threadolets)

Para el acopio de accesorios, además del material y la norma de fabricación debe indicarse lo siguiente:

Accesorios forjados:

- Diámetro.
- Presión nominal.
- Espesor de pared*.

Accesorios laminados:

- Diámetro nominal.
- Espesor de pared.

Accesorios fundidos:

- Diámetro nominal.
- Presión nominal.
- Espesor de pared*.

(*) Sólo de aplicación en bridas con cuello para soldar y en válvulas con extremos para soldar.

En todos los casos, el diámetro nominal es el del tubo en el que se va a instalar el accesorio de que se trate. Cuando el espesor de la pared de la tubería y el accesorio no coincidan, el extremo de éste debe prepararse, preferentemente en fábrica, de acuerdo con lo indicado en la figura 9.3.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

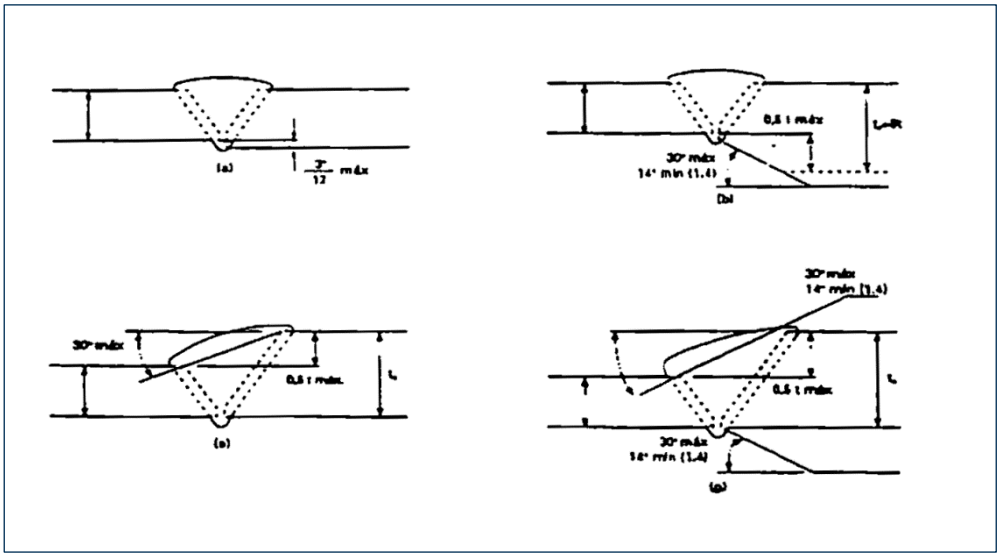


Figura 9.3: Diseño de biseles para espesores de pared distintos.

9.1.4. Dimensionado

a) Marcado

Las tuberías deben suministrarse marcadas con los siguientes datos:

- Nombre o marca del fabricante;
- Especificación de suministro;
- Diámetro nominal;
- Peso por metro de tubería;
- Grado de acero;
- Proceso de fabricación;
- Tratamiento térmico, de existir;
- Presión a la que ha sido probada la tubería;
- Número de fabricación, para verificar la correspondencia con los certificados de calidad;
- Número de tubo.

El marcado se efectúa con los colores específicos para cada compañía.

En función del diámetro nominal caben las siguientes consideraciones:

- Para diámetros inferiores a DN 100 (4”), la tubería suele suministrarse en bultos. En tal caso, los tubos no son marcados individualmente ni numerados. El marcado se efectúa sobre los flejes de sujeción de los bultos. Como longitud se indica la total del tubo.
- Para diámetros DN 100 (4”) y superiores, las tuberías se marcan individualmente. Para diámetro DN 250 (10”) y superiores, el marcado suele hacerse en el interior del tubo. Para diámetros inferiores, el marcado se realiza por el exterior, preferentemente en dos generatrices. En este

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

caso, para evitar que se pierda en la posterior aplicación del revestimiento anticorrosión, el número de tubo debe marcarse también por el interior.

b) Dimensiones

El diámetro nominal se define en el proyecto de la canalización en función del caudal previsto y la pérdida de carga disponible. Para cada diámetro nominal, el diámetro exterior real es el indicado en la tabla 9.4.

Tabla 9.4: Diámetros nominales y diámetros exteriores

Diámetro nominal	25	40	50	80	100	150	200	250	300	350	400	500
	1	$1^{1/2}$	2	3	4	6	8	10	12	14	16	20
Diámetro exterior (mm)	33,4	48,3	60,3	88,9	114,3	168,3	219,1	273,0	323,9	355,6	406,4	508,0

El espesor queda definido por la presión interior de diseño de la canalización y por las cargas externas que debe soportar la misma. Para el cálculo del espesor mínimo para una presión dada se utiliza la norma UNE 60309.

$$t = \frac{P \times D}{20 \times Le\ F \times C}$$

Siendo:

t = espesor de pared (mm);

P = presión de diseño (bar);

D = diámetro exterior de la tubería (mm);

Le = límite elástico mínimo especificado de la tubería (N/mm^2);

F = coeficiente de emplazamiento de acuerdo con UNE 60305 y UNE 60302;

C = eficiencia de la soldadura, de acuerdo con UNE 60309

No obstante lo anterior, la norma UNE 60309 establece un espesor mínimo en función del diámetro nominal de la tubería que, en caso de ser superior al obtenido mediante la fórmula anterior, debe ser el adoptado. La norma UNE-EN 12007-3, tan obligatoria como la norma UNE 60309, admite espesores mínimos de pared que, en general, son inferiores a los de la norma UNE 60309. También especifica los espesores nominales de pared del tubo mínimos que permiten prescindir de realizar el cálculo de las tensiones en función de la presión interna (siempre y cuando ésta no supere los 16 bar) los cuales se muestran en la Tabla 9.5.

Tabla 9.5: Diámetros nominales y espesores nominales de pared

Diámetro nominal	25	40	50	80	100	150	200	250	300	350	400	500
Espesor nominal de pared	2,6	2,6	2,9	3,2	3,2	4,0	4,5	5,0	5,6	5,6	6,3	6,3

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

No es necesario considerar las cargas externas salvo que sobre la canalización exista una carretera con tráfico pesado o una vía de ferrocarril. En tal caso, el espesor adoptado para resistir la presión interna debe revisarse de acuerdo con la recomendación API RP 1102.

El dimensionado de canalizaciones destinadas al transporte de hidrógeno o mezclas con hidrógeno deberá realizarse considerando las propiedades físicas específicas del fluido transportado. La pérdida de carga, velocidad del gas y capacidad de transporte energética son diferentes a las del gas natural.

Por último, al seleccionar la tubería debe tenerse en cuenta que el espesor adoptado tenga un valor estándar superior al obtenido por cálculo.

c) Extremos

Los extremos pueden ser planos o bien con bisel, lo que facilita el posterior trabajo de soldadura. En este último caso, la preparación debe ser en V, con un ángulo de 30° y un talón de 1,6 mm (Figura 9.4)

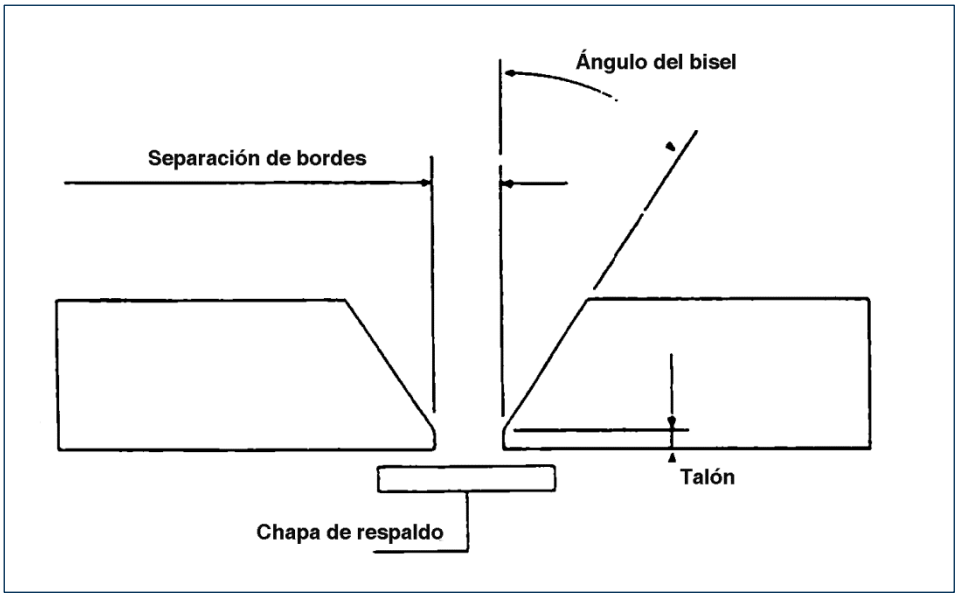


Figura 9.4: Preparación de los extremos V

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

d) Certificados de calidad

El certificado de fabricación de la tubería, tal como se define en la norma UNE 36801, deberá ser del tipo 2.2 para los tubos con presión máxima de operación hasta 5 bar, o del tipo 3.1.B para los tubos con presión máxima de operación superior a 5 bar y hasta 16 bar.

La información mínima que deberían contener los certificados de calidad es la siguiente:

- Diámetro y espesor especificados, procedimiento de fabricación utilizado y tratamiento térmico aplicado, caso de existir éste;
- Resultado de los análisis químicos realizados, indicando el porcentaje en peso de cada componente;
- Resultado de los ensayos de tracción realizados y, como consecuencia de ellos, los valores de la carga de rotura, el límite elástico y el alargamiento obtenido. Además de ello, debe indicarse el tipo de dimensiones de las probetas utilizadas así como de qué parte del tubo han sido obtenidas y con qué orientación;
- Presión de prueba hidráulica mínima sufrida por los tubos y duración de la misma;
- Para tuberías con soldadura, método utilizado de inspección no destructivo de la soldadura, indicando el tipo de dimensiones de las probetas de calibrado o penetrómetros empleados (caso de inspección radiográfica) y los resultados obtenidos.

9.1.5. Recepción

La empresa contratista recepcionará los materiales que la empresa distribuidora le entregue, levantándose un acta de recepción de materiales donde se hará constar los defectos, daños y anomalías que se observen en la entrega.

A partir del momento de la entrega, la empresa contratista será la única responsable del estado, conservación y custodia del material que le ha sido entregado.

9.1.6. Almacenamiento

Tanto en el almacén del contratista como en obra los tubos que se suministren sin revestimiento se acopiarán en pilas en una superficie nivelada a salvo de las inclemencias del tiempo, sobre tablones y con las correspondientes cuñas de sujeción. La altura de las pilas será la conveniente para evitar la inestabilidad de las mismas y la deformación o dañado de los tubos. Si no llevaran tapones, los extremos de los tubos estarán tapados y protegidos convenientemente.

De la misma forma los tubos que se suministren revestidos se acopiarán de igual modo, cuidando en separar los tubos con elementos almohadillados que eviten daños en su revestimiento, y siguiendo las instrucciones de la empresa distribuidora de gas.

Las válvulas se acopiaran en una zona convenientemente acordonada y vallada o bajo cubierto tanto en el almacén del contratista como en obra. Con el fin de evitar la acumulación de agua en su interior, las válvulas de esfera y de compuerta se almacenarán en posición cerrada y con el eje de tubería horizontal. Si los extremos de las válvulas no tuvieran tapones, deberán de instalarse a fin de proteger los extremos de estas.

La disposición y marcado de los tubos y otros componentes deberán permitir su rápida localización y fácil identificación.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

9.1.7. Transporte, carga y descarga

En el transporte de las tuberías, los asientos deberán estar libres de clavos u otros elementos salientes que puedan dañarlas. Las tuberías tendrán suficientes apoyos para minimizar deformaciones.

El vehículo tendrá soportes laterales y las tuberías estarán bien sujetas y aseguradas durante el transporte.

Los tubos serán distribuidos dentro de la zona de obra con la ayuda de maquinaria apropiada que los sujete con eslingas de dimensiones y diseño convenientes, previamente aprobados por la empresa distribuidora de gas, y teniendo en cuenta los momentos flectores y torsores que se puedan generar para evitar se produzcan daños en la superficie de los tubos, tanto revestidos como sin revestir.

No se deberá utilizar cadenas o cables metálicos en contacto directo con los tubos, estén revestidos o no.

Las tuberías, curvas y tes superiores a 150 mm deberán manejarse siempre con la ayuda de aparatos de elevación.

Tan sólo se admitirá el uso de mordazas para la suspensión de los tubos por sus bocas, si las mismas tienen el diseño adecuado, y están protegidas con un material blando que no cause daños a los chaflanes de los tubos.

9.1.8. Manipulación de accesorios y válvulas

Todos los accesorios deberán almacenarse en lugar adecuado, sin contacto directo con el suelo, y al amparo de golpes en su superficie.

Deberán protegerse de forma especial las caras de las bridas para que no sufran golpes, arañazos, etc., así como los chaflanes de los accesorios.

Las válvulas deberán conservarse en sus embalajes y a salvo de las inclemencias del tiempo. En su almacenamiento y manipulación se evitará de forma especial los golpes en el cuerpo, en las bridas, en los reductores y en los husillos de accionamiento. No se aplicarán eslingas sobre el actuador, el vástago o el volante de las válvulas.

9.2. Tendido de la tubería

9.2.1. Preparación y tendido de tubos

Los tubos deberán tenderse a lo largo de la pista de trabajo y al lado de la zanja. En donde ello no sea posible, se tenderá el tubo directamente sobre la zanja, utilizando traviesas adecuadas.

Cuando el tendido se efectúe en vías urbanas, deberá estar en zona perfectamente vallada y señalizada, y convenientemente acuñados para evitar que puedan rodar o desplazarse.

La apertura de la zanja se realizará siguiendo las directrices de la empresa distribuidora de gas.

Los tubos no se podrán arrastrar ni hacerlos rodar sobre el suelo, debiéndose usar rodillos de deslizamiento en número y distancias entre ellos adecuadas.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

El procedimiento, materiales y equipos empleados en el manejo de los tubos, serán propuestos por la empresa contratista a la empresa distribuidora de gas para su aprobación.

La empresa contratista deberá vigilar el exacto cumplimiento de este punto, para evitar daños a personas, bienes, equipos y materiales que, de producirse, serán de su exclusiva responsabilidad.

9.2.2. Alineación

Se procederá a alinear cada elemento antes de soldarlo al precedente. Las soldaduras que unan secciones de conducción previamente enterradas, se harán en zanja. El resto de operaciones de alineación o soldadura, se realizarán, siempre que sea posible, en las condiciones más cómodas. En estos casos, los tubos se colocarán en soportes situados como mínimo a 40 cm por encima del nivel del suelo. Estos soportes serán acolchados para evitar daños al revestimiento. Para el manejo de los tubos se tendrá en cuenta lo mencionado en el punto 9.1.7.

Antes de efectuar el acoplamiento de los tubos, éstos deberán estar interiormente exentos de suciedad, para lo cual antes de proceder a la alineación, se realizará una inspección del interior. Al final de cada jornada, o durante interrupciones de la obra, se colocarán tapones en los extremos que impidan la entrada de elementos extraños en el tubo. En ningún caso estos tapones irán soldados a la tubería.

9.2.3. Cambios de dirección

Para efectuar los cambios de dirección mayores de 20° se utilizarán codos normalizados. De ser el ángulo necesario inferior al del codo, éste se cortará y biselará para obtener el ángulo requerido.

Los cambios de dirección menores que 20º se realizan, generalmente, mediante curvado en frio del tubo en obra, utilizando prensas o mordazas hidráulicas específicas para este fin. El radio de curvatura mínimo recomendable es de 40 veces el DN.

El tubo con soldadura longitudinal se curvará teniendo en cuenta que la soldadura quede en la zona neutra, no sometida a tensiones por el curvado.

No se aceptarán curvas con pliegues o deformaciones en la sección del tubo.

Para el curvado en frío de tubos ya revestidos, se realizará la operación tratando de no dañar el revestimiento y, en todo caso, se revestirán de nuevo las zonas donde el revestimiento ha resultado dañado con bandas plásticas de características similares al revestimiento original, siguiendo para ello el proceso indicado en el anexo 9.1.

9.3. Unión por soldadura de tubos y accesorios de acero

Para la unión de piezas de acero, tanto tuberías como otras (chapas, perfiles, etc.), la soldadura es la técnica más extendida por la seguridad que ofrece.

La norma UNE 60310 de canalizaciones con una presión máxima de operación superior a 5 bar y hasta 16 bar, especifica que la unión de los elementos de la canalización se efectuará preferentemente mediante soldadura a tope. Lo mismo hace la norma UNE 60311 para canalizaciones con una presión máxima de operación hasta 5 bar, pero en este caso admite, en diámetros nominales iguales o inferiores a DN 50 la soldadura oxiacetilénica.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

La norma UNE-EN 12007-3 es más explícita y para uniones soldadas remite a la norma UNE-EN 12732 “Sistemas de suministro de gas. Soldeo de las tuberías de acero. Requisitos funcionales”. En ella se establecen, entre otras, las siguientes categorías de requisitos de calidad:

- Categoría A, para tuberías con presión máxima de operación inferior o igual a 100 mbar
- Categoría B, para tuberías con presión máxima de operación superior a 100 mbar y hasta 5 bar
- Categoría C, para tuberías con presión máxima de operación superior a 5 bar y hasta 16 bar

La norma citada también incluye requisitos para el personal encargado de la supervisión y coordinación del soldeo. Cuando se requiere un sistema de calidad, conviene que el personal esté cualificado conforme a la norma UNE-EN 719.

Los procedimientos de soldadura y los materiales de aportación utilizados en instalaciones de hidrógeno deberán demostrar su aptitud para servicio con hidrógeno conforme a las especificaciones aplicables. Esto es especialmente importante porque la zona afectada térmicamente puede ser sensible a mecanismos de fragilización.

9.3.1. Métodos de soldadura

Los distintos métodos de soldadura de acero, tanto manual como parcialmente mecanizada, son:

- Soldeo por arco con electrodo revestido (SMAW)
- Soldeo por arco con alambre tubular autoprotegido
- Soldeo por arco sumergido con un alambre electrodo
- Soldeo por arco sumergido con alambre tubular
- Soldeo por arco con gas inerte (soldeo MIG)
- Soldeo por arco con gas activo (soldeo MAG)
- Soldeo por arco con alambre tubular y protección de gas activo
- Soldeo por arco con gas inerte y electrodo de volframio (soldeo TIG)
- Soldeo por arco plasma
- Soldeo oxiacetilénico

En la construcción de canalizaciones de gas, el proceso utilizado es el manual con electrodo revestido SMAW que se describe a continuación.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

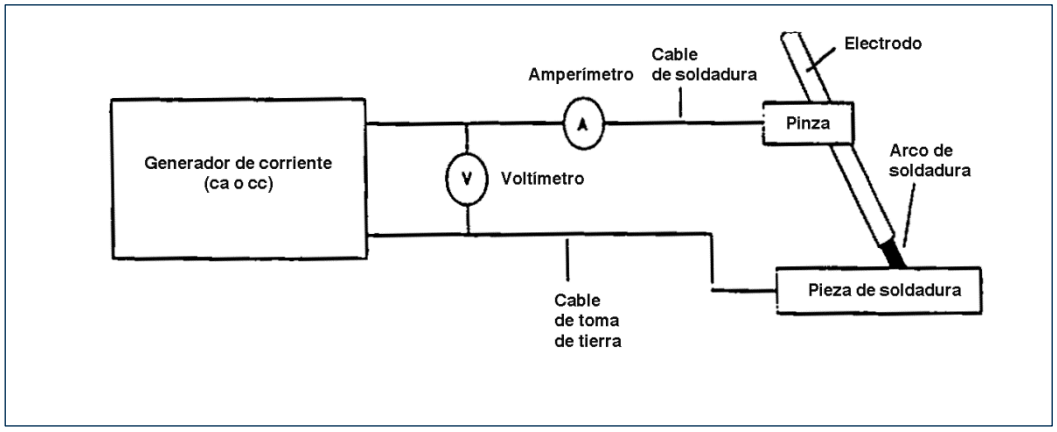


Figura 9.5: Soldaduras SMAW

9.3.2. Soldadura SMAW

a) Principio de funcionamiento

El principio de funcionamiento se muestra en la figura 9.5.

Los elementos que aparecen son los siguientes:

- Generador de corriente, alterna (CA) o continua (CC);
- Cable de soldadura;
- Pinza de soldadura, que sujeta el electrodo y es guiada por el soldador;
- Electrodo revestido;
- Arco de soldadura formado entre el electrodo y la pieza a soldar;
- Pieza a soldar;
- Cable de toma de tierra, mediante la que se cierra el circuito eléctrico;
- Amperímetro y voltímetro para el control del proceso.

El aporte de calor requerido se produce en el arco de soldadura. El alma metálica del electrodo se funde y deposita sobre la pieza, mientras que el revestimiento se quema con los efectos que se describen más adelante.

En el arco de soldadura, las gotas de metal fundido se proyectan recubiertas de escoria fundida procedente del recubrimiento. Por efecto de la tensión superficial y de la viscosidad, la escoria flota sobre el metal fundido, solidificando y formando una capa protectora.

b) Electrodos

Los electrodos utilizados en soldadura SMAW están constituidos por una varilla de acero de calidad similar a la de la pieza a soldar, recubierta de un revestimiento concéntrico extruído y seco.

La composición del revestimiento es muy compleja, incluyendo óxidos y silicatos naturales, productos volátiles, fundentes, aglomerantes y otros productos químicos. Dentro de las funciones del revestimiento destacan las siguientes.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

- Favorecer el cebado, la protección del aire y el mantenimiento del arco, dotándole de estabilidad. Estos efectos se consiguen al descomponerse los elementos del revestimiento, formando gases en estado ionizado;
- Contiene elementos que se disuelven en el metal fundido mejorando las características mecánicas del metal depositado.

Para canalizaciones de gas se utilizan generalmente electrodos con revestimiento celulósico, de rutilo y básico.

Electrodos celulósicos: El principal componente es la celulosa y son electrodos muy usados en la construcción de canalizaciones de gran diámetro en las que se puede aprovechar la rapidez de soldadura que se obtiene con ellos. Pueden utilizarse en cualquier posición pero se usan casi exclusivamente para soldadura descendente por la poca escoria que producen.

Electrodos de rutilo: El componente principal es el rutilo. Son electrodos generalmente utilizados para tuberías de pequeño diámetro, reparaciones y trabajos especiales, por la facilidad de soldar en cualquier posición con una velocidad razonable de soldeo.

Electrodos básicos: El revestimiento contiene carbonato cálcico y espato flúor. Son los que dan mejores propiedades a la soldadura. Su carácter higroscópico dificulta mucho su uso por requerir estufas fijas de secado.

c) Selección del tipo de corriente

La soldadura SMAW permite trabajar tanto con corriente alterna como con corriente continua. En este último caso es posible la soldadura con polaridad directa (pieza a soldar conectada al polo positivo) y con polaridad inversa (pieza a soldar conectada al polo negativo).

La selección del tipo de corriente a utilizar en cada caso está definida por el electrodo que se use, siendo el fabricante del mismo el que marca las características eléctricas requeridas.

9.4. Requisitos del proceso de soldadura

9.4.1. Materiales a soldar

Los materiales a soldar serán, los aceros al carbono constituyentes de las tuberías y de los accesorios, definidos en la normativa técnica de la empresa distribuidora, con los espesores de las tuberías indicados en dicha normativa.

Los espesores de los accesorios conformados, de los bordes de las bridas y en general de los elementos para soldar en línea, serán de igual espesor al de la tubería a la que se deban soldar.

9.4.2. Materiales de aportación (electrodos)

El material depositado por el electrodo será compatible en composición química y características mecánicas con el material base a soldar.

Las características del electrodo deberán ser establecidas en el procedimiento de soldadura, y especificadas de acuerdo con la clasificación establecida por la norma UNE-EN ISO 2560.

Los electrodos se almacenarán y manipularán de acuerdo con las especificaciones del fabricante, evitando su exposición a la humedad y desechando todos aquellos materiales de aportación que se

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

hallen deteriorados. Se dispondrá de estufas eléctricas adecuadas para caldear los electrodos previamente a su utilización.

9.4.3. Equipo de soldadura

Los equipos eléctricos de soldadura y corte, cables de conexión, elementos de medición y control y equipos de fijación, alineación y complementarios deberán ser conformes a su normativa específica de aplicación y ser revisados periódicamente para asegurar unas perfectas condiciones de operación y seguridad.

El grupo de soldadura tendrá la potencia suficiente para asegurar la realización del proceso de soldadura, debiendo disponer de voltímetro y amperímetro incorporados, así como de seguro de corte de corriente cuando ésta exceda de 100 A. Los equipos estarán debidamente calibrados.

La medición de intensidad para el control del proceso de soldadura podrá efectuarse también con medios externos al propio equipo (por ejemplo, con pinzas amperimétricas).

9.4.4. Procedimiento de soldadura

Las características mecánicas de la soldadura no deberán ser inferiores a las del metal de los tubos.

La empresa contratista, en función de los materiales de la tubería y accesorios, especificará un procedimiento de soldadura, el cual homologará cualificará a través de un Organismo de Control Autorizado (OCA). El procedimiento de homologación cualificación será conforme a la norma UNE-EN 288 [3].

El certificado o certificados resultantes deberán cubrir la totalidad de diámetros y soldaduras de la obra, fijando para cada uno de ellos las variables del procedimiento y los resultados de las pruebas efectuadas de acuerdo con la norma.

9.4.5. Cualificación de soldadores

La ejecución de soldaduras para la construcción o reparación de redes de distribución hasta 16 bar, deberá ser realizada por soldadores capacitados y provistos del correspondiente certificado de homologación personal emitido por un Organismo de Control Autorizado (OCA).

Los soldadores deben estar cualificados conforme a la norma UNE-EN 287-1.

La homologación de los soldadores se efectuará por obra, pudiendo admitirse a criterio del responsable de la empresa distribuidora, certificados de hasta un año desde su fecha de emisión, siempre y cuando exista evidencia escrita consistente de que el soldador ha venido realizando soldaduras de un modo continuado con el procedimiento y condiciones análogas de trabajo.

Para las pruebas de calificación de soldadores, la empresa contratista proveerá la mano de obra precisa así como equipo de soldadura, utillajes y electrodos. Los ensayos destructivos y no destructivos que lleve a cabo un laboratorio homologado para la calificación de soldadores, serán por cuenta de la empresa contratista.

---

[3] Es la norma de especificación y cualificación del procedimiento de soldadura exigida por la norma UNE-EN 12007-3.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

Una vez finalizadas las pruebas de calificación, a cada soldador aceptado se le dará un código de identificación que conservará durante todo el período de realización de la obra.

No se admitirá que dos soldadores tengan el mismo código de identificación, aun cuando alguno de ellos haya cesado en los trabajos de la obra.

La empresa distribuidora de gas se reserva el derecho a rechazar a los soldadores que manifiesten en cualquier momento del desarrollo de la obra, negligencia, incapacidad o inseguridad en el cometido del trabajo propio de su especialidad.

9.4.6. Ejecución de la soldadura

La preparación y realización de las soldaduras serán efectuadas por soldadores homologados de acuerdo con el procedimiento aceptado y según los siguientes criterios generales de actuación:

9.4.6.1. Preparación de las tuberías y accesorios

Inmediatamente antes de la realización de la soldadura deberán limpiarse y sanearse todos los extremos y superficies a soldar, asegurándose de la total eliminación de pinturas, grasa, óxido o cualquier materia extraña.

Los chaflanes a soldar podrán efectuarse por mecanizado, por corte térmico y/o manualmente con amoladora, controlándose la concordancia del ángulo y forma de los chaflanes con el procedimiento especificado (Figura 9.6).

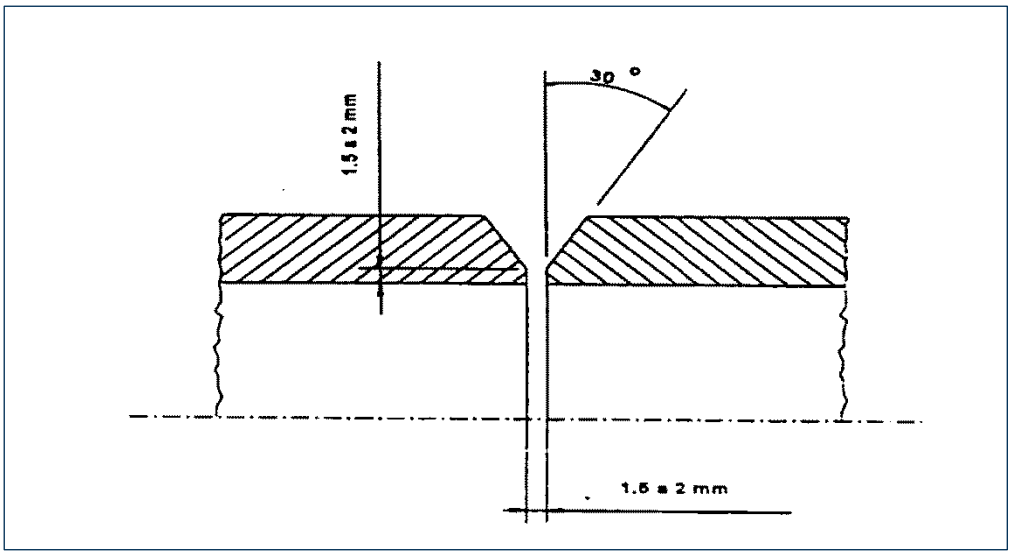


Figura 9.6: Chaflanes a soldar

Deberá eliminarse el revestimiento de protección de la tubería, si dispusiera del mismo, como mínimo en una banda de 150 mm a ambos lados de la soldadura.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

9.4.6.2. Alineación

La alineación entre los bordes a soldar deberá ser tal que minimice las diferencias relativas entre las superficies a soldar. Para tuberías del mismo espesor nominal las diferencias no serán superiores a 1,5 mm. La alineación de los bordes podrá efectuarse mediante alineadores o elementos mecánicos similares, que en ningún caso podrán fijarse por soldadura a la tubería.

Cuando no sea posible el empleo de estos elementos o accesorios, las piezas a soldar deberán ser fijadas y alineadas adecuadamente mediante puntos de soldadura, con electrodos de iguales características a los empleados para efectuar el cordón de raíz.

Se deberán reducir al mínimo imprescindible los martilleos que se efectúan para lograr una buena alineación de la tubería. El martillo deberá ser de diseño apropiado, con cabeza de bronce o de material plástico No está permitido golpear la tubería una vez comenzado el depósito de cualquier cordón de soldadura.

9.4.6.3. Precalentamiento

En general, no será necesario el precalentamiento de las partes a soldar para los tipos de acero utilizados, y este proceso se utilizará solamente para el eventual secado de las superficies a soldar.

9.4.6.4. Soldadura

La soldadura no deberá efectuarse cuando la calidad de todo el proceso no pueda garantizarse debido a condiciones ambientales adversas como consecuencia de lluvia o niebla, bajas temperaturas, fuerte viento o presencia de polvo o arena.

Cuando sea necesario, deberán emplearse dispositivos de cubrimiento y protección de la zona a soldar.

La soldadura no deberá verse afeitada por un enfriamiento demasiado rápido. No se soldará con una temperatura ambiente inferior a 4 °C.

Las conexiones en el circuito de soldaduras, deberán ser las adecuadas, cuidando de que exista una correcta toma de masa Asimismo, se evitará cualquier disminución de tensión en el circuito conductor.

El arco eléctrico sólo se hallará en contacto con las zonas a soldar y no sobre otras partes de la tubería, debiéndose emplear pinzas adecuadas para efectuar los correspondientes contactos de puesta a tierra.

Deberá mantenerse la intensidad y tensión apropiadas para cada tipo de electrodo, de manera que se logre una completa fusión y una adecuada penetración.

Los cordones de soldadura deberán ser nítidos y estar exentos de grietas, escoria y defectos visibles incluyendo convexidades que pudiesen afectar la deposición de las siguientes pasadas de soldadura y la aceptabilidad del conjunto. Cada cordón debe limpiarse de impurezas antes de aplicar el cordón siguiente.

Las uniones soldadas no deberán sufrir movimientos bruscos antes de que se haya enfriado suficientemente. No deberá moverse el tubo hasta que esté completamente acabado el cordón de raíz.

No deberá dejarse para otro día ninguna junta en la que no se hayan terminado la totalidad de los cordones.

No se comenzarán dos cordones en el mismo punto.

La soldadura de los accesorios de enlace (fittings) deberá ser completada en un único ciclo.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

Cuando trabajen varios soldadores en el mismo cordón, cada uno comenzará el suyo en zona de tubería diferente, de forma que no se acumule peligrosamente la aportación de calor.

El tubo soldado se soportará en forma adecuada hasta que se baje a la zanja. Los apoyos provisionales serán de madera o material blando y de diseño aprobado por la empresa distribuidora de gas. Las cuñas o apoyos impedirán el movimiento del tubo después de efectuado el cordón de raíz.

9.4.6.5. Soldaduras de reparación

Las soldaduras de reparación serán realizadas, igualmente, de acuerdo con un procedimiento homologado y previamente aceptado por la empresa distribuidora de gas.

9.4.6.6. Marcado

Las uniones soldadas se marcarán de forma indeleble con el n° de obra, fecha, n° de unión y n° de soldador.

9.4.7. Inspección visual

Será responsabilidad del Jefe de obra que se efectúe la inspección visual de las soldaduras en fase de obra. Esta inspección se efectuará conforme a la norma UNE-EN 970 y seguirá los criterios establecidos en la norma UNE-EN 12732. Incluirá, como mínimo, los siguientes controles:

- Idoneidad y estado de los equipos de soldadura, complementos y accesorios;
- Concordancia de calidad de los electrodos con el procedimiento;
- Concordancia de ejecución según procedimiento;
- Concordancia de soldadores homologados;
- Inspección aleatoria de chaflanes, alineaciones y soldaduras acabadas; en el caso de tuberías con presión máxima de operación superior a 5 bar y hasta 16 bar, el tamaño de la muestra será del 20% de las soldaduras circunferenciales y el 100% de las derivaciones, soldaduras, soldaduras en ángulo
- Inspección al 100%, (con independencia de la presión máxima de operación) de los tramos de tubos suspendidos y canalizaciones sobre puentes, cruces de vías férreas, carreteras principales y autopistas, vías navegables o pistas de aeropuertos.
- Control de la documentación y certificados de las soldaduras.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

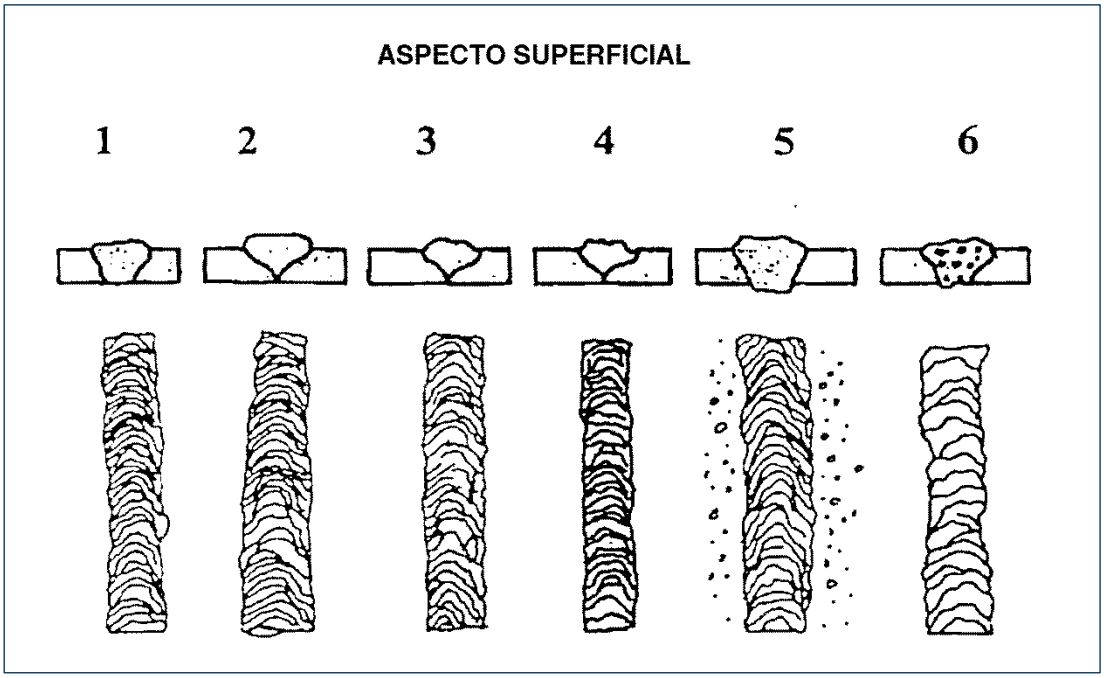


Figura 9.7: Aspecto superficial de soldaduras

Los niveles mínimos de aceptación aplicables a defectos localizados por control visual de soldaduras finalizadas serán los siguientes:

- No se aceptará la existencia de grietas de ningún tipo;
- Las eventuales mordeduras adyacentes a la pasada final del cordón de soldadura o en los bordes de los cordones de relleno, no excederán de 0,8 mm;
- El sobrespesor externo del cordón de soldadura no excederá de 1,6 mm. La anchura del cordón deberá ser uniforme y no deberá ser de dimensión inferior al espesor de la tubería.

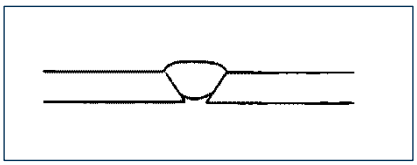
A continuación se muestran ejemplos del aspecto superficial de las soldaduras y los defectos más habituales que se producen en la realización de las mismas (Figura 9.7).

1. Contorno uniforme y buena penetración: intensidad, velocidad y arco normales.
2. Sobreespesor elevado y baja penetración: intensidad normal y velocidad lenta.
3. Cordón estrecho, aguas no uniformes y mordeduras: intensidad baja y velocidad normal.
4. Aguas no uniformes, mordeduras y baja penetración: intensidad normal y velocidad alta.
5. Aguas alargadas, salpicaduras, penetración normal y mordeduras: intensidad alta y velocidad normal.
6. Penetración desigual, porosidad e inclusiones: intensidad normal y arco largo.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

RELACIÓN DE DEFECTOS MÁS HABITUALES

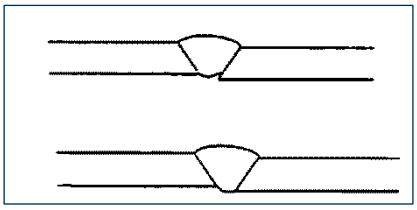
1. PENETRACIÓN INADECUADA DEL CORDÓN DE SOLDADURA



No hay desalineación en la raíz.

Uno o ambos chaflanes pueden estar incompletamente rellenos por la cara interna.

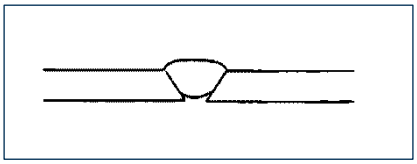
2. PENETRACIÓN INADECUADA POR DESALINEACIÓN



INCORRECTO. Hay desalineación en la raíz. Hay falta de penetración sólo en un lado.

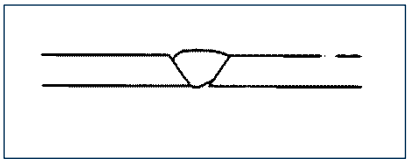
CORRECTO. Hay desalineación en la raíz pero ambos lados se encuentran unidos por metal de aportación.

3. PENETRACIÓN INADECUADA POR CONCAVIDAD INTERNA



Cordón de raíz fundido en ambas caras internas pero el centro de la pasada de raíz está por debajo de la superficie interior de la tubería.

4. FUSIÓN INCOMPLETA EN LA RAÍZ O ARRIBA EN LA UNIÓN



Hay falta de fusión en la parte interior, en la exterior o en ambas.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

9.4.8. Inspección radiográfica

9.4.8.1. Control radiográfico

Para canalizaciones destinadas a hidrógeno o mezclas con hidrógeno, la empresa distribuidora podrá establecer requisitos reforzados de inspección y control de las soldaduras. Hoy en día muchos operadores exigen mayores porcentajes de ensayos no destructivos END para líneas de hidrógeno.

La ejecución del control radiográfico se ajustará en todo momento a las normas UNE-EN 444 y UNE-EN 1435:2006 y a las normas de seguridad vigentes para este tipo de trabajo.

Conviene que el laboratorio de ensayos encargado de los trabajos radiográficos esté acreditado conforme a la norma UNE-EN 45001.

Todas las placas radiográficas se identificarán con relación a la unión que representen anotando el número de la obra y la fecha, conjuntamente con la identificación de los soldadores que las hayan efectuado. Este conjunto de datos se trasladará al libro de obra correspondiente.

El responsable de la obra podrá exigir la extracción de muestras de soldaduras ya realizadas, radiografiadas o no, en el número que razonablemente se considere conveniente, a fin de someterlas a pruebas destructivas.

La aceptación de la soldadura se efectuará en base a la norma UNE-EN 1435:2006, admitiéndose como correcta la calidad de imagen de clase A según las definiciones de dicha norma.

Cuando no sea posible el uso de técnicas radiográficas, éstas se sustituirán por ensayos no destructivos adecuados. Habitualmente se utilizan los sistemas de líquidos penetrantes, partículas magnéticas o ultrasonidos. El ensayo de líquidos penetrantes se realizará siguiendo el procedimiento de la norma UNE-EN 571-1. El examen por partículas magnéticas se realizará según el procedimiento establecido en la norma UNE-EN 1290. El examen por ultrasonidos se debe realizar conforme a las normas UNE-EN 583-1 y UNE-EN 1714:1997. Los criterios de aceptación serán siempre los establecidos en la norma UNE-EN 12732.

9.4.8.2. Canalizaciones de acero con presión máxima de operación hasta 5 bar

Aunque no es un requisito exigido reglamentariamente, si así lo establece la empresa distribuidora, se realizará un control radiográfico de las soldaduras realizadas (normalmente el 10% de las soldaduras que se efectúen en línea y el 100% en accesorios).[4]

La determinación de las soldaduras a radiografiar deberá ser efectuada por el Jefe de Obra de acuerdo con el responsable de la empresa distribuidora, siendo prioritarias aquéllas que se consideren de mayor entidad con relación a su situación en el recorrido, como puede ser accesorios, cruce de cursos de agua, cruces o pasos especiales, tuberías en el interior de vainas, etc., así como los tramos de tubería de acero de salida de las estaciones de regulación que alimenten redes de polietileno con presión máxima de operación hasta 5 bar.

Asimismo, si lo determina la empresa distribuidora, deberán ser radiografiadas las soldaduras de cierre efectuadas con posterioridad a la prueba de resistencia y estanquidad.[5]

[4] Estos requisitos son superiores a los establecidos en la UNE-EN 12732.

[5] Este requisito, según la UNE-EN 12732, se aplica a canalizaciones con presión máxima de operación superior a 5 bar.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

9.4.8.3. Canalizaciones de acero con presión máxima de operación superior a 5 bar y hasta 16 bar

En canalizaciones con presión máxima de operación superior a 5 bar y hasta 16 bar las uniones soldadas a tope se controlarán mediante técnicas radiográficas en una proporción del 10% como mínimo en las uniones entre tubos, según establece la norma UNE 60310.

La proporción aumentará al 100% en las soldaduras de accesorios y elementos auxiliares, así como en las realizadas en tramos especiales, tales como puentes, cruce de vías férreas, carreteras y cauces fluviales, y en los lugares donde la distancia entre la canalización y cualquier edificio habitado sea inferior a 2 m.

Las uniones soldadas no incluidas en el ensayo de presión (cierres de líneas) se inspeccionarán radiográficamente al 100%.

Al comienzo de cada nueva construcción, las soldaduras de las juntas de unión entre tubos de una canalización serán controladas mediante técnicas radiográficas en una proporción del 100% y en la totalidad de su perímetro.

Cuando no sea posible el uso de técnicas radiográficas, se sustituirán por ensayos no destructivos según lo indicado en el punto 9.4.8.1.

Todas las soldaduras de uniones no radiografiadas serán inspeccionadas visualmente.

A las soldaduras de derivaciones y tubuladuras y soldaduras en ángulo se les realizará un ensayo de agrietamiento superficial sobre una muestra del 10%.

9.4.9. Documentación y certificados

La documentación final a aportar sobre los trabajos de soldadura efectuados sobre la canalización, deberá contener los apartados solicitados por la empresa distribuidora, incluyendo como mínimo la información siguiente:

- Certificado de calidad de las tuberías y accesorios.
- Especificación del procedimiento de realización de las soldaduras.
- Certificado de homologación del procedimiento de soldadura.
- Certificados de homologación de los soldadores.
- Certificados de calidad de los electrodos.
- Certificación radiográfica de las soldaduras controladas.
- Identificación de soldadores y controles radiográficos en el libro de obra.
- Informes sobre las Inspecciones visuales efectuadas.

9.4.10. Proceso de soldadura de accesorios de toma de acometida

La compañía contratista deberá aportar la siguiente documentación:

- Certificación de calidad de los materiales y accesorios aportados.
- Especificación del procedimiento de soldadura.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

- Certificado de homologación del procedimiento de soldadura y soldadores.
- Certificado de electrodos a emplear.
- Procedimiento de inspección.

El soldeo de refuerzos y de tes de conexión con hendiduras de diámetro nominal superior a DN 50, en todas las canalizaciones fabricadas con calidades de acero de límite elástico mínimo especificado superior a 360 N/mm2, se debe realizar con refuerzos circulares completamente rodeada o debe incorporar refuerzos locales complementarios.

La preparación y realización de las soldaduras serán efectuadas por soldadores homologados de acuerdo con el procedimiento aceptado y según los siguientes criterios generales de actuación.

9.4.10.1. Operaciones previas a la soldadura

Se comprobará que la pieza de toma de acometida empleada se adapta a la curvatura de la línea en servicio admitiéndose solamente ligeros retoques. Si la toma de acometida tiene que ser con refuerzo, se comprobará que éste se adapta perfectamente a la curvatura del tubo, y dado que se requiere realizar dos soldaduras longitudinales, se verificará que no hay separación de bordes entre ambas mitades, quedando prohibido el aporte de material sobre el tubo de la canalización principal.

Se verificarán los accesorios y tubos de forma que sean compatibles en espesores y diámetros.

Antes de puntear la toma de acometida sobre la línea de servicio, y con el objeto de proteger las roscas de las proyecciones de electrodo, se procederá a instalar el obturador (tapón interior de la toma de acometida), verificándose que no se instala la junta tórica. Igualmente, se instalará el tapón hembra.

Se precalentará con antorcha de propano a 100 °C en una franja de 150 mm de anchura con respecto al cordón de soldadura a realizar, verificando la temperatura de precalentamiento con tizas termocolores.

Si la temperatura ambiente es inferior a 4°C, o hay condiciones atmosféricas desfavorables (lluvia, excesiva humedad, viento, etc.), no se realizará la soldadura.

9.4.10.2. Electrodos y parámetros de soldadura

Se seguirán las indicaciones dadas en 9.4.2 en cuanto a las características, manipulación y almacenamiento de los electrodos a emplear de acuerdo con el procedimiento homologado.

9.4.10.3. Fijación de las piezas y cebado del arco

La fijación de las piezas a la línea principal en servicio, se efectuará mediante puntos de soldadura, de longitud comprendida entre 10 y 20 mm.

Los puntos de fijación se eliminarán a medida que se efectúe la primera pasada, antes de aportar material sobre la zona en que están colocados.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

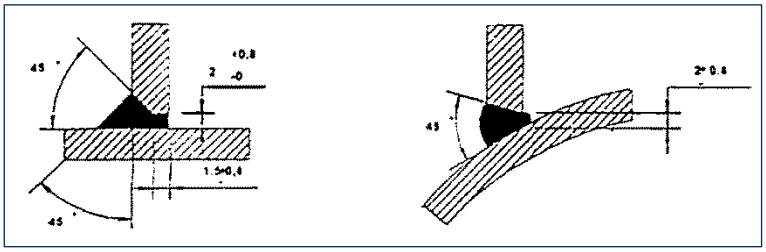


Figura 9.8: Bisel de soldadura

En el caso de las tomas de acometidas simples, en las que se requiere una separación de bordes, ésta se logrará con la ayuda de electrodos de o 2 mm y se instalarán antes de fijar la pieza, mediante puntos de soldadura. Una vez aplicados los puntos de soldadura, se retirarán los electrodos empleados para obtener la adecuada separación de bordes.

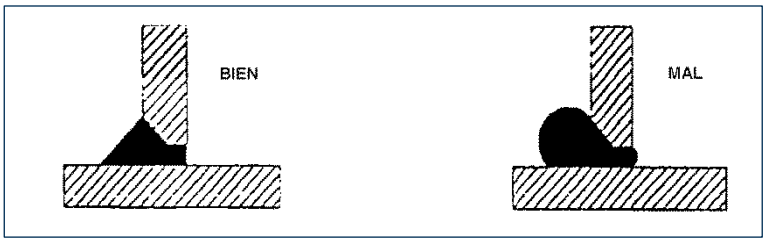


Figura 9.9: Forma del cordón de soldadura

Queda terminantemente prohibido, incluso en la fijación de la pieza mediante puntos de soldadura, efectuar el cebado de arco sobre la línea en servicio. El cebado del arco, así como la terminación, se realizará sobre una chapa de respaldo.

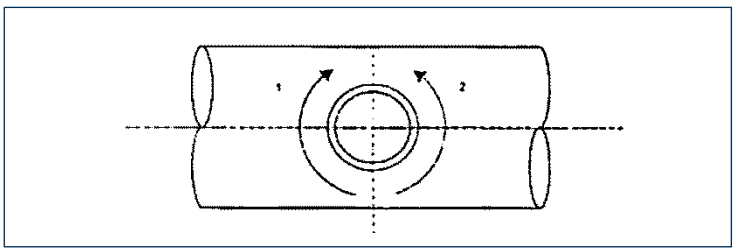


Figura 9.10: Secuencia de soldadura de tomas de acometida sin esfuerzo

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

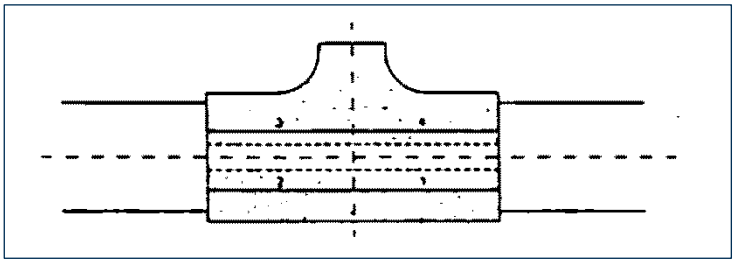


Figura 9.11: Secuencias de soldaduras longitudinales

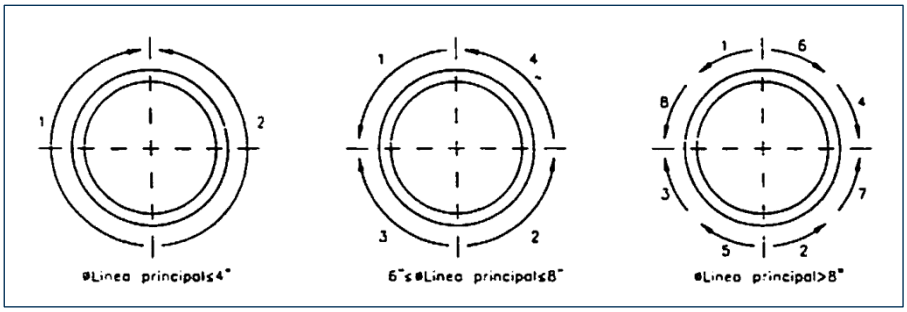


Figura 9.12: Secuencias de soldadura

9.4.10.4. Soldadura directa a la tubería de tomas de acometidas

Las características del bisel de soldadura se muestran en la figura 9.8.

La forma del cordón de soldadura se muestra en la figura 9.9.

La secuencia de la soldadura para tomas de acometida sin refuerzo será la indicada en la figura 9.10.

9.4.10.5. Soldadura de tomas de acometidas con refuerzo

Las dos soldaduras longitudinales que unirán las dos mitades del refuerzo circular se realizarán previamente a las soldaduras circunferenciales sobre la tubería principal.

La secuencia de las soldaduras longitudinales se muestra en las figuras 9.11 y 9.12.

Nota: La pasada de raíz de las dos soldaduras longitudinales se hará también con electrodos de rutilo de Ø 2 mm.

Para los cordones en los que se aporte material sobre la línea principal, se empleará electrodo de rutilo de Ø 2 mm.

9.4.10.6. Eliminación de escoria

En todas las soldaduras de las distintas piezas definidas anteriormente, se empleará disco abrasivo en el sentido y forma más adecuada, de manera que no haya posibilidad de dejar huellas o marcas ni sobre la línea en servicio ni sobre las piezas.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

9.4.10.7. Marcado de la soldadura

Se efectuará el marcaje de los datos de cada soldadura incluyendo n° de obra, fecha, tramo, acometida, unión y soldador.

9.4.10.8. Inspección de las soldaduras

Las soldaduras realizadas deberán someterse, como mínimo, a las siguientes inspecciones:

- Comprobación de que se siguen todas y cada una de las operaciones descritas en los puntos anteriores;
- Comprobación de que la pieza se adapta a la conducción en servicio de manera adecuada;
- Medición de la intensidad de corriente y velocidad de soldeo con pinza amperimétrica y cronómetro durante el proceso de soldadura;
- Inspección de todas las soldaduras de las tomas en carga realizadas, utilizando el método que resulte más adecuado para estos casos (normalmente inspección por líquidos penetrantes);
- Comprobación del marcaje de identificación y datos de cada soldadura.

9.5. Uniones mecánicas

En las canalizaciones de gas, además de las uniones por soldadura se utilizan, aunque en mucha menor proporción, las uniones mecánicas con bridas y roscadas. Las primeras se utilizan principalmente en la instalación de válvulas, equipos y accesorios especiales, y las segundas se deben limitar a los acoplamientos de elementos auxiliares con diámetros inferiores a 40 mm.

9.5.1. Uniones embridadas

Las bridas se identifican por el diámetro, el espesor (para bridas con cuello para soldar o welding neck) y la presión nominales, la cara de la junta y el material. Estas variables están normalizadas en diversos códigos y especificaciones, siendo habitual utilizar el ANSI/ASME B16.5.

El diámetro nominal es el de la tubería a la que se va a soldar. En bridas con cuello para soldar (welding neck) debe especificarse el espesor de la pared del cuello. De ellas es habitual utilizar la cara con resalte o raised face (RF) (Figura 9.13).

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

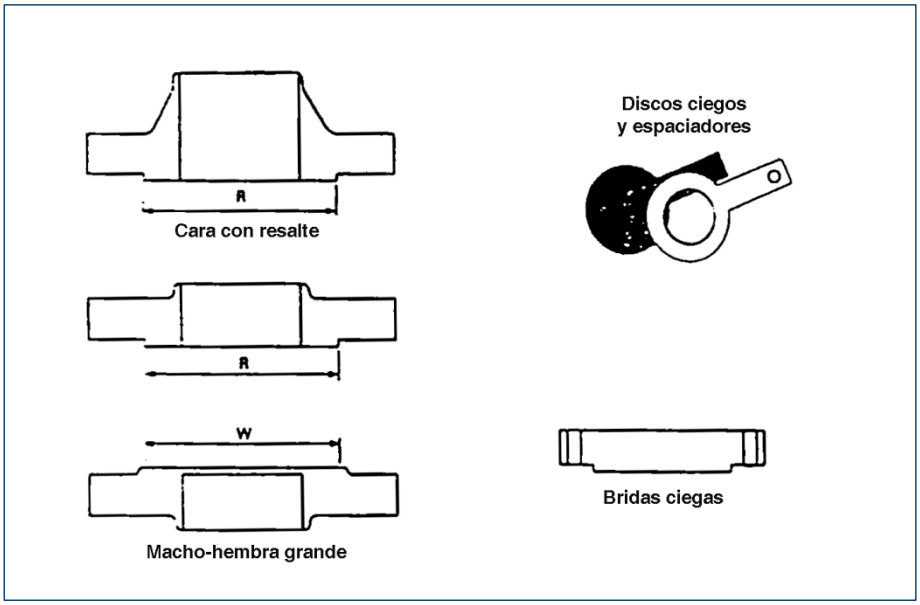


Figura 9.13: Tipos de bridas

Con respecto a las juntas, es habitual utilizar juntas de cartón grafitadas o juntas de elastómeros.

Los espárragos para las uniones embridadas, habitualmente de material ASTM A 193.B7, tienen las dimensiones estándar indicadas en la norma ANSI/ASME B.16.5.

9.5.2. Uniones roscadas

Se utilizan para diámetros pequeños y se reservan generalmente para aplicaciones como: tapones montera para cierre de venteos y drenajes, para tomas de análisis, etc. Las piezas roscadas deben cumplir con la norma ANSI/ASME B16.11.

9.5.3. Requisitos para la utilización de uniones mecánicas

Sólo se utilizarán uniones de tipo mecánico para realizar la transición de tubería de acero a tuberías de otros materiales, como el polietileno o la fundición dúctil en canalizaciones con presión de servicio hasta 5 bar, y para la unión con las válvulas que no dispongan de extremos para soldar en línea con la tubería.

En redes con presión máxima de operación superior a 5 bar y hasta 16 bar las uniones por bridas se limitarán al conexionado de ciertas piezas o aparatos especiales (dispositivos limitadores de presión o accesorios análogos) y, en casos particulares, válvulas.

Se evitarán, en lo posible, las uniones roscadas y sólo podrán efectuarse para diámetros iguales o inferiores a 1” en el caso de tapones macho o hembra para venteos, etc., o para diámetros iguales o inferiores a 2” en el caso de tapones de las tes de tres vías. Las uniones roscadas tendrán una rosca interior cilíndrica y una rosca exterior cónica. En las uniones mediante rosca se empleará cinta de teflón.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

En canalizaciones con presión máxima de operación hasta 5 bar, las uniones que se efectúen mediante enlace mecánico de transición a tuberías de polietileno, válvulas o derivaciones, deberán cumplir las prescripciones que se indican en la normativa de la empresa distribuidora de gas.

9.6. Revestimientos

Deberá revestirse la conducción en obra en todos aquellos puntos en donde se han efectuado soldaduras y, o, uniones mecánicas -y en aquellas otras zonas en las que, por haber sufrido procesos de curvado en frío u otra manipulación haya perdido o se haya deteriorado el revestimiento, así como en todos los sitios donde se hayan detectados defectos. Este revestimiento deberá ser como mínimo de la misma calidad que el de la tubería.

9.7. Colocación de la tubería en la zanja

Previamente al tendido de la tubería en la zanja se llevarán a cabo las siguientes operaciones:

1. Soldadura de las secciones de tubería.

Deberán soldarse, fuera de la zanja, las secciones de tubo y accesorios de acero que conformarán la tubería y que previamente se habrán alineado a lo largo del trazado previsto, sobre unos soportes adecuados para evitar dañar el revestimiento.

La empresa contratista realizará, antes y después del tendido, la comprobación del aislamiento del revestimiento con un detector de fallos de aislamiento, de diseño aprobado por la empresa distribuidora de gas. El voltaje será el adecuado para cada tipo de revestimiento y la tensión mínima de prueba será de 20 kV.

2. Reparar y comprobar el revestimiento de la tubería.

Deberá reponerse de nuevo las zonas donde el revestimiento ha resultado dañado con bandas plásticas de características similares al revestimiento original.

El tubo revestido no deberá bajarse al fondo de la zanja hasta que haya sido revisado y aprobado por el técnico responsable de la obra.

3. Descender la tubería a la zanja.

La tubería deberá tenderse en la zanja cuando su temperatura sea tal que no se pueda producir daño alguno al revestimiento. En todo caso, la temperatura no será superior a la especificada por el fabricante del mismo.

Antes de efectuar el descenso de la tubería a la zanja, deberá comprobarse que ésta esté limpia de objetos extraños que pudieran perjudicar el revestimiento, tales como piedras, maderas, trozos de tubo, etc. y que el fondo de la zanja esté relleno según los requisitos de la empresa distribuidora.

Deberá utilizarse el número de dispositivos de elevación suficientes para asegurar el descenso uniforme de los tramos de tubería, impidiendo un desprendimiento de la carga y evitar deformaciones permanentes en el tubo.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

Asimismo, deberán utilizarse eslingas anchas de nailon para manejar la tubería revestida durante la maniobra de descenso, con el fin de evitar daños en el revestimiento.

4. Asentamiento uniforme de la tubería en el fondo de la zanja.

Inmediatamente después del descenso de la tubería y una vez instalada la misma en el fondo de la zanja, se comprobará de nuevo el revestimiento, debiendo procederse a continuación a efectuar las oportunas reparaciones caso de que fueran necesarias.

Se prohíbe colocar cualquier tipo de apoyo en el fondo de la zanja que pudiera causar daños en el revestimiento.

La tubería deberá descansar uniformemente sobre una capa de arena situada sobre el fondo de la zanja, sin tocar las paredes. Se evitarán asentamientos irregulares de la tubería en la zanja y se minimizarán las tensiones inducidas en la tubería en su conexión a otras instalaciones como pueden ser estaciones de regulación y medida.

5. Tapado de la zanja y reposición del pavimento.

Las operaciones asociadas al tapado y reposición se efectuarán de acuerdo con las prescripciones de la empresa distribuidora de gas, en particular en lo relativo a señalización de la tubería, procedimientos de relleno, materiales autorizados y reposición final de pavimentos

9.8. Derivaciones

Para la construcción de derivaciones sobre redes de acero se utilizarán los accesorios indicados en la Tabla 9.6.

Tabla 9.6: Accesorios para derivaciones

<table>
<tr><td></td><td></td><td colspan="9">DN CANALIZACIÓN PRINCIPAL</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>3</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td><td>10</td><td>12</td><td>16</td><td>20</td><td>24</td></tr>
<tr><td rowspan="11">DN DERIVACIÓN</td><td>1/2</td><td rowspan="3" colspan="9"></td></tr>
<tr><td>3/4</td></tr>
<tr><td>1</td></tr>
<tr><td>1 1/4</td><td rowspan="2">SOC-KOLET</td><td rowspan="2" colspan="8"></td></tr>
<tr><td>1 1/2</td></tr>
<tr><td>2</td><td rowspan="5" colspan="3">TE A SOLAPE / TOPE</td><td rowspan="5" colspan="6">WELDOLET</td></tr>
<tr><td>3</td></tr>
<tr><td>4</td></tr>
<tr><td>6</td></tr>
<tr><td>8</td></tr>
<tr><td>10</td><td colspan="9"></td></tr>
</table>

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

	12

Los accesorios weldolet, sockolet y medio manguito SW, solamente se emplearán para la instalación de venteos o tubos para la conexión de instrumentación. Para los demás casos, se construirá la derivación a partir de una Te a solape para derivaciones hasta 12". Para diámetros superiores deberá intercalarse una Te en la canalización.

Los tapones hembra se utilizarán como accesorios de cierre en los extremos de los venteos exclusivamente.

9.9. Pasos especiales

Para la realización de pasos, paralelismos o cruces singulares derivados de la proximidad con otros servicios, canalizaciones u obstáculos diversos, deberán tenerse en cuenta las prescripciones que se indiquen en las normas técnicas de la empresa distribuidora de gas. En su ausencia, las "Recomendaciones para diseño y construcción de pasos especiales en gasoductos y redes de distribución de gas" editadas por Sedigas establecen pautas de diseño para las diferentes situaciones posibles.

9.10. Protección catódica

La empresa contratista deberá instalar los elementos de protección catódica asociados a la canalización (ánodos de sacrificio, manguitos, juntas aislantes, tomas de potencial, etc.), en los puntos indicados en los planos de proyecto. Para ello, deberá conectar los cables a la tubería y a las cajas de tomas de potencial, que también deberá montar, según los planos tipo e indicaciones de la empresa distribuidora de gas.

Las conexiones del cable al tubo se realizarán con soldadura aluminotérmica tipo Cadweld ® o similar, e irán encapsuladas con resina epoxi, de forma tal que no quede ningún punto de cobre al descubierto.

Los materiales utilizados serán de las características indicadas en las especificaciones de suministro y del proyecto.

9.11. Inspección de la tubería durante su instalación

Las inspecciones a efectuar durante el proceso de instalación de la tubería de acero son las siguientes:

- Concordancia de la documentación que acompaña a los tubos y a los accesorios con los materiales recepcionados.
- Control de defectos superficiales en los tubos y en el revestimiento de polietileno original.
- Control de los revestimientos efectuados en obra.
- Control dimensional de la zanja (profundidad y anchura).

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

- Control de proximidad con otros servicios y canalizaciones.
- Control de la base de arena en fondo de zanja, antes de su colocación.
- Control visual y control radiográfico y/o líquidos penetrantes de las soldaduras ejecutadas.
- Control de descenso y colocación-de la tubería en zanja.
- Control de señalización superior de la tubería mediante banda plástica.
- Control de materiales de reposición en contacto con la tubería y de relleno superior.

El resultado de estos controles se adjuntará al libro de obra.

9.12. Pruebas de resistencia y estanquidad, purgado y puesta en servicio

9.12.1. Canalizaciones de acero con presión máxima de operación hasta 5 bar

De forma previa a la ejecución de la prueba de resistencia y estanquidad deberá haberse finalizado la limpieza del interior de la canalización mediante los rascadores y útiles que sean necesarios.

La prueba de estanquidad y las operaciones de purgado y puesta en servicio se realizarán de acuerdo con lo indicado en la norma UNE 60311 y la unidad 12 de estas especificaciones técnicas de este manual. No se iniciará esta prueba mientras no se hayan enfriado las últimas uniones realizadas.

9.12.2. Canalizaciones de acero con presión máxima de operación superior a 5 bar y hasta 16 bar

Una vez realizada la limpieza del interior de la tubería las canalizaciones se someterán a pruebas antes del inicio de su explotación. Estas pruebas se realizarán siguiendo lo establecido en la norma UNE 60310 y en el unidad 12 de estas especificaciones técnicas en los aspectos relativos a ejecución, seguridad, equipos a utilizar etc., teniendo en cuenta la categoría del emplazamiento de la canalización a probar, según la norma UNE 60.302.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

Anexo

Anexo 9.1.

Revestimiento de tubería de acero

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

Anexo 9.1. Revestimiento de tubería de acero

A.1. Materiales

Los materiales a emplear para revestir los tramos de canalización (cintas o bandas plásticas, manguitos o parches termorretráctiles, imprimaciones, etc.) deberán ser conformes a las normas de reconocido prestigio que les sean de aplicación y a las condiciones que expresamente fije la empresa distribuidora de gas para este tipo de materiales.

A.2 .Preparación de las superficies a revestir

Antes de iniciar el proceso de revestimiento de las superficies correspondientes, se procederá a su inspección y limpieza.

Se deberán inspeccionar las superficies a revestir para verificar que se hallan libres de daños tales como incisiones, abolladuras u otros que puedan disminuir su espesor, o bien pretenden rugosidades exteriores que pudieran dañar el revestimiento.

En caso de observarse defectos que afecten negativamente al espesor nominal de la tubería (incisiones, grietas, etc.) o a su forma (abolladuras) la tubería será desechada o cortado el tramo afectado y sustituido por otro.

En caso de observarse rugosidades exteriores que pudieran dañar al revestimiento, especialmente en las zonas con cordones de soldadura, será suficiente su eliminación por medio de muelas, limas o cepillos metálicos y comprobar que no afectan al espesor nominal de la tubería.

Posteriormente, se efectuará la limpieza de las superficies a revestir eliminando toda materia que pueda disminuir la adherencia entre la tubería y el revestimiento (escamas de laminación, suciedad, óxidos, pintura, grasas, humedad, etc.).

La limpieza podrá realizarse con cepillo metálico manual o mecánico (radial), con disolventes adecuados, o por chorro de material abrasivo.

Inmediatamente después del proceso de limpieza, se procederá a efectuar el revestimiento, ya que de no ser así, se debería volver a limpiar las superficies cuando fuesen a ser revestidas.

A.3. Revestimiento con cintas plásticas

Para realizar el revestimiento de tuberías de acero con cintas plásticas, deberán utilizarse los siguientes materiales:

- Imprimación;
- Cinta anticorrosiva;
- Cinta de refuerzo mecánico.

Estos se aplicarán a la tubería por el orden indicado, y deberán ser compatibles entre sí y con el revestimiento que, en su caso, se haya aplicado al tubo en fábrica.

A.3.1. Aplicación de la capa de imprimación

La capa de imprimación será aplicada sobre las superficies a revestir inmediatamente después de limpiarlas y secarlas.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

No deberá revestirse la tubería en caso de condiciones climatológicas adversas (precipitaciones, humedad ambiental superior al 80%, o temperatura inferior a 0˚ C). Los bidones de imprimación deberán ser mantenidos y manipulados al abrigo del calor y de los rayos solares.

Después de extraer de ellos la cantidad necesaria para cada zona a revestir deberán taparse convenientemente para evitar la entrada de polvo, suciedad o agua, y para evitar la evaporación del disolvente. En ningún caso debe procederse a la apertura de un bidón si hay presencia de fuego en las cercanías.

Antes de proceder a aplicar la capa de imprimación, se deberán biselar los extremos del revestimiento de fábrica de la tubería en un ángulo aproximado de 30˚.

La imprimación deberá aplicarse mediante pincel, brocha o rodillo, siguiendo las instrucciones del fabricante en cuanto a la preparación previa anterior a su aplicación. La superficie acabada deberá presentar un aspecto de capa uniforme, exenta de burbujas y goteos. El espesor de la capa deberá ser conforme con las recomendaciones dadas por el fabricante.

Aquellas zonas que no cumplan los requisitos establecidos, deberán ser totalmente limpiadas y se repetirán nuevamente las operaciones descritas.

La zona que deba quedar recubierta con la imprimación, comprenderá un sobreancho de 10cm a cada lado de la superficie desnuda.

A.3.2. Colocación de la cinta anticorrosiva

A continuación de la aplicación de la capa de imprimación se procederá a encintar toda la zona que haya sido recubierta con aquélla. Con anterioridad a aplicar la cinta a toda la superficie a revestir, se colocará una vuelta de cinta sobre los cordones de soldadura que hubiese.

Se podrá aplicar la cinta de forma manual o mecánica, pero siempre en espiral, de manera que cada capa solape, como mínimo, con la anterior un 50% del ancho de banda de la cinta, de forma que la tubería quede cubierta en toda su longitud por una dable capa de revestimiento.

La aplicación deberá realizarse bajo tensión, de tal forma que se consiga un revestimiento uniforme y tenso, sin pliegues, vacíos, cortes, ni inclusiones de aire. La cinta deberá quedar adherida al tubo en todos sus puntos.

El extremo de cada nueva bobina se apoyará directamente sobre la parte terminal aplicada, en una longitud de al menos un 25% de la circunferencia del tubo.

En la primera vuelta no se aplicará tensión pero si presión para conseguir la unión.

A.3.3. Colocación de la cinta de refuerzo mecánico.

La cinta de refuerzo mecánico se colocará sobre la cinta anticorrosiva, enrollándola en espiral en el mismo sentido que ésta y con un solape también del 50% del ancho de banda de la cinta, de igual manera que se procedió a la aplicación de la cinta anticorrosiva.

A.4. Revestimiento con materiales termorretráctiies

La instalación de mangas, bandas y parches termorretráctiles para el revestido de uniones y reparación de revestimientos, se deberá realizar de acuerdo con las instrucciones precisas del fabricante para cada uno de sus usos y aplicaciones.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

A.5. Protección antirroca

Cuando la tubería deba quedar en contacto con elementos duros tales como roca, arquetas de ladrillo, muros de hormigón, etc., deberá ser convenientemente protegida mediante una capa de lana de vidrio o mineral (manta antirroca), sujeta al tubo mediante cintas de material plástico u otro sistema de similar eficacia

A.6. Inspección visual y comprobación del aislamiento

Las inspecciones y comprobaciones que se han de llevar a cabo, como mínimo, serán las siguientes:

- Inspección del estado de las tuberías a revestir una vez limpias
- Inspección del acabado de la capa de imprimación de acuerdo con las instrucciones del suministrador;
- Inspección del solape y acabado de las cintas anticorrosivas y de refuerzo instaladas;
- Ensayos de comprobación del aislamiento eléctrico, del revestimiento (rigidez dieléctrica) con una tensión mínima de 20 kV, mediante detector aceptado por la empresa distribuidora y debidamente calibrado.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.