

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y
AMBIENTAL**

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MECANISMO DE DOBLEZ PARA
CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y OPERADORES DE SOLDADURA
PARA ESTRUCTURAS SEGÚN EL CÓDIGO DE SOLDADURA
ESTRUCTURAL AWS D1.1 – 2010”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

PORTA MAS, EDWIN JOSÉ

**Villa El Salvador
2014**

*“Dedico este trabajo a mi hija
Dasha y a Emily, la mujer que amo y que
me acompaña, aconseja y apoya en todas
la decisiones que tomo”*

“Agradezco de manera muy especial, a mis padres, quienes con su amor y ejemplo, inculcaron en mi persona un deseo de mejora permanente. A mis amigos de la universidad que siempre confiaron en mí y con los cuales hemos compartido momentos inolvidables de aprendizaje y diversión. A mis amigos del trabajo ya que me permitieron poder sumergirme en el inmenso mundo de la soldadura”

INDICE

INTRODUCCION.....	6
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	7
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	7
1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.3.1. ESPACIAL.....	8
1.3.2. TEMPORAL.....	8
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	8
1.5. OBJETIVO.....	9
2. MARCO TEORICO.....	10
2.1. ANTECEDENTES.....	10
2.2. BASES TEÓRICAS.....	13
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	27
3. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA.....	32
3.1. ANALISIS DE LA HERRAMIENTA.....	32
3.2. CONSTRUCCIÓN DE LA HERRAMIENTA	33
3.3. REVISION Y CONSOLIDACION DE RESULTADOS.....	37
CONCLUSIONES.....	39
RECOMENDACIONES.....	40
BIBLIOGRAFIA.....	41
ANEXOS.....	42
- FIGURA 4.15 – ENSAYO DE DOBLADO GUIADO CON MATRIZ...	42
- FIGURA 4.12 – MUESTRAS DE DOBLADO DE CARA Y RAIZ.....	43
- FIGURA 4.13 – MUESTRAS DE DOBLADO DE LADO.....	44

- FIGURA 4.21 – PLACA DE ENSAYO PARA ESPESOR ILIMITADO – CALIFICACIÓN DE SOLDADOR.....	45
- FIGURA 4.22 – PLACA DE ENSAYO PARA ESPESOR ILIMITADO – CALIFICACIÓN DE OPERADOR DE SOLDADURAS.....	45
- FIGURA 4.30 - ENSAYO DE PLACA OPCIONAL CON ESPESOR ILIMITADO-POSICIÓN HORIZONTAL-CALIFICACIÓN DE SOLDADOR....	46
- FIGURA 4.31 - ENSAYO DE PLACA OPCIONAL CON ESPESOR ILIMITADO-TODAS LAS POSICIONES-CALIFICACIÓN DE SOLDADOR....	46
- FIGURA 4.32 - ENSAYO DE PLACA OPCIONAL CON ESPESOR LIMITADO-POSICIÓN HORIZONTAL-CALIFICACIÓN DE SOLDADOR....	47
- FIGURA 4.33 - ENSAYO DE PLACA DE DOBLADO DE SOLDADURA DE FILETE EN RAÍZ-SOLDADOR U OPERADOR – OPCION 2.....	48
- FIGURA 4.34 – LOCALIZACION DE MUESTRAS DE ENSAYO EN TUBOS SOLDADOS TUBULARES O RECTANGULARES.....	49
- FIGURA 4.36 – JUNTA A TOPE PARA LA CALIFICACION DE OPERADOR DE SOLDADURA – ESW y EGW.....	50

INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación lleva por título “DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MECANISMO DE DOBLEZ PARA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y OPERADORES DE SOLDADURA PARA ESTRUCTURAS SEGÚN EL CÓDIGO DE SOLDADURA ESTRUCTURAL AWS D1.1 – 2010” para optar por el título de ingeniero Mecánico Electricista, presentado por el alumno Edwin José Porta Mas.

La estructura que hemos seguido en este proyecto se compone de tres capítulos. El primer capítulo comprende el planteamiento del problema, el segundo capítulo comprende el desarrollo del marco teórico y el tercer capítulo corresponde al desarrollo del proyecto.

El autor.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Actualmente, en el mundo de la metalmecánica, el garantizar la calidad de una junta es imprescindible en un mercado donde el uso de códigos y normas internacionales (AWS, ASME, etc.), es requisito solicitado de los clientes finales a quien se les fabrica el equipo/estructura a fabricar.

El problema actualmente existe en las industrias del rubro metalmecánico que necesitan garantizar la calidad de las juntas/uniones soldadas bajo procedimientos de soldadura específicos (Specification Welding Procedure – WPS), y el ensayo de doblez es un requisito exigido por los códigos para la aprobación de procedimientos de soldadura y calificación de soldadores y operadores de soldadura (Welder Performance Qualification Register-WPQR).

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Ante la falta de un mecanismo que realice el doblez requerido a las probetas de soldadura, para así, certificar operarios de soldadura calificados según los criterios de aceptación que solicita el Código de Soldadura Estructural AWS D1.1 - 2010 que permitan garantizar a los clientes y las empresas encargadas para la supervisión de la fabricación de la estructura que los soldadores se encuentran calificados según el procedimiento requerido por el código. Al no contar con este mecanismo de doblez, se ven en la necesidad de recurrir a una empresa especializada en estos ensayos, para realizarlos.

Este mecanismo se utilizará en todos los ensayos de doblez requeridos por los códigos internacionales de fabricación y de

consulta (AWS D1.1, ASME Section IX, etc.), ya que cumple con lo indicado en la cumple con todos los requerimientos especificados en la norma ASTM E190 (Standard Test Method for Guided Bend Test for Ductility of Welds). En este caso será aplicado de manera específica al Código de Soldadura Estructural AWS D1.1 – 2010.

Es conveniente para todo el país, porque contribuiría a incrementar la creación de fuentes de producción y empleo, ya que evitaría estar comprando estos mecanismos a empresas extranjeras.

Es, asimismo conveniente, para la Universidad Nacional Tecnológica del Cono Sur de Lima – UNTECS, dado que tiene como parte de sus fines la investigación y la extensión universitaria, en beneficio del país.

1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. ESPACIAL

Esta investigación se realizó, durante las practicas pre profesionales realizadas en la empresa HAUG S.A., empresa dedicada a la fabricación y montaje de tanques metálicos, estructuras, tuberías de transporte de gas, chutes, chimeneas, naves industriales y toda estructura cuyo principal materia prima sea el acero, ya sea de bajo o alto carbono, inoxidable o aceros especiales.

Por lo tanto, esta investigación puede ser aplicable a cualquier empresa que se encuentre dentro del rubro de la manufactura metal-mecánica.

1.3.2. TEMPORAL

Esta investigación se realizó en aproximadamente diez meses, iniciándose en abril del 2013 y concluyéndose a fines de febrero del 2014.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En las empresas de manufactura metal –mecánica, ante la ausencia de un mecanismo que nos permita realizar el ensayo de dobléz requeridos por el Código de Soldadura Estructural AWS D1.1 – 2010 para la calificación de los soldadores, éstas se ven obligadas a enviar las probetas de dobléz a terceras empresas para que realicen este ensayo.

1.5. OBJETIVO

El objetivo de esta investigación es poder habilitar a las empresas, que se dediquen al rubro de metal mecánica, puedan realizar la calificación de sus soldadores y operarios de soldadura en sus mismas instalaciones, cumpliendo con los criterios de aceptación requeridos por el Código de Soldadura Estructural AWS D1.1 – 2010, sin la necesidad de requerir la realización de los ensayos de dobléz por terceras empresas especializada en ensayos.

2. MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES

La historia de la unión de metales se remonta a varios milenios, con los primeros ejemplos de soldadura desde la edad de bronce y la edad de hierro en Europa y el Oriente Medio. La soldadura fue usada en la construcción del Pilar de hierro de Delhi, en la India, erigido cerca del año 310 y pesando 5.4 toneladas métricas. La Edad Media trajo avances en la soldadura de fragua, con la que los herreros repetidamente golpeaban y calentaban el metal hasta que ocurría la unión. En 1540, Vannoccio Biringuccio publicó a “De la pirotechnia”, que incluye descripciones de la operación de forjado. Los artesanos del Renacimiento eran habilidosos en el proceso, y la industria continuó creciendo durante los siglos siguientes. Sin embargo, la soldadura fue transformada durante el siglo XIX. En 1800, Sir Humphry Davy descubrió el arco eléctrico, y los avances en la soldadura por arco continuaron con las invenciones de los electrodos de metal por un ruso, NikolaiSlavyanov, y un norteamericano, C. L. Coffin a finales de los años 1800, incluso como la soldadura por arco de carbón, que usaba un electrodo de carbón, ganó popularidad. Alrededor de 1900, A. P. Strohmenger lanzó un electrodo de metal recubierto en Gran Bretaña, que dio un arco más estable, y en 1919, la soldadura de corriente alterna fue inventada por C. J. Holslag, pero no llegó a ser popular por otra década.



La soldadura por resistencia también fue desarrollada durante las décadas finales del siglo XIX, con las primeras patentes yendo a Elihu Thomson en 1885, quien produjo posteriores avances durante los siguientes 15 años. La soldadura de termita fue inventada en

1893, y alrededor de ese tiempo, se estableció otro proceso, la soldadura a gas. El acetileno fue descubierto en 1836 por Edmund Davy, pero su uso en la soldadura no fue práctico hasta cerca de 1900, cuando fue desarrollado un soplete conveniente. Al principio, la soldadura de gas fue uno de los más populares métodos de soldadura debido a su portabilidad y costo relativamente bajo. Sin embargo, a medida que progresaba el siglo XX, bajó en las preferencias para las aplicaciones industriales. En gran parte fue sustituida por la soldadura de arco, en la medida que continuaron siendo desarrolladas las cubiertas de metal para el electrodo (conocidas como fundente), que estabilizan el arco y blindaban el material base de las impurezas.

La Primera Guerra Mundial causó un repunte importante en el uso de los procesos de soldadura, con las diferentes fuerzas militares procurando determinar cuáles de los varios procesos nuevos de soldadura serían los mejores. Los británicos usaron principalmente la soldadura por arco, incluso construyendo una nave, el Fulagar, con un casco enteramente soldado. Los estadounidenses eran más vacilantes, pero comenzaron a reconocer los beneficios de la soldadura de arco cuando el proceso les permitió reparar rápidamente sus naves después de los ataques alemanes en el puerto de Nueva York al principio de la guerra. También la soldadura de arco fue aplicada primero a los aviones durante la guerra, pues algunos fuselajes de aeroplanos alemanes fueron construidos usando el proceso.

Durante los años 1920, importantes avances fueron hechos en la tecnología de la soldadura, incluyendo la introducción de la soldadura automática en 1920, en la que el alambre del electrodo era alimentado continuamente. El gas de protección se convirtió en un tema recibiendo mucha atención, mientras que los científicos procuraban proteger las soldaduras contra los efectos del oxígeno y el nitrógeno en la atmósfera. La porosidad y la fragilidad eran los problemas primarios, y las soluciones que desarrollaron incluyeron el

uso del hidrógeno, argón, y helio como atmósferas de soldadura. Durante la siguiente década, posteriores avances permitieron la soldadura de metales reactivos como el aluminio y el magnesio. Esto, conjuntamente con desarrollos en la soldadura automática, la corriente alterna, y los fundentes alimentaron una importante extensión de la soldadura de arco durante los años 1930 y entonces durante la Segunda Guerra Mundial.

A mediados del siglo XX, fueron inventados muchos métodos nuevos de soldadura. 1930 vio el lanzamiento de la soldadura de perno, que pronto llegó a ser popular en la fabricación de naves y la construcción. La soldadura de arco sumergido fue inventada el mismo año, y continúa siendo popular hoy en día. En 1941, después de décadas de desarrollo, la soldadura de arco de gas tungsteno fue finalmente perfeccionada, seguida en 1948 por la soldadura por arco metálico con gas, permitiendo la soldadura rápida de materiales no ferrosos pero requiriendo costosos gases de blindaje. La soldadura de arco metálico blindado fue desarrollada durante los años 1950, usando un fundente de electrodo consumible cubierto, y se convirtió rápidamente en el más popular proceso de soldadura de arco metálico. En 1957, debutó el proceso de soldadura por arco con núcleo fundente, en el que el electrodo de alambre auto blindado podía ser usado con un equipo automático, resultando en velocidades de soldadura altamente incrementadas, y ése mismo año fue inventada la soldadura de arco de plasma. La soldadura por electroescoria fue introducida en 1958, y fue seguida en 1961 por su prima, la soldadura por electrogas.

Otros desarrollos recientes en la soldadura incluyen en 1958 el importante logro de la soldadura con rayo de electrones, haciendo posible la soldadura profunda y estrecha por medio de la fuente de calor concentrada. Siguiendo la invención del láser en 1960, la soldadura por rayo láser debutó varias décadas más tarde, y ha demostrado ser especialmente útil en la soldadura automatizada de alta velocidad, sin embargo, ambos procesos continúan siendo

altamente costosos debido al alto costo del equipo necesario, y esto ha limitado sus aplicaciones.

2.2. BASES TEÓRICAS

La soldadura es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales, (generalmente metales o termoplásticos), usualmente logrado a través de la coalescencia (fusión), en la cual las piezas son soldadas fundiendo ambas y pudiendo agregar un material de relleno fundido (metal o plástico), para conseguir un baño de material fundido (el baño de soldadura) que, al enfriarse, se convierte en una unión fija. A veces la presión es usada conjuntamente con el calor, o por sí misma, para producir la soldadura. Esto está en contraste con la soldadura blanda (en inglés welding) y la soldadura fuerte (en inglés brazing), que implican el derretimiento de un material de bajo punto de fusión entre piezas de trabajo para formar un enlace entre ellos, sin fundir las piezas de trabajo.

PROCESOS DE SOLDADURA

SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO

Estos procesos usan una fuente de alimentación de soldadura para crear y mantener un arco eléctrico entre un electrodo y el material base para derretir los metales en el punto de la soldadura. Pueden usar tanto corriente continua (DC) como alterna (AC), y electrodos consumibles o no consumibles los cuales se encuentran cubiertos por un material llamado revestimiento. A veces, la región de la soldadura es protegida por un cierto tipo de gas inerte o semi-inerte, conocido como gas de protección, y el material de relleno a veces es usado también.

SOLDEO BLANDO Y FUERTE

El soldeo blando y fuerte es un proceso en el cuál no se produce la fusión de los metales base, sino únicamente del metal de

aportación. Siendo el primer proceso de soldeo utilizado por el hombre, ya en la antigua Sumeria.

El soldeo blando (welding) se da a temperaturas inferiores a 450 °C.

El soldeo fuerte (brazing) se da a temperaturas superiores a 450 °C.

FUENTES DE ENERGÍA.

Para proveer la energía eléctrica necesaria para los procesos de la soldadura de arco, pueden ser usadas un número diferentes de fuentes de alimentación. La clasificación más común son las fuentes de alimentación de corriente constante y las fuentes de alimentación de voltaje constante. En la soldadura de arco, la longitud del arco está directamente relacionada con el voltaje, y la cantidad de entrada de calor está relacionada con la corriente. Las fuentes de alimentación de corriente constante son usadas con más frecuencia para los procesos manuales de soldadura tales como la soldadura de arco de gas tungsteno y soldadura de arco metálico blindado, porque ellas mantienen una corriente constante incluso mientras el voltaje varía. Esto es importante en la soldadura manual, ya que puede ser difícil sostener el electrodo perfectamente estable, y como resultado, la longitud del arco y el voltaje tienden a fluctuar. Las fuentes de alimentación de voltaje constante mantienen el voltaje constante y varían la corriente, y como resultado, son usadas más a menudo para los procesos de soldadura automatizados tales como la soldadura de arco metálico con gas, soldadura por arco de núcleo fundente, y la soldadura de arco sumergido. En estos procesos, la longitud del arco es mantenida constante, puesto que cualquier fluctuación en la distancia entre material base es rápidamente rectificado por un cambio grande en la corriente. Por ejemplo, si el alambre y el material base se acercan demasiado, la corriente aumentará rápidamente, lo que a su vez causa que aumente el calor y la extremidad del alambre se funda, volviéndolo a su distancia de separación original.

El tipo de corriente usado en la soldadura de arco también juega un papel importante. Los electrodos de proceso consumibles como los de la soldadura de arco de metal blindado y la soldadura de arco metálico con gas generalmente usan corriente directa, pero el electrodo puede ser cargado positiva o negativamente. En la soldadura, el ánodo cargado positivamente tendrá una concentración mayor de calor, y como resultado, cambiar la polaridad del electrodo tiene un impacto en las propiedades de la soldadura. Si el electrodo es cargado negativamente, el metal base estará más caliente, incrementando la penetración y la velocidad de la soldadura. Alternativamente, un electrodo positivamente cargado resulta en soldaduras más superficiales. Los procesos de electrodo no consumibles, tales como la soldadura de arco de gas tungsteno, pueden usar cualquier tipo de corriente directa, así como también corriente alterna. Sin embargo, con la corriente directa, debido a que el electrodo solo crea el arco y no proporciona el material de relleno, un electrodo positivamente cargado causa soldaduras superficiales, mientras que un electrodo negativamente cargado hace soldaduras más profundas. La corriente alterna se mueve rápidamente entre estos dos, dando por resultado las soldaduras de mediana penetración. Una desventaja de la CA, el hecho de que el arco debe ser reencendido después de cada paso por cero, se ha tratado con la invención de unidades de energía especiales que producen un patrón cuadrado de onda en vez del patrón normal de la onda de seno, haciendo posibles pasos a cero rápidos y minimizando los efectos del problema.

PROCESOS

Uno de los tipos más comunes de soldadura de arco es la soldadura manual con electrodo revestido (SMAW, Shielded Metal Arc Welding), que también es conocida como soldadura manual de arco metálico (MMA) o soldadura de electrodo. La corriente eléctrica se usa para crear un arco entre el material base y la varilla de electrodo consumible, que es de acero y está cubierto con un

fundente que protege el área de la soldadura contra la oxidación y la contaminación por medio de la producción del gas CO_2 durante el proceso de la soldadura. El núcleo en sí mismo del electrodo actúa como material de relleno, haciendo innecesario un material de relleno adicional.

El proceso es versátil y puede realizarse con un equipo relativamente barato, haciéndolo adecuado para trabajos de taller y trabajo de campo. Un operador puede hacerse razonablemente competente con una modesta cantidad de entrenamiento y puede alcanzar la maestría con experiencia. Los tiempos de soldadura son algo lentos, puesto que los electrodos consumibles deben ser sustituidos con frecuencia y porque la escoria, el residuo del fundente, debe ser retirada después de soldar. Además, el proceso es generalmente limitado a materiales de soldadura ferrosos, aunque electrodos especializados han hecho posible la soldadura del hierro fundido, níquel, aluminio, cobre, acero inoxidable y de otros metales.

La soldadura de arco metálico con gas (GAS metal Arc Welding – GMAW), también conocida como soldadura de metal y gas inerte o por su sigla en inglés MIG (Metal InertGas), es un proceso semiautomático o automático que usa una alimentación continua de alambre como electrodo y una mezcla de gas inerte o semi-inerte para proteger la soldadura contra la contaminación. Como con la SMAW, la habilidad razonable del operador puede ser alcanzada con entrenamiento modesto. Puesto que el electrodo es continuo, las velocidades de soldado son mayores para la GMAW que para la SMAW. También, el tamaño más pequeño del arco, comparado a los procesos de soldadura de arco metálico protegido, hace más fácil hacer las soldaduras fuera de posición (ejemplo: empalmes en lo alto, como sería soldando por debajo de una estructura).

El equipo requerido para realizar el proceso de GMAW es más complejo y costoso que el requerido para la SMAW, y requiere

un procedimiento más complejo de disposición. Por lo tanto, la GMAW es menos portable y versátil, y debido al uso de un gas de blindaje separado, no es particularmente adecuado para el trabajo al aire libre. Sin embargo, debido a la velocidad media más alta en la que las soldaduras pueden ser terminadas, la GMAW es adecuada para la soldadura de producción. El proceso puede ser aplicado a una amplia variedad de metales, tanto ferrosos como no ferrosos.

Un proceso relacionado, la soldadura de arco de núcleo fundente (FCAW), usa un equipo similar pero utiliza un alambre que consiste en un electrodo de acero rodeando un material de relleno en polvo. Este alambre nucleado es más costoso que el alambre sólido estándar y puede generar humos y/o escoria, pero permite incluso una velocidad más alta de soldadura y mayor penetración del metal.

La soldadura de arco, tungsteno y gas (GTAW), o la soldadura de tungsteno y gas inerte (TIG), es un proceso manual de soldadura que usa un electrodo de tungsteno no consumible, una mezcla de gas inerte o semi-inerte, y un material de relleno separado. Especialmente útil para soldar materiales finos, este método es caracterizado por un arco estable y una soldadura de alta calidad, pero requiere una significativa habilidad del operador y solamente puede ser lograda en velocidades relativamente bajas.

La GTAW puede ser usada en casi todos los metales soldables, aunque es aplicada más a menudo a metales de acero inoxidable y livianos. Con frecuencia es usada cuando son extremadamente importantes las soldaduras de calidad, por ejemplo en bicicletas, aviones y aplicaciones navales. Un proceso relacionado, la soldadura de arco de plasma, también usa un electrodo de tungsteno pero utiliza un gas de plasma para hacer el arco. El arco es más concentrado que el arco de la GTAW, haciendo el control transversal más crítico y así generalmente restringiendo la técnica a un proceso mecanizado. Debido a su corriente estable, el método puede ser usado en una gama más amplia de materiales

gruesos que el proceso GTAW, y además, es mucho más rápido. Puede ser aplicado a los mismos materiales que la GTAW excepto al magnesio, y la soldadura automatizada del acero inoxidable es una aplicación importante del proceso. Una variación del proceso es el corte por plasma, un eficiente proceso de corte de acero.

La soldadura de arco sumergido (SAW) es un método de soldadura de alta productividad en el cual el arco se pulsa bajo una capa de cubierta de flujo. Esto aumenta la calidad del arco, puesto que los contaminantes en la atmósfera son bloqueados por el flujo. La escoria que forma la soldadura generalmente sale por sí misma, y combinada con el uso de una alimentación de alambre continua, la velocidad de deposición de la soldadura es alta. Las condiciones de trabajo están muy mejoradas sobre otros procesos de soldadura de arco, puesto que el flujo oculta el arco y casi no se produce ningún humo. El proceso es usado comúnmente en la industria, especialmente para productos grandes y en la fabricación de los recipientes de presión soldados. Otros procesos de soldadura de arco incluyen la soldadura de hidrógeno atómico, la soldadura de arco de carbono, la soldadura de electroescoria, la soldadura por electrogas, y la soldadura de arco de perno.

El proceso más común de soldadura a gas es la soldadura oxiacetilénica, también conocida como soldadura autógena o soldadura oxi-combustible. Es uno de los más viejos y más versátiles procesos de soldadura, pero en años recientes ha llegado a ser menos popular en aplicaciones industriales. Todavía es usada extensamente para soldar tuberías y tubos, como también para trabajo de reparación. El equipo es relativamente barato y simple, generalmente empleando la combustión del acetileno en oxígeno para producir una temperatura de la llama de soldadura de cerca de 3100 °C. Puesto que la llama es menos concentrada que un arco eléctrico, causa un enfriamiento más lento de la soldadura, que puede conducir a mayores tensiones residuales y distorsión de soldadura, aunque facilita la soldadura de aceros de alta aleación.

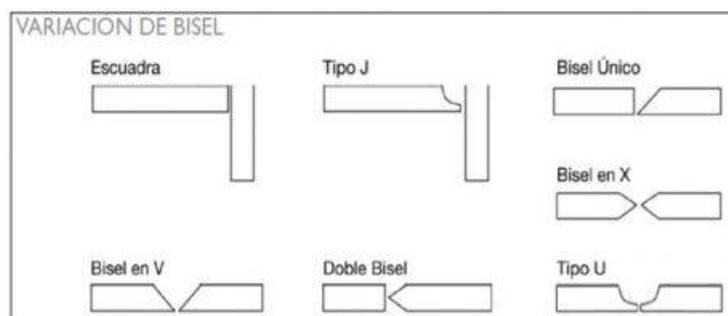
Un proceso similar, generalmente llamado corte de oxi-combustible, es usado para cortar los metales. Otros métodos de la soldadura a gas, tales como soldadura de acetileno y aire, soldadura de hidrógeno y oxígeno, y soldadura de gas a presión son muy similares, generalmente diferenciándose solamente en el tipo de gases usados. Una antorcha de agua a veces es usada para la soldadura de precisión de artículos como joyería. La soldadura a gas también es usada en la soldadura de plástico, aunque la sustancia calentada es el aire, y las temperaturas son mucho más bajas.

La soldadura por resistencia implica la generación de calor pasando corriente a través de la resistencia causada por el contacto entre dos o más superficies de metal. Se forman pequeños charcos de metal fundido en el área de soldadura a medida que la elevada corriente (1.000 a 100.000 A) pasa a través del metal. En general, los métodos de la soldadura por resistencia son eficientes y causan poca contaminación, pero sus aplicaciones son algo limitadas y el costo del equipo puede ser alto.

La soldadura por puntos es un popular método de soldadura por resistencia usado para juntar hojas de metal solapadas de hasta 3 mm de grueso. Dos electrodos son usados simultáneamente para sujetar las hojas de metal juntas y para pasar corriente a través de las hojas. Las ventajas del método incluyen el uso eficiente de la energía, limitada deformación de la pieza de trabajo, altas velocidades de producción, fácil automatización, y el no requerimiento de materiales de relleno. La fuerza de la soldadura es perceptiblemente más baja que con otros métodos de soldadura, haciendo el proceso solamente conveniente para ciertas aplicaciones. Es usada extensivamente en la industria de automóviles -- Los coches ordinarios puede tener varios miles de puntos soldados hechos por robots industriales. Un proceso especializado, llamado soldadura de choque, puede ser usado para los puntos de soldadura del acero inoxidable.

GEOMETRIA DE LAS UNIONES

Las soldaduras pueden ser preparadas geoméricamente de muchas maneras diferentes. Los cinco tipos básicos de juntas de soldadura son la junta de extremo, la junta de regazo, la junta de esquina, la junta de borde, y la junta-T. Existen otras variaciones, como por ejemplo la preparación de juntas doble-V, caracterizadas por las dos piezas de material cada una que afilándose a un solo punto central en la mitad de su altura. La preparación de juntas solo-U y doble-U son también bastante comunes —en lugar de tener bordes rectos como la preparación de juntas solo-V y doble-V, ellas son curvadas, teniendo la forma de una U. Las juntas de regazo también son comúnmente más que dos piezas gruesas — dependiendo del proceso usado y del grosor del material, muchas piezas pueden ser soldadas juntas en una geometría de junta de regazo.



Después de soldar, un número de distintas regiones pueden ser identificadas en el área de la soldadura. La soldadura en sí misma es llamada la zona de fusión —más específicamente, ésta es donde el metal de relleno fue puesto durante el proceso de la soldadura. Las propiedades de la zona de fusión dependen primariamente del metal de relleno usado, y su compatibilidad con los materiales base. Es rodeada por la zona afectada de calor, el área que tuvo su microestructura y propiedades alteradas por la soldadura. Estas propiedades dependen del comportamiento del material base cuando está sujeto al calor. El metal en esta área es

con frecuencia más débil que el material base y la zona de fusión, y es también donde son encontradas las tensiones residuales.

CONTROL DE LA CALIDAD EN LA SOLDADURAS

Muy a menudo, la medida principal usada para juzgar la calidad de una soldadura es su fortaleza y la fortaleza del material alrededor de ella. Muchos factores distintos influyen en esto, incluyendo el método de soldadura, la cantidad y la concentración de la entrada de calor, el material base, el material de relleno, el material fundente, el diseño del empalme, y las interacciones entre todos estos factores. Para probar la calidad de una soldadura se usan tanto ensayos no destructivos como ensayos destructivos, para verificar que las soldaduras están libres de defectos, tienen niveles aceptables de tensiones y distorsión residuales, y tienen propiedades aceptables de zona afectada por el calor (HAZ). Existen códigos y especificaciones de soldadura para guiar a los soldadores en técnicas apropiadas de soldadura y en cómo juzgar la calidad éstas.

ZONA AFECTADA TERMICAMENTE

Los efectos de soldar pueden ser perjudiciales en el material rodeando la soldadura. Dependiendo de los materiales usados y la entrada de calor del proceso de soldadura usado, la zona afectada térmicamente (ZAT) puede variar en tamaño y fortaleza. La difusividad térmica del material base es muy importante - si la difusividad es alta, la velocidad de enfriamiento del material es alta y la ZAT es relativamente pequeña. Inversamente, una difusividad baja conduce a un enfriamiento más lento y a una ZAT más grande. La cantidad de calor inyectada por el proceso de soldadura también desempeña un papel importante, pues los procesos como la soldadura oxiacetilénica tienen una entrada de calor no concentrado y aumentan el tamaño de la zona afectada. Los procesos como la soldadura por rayo láser tienen una cantidad altamente concentrada y limitada de calor, resultando una ZAT pequeña. La soldadura de

arco cae entre estos dos extremos, con los procesos individuales variando algo en entrada de calor. Para calcular el calor para los procedimientos de soldadura de arco, puede ser usada la siguiente fórmula:

$$Q = \left(\frac{V \times I \times 60}{S \times 1000} \right)$$

En donde

- Q = entrada de calor (kJ/mm),
- V = voltaje (V),
- I = corriente (A), y
- S = velocidad de la soldadura (mm/min)

DISTORSIÓN Y AGRIETAMIENTO

El rendimiento depende del proceso de soldadura usado, con la soldadura de arco de metal revestido teniendo un valor de 0,75, la soldadura por arco metálico con gas y la soldadura de arco sumergido, 0,9, y la soldadura de arco de gas tungsteno, 0,8.

Los métodos de soldadura que implican derretir el metal en el sitio del empalme son necesariamente propensos a la contracción a medida que el metal calentado se enfría. A su vez, la contracción puede introducir tensiones residuales y tanto distorsión longitudinal como rotatoria. La distorsión puede plantear un problema importante, puesto que el producto final no tiene la forma deseada. Para aliviar la distorsión rotatoria, las piezas de trabajo pueden ser compensadas, de modo que la soldadura dé lugar a una pieza correctamente formada. Otros métodos de limitar la distorsión, como afianzar en el lugar las piezas de trabajo con abrazaderas, causa la acumulación de la tensión residual en la zona afectada térmicamente del material base. Estas tensiones pueden reducir la fuerza del material base, y pueden conducir a la falla catastrófica por agrietamiento frío, como en el caso de varias de las naves Liberty. El agrietamiento en frío está limitado a los aceros, y está asociado a la formación del martensita mientras que la soldadura se enfría. El

agrietamiento ocurre en la zona afectada térmicamente del material base. Para reducir la cantidad de distorsión y estrés residual, la cantidad de entrada de calor debe ser limitada, y la secuencia de soldadura usada no debe ser de un extremo directamente al otro, sino algo en segmentos. El otro tipo de agrietamiento, el agrietamiento en caliente o agrietamiento de solidificación, puede ocurrir en todos los metales, y sucede en la zona de fusión de la soldadura. Para disminuir la probabilidad de este tipo de agrietamiento, debe ser evitado el exceso de material restringido, y debe ser usado un material de relleno apropiado.

SOLDABILIDAD

La calidad de una soldadura también depende de la combinación de los materiales usados para el material base y el material de relleno. No todos los metales son adecuados para la soldadura, y no todos los metales de relleno trabajan bien con materiales bases aceptables.

ACEROS

La soldabilidad de aceros es inversamente proporcional a una propiedad conocida como la templabilidad del acero, que mide la probabilidad de formar la martensita durante el tratamiento de soldadura o calor. La templabilidad del acero depende de su composición química, con mayores cantidades de carbono y de otros elementos de aleación resultando en mayor templabilidad y por lo tanto una soldabilidad menor. Para poder juzgar las aleaciones compuestas de muchos materiales distintos, se usa una medida conocida como el contenido equivalente de carbono para comparar las soldabilidades relativas de diferentes aleaciones comparando sus propiedades a un acero al carbono simple. El efecto sobre la soldabilidad de elementos como el cromo y el vanadio, mientras que no es tan grande como la del carbono, es por ejemplo más significativa que la del cobre y el níquel. A medida que se eleva el contenido equivalente de carbono, la soldabilidad de la aleación

decrece. La desventaja de usar simple carbono y los aceros de baja aleación es su menor resistencia - hay una compensación entre la resistencia del material y la soldabilidad. Los aceros de alta resistencia y baja aleación fueron desarrollados especialmente para los usos en la soldadura durante los años 1970, y estos materiales, generalmente fáciles de soldar tienen buena resistencia, haciéndolos ideales para muchas aplicaciones de soldadura.

SEGURIDAD PERSONAL

La soldadura sin las precauciones apropiadas puede ser una práctica peligrosa y dañina para la salud. Sin embargo, con el uso de la nueva tecnología y la protección apropiada, los riesgos de lesión o muerte asociados a la soldadura pueden ser prácticamente eliminados. El riesgo de quemaduras o electrocución es significativo debido a que muchos procedimientos comunes de soldadura implican un arco eléctrico o flama abiertos. Para prevenirlas, las personas que sueldan deben utilizar ropa de protección, como calzado homologado, guantes de cuero gruesos y chaquetas protectoras de mangas largas para evitar la exposición a las chispas, el calor y las posibles llamas. Además, la exposición al brillo del área de la soldadura produce una lesión llamada ojo de arco (queratitis) por efecto de la luz ultravioleta que inflama la córnea y puede quemar las retinas. Las gafas protectoras y los cascos y caretas de soldar con filtros de cristal oscuro se usan para prevenir esta exposición, y en años recientes se han comercializado nuevos modelos de cascos en los que el filtro de cristal es transparente y permite ver el área de trabajo cuando no hay radiación UV, pero se auto oscurece en cuanto esta se produce al iniciarse la soldadura. Para proteger a los espectadores, la ley de seguridad en el trabajo exige que se utilicen mamparas o cortinas translúcidas que rodeen el área de soldadura. Estas cortinas, hechas de una película plástica de cloruro de polivinilo, protegen a los trabajadores cercanos de la exposición a la luz UV del arco eléctrico, pero no deben ser usadas

para reemplazar el filtro de cristal usado en los cascos y caretas del soldador.

A menudo, los soldadores también se exponen a gases peligrosos y a partículas finas suspendidas en el aire. Los procesos como la soldadura por arco de núcleo fundente y la soldadura por arco metálico blindado producen humo que contiene partículas de varios tipos de óxidos, que en algunos casos pueden producir cuadros médicos como el llamado fiebre del vapor metálico. El tamaño de las partículas en cuestión influye en la toxicidad de los vapores, pues las partículas más pequeñas presentan un peligro mayor. Además, muchos procesos producen vapores y varios gases, comúnmente dióxido de carbono, ozono y metales pesados, que pueden ser peligrosos sin la ventilación y la protección apropiados. Para este tipo de trabajos, se suele llevar mascarilla para partículas de clasificación FFP3, o bien mascarilla para soldadura. Debido al uso de gases comprimidos y llamas, en muchos procesos de soldadura se plantea un riesgo de explosión y fuego. Algunas precauciones comunes incluyen la limitación de la cantidad de oxígeno en el aire y mantener los materiales combustibles lejos del lugar de trabajo.

COSTOS Y TENDENCIAS

Como un proceso industrial, el coste de la soldadura juega un papel crucial en las decisiones de la producción. Muchas variables diferentes afectan el costo total, incluyendo el costo del equipo, el costo de la mano de obra, el costo del material, y el costo de la energía eléctrica. Dependiendo del proceso, el costo del equipo puede variar, desde barato para métodos como la soldadura de arco de metal blindado y la soldadura de oxi-combustible, a extremadamente costoso para métodos como la soldadura de rayo láser y la soldadura de haz de electrones. Debido a su alto costo, éstas son solamente usadas en operaciones de alta producción. Similarmente, debido a que la automatización y los robots aumentan los costos del equipo, solamente son implementados cuando es

necesaria la alta producción. El costo de la mano de obra depende de la velocidad de deposición (la velocidad de soldadura), del salario por hora y del tiempo total de operación, incluyendo el tiempo de soldar y del manejo de la pieza. El costo de los materiales incluye el costo del material base y de relleno y el costo de los gases de protección. Finalmente, el costo de la energía depende del tiempo del arco y el consumo de energía de la soldadura.

Para los métodos manuales de soldadura, los costos de trabajo generalmente son la vasta mayoría del costo total. Como resultado, muchas medidas de ahorro de costo se enfocan en la reducción al mínimo del tiempo de operación. Para hacer esto, pueden seleccionarse procedimientos de soldadura con altas velocidades de deposición y los parámetros de soldadura pueden ajustarse para aumentar la velocidad de la soldadura. La mecanización y la automatización son frecuentemente implementadas para reducir los costos de trabajo, pero con a menudo ésta aumenta el costo de equipo y crea tiempo adicional de disposición. Los costos de los materiales tienden a incrementarse cuando son necesarias propiedades especiales y los costos de la energía normalmente no suman más que un porcentaje del costo total de la soldadura.

En años recientes, para reducir al mínimo los costos de trabajo en la manufactura de alta producción, la soldadura industrial se ha vuelto cada vez más automatizada, sobre todo con el uso de robots en la soldadura de punto de resistencia (especialmente en la industria del automóvil) y en la soldadura de arco. En la soldadura robotizada, unos dispositivos mecánicos sostienen el material y realizan la soldadura, y al principio, la soldadura de punto fue su uso más común. Pero la soldadura de arco robótica ha incrementado su popularidad a medida que la tecnología ha avanzado. Otras áreas clave de investigación y desarrollo incluyen la soldadura de materiales distintos (como por ejemplo, acero y aluminio) y los nuevos procesos de soldadura. Además, se desea progresar en que

métodos especializados como la soldadura de rayo láser sean prácticos para más aplicaciones, por ejemplo en las industrias aeroespaciales y del automóvil. Los investigadores también tienen la esperanza de entender mejor las frecuentes propiedades impredecibles de las soldaduras, especialmente la microestructura, las tensiones residuales y la tendencia de una soldadura a agrietarse o deformarse.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

Las **Letras Negritas** indican términos Normalizados (en inglés), las letras normales (en español) indican términos No Normalizados para la American Welder Society – AWS (Sociedad americana de soldadura).

Acceptable weld (cordón aceptable).- Un cordón de soldadura que cumple los requisitos aplicables.

Alloy (aleación).- Una sustancia con propiedades metálicas y compuesta por dos o más elementos químicos del cual por lo menos uno de ellos, es un metal.

Arc Welding (AW) (Soldadura por arco eléctrico).- Un grupo de procesos de soldadura que producen coalescencia de piezas de trabajo calentándolos con un arco eléctrico. Los procesos son usados con o sin la aplicación de presión y con o sin metal de aporte.

Automatic welding (soldadura automática).- Soldadura con equipo que requiere o no, observación ocasional de la soldadura y no requieren ajustes manuales en los controles del equipo.

Backing Gas (gas de respaldo).- Respaldo en la forma de un gas de protección empleado primeramente para proveer una atmósfera protectora.

Brazing (B) (soldadura fuerte).- Un grupo de procesos de soldadura que produce coalescencia de materiales calentándolos a la temperatura de soldadura “brazing” en la presencia de un metal de

aporte que tiene una línea de líquidus por arriba de 450 °C (849 °F) y por abajo de la línea de solidus del metal base. El metal de aporte es distribuido entre las caras de las juntas (muy próximas una de la otra) por medio de la acción de capilaridad.

Crack (fisura).- Una discontinuidad tipo fisura caracterizada por una pico puntiagudo y alta razón en longitud y un ancho que abre por desplazamiento.

Crater (cráter).- Una depresión en la cara de soldadura en la terminación de un cordón de soldadura.

Defect (defecto).- Una discontinuidad o discontinuidades que por naturaleza o por efecto acumulado (por ejemplo longitud total de fisura) hacen una parte o un producto, indisponible para cumplir al mínimo la aceptación de normas o especificaciones. El término designa rechazo.

Discontinuity (Discontinuidad).- Una interrupción de la estructura típica de un material tal como la falta de homogeneidad y sus características mecánicas, metalúrgicas o físicas. Una discontinuidad no es necesariamente un defecto.

Electrode (electrodo).- Un componente del circuito eléctrico que termina en el arco eléctrico, escoria conductiva fundida o metal base.

Face bend test (Prueba de Doble de Cara).- Una prueba en la cual la cara de la soldadura está sobre la superficie convexa de un radio de doblez específico.

Filler material (material de aporte).- El material que será agregado en la realización de una junta soldada (soldadura, soldadura fuerte o blanda).

Filler metal (Metal de aporte).- El metal o aleación que se agrega en la realización de una junta soldada, por soldadura fuerte o blanda.

Fillet weld (soldadura de filete).- Una soldadura de sección transversal triangular aproximadamente, que une dos superficies con

ángulos aproximadamente rectos en una junta a traslape, en T o esquina.

Flux cored arc welding (FCAW) (Soldadura por arco con alambre tubulares).- Un proceso de soldadura por arco que usa un arco entre un electrodo de aporte continuo y el metal de soldadura. El proceso es usado con gas de protección desde un fundente contenido dentro del electrodo tubular, con o sin suministrado de protección adicional de gas externamente y sin la aplicación de presión.

Gas metal arc welding (GMAW) (Soldadura por Arco Metálico con Protección de Gas).- Un proceso de soldadura por arco que usa un arco entre un electrodo de metal de aporte continuo y el baño de soldadura. El proceso es usado con protección de un gas suministrado externamente y sin la aplicación de presión.

Gas tungsten arc welding (GTAW) (Soldadura por Arco Metálico con electrodo de tungsteno protegido con gas).- Un proceso de soldadura por arco que usa un arco entre un electrodo de tungsteno (no consumible) y el baño de soldadura. El proceso es usado con gas de protección y sin aplicación de presión.

Groove weld (soldadura de ranura).- Una soldadura hecha en una ranura sobre una superficie de la pieza de trabajo, entre los extremos de la superficies de la piezas de trabajo, o entre los extremos de la pieza de trabajo y las superficies.

Joint (Junta).- La unión de miembros o los bordes de miembros que están unidos o han sido unidos.

Joint design (diseño de junta).- La forma, dimensiones y configuración de la junta.

Manual welding (Soldadura Manual).- Soldadura con la antorcha, pistola, o porta electrodo tomado y manipulado con la mano.

Metal (Metal).- Sustancia química elemental, opaco y lustroso que es buen conductor de la electricidad, normalmente maleable, dúctil y más denso que otra sustancia elemental.

Nondestructive examination (NDE) (Evaluación No Destructiva).-

El acto de determinar la disponibilidad de un material o componente para su aplicación, usando técnicas que no afectan su funcionalidad.

Oxyacetylene welding (OAW) (Soldadura por Oxiacetileno).-

Un proceso de soldadura por gas – oxicombustible que usa acetileno como gas combustible. El proceso es usado sin la aplicación de presión.

Plasma arc welding (PAW) (Soldadura por arco plasma).-

Un proceso de soldadura por arco, que usa un arco restringido entre un electrodo no consumible y el baño de soldadura (arco transferido) o entre el electrodo y la boquilla de restricción (arco no transferido). La protección es obtenida de un gas ionizado emitido desde la antorcha, el cual puede ser suministrado por una fuente auxiliar de gas de protección. El proceso es usado sin la aplicación de presión.

Procedure qualification record (PQR) (Registro de la Calificación del Procedimiento).-

registro de calificación del procedimiento de soldadura fuerte y registro de calificación del procedimiento de soldadura.

Robotic welding (Soldadura robotizada).-

La soldadura que es ejecutada y controlada por medio de equipo robótico.

Root bend test (Prueba de doblez de raíz).-

Una prueba en la cual la raíz de soldadura está sobre la superficie convexa de una radio específico de doblez.

Semiautomatic welding (soldadura semiautomática).-

Soldadura manual con equipo que controla automáticamente uno o más condiciones de soldadura.

Shielded metal arc welding (SMAW) (Soldadura por arco metálico protegido).-

Un proceso de soldadura por arco, con un arco entre un electrodo recubierto y el baño de soldadura. El proceso es usado con la protección de la descomposición del recubrimiento del

electrodo, sin la aplicación de presión y con metal de aporte desde el electrodo.

Side bend test (Prueba de dobléz de lado).- Una prueba en la cual el lado de una sección transversal de la soldadura está sobre la superficie convexa de un radio de dobléz específico.

Submerged arc welding (SAW) (Soldadura por Arco Sumergido).- Un proceso de soldadura por arco que usa un arco o arcos entre uno o varios electrodos y el metal de soldadura. El arco y el metal fundido están protegidos por un manto de fundente granular sobre las piezas de trabajo. El proceso es usado sin presión y con metal de aporte desde el electrodo y alguna veces de una fuente suplementaria (varilla de soldadura, fundente o metal en granulo).

Welder performance qualification (Calificación de la habilidad del soldador). La demostración de la habilidad de un soldador u operario de soldadura para producir soldaduras en conformidad con la(s) norma(s) prescritas.

Welding procedure qualification record (WPQR) (Registro de calificación del procedimiento de soldadura). Un registro de variables de soldadura usadas a producir un ensamble soldado de prueba y los resultados de pruebas conducidas sobre el elemento soldado de prueba para calificar una Especificación de procedimiento de soldadura.

Welding procedure specification (WPS) (Especificación del procedimiento de soldadura). Un documento que suministra las variables de soldadura para una aplicación específica, para asegurar la repetibilidad por medio de soldadores y operado-res de soldadura entrenados apropiadamente.

3. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA

3.1. ANALISIS DE LA HERRAMIENTA

Para poder determinar las dimensiones del mecanismo de doblez, tenemos que respetar lo que nos manda el Código de Soldadura Estructural AWS D1.1 – 2010, en su capítulo 4, en su figura 4.15, donde están especificados los diámetros tanto del punzón como de la matriz. Estos valores se encuentran en la parte inferior de la figura 4.15 la cual mostramos a continuación.

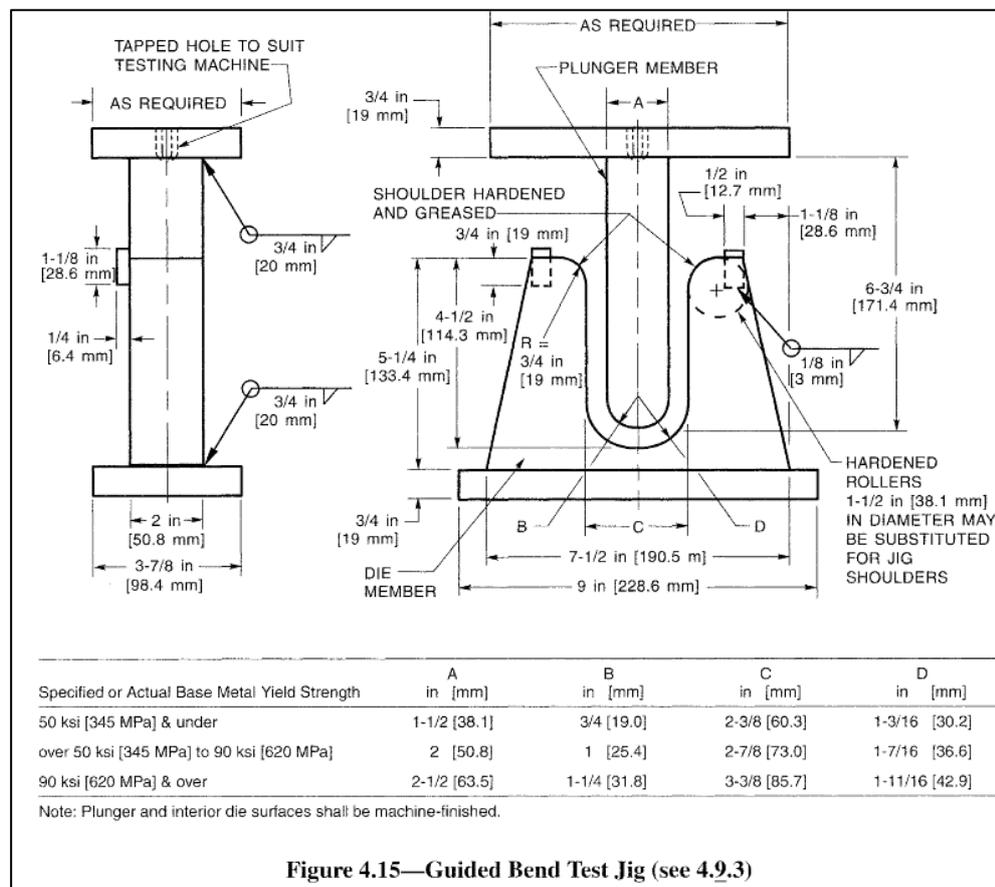


Figure 4.15—Guided Bend Test Jig (see 4.9.3)

Como podemos apreciar, el radio del punzón variará dependiendo del esfuerzo máximo de fluencia de cada material base soldado a ensayar (no considerar la del metal de aporte).

Esto nos permitirá determinar la ductilidad final entre el material base y el material de aporte; así como la buena fusión entre estos.

Teniendo en cuenta que los aceros más utilizados pertenecen al grupo I y al grupo II de la tabla 3.1 del Código de Soldadura Estructural AWS D1.1 – 2010, donde nos especifica los aceros y su

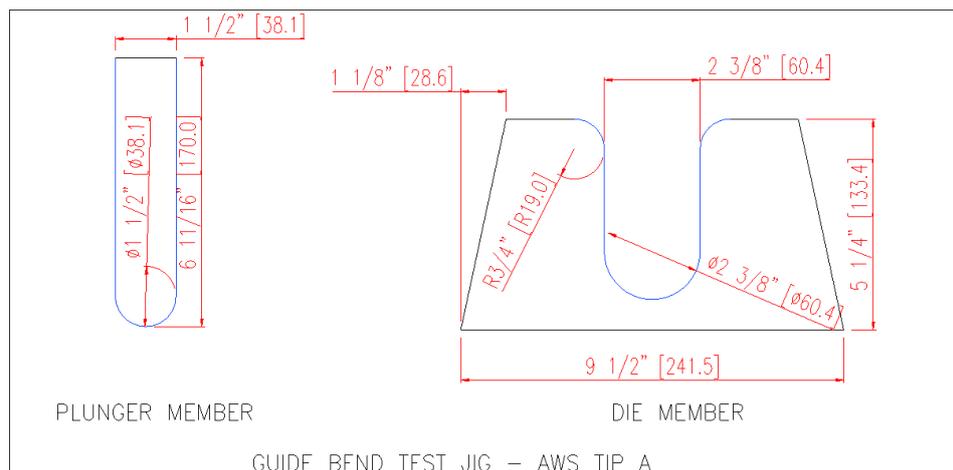
mínima resistencia a su límite elástico. Podemos verificar que en la mayoría de estos aceros, su límite elástico es de 50 ksi [345 MPa] o inferior.

Por lo tanto, para la fabricación del mecanismo de doblez, consideraremos las medidas indicadas para el doblez de un acero con estas propiedades mecánicas. Para esto consideraremos las medidas resaltadas:

Specified or Actual Base Metal Yield Strength	A in [mm]	B in [mm]	C in [mm]	D in [mm]
50 ksi [345 MPa] & under	1-1/2 [38.1]	3/4 [19.0]	2-3/8 [60.3]	1-3/16 [30.2]
over 50 ksi [345 MPa] to 90 ksi [620 MPa]	2 [50.8]	1 [25.4]	2-7/8 [73.0]	1-7/16 [36.6]
90 ksi [620 MPa] & over	2-1/2 [63.5]	1-1/4 [31.8]	3-3/8 [85.7]	1-11/16 [42.9]

Note: Plunger and interior die surfaces shall be machine-finished.

Para llevar a cabo se diseñara el punzón y la matriz con las siguientes medidas:



3.2. CONSTRUCCIÓN DE LA HERRAMIENTA

3.2.1. MATERIALES

Para esto son necesarios los siguientes materiales:

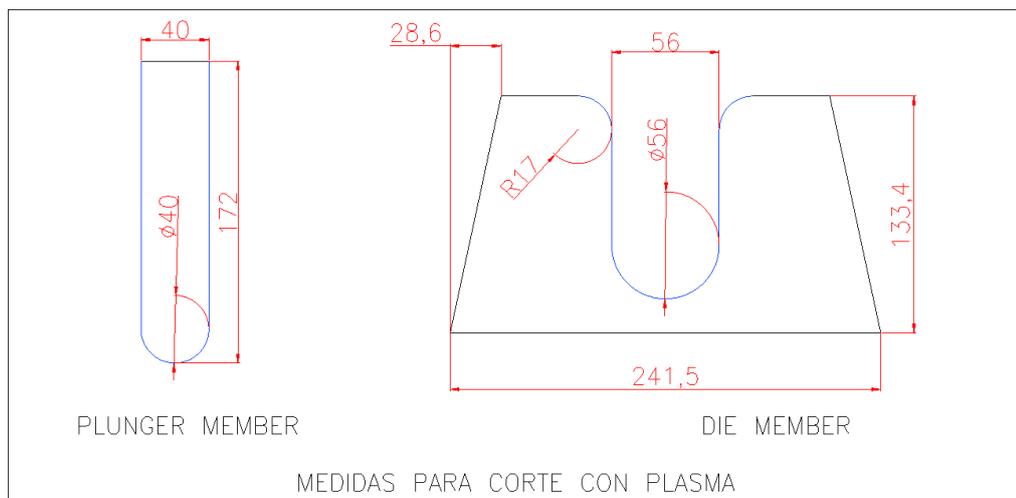
- Plancha de acero de 2" pulgadas de espesor.
- Plancha de acero de 3/4" de pulgada o 20 milímetros de espesor.
- Plancha de acero de 1/4" de pulgada o 6 milímetros de espesor.
- Barra de acero de 3/4" de pulgada o 20 milímetros de diámetro.
- Tuercas, arandelas planas y arandelas de presión M20.

- f) Gata hidráulica (tipo botella) de 2 Toneladas (mínimo) Altura máxima 250 mm.

3.2.2. HABILITADO DEL MATERIAL

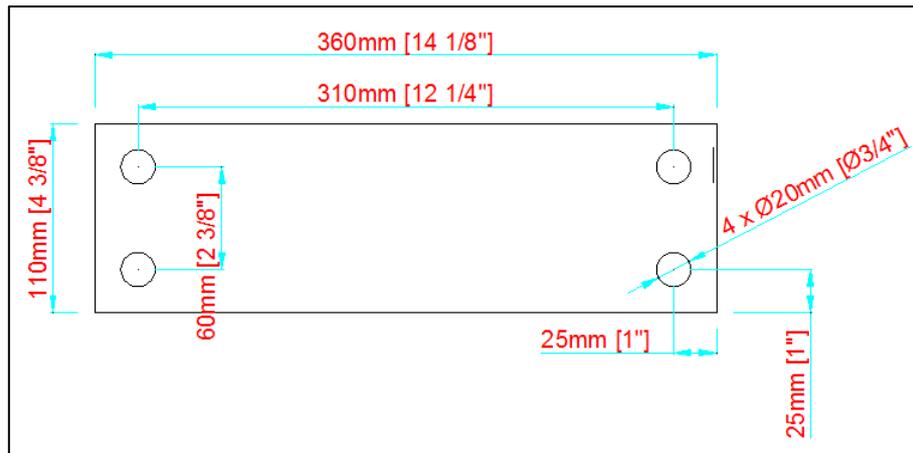
Para el corte de la plancha de 2" se procede a cortar la plancha con una máquina de corte CNC por arco de plasma. Para poder obtener las medidas finales requeridas, el corte se configurará para que se realice con una demasía de 2mm en el perímetro hacia la parte externa, para asegurar que, tanto el punzón como la matriz, tengan suficiente exceso para que después de realizar el servicio de maquinado y acabado de los radios internos y externos (solicitado por el código), se realice el rebaje y pulido final de las zonas de contacto, y darle el diámetro exacto final.

Se recomienda seguir las siguientes medidas brindadas:



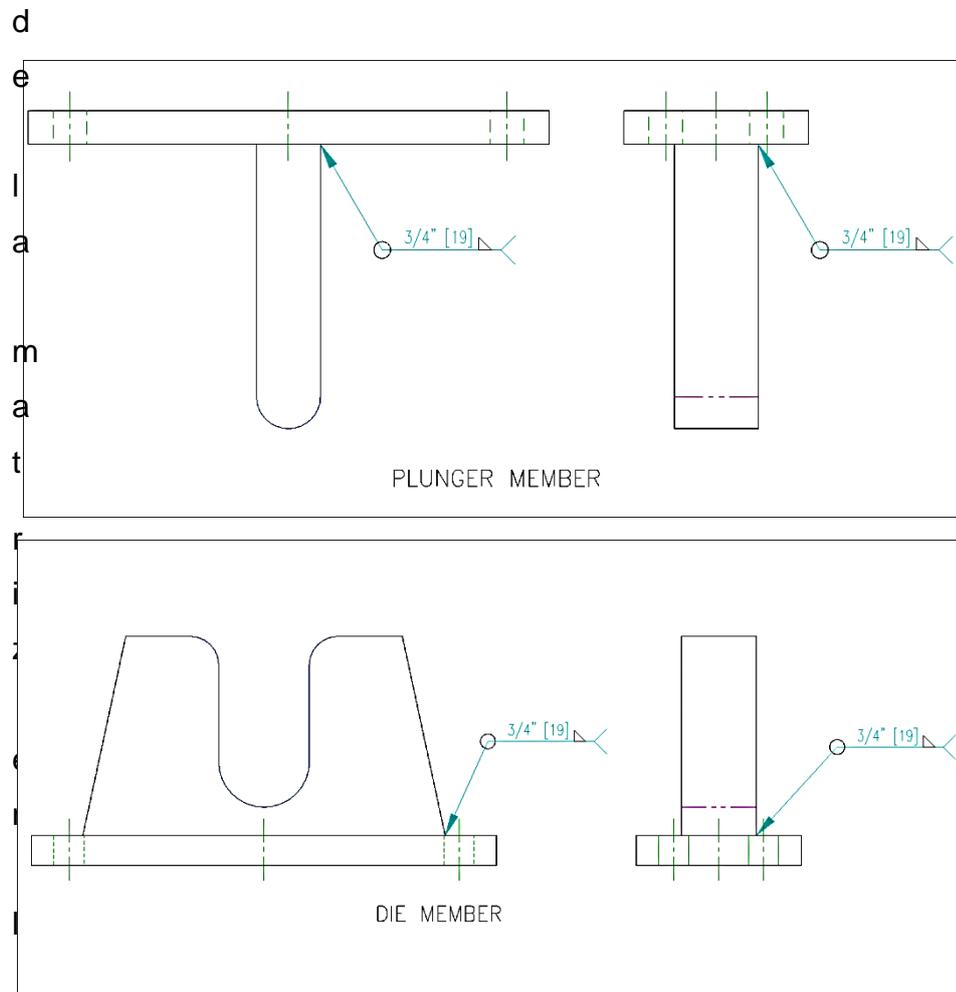
De esta manera conseguiremos asegurar que los lados a mecanizar (resaltados con líneas azules), tengas las medidas finales solicitadas por el código. Estas medidas finales son importantes, ya que nos asegurarán el correcto funcionamiento del mecanismo.

De la plancha de 20 mm de espesor, se necesitará habilitar 3 unidades con las siguientes medidas:



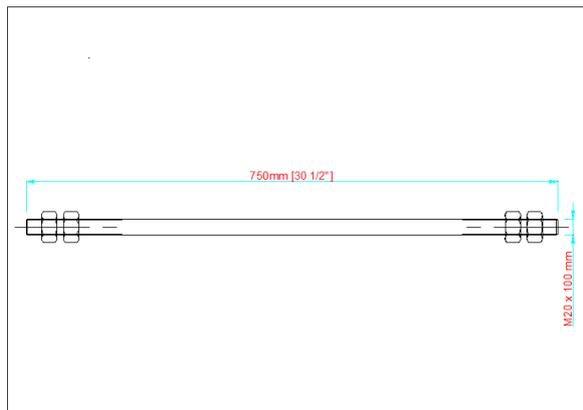
Tanto el punzón como la matriz, deberán de ser soldados a la parte central de cada unidad habilitada de la plancha de acero de 3/4" de pulgada o 20 milímetros de espesor, realizado una soldadura de filete en toda la base en contacto, dándole una acabado con un cateto de 19mm, detalle que también está indicado en la figura 4.15. del código.

A continuación, se muestra un detalle de la posición del punzón y

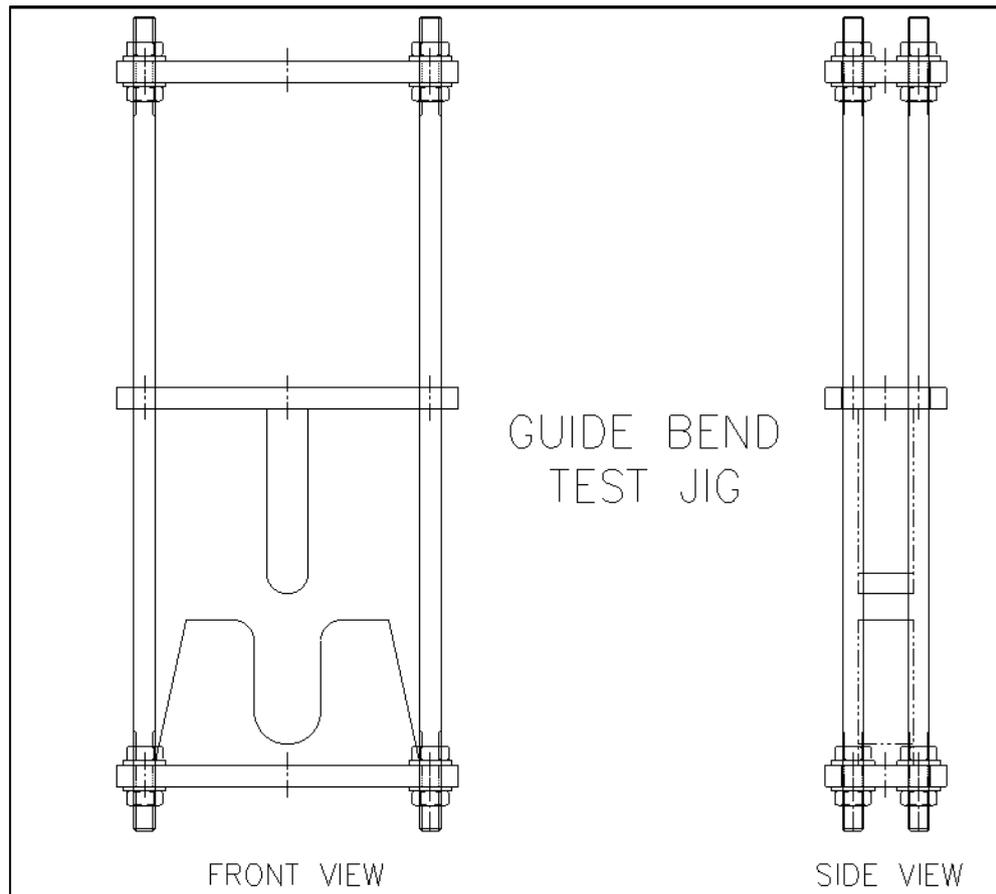


as placas rectangulares antes de realizar el soldeo:

Las perforaciones que se indican a los bordes de las placas, nos permitirán poder unir todos los elementos a través de las 4 barras de $\frac{3}{4}$ " de diámetro, en cuyos extremos mandaremos a fabricar roscar M20 por 100 mm de longitud. Para lo cual necesitamos de 4 tuercas y arandelas planas por cada barra a utilizar.



Finalmente se tendrá un mecanismo de doblez que tendrá una forma tal como el siguiente esquema:



Para poder realizar el ensayo de doblado, la probeta de doblado, extraída del espécimen de soldadura realizada, se posiciona entre el punzón y la matriz del mecanismo, de tal manera que la parte central de este, donde se encuentra el cordón de soldadura, haga contacto directo con el punzón.

Luego colocamos la gata hidráulica entre la placa donde se realizó el soldeo del punzón y la placa superior, de tal manera que se encuentre lo más centrado posible. Luego procedemos a realizar el ensayo accionando manualmente la gata hidráulica, hasta que la zona de la probeta, donde está el cordón de soldadura, se encuentre en contacto con la parte inferior de la zona mecanizada (curva) de la matriz.

3.3. REVISION Y CONSOLIDACION DE RESULTADOS

Para la interpretación de resultados y el criterio de aceptación de las probetas que fueron dobladas, se toma en cuenta el criterio

de aceptación requeridas por el Código de Soldadura Estructural AWS D1.1 – 2010, dentro del capítulo 4:

- *La superficie convexa del espécimen de ensayo doblado debe ser examinada visualmente para discontinuidades que excedan las siguientes dimensiones:*
 - *1/8 pulg. [3 mm] medida en cualquier dirección sobre la superficie.*
 - *3/8 pulg. [10 mm] – la suma de las dimensiones más grandes de todas las discontinuidades que excedan 1/32 pulg. [1 mm] pero menores e igual a 1/8 pulg. [3 mm].*
 - *1/4 pulg. [6 mm] – la máxima fisura de esquina, excepto cuando esta fisura de esquina resulte de una inclusión de escoria visible u otra discontinuidad de tipo fusión, entonces debe aplicarse un máximo de 1/8 pulg. [3 mm].*

*Los especímenes con fisura de esquina que exceden ¼ pulg. [6 mm] sin evidencia de inclusiones de escoria u otra discontinuidad de tipo fusión deben ser descartados, y se debe de ensayar un espécimen de reemplazo de la soldadura original.**

**Extracto 4.9.3.3 del Código Soldadura Estructural AWS D1.1-2010.*

Teniendo en cuenta los criterios de aceptabilidad requeridos por el código, después de haber realizado el ensayo de doblez de la probeta, se procederá a realizar la inspección visual para poder determinar si la probeta, es aceptada o rechazada.

Tener presente, que el mecanismo en sí, al estar sometido a esfuerzos de fricción y compresión en las zonas de contacto con las probetas de doblez, y al ser ambas de metal, sufrirán un desgaste acelerado, el cual será directamente proporcional al número de ensayos realizados y a la dureza del material a ensayar. Esto influirá en el tiempo de vida útil de esta herramienta.

CONCLUSIONES

Del presente trabajo se determinan las siguientes conclusiones:

- El aseguramiento de la calidad en las uniones soldadas, en este mercado metal mecánico, nos exige trabajar bajo estándares de fabricación internacionales (ASME, AWS, API, etc.), donde la calificación de soldadores y operarios de soldadura es algo mandatorio, y mediante este mecanismo, se realizarán de la manera correcta respetando, en este caso, las consideraciones y especificaciones requeridas por el Código de Soldadura Estructural AWS D1.1 – 2010.
- Tener presente que la fabricación de este mecanismo, si bien se realizó para la calificación de soldadores, cumple con todas los requerimientos especificados en la norma ASTM E190, y también puede ser utilizado para los en alcance de esta norma, con la cual también trabajan, otros códigos de fabricación y de referencia.
- Al estar sometido a esfuerzos de fricción y compresión con otros metales, el tiempo de vida útil de este mecanismo se verá reducido considerablemente, proporcionalmente al uso que se le brinde.

RECOMENDACIONES

Del presente trabajo se determinan las siguientes recomendaciones:

- Para poder competir en mercados internacionales y brindar el prestigio a nuestro país con estructuras fabricadas y montadas en diferentes partes del país y del mundo, se necesita implementar en las empresas metal mecánicas del Perú, que se trabajen con códigos y normas de fabricación internacional. Uno de los puntos importantes del uso de estas normas es la calificación de soldadores y operadores de soldadura y para ello es importante el uso de este mecanismo, el cual nos permitirá la calificación correcta, cumpliendo con las especificaciones y estándares que nos exigen.
- Debido a los grandes esfuerzos que reducirán la vida útil del mecanismo, se recomienda realizar un tratamiento térmico, que permita obtener una dureza superficial muy superior a la de los metales base de las probetas a realizar el ensayo de dobléz.

BIBLIOGRAFIA

- Código de Soldadura Estructural AWS D1.1-2010.
- Normas de Términos y definiciones de soldadura AWS A3.0.
- Símbolos Normalizados para Soldeo, Soldeo Fuerte y Examen No Destructivo ANSI/AWS2.4.
- Manual del Soldador – *Germán Hernández Riesco*.
- Wikipedia

ANEXOS

FIGURAS

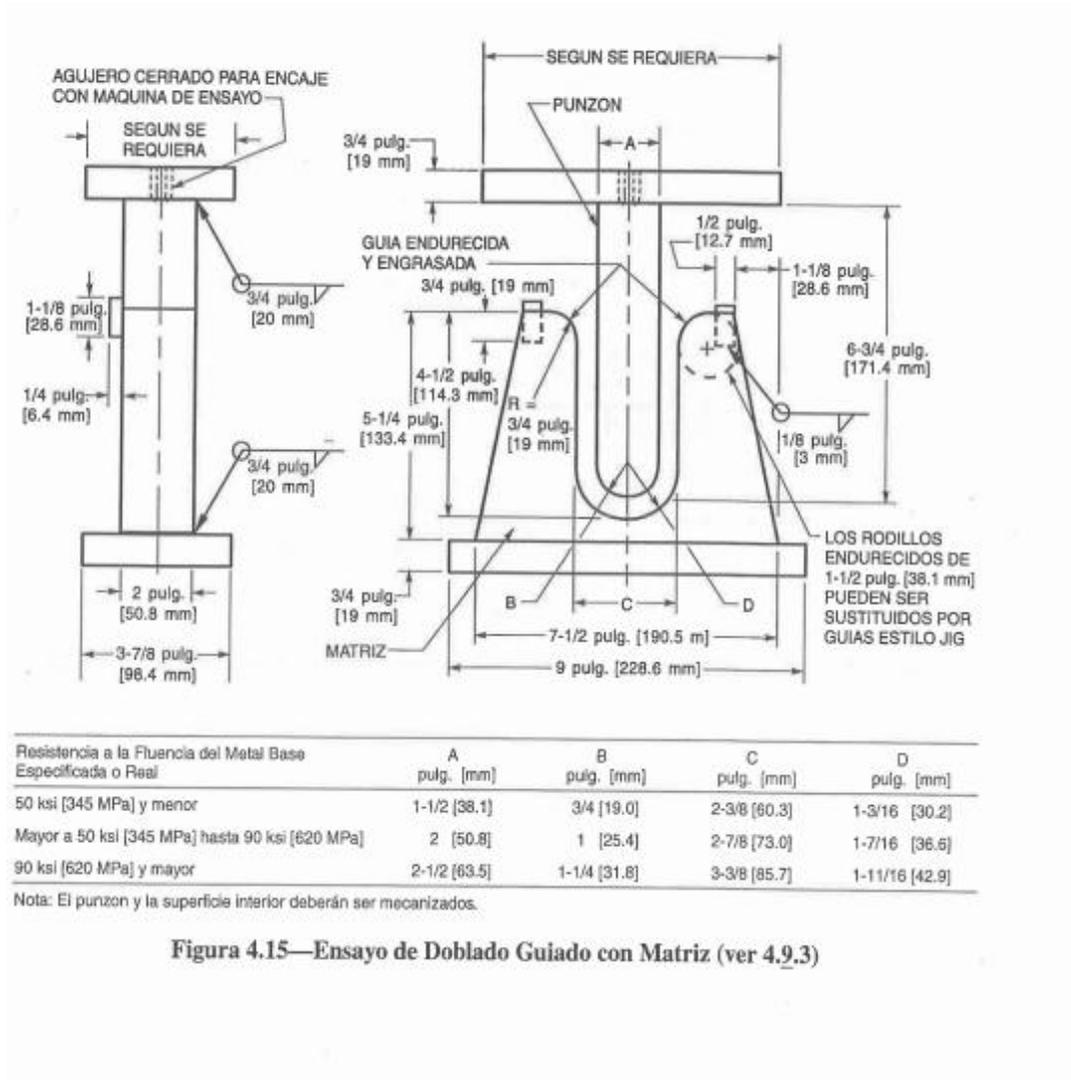
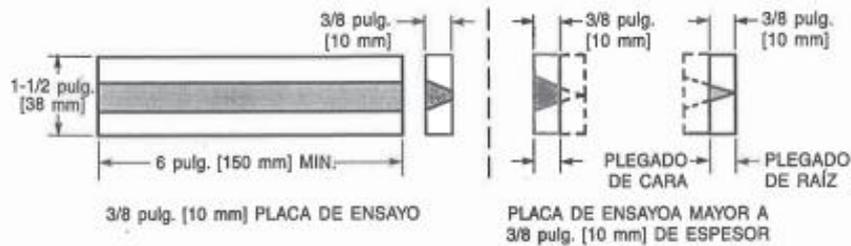
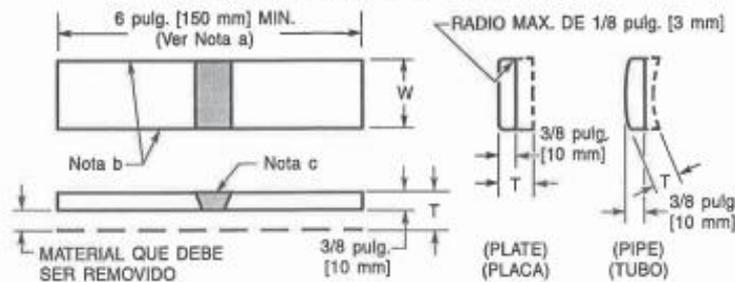


Figura 4.15—Ensayo de Doblado Guiado con Matriz (ver 4.9.3)



(1) MUESTRA DE PLEGADO LONGITUDINAL



(2) MUESTRA DE PLEGADO TRANSVERSAL

Dimensiones	
Cupón de Soldadura	Ancho de Muestra de Ensayo, W en pulg. [mm]
Placa	1-1/2 [40]
Tubería o tubo de ensayo ≤ 4 pulg. [100 mm] de diámetro	1 [25]
Tubería o tubo de ensayo > 4 pulg. [100 mm] de diámetro	1-1/2 [40]

^a Puede ser necesario una muestra de mayor longitud cuando se usa un dispositivo de doblado tipo envolvente o cuando se ensaya usando acero con una resistencia fluencia de 90 ksi [620 MPa] o mayor.

^b Estos bordes pueden ser cortados térmicamente y pueden o no ser maquinados.

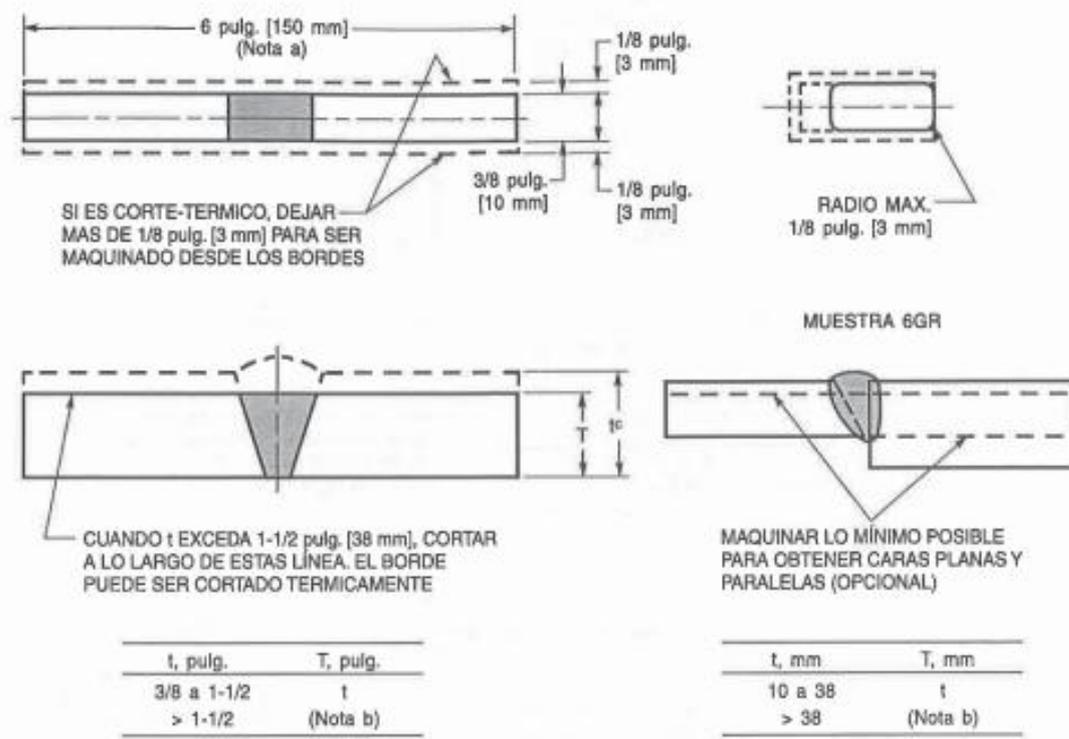
^c El respaldo y refuerzo de la soldadura, en caso de que sea existente, debe ser eliminado al ras con la superficie de la muestra (ver 5.24.3.1 y 5.24.3.2). Si se usa un respaldo empobrado, esta superficie puede ser maquinada a una profundidad mayor a la profundidad del rebajo para remover el respaldo en tal caso, el espesor de la muestra final debe ser el especificado arriba. Las superficies cortadas deben ser lisas y paralelas.

Notas:

1. T = espesor de placa o de tubo.

2. Cuando el espesor de la placa de ensayo es menor a 3/8 pulg. [10 mm], se debe usar el espesor nominal para los dobleces de las caras y raíces.

Figura 4.12—Muestras de Doblado de Cara y Raíz (ver 4.9.3.1)

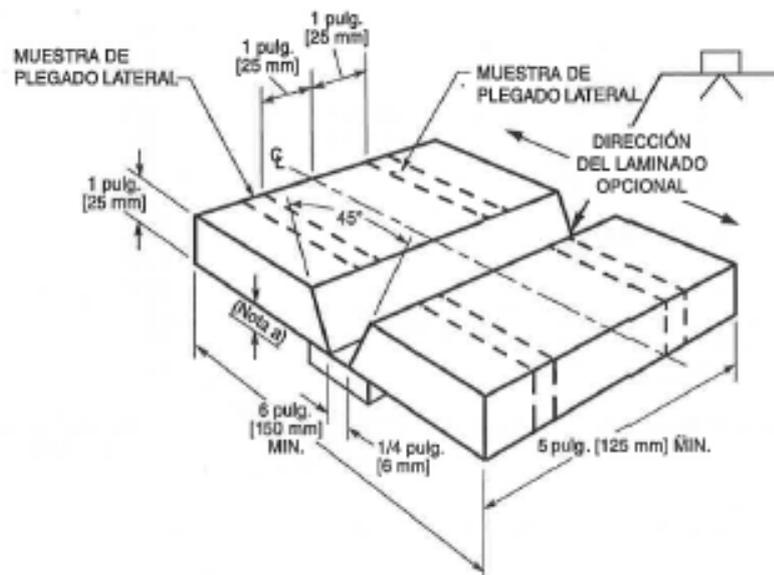


^a Puede ser necesario una muestra de mayor longitud cuando se usa un accesorio flexible de tipo envolvente o cuando se ensayo usando acero con una resistencia fluencia de 90 ksi [620 MPa] o mayor.

^b Para placas de espesor mayor a 1-1/2 pulg. [38 mm], la muestra debe ser cortada en tiras aproximadamente iguales con un T entre 3/4 pulg. [20 mm] a 1-1/2 pulg. [38 mm] y después probar cada tira.

^c t = espesor de placa o tubo.

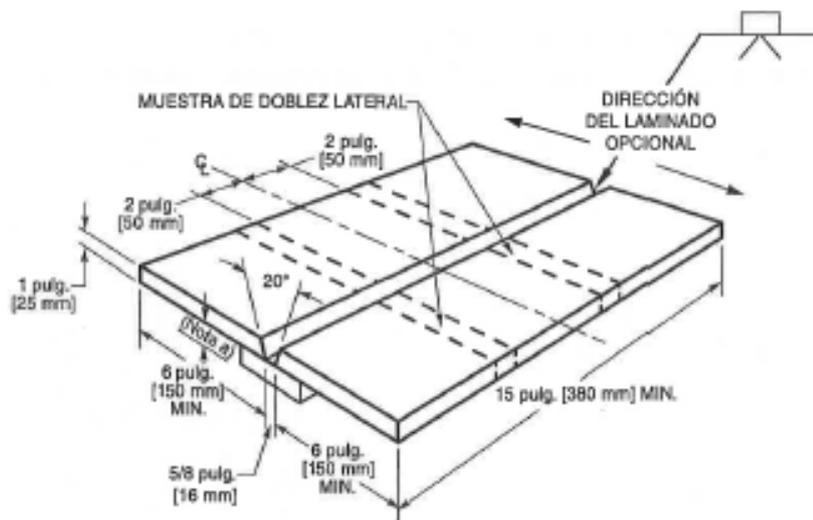
Figura 4.13—Muestras de Doblado de Lado (ver 4.9.3.1)



¹ El espesor de respaldo debe ser de 1/4 pulg. [6 mm] mínimo hasta 3/8 pulg. [10 mm] máximo. El ancho del respaldo debe ser de 3 pulg. [75 mm] mínimo, cuando no se retira para RT, y si no de 1 pulg. [25 mm] mínimo.

Nota: Cuando se usa RT, no deben haber puntos de soldadura en el área de ensayo.

Figura 4.21—Placa de Ensayo para Espesor Ilimitado—Calificación de Soldador (ver 4.24.1)



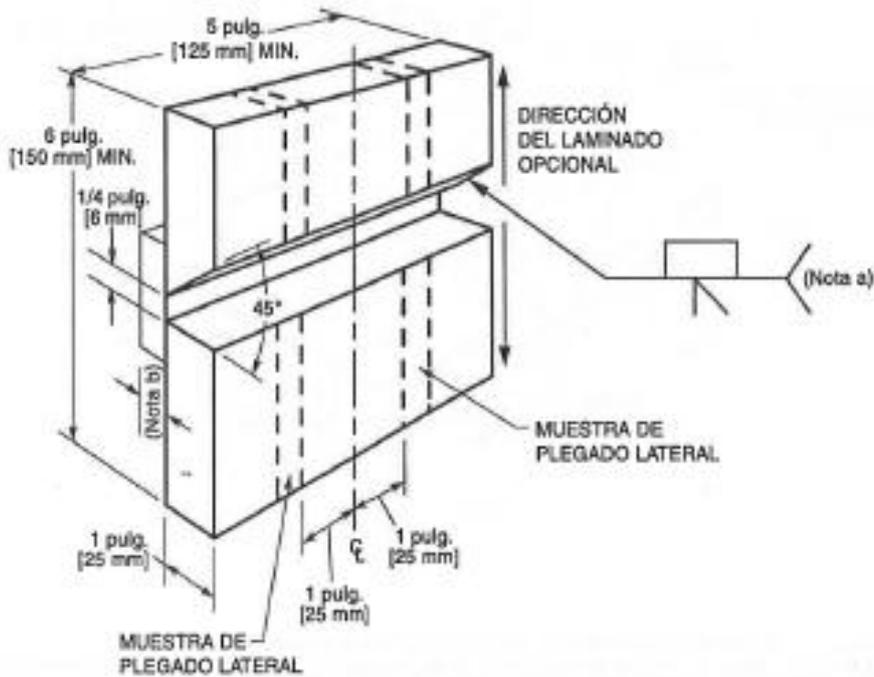
El espesor de respaldo debe ser de 3/8 pulg. [10 mm] mínimo hasta 1/2 pulg. [12 mm] máximo. El ancho del respaldo debe ser de 3 pulg. [75 mm] mínimo, cuando no se retira para RT, y si no de 1-1/2 pulg. [40 mm] mínimo.

Notas:

1. Cuando se usa RT, no deben haber puntos de soldadura en el área de ensayo.

2. La configuración de una junta calificada WPS se puede usar en conjunto con la configuración de canal que se muestra en esta figura.

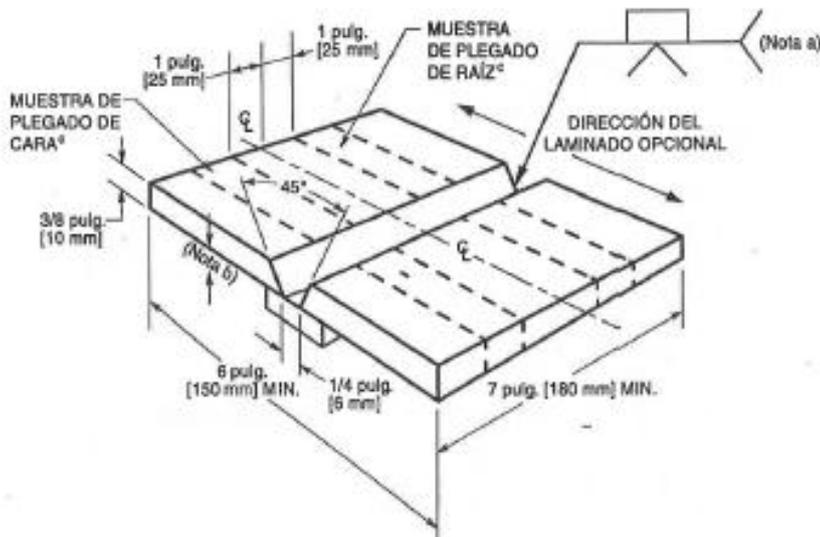
**Figura 4.22—Placa de Ensayo para Espesor Ilimitado—
Calificación de Operador de Soldaduras (ver 4.24.2)**



^a Cuando no se usa RT, no debe haber soldaduras de punteado en el área de ensayo.

^b El espesor del respaldo debe ser 1/4 pulg. [6 mm] mínimo hasta 3/8 pulg. [10 mm] máximo. El ancho del respaldo debe ser 3 pulg. [75 mm] mínimo cuando no se remueve para RT, en caso contrario 1 pulg. [25 mm] mínimo.

**Figura 4.30—Ensayo de Placa Opcional con Espesor Ilimitado—
Posición Horizontal—Calificación de Soldador (ver 4.24.1)**

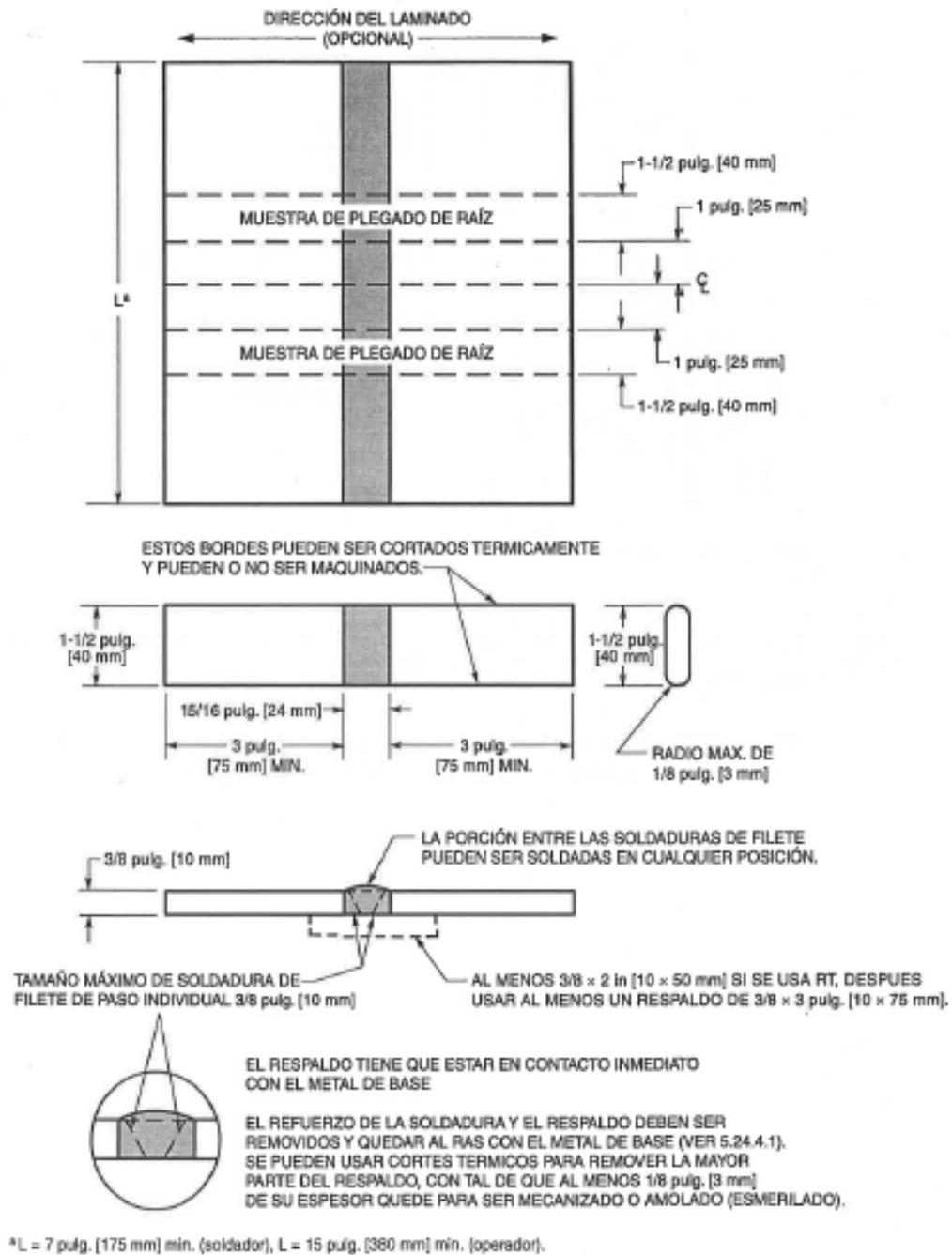


^a Cuando no se usa RT, no debe haber soldaduras de punteado en el área de ensayo.

^b El espesor del respaldo debe ser 1/4 pulg. [6 mm] mínimo hasta 3/8 pulg. [10 mm] máximo; el ancho del respaldo debe ser 3 pulg. [75 mm] mínimo cuando no se remueve para RT, en caso contrario 1 pulg. [25 mm] máximo.

^c Para placa de 3/8 pulg. [25 mm], la ensayo de doblado lateral puede ser sustituida por cada una de los ensayos de doblado de cara y raíz.

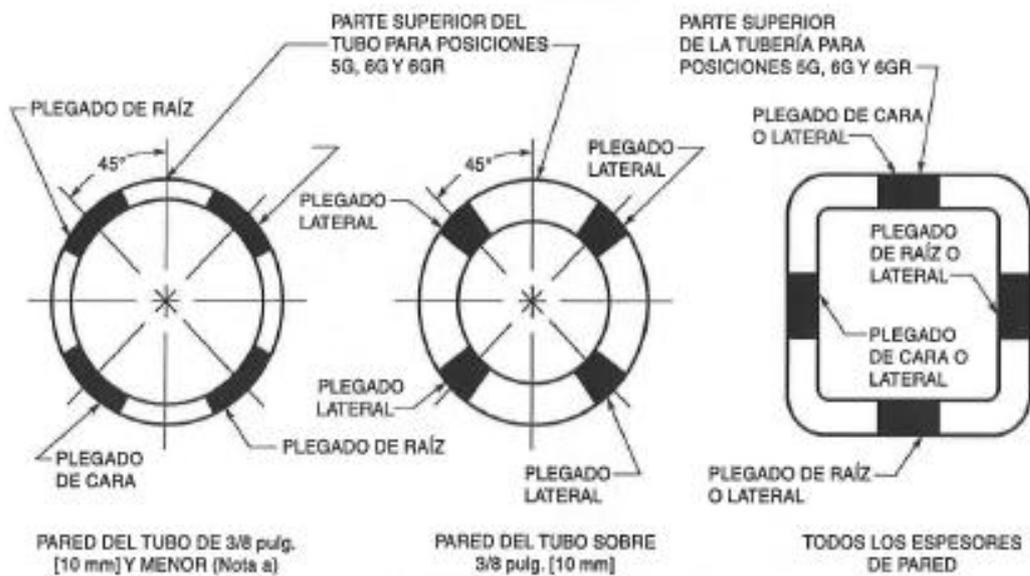
**Figura 4.31—Ensayo de Placa Opcional con Espesor Ilimitado—
Todas Las Posiciones—Calificación de Soldador (ver 4.24.1)**



**Figura 4.33—Ensayo de Placa de Doblado de Soldadura de Filete en Raíz—
Soldador u Operador—Opción 2 (ver 4.29 o 4.26)**



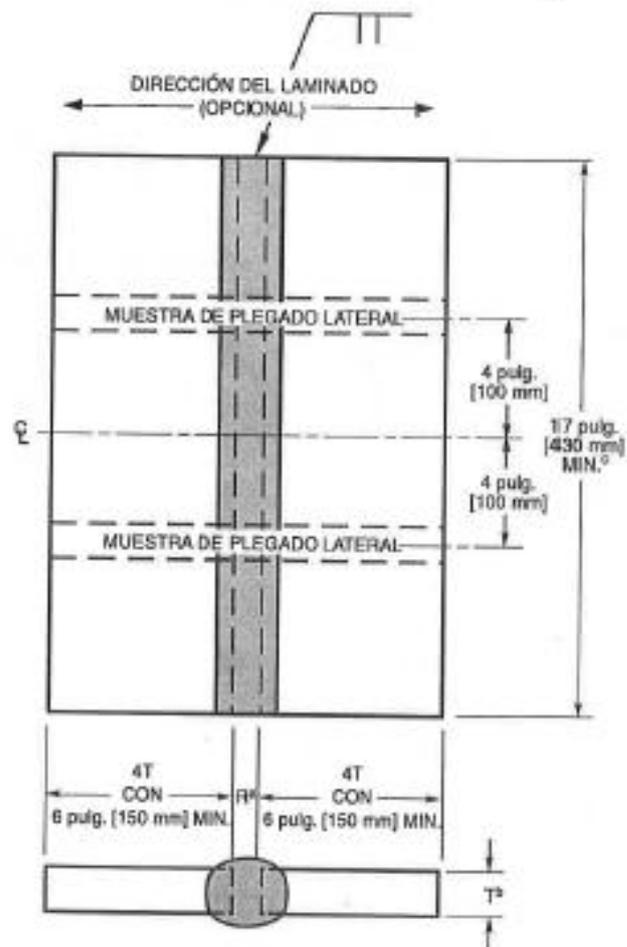
ESPECIMENES PARA LAS POSICIONES 1G Y 2G



ESPECIMENES PARA POSICIONES 5G, 6G, Y 6GR

*Para espesores de pared de 3/8 pulg. [10 mm], un ensayo de doblado lateral puede ser sustituido por cada ensayo de doblado de cara y raíz requeridas.

Figura 4.34—Localización de Muestras de Ensayo en Tubos Soldados Tubulares o Rectangulares—Calificación de Soldador (ver 4.20.1.2)



* Separación de raíz "R" establecido por WPS.

^b T = Máximo de soldadura en construcción pero no necesita exceder a 1-1/2 pulg. [38 mm].

^c Las extensiones no se deben usar si la junta es de un largo suficiente para proporcionar 17 pulg. [430 mm] de soldadura sana.

Figura 4.36—Junto a Tope para la Calificación de Operador de Soldaduras—ESW y EGW (ver 4.24.2)