



SECRETARIA DE COMERCIO

Y

FOMENTO INDUSTRIAL

NORMA MEXICANA

NMX-B-172-1988

**METODOS DE PRUEBA MECANICOS PARA PRODUCTOS DE
ACERO.**

MECHANICAL TESTS FOR STEEL PRODUCTS

DIRECCION GENERAL DE NORMAS

INDICE

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION.
2. REFERENCIAS.
3. DEFINICIONES.
4. RECOMENDACIONES GENERALES.
5. ORIENTACION DE LAS PROBETAS.
 - 5.1.1 Prueba longitudinal.
 - 5.1.2 Prueba transversal.
 - 5.2.1 Prueba radial.
 - 5.2.2 Prueba tangencial.
6. PROBETAS.
 - 6.1 Selección.
 - 6.1.1 Aceros laminados.
 - 6.1.2 Aceros forjados.
 - 6.1.3 Aceros vaciados
 - 6.2 Dimensiones y tolerancias
 - 6.3 Obtención de las probetas.
 - 6.4 Envejecimiento de las probetas.
 - 6.5 Dimensiones de las probetas.
 - 6.5.1 Probetas estándar de sección rectangular para la prueba de tensión
 - 6.5.2 Probetas estándar de sección circular para la prueba de tensión.
 - 6.5.3 Probetas tipo plancha.

- 6.5.4 Probetas tipo lámina.
- 6.5.5 Probetas de sección circular.
- 7. MARCAS DE CALIBRACION.
- 8. APARATOS DE PRUEBA Y OPERACIONES.
 - 8.1 Sistema de aplicación de la carga.
 - 8.2 Aplicación de la carga.
 - 8.3 Velocidad de prueba.
- 9. DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES A LA TENSION.
 - 9.1 Resistencia a la tensión.
 - 9.2 Limite de fluencia.
 - 9.2.1.1 Caída de la viga o brazo indicador, o detención de la aguja indicadora.
 - 9.2.1.2 Método del diagrama autográfico.
 - 9.2.2.1 Método del alargamiento visible.
 - 9.2.2.2 Método del alargamiento especificado.
 - 9.3 Resistencia de fluencia.
 - 9.3.1 Método de extensión bajo carga,
 - 9.3.2 Método de la deformación especificada (offset).
 - 9.4 Alargamiento.
 - 9.5 Reducción de área
- 10. PRUEBA DE DOBLADO.
- 11. PRUEBA DE DUREZA.
 - 11.2 Prueba de dureza Brinell.
 - 11.3 Aparatos portátiles para la prueba de dureza.

- 11.4 Prueba de dureza Rockwell
- 12. PRUEBA DE IMPACTO TIPO CHARPY.
- 13. METODO DE PRUEBA PARA BARRAS DE ACERO
- 14. METODO DE PRUEBA PARA PRODUCTOS TUBULARES DE ACERO.
- 15. METODO DE PRUEBA PARA TORNILLERIA DE ACERO.
- 16. METODO DE PRUEBA PARA ALAMBRE REDONDO.
- 17. METODO DE PRUEBA A LA TENSION DE CABLE DE SIETE ALAMBRES SIN RECUBRIMIENTO, RELEVADO DE ESFUERZOS PARA CONCRETO PRESFORZADO.
- 18. DETERMINACION DE LA TENACIDAD DEL ACERO POR MEDIO DE LA TEMPERATURA DE TRANSICION.
- 19. DETERMINACION DE LA TENACIDAD DE RANURA Y DE LA TEMPERATURA DE -TRANSICION MEDIANTE LA EXPANSION LATERAL.
- 20. PROCEDIMIENTO PARA CONVERTIR EL PORCENTAJE DE ALARGAMIENTO DE UNA PROBETA ESTANDAR PLANA.
- 21. NOTAS SOBRE EL SIGNIFICADO DE LA PRUEBA DE IMPACTO SOBRE LAS BARRAS RANURADAS.
 - 21.1 Comportamiento de la ranura.
 - 21.2 Efecto de la ranura.
 - 21.3 Efecto del tamaño.
 - 21.4 Efecto de las condiciones de prueba.
 - 21.5 Velocidad de deformación.
 - 21.6 Correlación con servicio.
- 22. BIBLIOGRAFIA.

METODOS DE PRUEBA MECANICOS PARA PRODUCTOS DE ACERO.

MECHANICAL TESTS FOR STEEL PRODUCTS

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION.

Esta Norma Mexicana establece los procedimientos para las pruebas mecánicas de productos de acero forjados y vaciados. Algunas de estas pruebas son aplicables a fundiciones de hierro. Las pruebas que se describen se emplean para determinar las propiedades mecánicas especificadas en las normas de producto.

En la determinación de las propiedades mecánicas del acero deben evitarse variaciones en los métodos de prueba y deben seguirse procedimientos normalizados, si se desea obtener resultados reproducibles y comparables.

Se incluyen las siguientes pruebas mecánicas: Sección

| | |
|----------------|------|
| Tensión ————— | 9 |
| Doblado ————— | 10 |
| Dureza ————— | 11 |
| Brinell ————— | 11.2 |
| Rockwell ————— | 11.4 |
| Impacto ————— | 12 |

En los incisos que se citan a continuación, se proporcionan los métodos de prueba particulares para algunos productos:

| | |
|----------------------------------|----|
| Perfiles ————— | 13 |
| Productos tubulares ————— | 14 |
| Tornilleria ————— | 15 |
| Alambre de sección redonda ————— | 16 |

Se incluye también en los incisos 18 y 19 un método para determinar la tenacidad del acero.

2. REFERENCIAS.

Esta norma se complementa con las siguientes Normas Mexicanas vigentes:

| | |
|-----------|---|
| NMX-B-116 | "Determinación de la dureza Brinell en materiales metálicos". |
| NMX-B-119 | "Industria siderúrgica. Dureza Rockwell y Rockwell superficial en productos de hierro y acero. Método de Prueba". |
| NMX-B-120 | "Prueba de impacto tipo Charpy para acero". |
| NMX-B-309 | "Nomenclatura para términos usados en los métodos de prueba mecánicos". |
| NMX-B-313 | "Método de prueba para determinar por penetración la dureza de materiales metálicos, usando aparatos portátiles". |

3. DEFINICIONES.

Para las definiciones de términos, tales como resistencia a la tensión, límite de fluencia, resistencia de fluencia, alargamiento y reducción de área, y otros relacionados con esta norma, debe consultarse la NMX-B-309.

4. RECOMENDACIONES GENERALES.

4.1 Ciertos procesos de fabricación, tales como doblado formado, soldado u operaciones que involucren calentamiento, pueden afectar las propiedades del material bajo prueba. Así pues, las normas del producto indican la etapa de proceso en la cual debe realizarse la prueba mecánica. Las propiedades determinadas al probar un material antes de la fabricación no son necesariamente representativas del producto, una vez que esta terminado.

4.2 Las probetas con un maquinado o preparación inadecuado pueden -conducir a resultados erróneos, por lo que debe tenerse cuidado para asegurar un buen acabado. Las probetas que no estén maquinadas correctamente deben descartarse y sustituirse.

4.3 Si cualquier probeta muestra defectos superficiales, debe tomarse en cuenta la posibilidad de una doble prueba, según lo indique la Norma aplicable ya que tales defectos pueden afectar los resultados de la prueba.

4.4 Si en cualquier probeta, la falla ocurre debido a desperfectos mecánicos atribuibles al equipo de prueba, debe descartarse y sustituirse por otra.

5. ORIENTACION DE LAS PROBETAS.

5.1 Los términos prueba longitudinal y prueba transversal se usan únicamente en las normas de productos forjados, y no son aplicables a productos de acero vaciado.

Para el propósito de esta norma, cuando se hagan tales referencias con respecto a una probeta deben aplicarse las siguientes definiciones:

5.1.1 Prueba longitudinal.

Significa que el eje longitudinal de la probeta es paralelo a la dirección de mayor extensión del producto durante el laminado o forjado. El esfuerzo aplicado a una probeta para la prueba de tensión longitudinal es en dirección de su máxima extensión y el eje del mandril de doblado para una probeta longitudinal es normal a la dirección de máxima extensión (ver figuras 1, 2a y 2b).

5.1.2 Prueba transversal.

Significa que el eje longitudinal o de mayor dimensión de la probeta es perpendicular a la dirección de máxima extensión del acero durante las operaciones de laminado o forjado. El esfuerzo aplicado a una probeta de tensión transversal, es perpendicular a su máxima extensión, y el eje del mandril de doblado para una probeta transversal es paralelo a la dirección de máxima extensión (ver figura 1).

5.2 Los términos de prueba radial y prueba tangencial se usan en las normas de algunos productos forjados redondos, y no se aplican a productos de acero vaciado. Cuando se hagan tales referencias con respecto a una probeta, deben aplicarse las siguientes definiciones:

5.2.1 Prueba radial.

Significa que el eje longitudinal de la probeta es perpendicular al eje del producto y coincide con uno de los radios de un círculo trazado, tomando como centro un punto del eje del producto (ver figura 2a).

5.2.2 Prueba tangencial.

Significa que el eje longitudinal de la probeta es perpendicular a un plano que contenga los ejes del producto y que sea tangente a un círculo trazado, tomando como centro el punto del eje del producto (ver figuras 2a, 2b, 2c y 2d).

6. PROBETAS.

6.1 Selección.

La muestra para las pruebas debe tomarse como se indique en la norma del producto.

6.1.1 Aceros laminados.

Los productos de acero laminados se prueban usualmente en dirección longitudinal, pero en algunos casos donde las dimensiones lo permitan y el servicio lo justifique, la prueba se realiza en la dirección transversal radial o tangencial (ver figuras 1 y 2).

6.1.2 Aceros forjados.

Para forjas de dado abierto, el metal para la prueba de tensión usualmente se obtiene permitiendo salientes o prolongaciones a uno o ambos lados de las forjas, ya sea en todas o en un número representativo como lo indiquen las normas aplicables del producto. Las probetas normal mente se toman a medio radio. En algunas normas de producto permiten el uso de una barra representativa, o bien, la destrucción de una parte de la producción para propósitos de prueba. Para forjas en forma de anillo o de disco, el metal para la prueba se obtiene aumentando el diámetro, el espesor o la longitud de la forja. Los discos recalcados o anillos forjados que son trabajados o extendidos por la forja en una dirección perpendicular al eje del forjado usualmente tienen su principal extensión a lo largo de círculos concéntricos; para tales forjas se obtienen probetas tangenciales del metal extra de la periferia o del extremo de la forja. Para algunas forjas tales como rotores se requiere efectuar pruebas radiales de tensión. En tales casos las probetas se cortan o se separan de lugares especificados.

6.1.3 Aceros vaciados.

Las muestras de acero vaciado de las cuales van a prepararse las probetas para prueba de tensión, deben vaciarse junto con la pieza cuando sea práctico. Si el diseño de la pieza fundida es tal que las muestras no pueden obtenerse simultáneamente las muestras deben vaciarse por separado (ver figura 3 y tabla 1).

6.2 Dimensiones y tolerancias.

Las dimensiones y tolerancias para las probetas normales deben ser tal y como se muestran en las figuras 4 a 8. La selección de las dimensiones y tipo de la probeta se indica en la norma de producto. Las probetas de sección completa deben probarse con una longitud calibrada de -200 mm excepto cuando se indique otra cosa en la norma particular del producto.

6.3 Obtención de las probetas.

Las probetas deben obtenerse de porciones del material, ya sea cortando aserrando, trepanando o cortando con soplete. Generalmente, se maquinan de manera que se obtenga una sección transversal reducida en la parte central de la muestra, a fin de obtener una distribución uniforme del esfuerzo sobre la sección transversal y localizar la zona de fractura.

Cuando las muestras son cortadas, aserradas o cortadas con soplete, debe tenerse cuidado de eliminar mediante el maquinado todas las zonas distorsionadas de las áreas trabajadas en frío o afectadas por el calor para que los resultados de la prueba no sean alterados.

6.4 Envejecimiento de las probetas

A menos que se especifique otra cosa debe permitirse envejecer las probetas. El ciclo de tiempo y temperatura empleado debe ser tal, que los

efectos de los procesos previos no se modifiquen. Esto puede lograrse envejeciendo a temperatura ambiente entre 24 h y 48 h o un tiempo más corto a temperaturas moderadamente elevadas las cuales se logran colocando la probeta en agua hirviendo, calentándola en aceite o en una estufa.

6.5 Dimensiones de las probetas

6.5.1 Probetas estándar de sección rectangular para la prueba de tensión.

Esta forma de probetas se muestra en las figuras 4 y 5. Para determinar el área de la sección transversal, debe medirse el ancho en el centro con una aproximación de 0.13 mm para la longitud calibrada de 200 mm (ver figura 4) y 0.03 mm para la probeta de longitud calibrada de 50 mm que se muestra en la figura 5, El espesor de la parte central debe medirse con una aproximación de 0.03 mm para ambas probetas.

6.5.2 Probetas estándar de sección circular para la prueba de tensión.

6.5.2.1 Esta forma de probeta se muestra en las figuras 6 y 7. Para determinar el área de la sección transversal, debe medirse el diámetro en el centro de la longitud calibrada con una aproximación de 0.03 mm.

6.5.2.2 Las probetas deben ser de sección completa o maquinadas según se indique en la norma del producto.

6.5.2.3 Las probetas preparadas inadecuadamente, a menudo dan resultados erróneos. Es importante, por lo tanto, que se tenga el mayor cuidadosamente en la preparación de las probetas particularmente en el maquinado, para asegurar un buen acabado.

6.5.2.4 Para provocar la fractura en el centro de la longitud calibrada, es conveniente tener la menor área transversal en este punto; esto se logra mediante el desvanecimiento que tienen cada una de las probetas descritas en las siguientes secciones.

6.5.2.5 Para materiales frágiles es conveniente tener un radio grande en la zona de transición entre la zona de sujeción y la longitud calibrada.

6.5.3 Probetas tipo plancha.

Las probetas estándar tipo plancha se muestran en la figura 4. Esta probeta se usa para probar materiales metálicos en forma de plancha, perfiles estructurales, barras con un espesor nominal de 4.76 mm o mayor.

Cuando las normas del producto lo permitan pueden usarse otros tipos de probetas.

Cuando se indique en la norma del producto, puede usarse la probeta de la figura 4 con 200 mm de longitud calibrada, para lámina y tira.

6.5.4 Probetas tipo lámina. Las probetas estándar tipo lámina se muestran en la figura 5. Esta probeta se usa para probar materiales metálicos en forma de lámina, plancha, alambre plano, tira, bandas y fleje que tengan un espesor nominal que varíe de 0.127 mm a 15.87 mm. Cuando la norma del producto lo permita, puede usarse otro tipo de probeta, como se indica en 6.5.3.

6.5.5 Probetas de sección circular.

6.5.5.1 La probeta estándar de sección circular de 12.50 mm de diámetro que se muestra en la figura 6, se usa, generalmente, para la prueba de materiales metálicos, ya sea vaciados, laminados o forjados.

6.5.5.2 En la figura 6 se muestran probetas más pequeñas y proporcionales a la estándar, las cuales pueden usarse cuando es necesario probar material del cual la probeta estándar o las probetas que se muestran en las figuras 4 y 5 no pueden prepararse. Pueden utilizarse otras dimensiones para las probetas de sección circular más pequeña; en tales casos, la longitud calibrada debe ser cuatro veces el diámetro de la probeta (ver nota 4 de la figura 6).

6.5.5.3 La forma de los extremos de la probeta fuera de la longitud calibrada debe ser adecuada al material de tal forma, que se ajuste a los mecanismos de sujeción de la máquina de prueba, a fin de que la carga pueda aplicarse axialmente.

La figura 7 muestra probetas con varios tipos de extremos de sujeción que han dado resultados satisfactorios.

7. MARCAS DE CALIBRACION.

7.1 Las probetas que se muestran en las figuras 4, 5, 6 y 8, deben marcarse mediante punzón, rayadores o algún otro medio adecuado. El propósito de estas marcas de calibración es determinar el por ciento de alargamiento. Las marcas efectuadas con punzón deben ser ligeras, agudas y la distancia entre ellas debe medirse con precisión. En las probetas duras las marcas de calibración pueden provocar fracturas.

7.1.1 Las marcas para medir el alargamiento después de la fractura, deben efectuarse en el lado plano o en el canto de la probeta plana para la prueba de tensión y dentro de la

sección paralela, para la probeta de 200 mm de longitud calibrada (ver figura 4); opcionalmente pueden usar, se marcas intermedias de calibración a lo largo de la probeta.

7.1.2 Las probetas rectangulares con una longitud calibrada de 50 mm figura 5) y de sección circular (ver figura 6) se marcan mediante un punzón de doble punto, o por un sistema adecuado. En ambos casos, los -puntos marcados deben estar aproximadamente equidistantes del centro de la longitud de la sección reducida. Las mismas precauciones deben observarse cuando la probeta es de sección completa.

8. APARATOS DE PRUEBA Y OPERACIONES.

8.1 Sistema de aplicación de la carga.

8.1.1 Existen dos tipos de sistema de aplicación de la carga: mecánico (tornillo de poder) e hidráulico. Estos sistemas difieren principalmente en la variabilidad de la velocidad de aplicación de la carga. El más -antiguo o sea el de tornillo de poder, está limitado a un pequeño número de diferentes velocidades entre cabezales. Algunos mecanismos más modernos de tornillo de poder y todas las máquinas hidráulicas permiten una variación continua a través de todo el intervalo de velocidad.

8.1.2 La máquina para pruebas de tensión debe mantenerse en buenas condiciones de operación, usarse únicamente en el intervalo adecuado de carga y calibrarse periódicamente con sistemas apropiados.

8.1.3 Algunas máquinas están equipadas con registradores autográficos de carga-deformación que permiten obtener curvas de esfuerzo-deformación. Debe hacerse notar que algunos registradores tienen un dispositivo medidor de carga completamente independiente del de la máquina de prueba; tales registradores se calibran por separado.

8.2 Aplicación de la carga.

Una de las funciones de las mordazas o mecanismos de sujeción de la máquina de prueba, es el transmitir la carga por medio de los cabezales de la máquina a la probeta bajo prueba. El requisito esencial es que la carga debe aplicarse axialmente. Esto implica que las mordazas estén alineadas, con el eje de la probeta al principio y durante la prueba tanto como sea posible y que se reduzca a un mínimo el peligro de una aplicación no axial de la carga.

La sujeción de la probeta está restringida a la sección que queda fuera de la longitud calibrada; en el caso de algunos materiales que se prueben en sección completa, es inevitable una acción no axial que en tal caso es permisible.

8.3 Velocidad de prueba.

8.3.1 La velocidad de prueba no debe ser mayor de aquella a la que puedan efectuarse las lecturas de carga y deformación cuando esté realizándose la prueba; la velocidad se expresa comúnmente.

- 1) En términos de velocidad de separación o acercamiento de los cabezales de la máquina (relación de movimiento del cabezal cuando no está bajo carga).
- 2) En términos de relación de separación de los cabezales de la máquina bajo carga.
- 3) En relación de velocidad de aplicación de esfuerzo sobre la probeta

La velocidad de prueba puede expresarse también en términos de relación de deformación de la probeta, lo cual no es práctico en máquinas que se usan (para probar durante la producción. Se recomiendan las siguientes limitaciones a la velocidad de prueba como adecuadas para la mayoría de los productos de acero:

8.3.2 Hasta la mitad del límite de fluencia especificado puede usarse cualquier velocidad de prueba; cuando se llega a este punto, la velocidad de separación de los cabezales bajo carga debe ajustarse de manera que no exceda de 1.57 mm por minuto por cada 25.40 mm de longitud calibrada, o bien de la distancia entre mordazas para probetas a las que no se ha reducido su sección. Esta velocidad debe mantenerse a través de la zona de fluencia. Para determinar la resistencia a la tensión, 3as velocidades de separación bajo carga no deben exceder de 12.70 mm por minuto por cada 25.40. mm de longitud calibrada.

8.3.3 Se permite ajustar la velocidad de la máquina de prueba fijando la velocidad de separación entre los cabezales de la máquina sin carga, siempre y cuando la velocidad de separación de los cabezales bajo carga sea menor que los valores antes especificados de velocidad de separación sin carga.

8.3.4 Como una alternativa, si la máquina está equipada con un aparato que indique la velocidad de aplicación de la carga, la velocidad de la máquina puede ajustarse a partir de la mitad del límite de fluencia especificado para aplicar el esfuerzo a una velocidad que no exceda de 686 MPa (70 kgf/mm² por minuto), y la velocidad mínima para aplicar el esfuerzo es 70 MPa (7 kgf/mm² por minuto).

9. DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES A LA TENSION.

9.1 Resistencia a la tensión.

9.1.1 La prueba de tensión consiste en someter una probeta maquinada o con la sección original del producto, a una carga cuantificada y suficiente para causar una ruptura (ver figura 2).

9.1.2 La resistencia a la tensión debe calcularse dividiendo la carga máxima que soporta la probeta durante la prueba entre su área original transversal.

9.2 Límite de fluencia.

9.2.1 Para materiales que tienen un diagrama de esfuerzo-deformación bien definido y en los que se identifica fácilmente el límite de fluencia, éste debe determinarse por alguno de los métodos que se describen en 9.2.1.1 y 9.2.1.2.

9.2.1.1 Caída de la viga o brazo indicador, o detención de la aguja indicadora.

Cuando se usa una máquina con nivel y contrapeso, se aplica a la probeta una carga creciente a una velocidad uniforme; el operador mantiene la viga en balance moviendo el contrapeso a una velocidad (aproximada mente) uniforme. Cuando se alcanza el límite de fluencia en el material, el aumento de la carga se interrumpe, pero el operador corre el contrapeso un poco más allá de la posición de balance, y la viga de la máquina cae por un breve pero apreciable intervalo de tiempo. Cuando se emplea una máquina equipada con carátula indicadora de carga, hay una detención de la aguja indicadora, lo que corresponde a la caída de la viga. La carga en el momento de la caída de la viga o de la detención de la aguja indicadora se registra como la correspondiente al límite de fluencia.

9.2.1.2 Método del diagrama autográfico.

Cuando se obtiene un diagrama esfuerzo-deformación en el que se define bien la zona de fluencia, el esfuerzo correspondiente a la parte superior de la rodilla de la curva (ver figura 9) o el esfuerzo al cual la curva cae, se considera como el límite de fluencia.

9.2.2 Método de extensión total bajo carga.

Cuando las probetas no exhiben una deformación desproporcionada que caracterice el límite de fluencia como se mide con la caída de la o detención de la aguja indicadora descritos en 9.2.1.1 y 9.2.1.2, puede obtenerse un valor equivalente al límite de fluencia, en su significado práctico, mediante alguno de los siguientes métodos; este valor puede considerarse como el límite de fluencia.

9.2.2.1 Método del alargamiento visible.

En este método, el operador con un compás de alargamiento o aparato similar, anota los alargamientos detectables entre las dos marcas de calibración de la probeta. Cuando se observa un alargamiento ostensible se registra la carga en ese instante, y el esfuerzo correspondiente a la carga se considera como el límite de fluencia.

Las marcas de calibración seleccionadas para esta determinación no se encontrarán espaciadas a más de 50 mm, aún en probetas de mayores longitudes calibradas.

9.2.2.2 Método del alargamiento especificado.

Se fija a la probeta un extensómetro adecuado, y cuando la carga produce un alargamiento especificado se habrá alcanzado el esfuerzo correspondiente a la carga que debe considerarse como límite de fluencia (ver figura 10).

Para aceros con un límite de fluencia especificado no mayor de 552 MPa (56 kgf/mm²) es un valor apropiado 0.27 mm por cada 25.40 mm² de longitud calibrada. Para valores mayores de 552 MPa (57 kgf/mm²) este método no es válido a menos que el alargamiento total se tome en cuenta, y para tales materiales debe especificarse preferentemente el esfuerzo de fluencia.

9.3 Resistencia de fluencia.

La resistencia de fluencia debe determinarse por cualquiera de los métodos descritos en los siguientes incisos:

9.3.1 Método de extensión bajo carga.

En las pruebas para determinar la aceptación o rechazo de materiales cuyos diagramas esfuerzo-deformación son bien conocidos por pruebas previas en materiales similares y para los cuales se realizaron diagramas esfuerzo-deformación, la deformación total correspondiente al esfuerzo al cual ocurre la deformación especificada se conocerá dentro de límites satisfactorios. El esfuerzo en la probeta cuando se ha alcanzado esta deformación total es el valor correspondiente al esfuerzo de fluencia. La deformación total puede obtenerse satisfactoriamente mediante el uso de un extensómetro adecuado.

Se recomienda que este método aproximado sea usado únicamente cuando la norma particular del producto lo permita (ver figura 10).

9.3.2 Método de la deformación permanente especificada (Offset).

9.3.2.1 Para determinar la resistencia de fluencia por este método, es necesario contar con datos (gráfica automática o numérica) con los cuales pueda trazarse un diagrama esfuerzo-deformación, sobre el cual (figura 11) se trazará una línea "om" igual al valor especificado de deformación trazando "mn" paralelo a "O-A" y localizando la intersección de "mn" con la curva esfuerzo-deformación (r), esto indicará la carga "R" que es la correspondiente a la resistencia de - fluencia.

Al informar los valores obtenidos por este método, debe especificarse la deformación que se empleó entre paréntesis, después del término resistencia de fluencia.

Ejemplo:

Resistencia de fluencia (0.2% deformación) = 357 MPa (36 kgf/mm²).

Cuando se usa este método, el extensómetro que se emplee debe ser lo suficientemente sensible.

Si la carga disminuye antes de alcanzar la deformación especificada, puede considerarse la carga máxima alcanzada antes de la deformación especificada como la correspondiente a la resistencia de fluencia.

El límite de proporcionalidad puede definirse como un valor especial de la resistencia de fluencia (ver NMX-B-309).

9.3.2.2 Un método alternativo para determinar la resistencia de fluencia en productos tubulares, mediante la prueba transversal, es el de anillo hidráulico de expansión descrito en 14.3.1.

La magnitud apropiada de extensión bajo carga, variará conforme a las características particulares del acero bajo prueba.

En general, el valor de extensión bajo carga aplicable a aceros de cualquier nivel de resistencia a la tensión, puede determinarse de la suma de la deformación proporcional más la deformación plástica esperada, para la resistencia de fluencia especificada, y debe usarse la siguiente fórmula:

Extensión bajo carga en milímetros por milímetros de longitud calibrada es igual a

$$\frac{R_F}{E} + r$$

En donde

R_F = resistencia de fluencia especificada en MPa (kgf/mm²)

E = módulo de elasticidad en MPa (kgf/mm²).

r = deformación plástica limitada, en milímetros por milímetros.

9.4 Alargamiento

9.4.1 Los extremos de la probeta fracturada deben ajustarse cuidadosamente, y la distancia entre las marcas de calibración debe medirse con una aproximación de 0.25 mm para longitudes calibradas de 50 mm y menores, con una aproximación hasta de 0.5% de la longitud calibrada para longitudes calibradas mayores de 50 mm.

El alargamiento es el aumento de la longitud de la zona calibrada expresado como un porcentaje de la longitud calibrada original. Para informar sobre los valores de alargamiento, deben citarse tanto el porcentaje de aumento, como la longitud calibrada original.

9.4.2 Si cualquier parte de la fractura se presenta fuera de las dos cuartas partes centrales de la longitud calibrada en las marcas de calibración o fuera de la sección reducida, el valor de alargamiento puede no ser representativo del material. Si el alargamiento medido en estas condiciones satisface los requisitos mínimos especificados, no se requiere prueba posterior. Si no cumple con los requisitos mínimos especificados, esta prueba debe descartarse y efectuarse otra.

9.5 Reducción de área.

Los extremos de la probeta fracturada deben ajustarse cuidadosamente y el diámetro medio o el ancho y grueso de la más pequeña sección -transversal deben medirse con la misma exactitud que las dimensiones originales. La diferencia de área así encontrada con respecto al área original transversal, expresada como porcentaje del área original, es la reducción de área.

10. PRUEBA DE DOBLADO.

10.1 La prueba de doblado tiene por objeto evaluar la ductilidad, pero no puede considerarse como un medio cuantitativo para predecir las características de servicio en operaciones de doblado. La severidad de esta prueba es una función del ángulo de doblez y del diámetro interior sobre el que se dobla la probeta así como de la sección transversal de la misma. Estas condiciones varían conforme a la localización y orientación de las probetas su composición química, propiedades de resistencia a la tensión, dureza, tipo y calidad del acero especificado.

10.2 A menos que se especifique de otra manera, se permite envejecer las probetas para la prueba de doblado. El ciclo tiempo temperatura empleado, debe ser tal, que los efectos de los procesos previos no se vean afectados; esto puede lograrse envejeciendo a temperatura ambiente de 24 h a 48 h, o bien manteniendo la probeta un - tiempo más corto a temperatura moderadamente elevada, por ejemplo introduciéndola en agua hirviendo, calentándola en aceite o en un horno.

10.3 La probeta debe doblarse a temperatura ambiente, sobre un mandril cuyo diámetro se indica en la norma aplicable al producto, hasta el grado de doblez especificado y sin que se presenten grietas en la parte exterior de la porción doblada; generalmente la velocidad de esta prueba no es un factor importante.

11. PRUEBA DE DUREZA.

11.1 La prueba de dureza es un medio para determinar la resistencia a la penetración y ocasionalmente se emplea para obtener una aproximación de la resistencia a la tensión. En la tabla 3 se encuentran los valores para conversión de dureza de una escala a otra, así como los datos aproximados de la resistencia a la tensión correspondiente. Existen varios métodos para determinar dureza, los más comunes son el Brinell y el Rockwell.

11.2 Prueba de dureza Brinell.

11.2.1 Consiste en aplicar una carga especificada a una superficie plana de la probeta bajo prueba, mediante un balín duro de diámetro especificado. El diámetro promedio de la huella del balín se usa como base para el cálculo del número de dureza. El cociente de la carga aplicada entre el área de la superficie de la huella, que se supone es esférica, se llama número de dureza Brinell, y se calcula con la siguiente formula:

$$DB = \frac{P}{\frac{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}{2}}$$

Donde:

DB = número de dureza Brinell.

p = carga aplicada en kilogramos.

D = diámetro, en milímetros del balín.

d = Diámetro promedio de la huella, en milímetros.

11.2.2 El número de dureza Brinell puede obtenerse de tablas que muestran los número DB que corresponden a los posibles diámetros de la huella; usualmente estos números están indicados en incrementos de 0.05 mm.

11.2.3 Para la prueba Brinell normal en el caso de materiales duros se usa un balín de 10 mm de diámetro y se emplea una carga de 3 000 kg, para secciones delgadas o materiales suaves se usa una carga de 1,500 ó 500 kg (ver inciso 14.4.2). Pueden usarse otras cargas y diferentes tamaños de balines cuando así se especifique. Para informar los valores de dureza, debe citarse el diámetro del balín y la carga utilizada, excepto cuando se empleó balín de 10 mm de diámetro y carga de 3 000 kg. Debe especificarse adecuadamente un intervalo de dureza, únicamente para materiales templados y revenidos, o normalizados y revenidos. Para los materiales recocidos debe especificarse únicamente un máximo y para los materiales normalizados puede especificarse un mínimo o un máximo mediante acuerdo entre comprador y vendedor. En general no deben aplicarse requisitos de dureza a materiales que no se sometan a tratamiento térmico. Cuando no se especifiquen propiedades a la tensión, y se llegue a ese acuerdo, la dureza Brinell puede substituir a las pruebas de tensión, a fin de facilitar la prueba de un gran número de piezas del mismo lote.

11.2.4 Aparatos.

El equipo debe cumplir con los siguientes requisitos:

11.2.4.1 Máquina de prueba.

Una máquina de prueba Brinell es aceptable únicamente dentro del intervalo en el cual su mecanismo de medición de carga proporcione una exactitud de un 3%.

11.2.4.2 Microscopio micrométrico.

El microscopio micrométrico o su equivalente para medir el diámetro de la huella debe dar un error máximo de 0.02 mm a través de todo el intervalo que cubra.

11.2.4.3 Balín estándar.

El balín estándar para la prueba de dureza debe ser de 10 mm de diámetro con una tolerancia de 0.01 mm sobre cualquiera de sus Un balín adecuado para este uso no debe mostrar un cambio permanente en su diámetro mayor de 0.01 mm, cuando se comprima con una fuerza 29 430 MP (3 000 kg), contra la probeta.

11.2.5 Probeta.

Las pruebas de dureza Brinell se efectúan sobre áreas previamente preparadas, de las cuales debe removerse suficiente material superficial para eliminar la zona descarburada y otras irregularidades. El grueso de la probeta debe ser tal, que no aparezca ninguna marca que muestre el efecto de la carga en el lado opuesto a la huella.

11.2.6 Procedimiento

11.2.6.1 Es esencial que las normas aplicables al producto, indiquen claramente la posición en la cual debe hacerse la prueba de dureza así como el número de huellas que se requieran. La distancia del centro de la huella a la orilla de la probetas o de otra huella debe ser cuando menos 3 veces su diámetro.

11.2.6.2 La carga debe aplicarse durante un mínimo de 10 s, y deben medirse dos diámetros de la huella a ángulos rectos, con una aproximación de 0.1 mm, estimados hasta 0.05 mm y promediados hasta 0.05 mm.

Si los dos diámetros difieren en más de 0.1 mm, la lectura debe descartarse y efectuarse una nueva prueba.

11.2.6.3 Los balines de acero no deben usarse para materiales que tengan una dureza arriba de 444 DR ni deben usarse balines de carburo para materiales con una dureza arriba de 627 DB; por lo que la prueba Brinell no es recomendable para materiales con una dureza DB mayor de 627.

11.2.7 Procedimiento detallado.

Para los requisitos detallados de esta prueba, debe consultarse la NMX-B-116.

11.3 Aparatos portátiles para la prueba de dureza.

11.3.1 Bajo ciertas circunstancias es deseable usar un aparato portátil Brinell que esté calibrado para dar resultados equivalentes a aquéllos de una máquina Brinell estándar.

11.3.2 Procedimiento detallado.

Para los requisitos detallados sobre la prueba de dureza con aparatos portátiles, debe consultarse la NMX-B-313.

11.4 Prueba de dureza Rockwell.

11.4.1 En esta prueba se obtienen los valores de dureza usando una máquina de prueba de lectura directa, que mide la profundidad de penetración en la probeta de una punta de diamante o de un balín de acero bajo ciertas condiciones establecidas. Se aplica primero una carga pequeña de 10 kg, la cual causa una penetración inicial ajusta el penetrador sobre el material y lo mantiene en posición.

A continuación se aplica una carga mayor (que depende de la escala que se esté usando) que aumenta la profundidad de la huella; se quita esta carga y con la carga pequeña aún actuando, se lee directamente en la carátula calibrada el número de dureza Rockwell, que es proporcional a la diferencia de penetración entre la carga mayor y la menor; este es un número arbitrario que aumenta con la dureza, las escalas más frecuentemente usadas son las siguientes:

| Escala | Penetrador | Carga mayor, en Kg | Carga menor, en Kg |
|--------|------------------|--------------------|--------------------|
| B | Balín de 1.59 mm | 100 | 10 |
| C | Diamante | 150 | 10 |

11.4.2 Las máquinas Rockwell para dureza superficial se usan para probar piezas de acero muy delgadas o bien la dureza de capas superficiales. Para este tipo de prueba se aplican de 15, 30 ó 45 kg, mediante un balín de acero o un penetrador de diamante, con lo cual se cubren los mismos intervalos de dureza que con cargas mayores; las escalas para medir la dureza superficial son las siguientes:

| Escala | Penetrador | Carga mayor en Kg | Carga menor, en Kg |
|--------|------------------|-------------------|--------------------|
| 15T | Balín de 1.59 mm | 15 | 3 |
| 30T | Balín de 1.59 mm | 30 | 3 |
| 45T | Balín de 1.59 mm | 45 | 3 |
| 15N | Diamante | 15 | 3 |
| 30N | Diamante | 30 | 3 |

| | | | |
|-----|----------|----|---|
| 45N | Diamante | 45 | 3 |
|-----|----------|----|---|

11.4.3 Informe

Para informar sobre los valores de dureza, el símbolo de la escala debe siempre preceder al número de dureza; ejemplo: B96, C40, 15N 75 ó 30T 77.

11.4.4 Bloques de calibración.

Las máquinas deben ser verificadas para tener la seguridad de que están en buenas condiciones, por medio de los bloques patrón Rockwell.

11.4.5 Procedimientos detallados.

Para los requisitos detallados de esta prueba debe consultarse la NMX-B-119.

12. PRUEBA DE IMPACTO TIPO CHARPY.

12.1 La prueba de impacto es una prueba dinámica en la cual una probeta seleccionada, cuya superficie ha sido rectificada o pulida, generalmente ranurada, se rompe de un solo golpe en una máquina de prueba diseñada especialmente y se miden los valores de la energía absorbida necesaria para fracturar la probeta. Los valores de energía así determinados, son comparaciones cualitativas sobre una probeta seleccionada y no pueden convertirse a números de energía que puedan servir para cálculos de ingeniería de diseño.

El comportamiento de la ranura indicado por una prueba individual, se aplica únicamente a las dimensiones de la probeta, la geometría de la ranura, y las condiciones de prueba utilizadas, y no puede aplicarse a otros tamaños de probetas ni condiciones.

12.2 Las temperaturas de prueba generalmente se especifican en las normas individuales y son diferentes a la ambiental; aunque dichas temperaturas de prueba pueden estar regidas por la temperatura de servicio no existe una relación directa entre ellas. Además, no hay seguridad de que cumpliendo con los requisitos individuales se evite que un material presente fracturas frágiles bajo todas las condiciones posibles de servicio, incluyendo las bajas temperaturas especificadas para la prueba de impacto (ver figuras 18 y 21).

12.3 Probetas.

12.3.1 Selección y número de pruebas.

A menos que se especifique de otra manera, debe seguirse el siguiente procedimiento: deben emplearse probetas longitudinales y los resultados de la prueba de impacto deben consistir del valor promedio obtenido en tres probetas tomadas de una misma zona, con no más de un valor menor del mínimo especificados pero en ningún caso menor de las dos

terceras partes de ese mínimo. Si más de un valor es menor del mínimo especificado o si un valor es menor de las dos terceras partes del mínimo especificado, debe procederse a probar tres probetas adicionales, en cada una de las cuales debe obtenerse un valor igual o mayor al mínimo especificado.

12.3.2 Tamaño y tipo de las probetas.

12.3.2.1 Debe especificarse el tipo de probeta Charpy que se de sea, ya sea el de ranura en V (tipo A), el de ranura de cerradura (tipo B.) o el de ranura U (tipo C), que se muestran en la figura 12.

Todas las probetas deben probarse en una máquina de prueba Charpy del tipo péndulo; la probeta Charpy con ranura de cerradura y la de ranura en U. deben dar resultados equivalentes si se preparan adecuadamente; la probeta normal con ranura de cerradura y de 10 mm x 10 mm - (tipo B. figura 12) debe usarse cuando el espesor del material es de 1 mm o mayor.

12.3.2.2 Para materiales con espesor menor de 1 mm, debe usarse la probeta de subtamaño que se indica en la figura 12, y debe maquinarse a las siguientes dimensiones:

10 mm x 7.5 mm
10 mm x 5.0 mm
10 mm x 2.5 mm

La base de la ranura debe ser perpendicular a la cara ancha de 10 mm.

12.3.2.3 Cuando se usen probetas de subtamaño, el nivel de energía especificado, la temperatura de prueba o ambos, pueden reducirse previo acuerdo entre fabricante y comprador.

12.4 Preparación de la ranura.

12.4.1 La base de la ranura debe ser perpendicular a la superficie de la probeta y debe tenerse especial cuidado durante el maquinado, ya que está demostrado que aún variaciones extremadamente pequeñas pueden dar resultados erróneos.

12.4.2 La ranura en U debe hacerse de la misma manera y tomando las mismas precauciones, excepto que el ancho de la ranura debe ser igual al diámetro del taladro, o bien puede hacerse en una sola operación mediante un cortador de esmeril o alguna otra herramienta adecuada.

12.5 Envejecimiento de las probetas.

A menos que se especifique de otra manera, es permisible envejecer las probetas para la prueba de impacto. El ciclo de tiempo-temperatura empleado, debe ser tal que los efectos de los procesos previos no sean afectados materialmente, esto puede lograrse envejeciendo

a temperatura ambiente entre 24 h y 48 h, o bien durante un tiempo más corto a temperaturas moderadamente más elevadas, ya sea en agua hirviendo, en aceite caliente o en estufa.

12.6 Efectos de la temperatura.

12.6.1 El efecto de las variaciones de temperatura en esta prueba es algunas veces muy grande por lo que esta variable debe controlarse. Debe registrarse la temperatura a la que se efectúe la prueba.

A menudo se especifican bajas temperaturas de prueba que pueden obtenerse en el laboratorio mediante el uso de agua corriente, agua refrigerada y mezclas refrigerantes. Para pruebas en las cuales se pidan temperaturas muy abajo de las normales pueden lograrse por medio de hielo seco con acetona, o con nitrógeno líquido. A menos que se indique de otra manera, cuando se efectúen pruebas a baja temperatura, las probetas deben mantenerse a la temperatura especificada cuando menos durante 15 min si se enfría en líquido y 60 min si se enfría con gases.

12.6.2 Las probetas deben insertarse en la máquina y romperse dentro de un tiempo de 5 s para evitar los cambios de temperatura antes de la prueba.

12.6.3 Para pruebas a temperaturas elevadas, las probetas pueden sumergirse en un baño de aceite con agitación, en un horno o en estufa hasta que la temperatura sea uniforme; la temperatura será la del medio líquido o la del horno; en este último caso, deben estar como mínimo durante 60 min.

12.6.4 Las temperaturas para manejar la probeta así como los dispositivos para centrarla en la máquina de prueba, deben estar relativamente a la misma temperatura antes de la prueba, para que no se afecte la temperatura de la ranura.

12.7 Aparatos de prueba y operación.

12.7.1 Características generales de diferentes tipos de máquina.

12.7.1.1 Una máquina de impacto del tipo Charpy, es una máquina en la cual la probeta ranurada se fractura con un sólo golpe del péndulo que oscila libremente el péndulo se suelta desde una altura fijada de tal manera que la energía del golpe pueda determinarse; se mide la altura a la que el péndulo se eleva en su oscilación después de haber fracturado la probeta y ésta medida se usa para determinar la energía residual. En la máquina Charpy la probeta se apoya horizontalmente como una viga simple con la ranura hacia abajo y se golpea en la mitad de la cara opuesta a la ranura.

12.7.1.2 Las máquinas Charpy usadas para probar aceros, generalmente golpean la probeta con una energía que va de 298 J a 359 J (30.4 a -36.6 kgf-m) y con una velocidad lineal en el punto de impacto de 4.88 a 5.80 m/s. Algunas veces se usan máquinas de menor capacidad.

12.7.2 Calibración (exactitud y sensibilidad).

Las máquinas de impacto deben estar calibradas y ajustadas adecuadamente, conforme a lo indicado en la NMX-B-120.

Las dimensiones del soporte para la probeta y del borde de impacto deben cumplir con lo indicado en la figura 13. El centro de percusión del péndulo debe coincidir con el punto de impacto dentro de un error no mayor del 1% de la distancia del eje de rotación al punto de impacto.

13.METODOS DE PRUEBA PARA BARRAS DE ACERO.

13.1 Este inciso comprende únicamente aquellos detalles que son peculiares a las barras de acero laminadas en caliente y terminadas en frío que no están cubiertas en la sección general de esta norma.

13.2 Orientación de las probetas.

13.2.1 Las barras de acero al carbono aleado y perfiles estructurales debido a su relativamente pequeña sección transversales se prueban generalmente en dirección longitudinal excepto en aquellos casos en que el tamaño lo permite y la fabricación o servicio de una parte justifica que el material se pruebe en dirección transversal. La localización y selección de la o las probetas o pruebas deben ser motivo de acuerdo entre fabricante y comprador.

13.3 Prueba de tensión.

13.3.1 Barras de acero al carbono.

En este tipo de barras generalmente no se especifican requisitos a la tensión cuando se trata de materiales "tal como salen del molino" y en tamaños menores de 12.70 mm de diámetro o distancia entre caras paralelas (redondos, cuadrados, hexagonales, octagonales Tampoco se especifica en secciones diferentes de este tamaño, excepto para las soletas que sean menores de 645 mm² de sección transversal.

13.3.2 Barras de acero aleado.

Usualmente este tipo de barras no se prueba en la condición de "tal y como salen del molino.

13.3.3 A menos que se indique de otra manera, se recomienda para la obtención de las probetas de barras laminadas en caliente y/o acaba

das en frío, de diferentes tamaños y secciones, el uso de la tabla 6.

13.4 Prueba de doblado.

Cuando se especifiquen pruebas de doblado, se recomienda para la obtención de las probetas de barras de acero laminadas en caliente y/o acabadas en frío, el uso de la tabla 5.

13.5 Pruebas de dureza.

Las barras planas redondas, cuadradas, hexagonales y octagonales se someten a la prueba de dureza después de haber eliminado como mínimo 0.38 mm de material, a fin de proporcionar una superficie adecuada para realizar esta prueba.

14. METODOS DE PRUEBA PARA TUBOS.

14.1 Este inciso establece las definiciones y métodos de prueba exclusivos de los tubos que no están cubiertos en la sección general de esta norma.

14.2 Prueba de tensión.

14.2.1 Probetas longitudinales.

Es una práctica normal usar probetas de sección completa para la prueba de tensión si así lo permite la capacidad del equipo de prueba (ver figura 21d). Deben usarse insertos de metal introducidos suficientemente en los extremos de las probetas tubulares, a fin de que _ las mordazas de la máquina de prueba las sujeten firmemente sin aplastarlas. Un diseño que puede usarse para tales insertos se muestra en a figura 19.

14.2.2 Los insertos no deben extenderse hasta la parte de la probeta sobre la que va a medirse el alargamiento (ver figura 19). Debe tenerse cuidado para que, hasta donde sea posible la carga se aplique axialmente. La longitud de la probeta de sección completa depende de la longitud calibrada especificada para medir el alargamiento. Normalmente, la longitud calibrada para tubos soldados en horno es de 200 mm, excepto para tamaños nominales de 19.0 mm o menores en los que la longitud calibrada debe ser la siguiente:

| Tamaño nominal | Longitud calibrada, en mm |
|----------------|---------------------------|
| 3 / 4 y 1 / 2 | 15 |
| 2 / 8 y 1 / 2 | 10 |
| 1 / 8 | 50 |

14.2.3 Para tubos sin costura y tubos soldados por resistencia eléctrica, la longitud calibrada debe ser de 50 mm. Sin embargo, cuando se requieren valores de alargamiento comparables a los de probetas mayores en los tubos con un diámetro exterior de 10 mm o menor, debe usarse una longitud calibrada igual a cuatro veces el diámetro exterior.

14.2.4 Para determinar el área transversal de una probeta de sección completa, debe tomarse el promedio de los diámetros máximo y mínimo, y el promedio de los espesores máximo y mínimo, con una aproximación de 0.025 mm. El área transversal se determina empleando la siguiente fórmula:

$$A = 3.1416 e (D - e)$$

Donde:

A = área de la sección, en mm² .

D = diámetro exterior, en mm.

e = espesor de la pared, en mm.

Existen otros métodos para determinar el área transversal, como pesar las probetas lo cual es igualmente exacto y apropiado para este propósito.

14.2.5 Probetas longitudinales (tira).

Para los productos tubulares de tamaño mayor que no pueden probarse -en sección completa, se obtienen probetas longitudinales de tiras que se cortan del tubo como se indica en la figura 20. Para tubos soldados en horno, la probeta debe ser de 200 mm de longitud calibrada, como se muestra en la figura 21b o con ambas caras paralelas (figura 21a), que es el que se usa normalmente, ésta probeta debe tomarse aproximadamente a 1.57 radianes (90°) de la soldadura. Para los tubos sin costura y soldados por resistencia eléctrica, la probeta de 500 mm de longitud calibrada que se muestra en la figura 21c, es el normal; en el caso de tubos soldados por resistencia eléctrica, la probeta debe tomarse a 1.57 radianes (90°) aproximadamente de la soldadura. Como una alternativa para los tubos sin costura y soldarlos a resistencia eléctrica, pueden probarse usando las probetas que se muestran en las figuras 21a, b y c utilizando mordazas que tengan un contorno aproximadamente igual a la curvatura de los tubos. Cuando -no se cuente con mordazas de caras curvas, los extremos de las probetas pueden aplanarse sin calentarlas. En la figura 22 se muestran las probetas para la prueba de tensión de 38 mm de ancho en la sección calibrada (probeta 4). Cuando se necesitan probetas de tamaños menores, debido a las dimensiones y características del material a probar, las probetas 1, 2 y 3 que se muestran en la figura 22, se consideran como normales, si son aplicables.

El ancho debe medirse en cada extremo y en el centro de la longitud calibrada para verificar el paralelismo. El espesor debe medirse en el centro y debe usarse junto con la medida central de ancho, para determinar el área de la sección transversal. La medición del ancho en la parte central, debe hacerse con una aproximación de 0.127 mm y la del espesor con una aproximación de 0.025 mm.

14.2.6 Probetas transversales (tira).

14.2.6.1 En general, las pruebas transversales de tensión no se recomiendan para productos tubulares cuyo diámetro nominal sea menor de 8.

Cuando se requieran probetas para la prueba de tensión transversal, -pueden tomarse de anillos cortados de los extremos del tubo tal como se indica en la figura 23.

El aplastamiento de la probeta puede efectuarse ya sea después de separarla como se muestra en la figura 23A o antes de separarla como se muestra en la figura 22B y puede hacerse en caliente o en frío pero si el aplastamiento se hace en frío, posteriormente se le puede dar a la probeta un tratamiento térmico de normalizado.

Las probetas obtenidas de tubos para las cuales se especifica trata -miento térmico, después de haber sido aplastadas ya sea en frío o en caliente, deben recibir el mismo tratamiento térmico que se les dio a los tubos. Para tubos con un espesor de pared hasta 19.0 mm, la probeta transversal debe ser de la forma y dimensiones que se indican en la figura 24. Ya sea una o ambas superficies pueden maquinarse para asegurar un espesor uniforme. Las probetas para la prueba transversal de tensión en tubos soldados de acero, que se tomen para determinar la resistencia de la soldadura, deben estar localizadas perpendicularmente al cordón de la misma, quedando ésta aproximadamente a la mitad de la longitud calibrada.

14.2.6.2 El ancho debe medirse en cada extremo y en el centro de la longitud calibrada para verificar el paralelismo. El espesor debe medirse en el centro y debe usarse junto con la dimensión central del ancho para determinar el área de la sección transversal. La dimensión central del ancho debe medirse con una aproximación de 0.127 mm y la medida del espesor con una aproximación de 0.025 mm.

14.2.6.3 Probetas redondas.

14.2.6.3.1 Cuando se especifique en la norma de producto puede usarse la probeta mostrada en la figura 6.

14.2.6.3.2 El diámetro de ésta probeta debe medirse en el centro -con una aproximación de 0.025 mm.

14.2.6.3.3 Pueden usarse probetas de tamaño más pequeño proporcionales al estándar, como las mostradas en la figura 6, cuando es necesario probar material del cual no puedan prepararse las probetas normales. En el caso de usar probetas de tamaño mas pequeño, es importante que la longitud calibrada, para medir el alargamiento sea cuatro veces el diámetro de la probeta (ver nota 4 de la figura 6). Deben aplicarse a las probetas de tamaño más pequeño los requisitos de alargamiento especificados en la norma de producto para la probeta de 50 mm de longitud calibrada.

14.2.6.3.4 Para probetas transversales, la sección de la cual se toman no deben aplanarse o deformarse de cualquier otra forma.

14.3 Determinación del límite de fluencia transversal por el método de expansión de probeta anular.

14.3.1 Hasta ahora cuando se requería determinar el límite de fluencia transversal en productos tubulares, se procedía tal como se describe en la sección general de estos métodos partiendo de probetas normales de tensión, cortadas transversalmente de las secciones tubulares. Debido a la curvatura de dichas probetas, es necesario enderezarlas en frío, lo que modifica las propiedades mecánicas a tal grado, que la resistencia de fluencia obtenida no es verdaderamente representativa.

La resistencia de fluencia transversal es sumamente importante en algunas clases de productos tubulares, como son los tubos para líneas de conducción, por lo tanto es conveniente contar con un método para determinar la resistencia de fluencia verdadera.

14.3.2 A continuación se describe una máquina de prueba y un método (ver 14.3.3 a 14.3.5), para determinar la resistencia de fluencia transversal de una probeta anular.

14.3.3 En la figura 25 se muestra un esquema de una sección transversal vertical de la máquina de prueba.

14.3.4 En esta máquina se usa una probeta anular (comúnmente de 75 mm de ancho) para determinar el límite de fluencia transversal. Para efectuar la prueba, se retira la tuerca circular de la máquina; se determina el espesor de pared del anillo de prueba y éste se desliza exteriormente sobre el empaque de hule a prueba de aceite; se vuelve a colocar la tuerca en su lugar dejando un ligero claro entre la probeta y la tuerca con el propósito de permitir un movimiento radial libre mientras está probándose. A continuación se inyecta aceite a presión en el interior del empaque de hule a través de la línea de presión bajo el control de una válvula adecuada; un manómetro calibrado sirve para medir la presión del aceite. Si existiera aire en el sistema, éste se elimina mediante una línea de purga. El empaque de hule se expande, por lo cual se somete a un esfuerzo la pared de la probeta. A medida que la presión aumenta, los labios del empaque del hule actúan como sello para prevenir la fuga de aceite y los continuados aumentos en la presión sujetan el anillo a un esfuerzo de tensión conforme al cual se alarga. La circunferencia exterior completa de la probeta anular se considera como la longitud calibrada, y la deformación se mide mediante un extensómetro adecuado que se describe posteriormente.

Cuando se alcanza la deformación total deseada o se llega a la extensión bajo carga especificada, la presión del aceite medida en kg/mm² se lee, y empleando la fórmula de Barlow se calcula el esfuerzo unitario de fluencia:

$$P = \frac{2 S_e}{D}$$

Donde:

P = presión interior.

S = esfuerzo circunferencial unitario.

e = espesor de la pared del tubo.

D - diámetro exterior del tubo.

Este resultado es representativo, ya que la probeta no ha sido trabajada en frío para aplanarla y se aproxima a las condiciones de la sección tubular de la que ha sido cortado. Además, la prueba simula con exactitud las condiciones de servicio de línea de conducción. Puede usarse una sola máquina de prueba para diferentes tamaños de tubo, mediante el uso de empaques y adaptadores de hule adecuados.

14.3.5 Un extensómetro del tipo cadena con rodillos es satisfactorio para medir el alargamiento de la probeta y se muestra en las figuras 26 y 27; la primera de estas figuras, muestra el extensómetro abierto y la figura 27 muestra el extensómetro ya cerrado.

La tensión que es necesaria para detener el instrumento en su lugar y eliminar cualquier holgura se ejerce sobre la cadena mediante un resorte, la tensión de ese resorte puede regularse según se desee, mediante el tornillo de ajuste y eliminando o añadiendo rodillos, la cadena puede adaptarse para diferentes tamaños de tubos.

14.4 Prueba de dureza.

14.4.1 Las pruebas de dureza se realizan ya sea en la parte interior o exterior de las superficies de los extremos del tubo, según sea apropiado.

14.4.2 La carga estándar de 3 000 kg para dureza Brinell puede causar demasiada deformación en una probeta tubular de pared delgada, en cuyo caso debe aplicarse la carga de 500 kg o bien debe usarse un soporte interior o un mandril adecuado. La prueba Brinell no es aplicable a productos tubulares menores de 50.8 mm de diámetro exterior o menores de 6.08 mm de espesor de pared.

14.4.3 Las pruebas de dureza Brinell se efectúan normalmente en la superficie interior, en una parte plana de la superficie exterior o bien en la sección transversal de la pared lo cual depende de las imitaciones del producto. Las pruebas de dureza Rockwell no se realizan en tubos menores de 7.92 mm de diámetro exterior y no deben efectuarse en la superficie interior de tubos con diámetro exterior menor de 6.35 mm. La prueba de dureza Rockwell no debe realizarse en tubos que han sido recocidos y con un espesor de pared menor de 1.65 mm, o tubos trabajados en frío o tratados térmicamente que tengan espesores de pared menor de 1.25 mm. Para tubos que tengan un espesor de pared menor que aquellos que permiten regularmente la prueba de dureza Rockwell puede sustituirse ésta por la prueba de dureza Rockwell superficial. Las lecturas de dureza Rockwell sobre secciones transversales pueden realizarse sobre tubos con un espesor de pared de 3.95 mm o más.

La curvatura y el espesor de pared de la probeta imponen limitaciones para la prueba de dureza Rockwell. Cuando se efectúa una comparación entre determinaciones Rockwell

realizadas en la superficie exterior o interior se requiere un ajuste de las lecturas para compensar el efecto de la curvatura.

La escala Rockwell B se usa sobre todos los materiales en que se espera un intervalo de dureza de RB ó a RB 100. La escala Rockwell C se usa para materiales en los que se espera un intervalo de dureza entre RC 20 y RC 68.

14.4.4 Cuando sea posible, las pruebas de dureza Rockwell superficial deben realizarse normalmente sobre la superficie exterior, siempre y cuando no se encuentre un muelleo excesivo; de otra manera, las pruebas pueden realizarse en la superficie interior. No deben realizarse pruebas de dureza Rockwell superficial sobre tubos con diámetro interior menor de 6.35 mm. Las limitaciones de espesor de pared para la prueba de dureza Rockwell superficial se indican en las tablas 7 y 8.

14.4.5 Cuando el diámetro exterior, diámetro interior o espesor de pared, impiden el obtener valores exactos de dureza, los productos tubulares deben especificarse y probarse conforme a sus propiedades a la tensión.

14.5 Pruebas de ductilidad.

Las siguientes pruebas se efectúan para determinar la ductilidad de algunos productos tubulares.

14.5.1 Prueba de aplastamiento longitudinal.

La prueba de aplastamiento se efectúa comúnmente en probetas cortadas de los productos tubulares y consiste en sujetar anillos del tubo a un grado prescrito de aplastamiento entre planchas paralelas (ver figura 23). La severidad de la prueba de aplastamiento se mide por la distancia entre las planchas paralelas, la cual varía según las dimensiones del tubo. La probeta para la prueba de aplastamiento no debe ser menor de 63.50 mm de longitud y debe aplastarse en frío hasta donde lo especifiquen las normas aplicables al material.

14.5.2 Prueba de aplanado de semitubo.

La prueba de aplanado de semitubo se aplica principalmente a tubos soldados por resistencia eléctrica, para detectar la falta de penetración o los defectos resultantes de la eliminación de rebabas de la soldadura. La probeta consiste en un tramo de tubo con una longitud aproximada de 100 mm, el cual se corta longitudinalmente a 1.57 radianes (90°) a cada lado de la soldadura; la muestra se abre y -aplana con la soldadura en el punto de máximo doblez (ver figura 28).

14.5.3 Prueba de compresión (aplastamiento longitudinal).

La prueba de compresión se efectúa generalmente en tubos para calderas y en tubos que van a trabajar a presión para evaluar su ductilidad (ver figura 29). La probetas es un anillo cortado del tubo aproximadamente de 63 mm de longitud. Se coloca sobre uno de los

extremos y se aplasta longitudinalmente mediante un martinete o prensa a la distancia prescrita por las normas aplicables al material.

14.5.4 Prueba de pestañado.

Esta prueba está destinada a determinar la ductilidad de tubos para calderas y su capacidad para soportar la operación de doblado, La prueba se efectúa sobre un tramo anular cortado del tubo, usualmente no menor de 100 mm de longitud, y consiste en formar una pestaña a 1.57 radianes (90°) con respecto al eje del tubo, con un ancho según a las normas aplicables al material. La herramienta para iniciar el pestañado y el dado que se muestra en la figura 30, se recomienda para efectuar esta prueba.

14.5.5 Prueba de abocardado.

Para algunos tipos de tubos sometidos a presión se efectúa una prueba alternativa a la de pestañado Esta prueba consiste en introducir un mandril cónico que tiene un ángulo de I en 10 como se muestra en la figura 31 a o aun ángulo de 1.04 radianes (60°), como se muestra en la figura 31 b, dentro de una sección cortada del tubo de aproximadamente 100 mm de longitud. En esta forma se expande la probeta hasta que el diámetro interior ha sido aumentado conforme lo requieren las normas aplicables al material.

14.5.6 Prueba de doblado.

En los tubos usados para serpentines de tamaños nominales de 2 y menores, se efectúa una prueba de doblado para determinar su ductilidad y la calidad de la soldadura En esta prueba, una longitud suficiente del tubo en sección completa se dobla en frío a 1.57 radianes (90°) alrededor de un mandril que tenga un diámetro igual a 12 veces el diámetro nominal del tubo. Para serpentines cerrados, el tubo se dobla en frío a 3.14 radianes (180°) alrededor de un mandril que tenga un diámetro igual a 8 veces el diámetro nominal del tubo.

14.5.7 Prueba de doblez guiado transversal para soldaduras.

Esta prueba de doblez se usa para determinar la ductilidad de las soldaduras por fusión. Las probetas usadas son aproximadamente de 38 mm de ancho y cuando menos de 150 mm, de longitud, con la soldadura al centro y deben maquinarse como se indica en la figura 32. Las dimensiones del mandril deben ser las que se muestran en la figura 33 y las otras dimensiones del aparato de doblez deben ser substancialmente las que se dan en la misma figura. Para esta prueba deben usarse cuando menos 2 probetas Una debe doblarse con la parte interior de la superficie del tubo contra el mandril y el otro con la parte exterior contra el mandril, lo cual se designa como prueba de doblez de cara y prueba de doblez de raíz respectivamente. La falla del material depende de la aparición de grietas en el área del doblez de naturaleza y extensión que se especifique en las normas aplicables al producto.

15. METODOS DE PRUEBA PARA TORNILLERIA DE ACERO.

15.1 Este inciso establece los métodos de prueba referentes a tornillería de acero que no se especifican en la sección general de esta norma. Las pruebas requeridas por las normas individuales de productos, deben realizarse como se describe en la sección general de esta norma.

15.2 Estas pruebas se establecen para facilitar el control de la producción y la aceptación, dando métodos más precisos, que deben usarse para arbitraje en caso de desacuerdo en los resultados.

15.3 Pruebas de tensión.

15.3.1 Se prefiere que los tornillos se prueben en sección completa y es costumbre especificar una carga mínima en kilogramos, en lugar de una resistencia mínima a la tensión en N/mm² (kgf/mm²). Los incisos 15.3.1.1, 15.3.4.1 y 15.3.4.2 se aplican cuando se - prueba tornillos en sección completa. El inciso 15.3.4.3 debe aplicarse cuando las normas individuales del producto permitan el uso de probetas maquinadas.

15.3.1.1 Carga de prueba.

Debido a los usos particulares de algunas clases de tornillos, es conveniente someterlas a un esfuerzo especificarse similar al de sus condiciones de uso, para verificar que no exista ninguna deformación permanente. Para estar seguros de obtener esta calidad, se especifica la carga de prueba. La prueba consiste en someter a los tornillos a la carga especificada, que deben soportar sin presentar una deformación permanente. Se permite determinar la resistencia de fluencia como prueba alternativa en tornillos de sección completa, conforme a lo indicado en 15.3.2 y 15.3.4. El método indicado en 15.3.2 debe ser el método de arbitraje a usarse en casos de discrepancia sobre la aceptación de los tornillos.

15.3.1.2 Carga de prueba para tornillos largos.

Cuando se requieran pruebas en sección completa debe limitarse la aplicación de este método a tornillos cuya longitud no exceda de 203.00 mm o de a veces el diámetro nominal (tomando el valor mayor). Debe utilizarse el método indicado en 15.3.3 para tornillos que excedan de las dimensiones anteriores.

15.3.2 Medida de la longitud.

La longitud total de un tornillo debe medirse en su eje con un instrumento que tenga una precisión de 0.003 mm y una exactitud de 0.003 mm en cualquier longitud de 0.025 mm. El método preferido para medir la longitud en el eje del tornillo, debe ser entre centros cónicos que ajusten con los conos del instrumento de medición. La cabeza o el cuerpo del tornillo debe marcarse a fin de que pueda colocarse en la misma posición para todas las mediciones.

El tornillo debe colocarse en el equipo de prueba como se indica en 15.3.4.1 y aplicarse la carga de prueba indicada en la norma particular del producto. Posteriormente debe medirse nuevamente la longitud del tornillo después de la aplicación de la carga y éste no debe mostrar un alargamiento permanente. Se permite una tolerancia de más o menos 0.013 mm entre las mediciones efectuadas antes de la aplicación de la carga.

15.3.3 Tiempo de aplicación de la carga

Para lo comprendido en 15.3.2 el tiempo de aplicación de la carga es de 10 s.

15.3.4 Resistencia de fluencia.

El tornillo debe montarse en la máquina de prueba como se indica en el inciso 15.3.4.1. Según se va aplicando la carga, el alargamiento total del tornillo o de cualquier parte del mismo que incluya seis hilos expuestos, debe medirse y registrarse para elaborar un diagrama carga-deformación o bien un diagrama esfuerzo-deformación.

La carga o el esfuerzo correspondiente a una deformación igual al 0.2% de la longitud del tornillo ocupada por seis hilos completos debe determinarse por el método descrito en el inciso 9.3.2.1. Es la carga o esfuerzo no debe ser menor del especificado en la norma particular del producto.

15.3.4.1 Prueba de tensión axial para tornillos de sección completa

Cuando se especifique que los tornillos deben probarse en sección completa hasta donde lo permita la capacidad práctica del equipo de prueba, tales tornillos deben probarse aplicando la carga axialmente entre la cabeza del tornillo y la tuerca mediante algún dispositivo adecuado (ver figura 34), sujetando un número suficiente de hilos para que el tornillo desarrolle su resistencia máxima. La tuerca o dispositivo debe acomodarse sobre el tornillo, dejando seis hilos completos libres entre las mordazas. Para cumplir con los requisitos de esta prueba, la fractura debe localizarse en el cuerpo o sección con cuerda del tornillo, sin que se localice en la unión del cuerpo y la cabeza. La resistencia a la tensión de los tornillos se expresa en N/mm²(kgf/mm²); el área de esfuerzo debe calcularse del promedio del diámetro medio de raíz y del diámetro de paso de cuerdas externas clase 3, como se indica a continuación.

$$A_s = 0.7854 \left(D - \frac{(24.747)}{n} \right)^2$$

Donde:

A_s = Área de esfuerzo en mm².

D = Diámetro del tornillo, en mm.

n = Número de hilos en cada 25.40 mm.

15.3.4.2 Prueba de tensión con cuña para tornillos de sección completa.

El propósito de esta prueba es obtener la resistencia a la tensión y demostrar la calidad de la cabeza del tornillo y ductilidad del mismo, sujetándolo a una carga excéntrica. La carga máxima en el tornillo debe determinarse como se describe en el inciso anterior, excepto que debe colocarse bajo la cabeza del tornillo una cuña a 0.17 rad (10°). Esta prueba debe realizarse usando el mismo tornillo en el que se efectuó la prueba de carga (ver inciso 15.3.1.1); la cabeza del tornillo debe colocarse de manera que ninguna esquina del hexágono o cuadrado, soporte directamente la carga, esto es, una arista de la cabeza del tornillo debe alinearse con la dirección del espesor uniforme de la cuña (figura 35). Las caras de la cuña deben formar un ángulo de 0.17 radianes (10°) y tener un espesor igual a la mitad del diámetro nominal del tornillo, en la parte más delgada de la perforación. La perforación de la cuña debe tener los siguientes claros sobre el tamaño nominal del tornillo, y sus bordes superior e inferior deben redondearse a los siguientes radios:

| Diámetro nominal del tornillo | Claro de la perforación en mm | Radios en los bordes de la perforación, en mm |
|-------------------------------|-------------------------------|---|
| 1/4 a 1/2 | 0.760 | 0.76 |
| 9/16 a 3/4 | 1.3 | 1.5 |
| 7/8 a 1 | 1.5 | 1.5 |
| 1 1/8 a 1 1/4 | 1.5 | 3.2 |
| 1 3/8 a 1 1/2 | 2.4 | 3.2 |

15.3.4.2.1 Prueba con cuña para tornillos tratados térmicamente y con rosca corrida

A1 efectuar las prueba con cuña en tornillos con rosca corrida, tratados térmicamente con resistencia a la tensión mínima mayor de 412 N/mm^2 (42 kgf/mm^2), la cuña debe tener los ángulos siguientes:

- Para tornillos con diámetro nominal hasta 3/4 0.104 radianes (6°).
- Para tornillos con diámetro nominal mayor de 3/4, 0.069 radianes (4°)

15.3.4.3 Prueba de tensión para probetas maquinadas y de sección circular, provenientes de tornillos.

15.3.4.3.1 Los tornillos con diámetro nominal menor de 1 1/2, que requieran probetas maquinadas, deben tornearse concéntricamente con el eje del tornillo con una longitud calibrada de 50.00 mm y un diámetro de 12.70 mm manteniendo la cabeza y la sección con rosca intactas tal como se muestra en la figura 36. Los tornillos con sección transversal

pequeña que no permitan obtener esta probeta estándar de prueba, deben tornearse a una sección tan grande como sea posible y concéntrica con el eje del tornillo.

La longitud calibrada para medir el alargamiento debe ser cuatro veces el diámetro de la probetas La figura 37 ilustra ejemplos de estas probetas de tamaño menor.

15.3.4.3.2 Para tornillos con diámetro nominal de 1 1/2 y mayores debe maquinarse una probeta estándar de 13 mm de diámetro y de 50.00 mm de longitud calibrada de manera que el eje del mismo quede entre el centro y la parte exterior del cuerpo del tornillo, tal como se muestra en la figura 38.

15.3.4.3.3 Las probetas maquinadas deben probarse a la tensión para determinar las propiedades indicadas en la norma particular del producto.

Los métodos de prueba debe efectuarse conforme a lo indicado de 9 a 9. 5 de esta norma.

15.4 Velocidad de prueba.

La velocidad de prueba debe ser la indicada en la norma individual del producto.

15.5 Tornillos no adecuados para la prueba de tensión.

En n aquellos casos donde los tornillos son demasiado cortos y tienen cuerdas insuficientes para someterlos a la prueba de tensión o bien tienen cabezas perforadas o de tamaños muy pequeños y que por lo tanto son más débiles que la sección con cuerda, deben sujetarse a la prueba de dureza para determinar que cumplen con los requisitos de dureza indicados en la norma particular del producto. Si no se especifica la dureza, la dureza aplicable debe obtenerse por una conversión a partir de la resistencia a la tensión especificada.

15.6 Prueba de dureza para tornillos.

Cuando se especifique, los tornillos deben someterse a la prueba de dureza. Las pruebas de dureza Brinell o Rockwell se efectúan, generalmente, sobre uno de los lados o en la parte superior de I a cabeza del tornillo. Para casos de arbitraje, la dureza debe tomarse en una sección transversal cortada a través de la sección con cuerda del tornillo y en un punto situado a la cuarta parte del diámetro nominal del mismo. a partir de su eje.

Esta sección debe tomarse a una distancia del extremo del tornillo que sea equivalente al diámetro del mismo alhuido a la posible distorsión producida por la carga del aparato Brinell debe tenerse cuidado de verificar que esta prueba cumpla todas las indicaciones de 11.2.7; cuando no pueda efectuarse la prueba de dureza Brinell debe substituirse por la prueba de dureza Rockwell el procedimiento para esta prueba debe cumplir con los requisitos indicados en 11.4.

15.7 Prueba de tuercas

15.7.1 Carga de pruebas.

Según se especifique, las tuercas no deben fallar al someterse a una carga de prueba. Las contratueras, las tuercas ranuradas, las tuercas tipo castillo, los tipos de tuerca con espesor menor del normal o las tuercas con recubrimiento, no deben someterse a la prueba de carga, pero deben cumplir con los requisitos mínimos de la prueba de dureza cuando así se especifique.

Las tuercas cuya carga de prueba especificada sea mayor de la capacidad del equipo de prueba disponible, deben cumplir con los requisitos mínimos de dureza que se especifiquen. Una tuerca que va a probarse, debe ensamblarse en un mandril con cuerda endurecida, o bien, en un tornillo según lo indiquen las normas particulares, y debe aplicarse una carga axial igual a la carga de prueba especificada. La tuerca debe resistir esta carga sin desgarramiento o ruptura. Si las cuerdas del mandril se dañan durante la prueba ésta no es aceptable; el mandril debe tener cuerda con las tolerancias de la norma correspondiente, excepto que el diámetro mayor debe ser el diámetro mayor mínimo con una tolerancia en más de 0.051 mm.

15.7.2 Prueba de dureza.

La dureza Rockwell de las tuercas debe determinarse en la cara superior o inferior de las mismas. La dureza Brinell debe determinarse sobre uno de los lados de las tuercas. Cualquiera de los dos métodos puede usarse, a opción del fabricante, tomando en cuenta el tamaño y grado de las tuercas; cuando la prueba de dureza Brinell deforme la tuerca, es necesario usar una carga menor o substituir esta prueba por una de dureza Rockwell.

5.8 Barras tratadas térmicamente o estiradas en frío para usarse en la fabricación de birlos, tuercas o algún otro material de tornillería.

Cuando las barras que se reciben del fabricante han sido procesadas y probadas para que llenen ciertas propiedades especificadas no es necesario probar el producto terminado siempre y cuando las propiedades no hayan sido afectadas por el proceso de fabricación del producto terminado.

16. METODOS DE PRUEBA PARA ALAMBRE REDONDO.

16.1 Este inciso establece los aparatos, probetas y métodos de prueba relativos a los productos de alambre de acero que no se especifican en la sección general de esta norma.

16.2 Aparatos.

16.2.1 Mordazas

Deben usarse las mordazas del tipo de cuña o de carrete (ver figura 39 y 40). Cuando se están usando mordazas de cualquiera de estos tipos, debe tenerse cuidado de que el eje de la probeta esté localizado aproximadamente en la línea central de la cabeza de la máquina de prueba (ver 16.2.1.2). Cuando estén usándose mordazas de cuña, las laines que se usan para nivelar las mordazas deben ser de un espesor apropiado.

16.2.1.1 Las máquinas de prueba generalmente están equipadas con mordazas de cuña, que son las más comunes, sin importar el tipo de la máquina de prueba. Este tipo de mordazas provee un medio satisfactorio para sujetar el alambre. Cuando se prueben probetas de -alambre en los cuales los bordes de la mordaza puedan encajarse -propiciando la falla t es preferible usar mordazas del tipo carrete.

16.2.1.2 Debe corregirse cualquier defecto en la máquina de prueba que pueda causar una aplicación excéntrica de la carga.

16.2.2 Micrómetro de puntas.

Debe usarse un micrómetro de puntas con una aproximación de 0.025 mm, adecuado para medir las dimensiones del alambre en los extremos fracturados, después de romperlo en la máquina de prueba.

16.3 Probetas

16.3.1 Deben usarse las probetas que tengan completa el área transversal del alambre que representan. La longitud calibrada de las probetas debe ser 254.00 mm. De cualquier manera, si no se requiere la determinación del valor del alargamiento, se permite usar cualquier longitud calibrada conveniente. La longitud total mínima de la probeta puede variar de 40 cm a 60 cm para una probeta de 254.00 mm de longitud calibrada. Por ejemplo la longitud total de las debe ser cuando menos igual a la longitud calibrada (254.00 mm) más 2 veces la longitud de alambre requerido para que las mordazas puedan asegurar la probeta.

16.3.2 Cualquier probeta que se rompa en las mordazas debe descartarse y substituirse.

16.4 Alargamiento.

16.4.1 Para determinar el alargamiento permanente, los extremos de la probeta fracturada deben unirse cuidadosamente y la distancia entre las marcas de calibración debe medirse con una aproximación de 0.23 mm, mediante una escala o algún otro instrumento adecuado.

El alargamiento es el aumento en la longitud de la longitud calibrada expresado como un por ciento de la longitud calibrada original.

Para informar sobre los valores de alargamiento deben citarse tanto el porcentaje de aumento, como la longitud calibrada original

16.4.2 Para determinar el alargamiento total (deformación elástica más plástica) pueden emplearse los métodos de graficación automáticos, o bien, un extensómetro.

16.4.3 Si la fractura se presenta fuera del tercio central de la longitud calibrada, el valor de alargamiento obtenido puede no ser representativo del material.

16.5 Reducción de área.

16.5.1 Los extremos de la probeta fracturada deben unirse cuidadosamente y medirse las dimensiones de su sección transversal mínima con una aproximación de 0.025 mm, mediante un micrómetro de puntas. La diferencia entre el área así encontrada y el área de la sección transversal original expresada como porcentaje del área original, es la reducción de área.

16.5.2 La prueba de reducción de área no se recomienda para alambres con un diámetro menor de 1.27 mm, debido a las dificultades para medir la sección transversal reducida.

16.6 Prueba de dureza Rockwell.

16.6.1 Con la excepción de los alambres tratados térmicamente de 2.54 mm de diámetro y mayores, la prueba de dureza Rockwell no se recomienda para los alambres redondos. En tales alambres, tratados térmicamente, la probeta debe esmerilarse para formar dos caras paralelas y planas. Para los alambres redondos se prefiere la prueba de resistencia a la tensión, en lugar de la prueba de dureza Rockwell.

16.7 Prueba de enrollado

6.7.1 Esta prueba se usa algunas veces como un medio para evaluar la ductilidad de algunas clases de alambre. El enrollado puede hacerse ya sea a mano o mediante una máquina que sea capaz de enrollar el alambre con las espiras muy cercanas una a la otra, sobre un mandril de diámetro especificado y por un cierto número de vueltas sin que se dañe la superficie del alambre. La muestra debe considerarse que falla si se presenta cualquier grieta en el alambre después de que se ha completado la primera vuelta, y debe repetirse si la grieta se presenta al estar efectuando la primera vuelta, ya que el alambre pudo haber sido doblado localmente a un radio menor del especificado.

16.7.2 Cuando se usa la prueba de enrollado para evaluar la adherencia en alambre con recubrimiento el diámetro del mandril es comúnmente mayor que el que se usa para evaluar la ductilidad.

17. METODO DE PRUEBA A LA TENSION DE CABLE DE SIETE ALAMBRES SIN RECUBRIMIENTO RELEVADO DE ESFUERZOS, PARA CONCRETO PRESFORZADO

17.1 Alcance.

Este método establece los procedimientos para la prueba de tensión de cable de siete alambres sin recubrimiento relevado de esfuerzos, para concreto presforzado. Este método se usa para evaluar las propiedades del cable indicadas en la NMX-B-292.

17.2 Precauciones generales.

17.2.1 Puede causarse la falla prematura de las probetas si presenta cualquier ranura apreciable corte o doblez ocasionados por los dispositivos de sujeción de la máquina de prueba.

17.2.2 La carga no uniforme de los siete alambres que constituyen el cable puede dar por resultado errores en la prueba

17.2.3 Las propiedades mecánicas de los cables pueden ser sustancialmente afectadas por un excesivo calentamiento durante la preparación de la probeta.

17.2.4 Estas dificultades pueden ser mínimas siguiendo los métodos de sujeción que se indican en el inciso 17.4.

17.3 Dispositivos de sujeción.

17.3.1 Las propiedades mecánicas reales del cable se determinan por una prueba en la cual la fractura de una probeta se localiza entre las cabezas de la máquina de prueba. Por lo tanto, es conveniente es un procedimiento de prueba con aparatos adecuados que produzca consistentemente tales resultados. Debido a las características físicas particulares de cada máquina, no es práctico recomendar el empleo de un método especificado de sujeción, debido a lo cual es necesario determinar cuál de los métodos de sujeción indicados de 17.3.2 a 17.3.8 es el más adecuado para el equipo de prueba con el que se cuenta.

17.3.2 Mordazas en V estándar con dientes serrados (ver 17.3.9).

17.3.3 Mordazas en V estándar con dientes serrados (ver 17.3.9), usando material de acolchonamiento.

En este método se coloca un material entre las mordazas y la probeta para minimizar el efecto de ranura de los dientes. Entre los materiales que pueden usarse están las hojas de plomo, hojas de aluminio, paño de carborundum cuñas de bronce, etc. El tipo y espesor del material requerido, depende de la forma condición y rugosidad de los dientes.

17.3.4 Mordazas en V con dientes serrados, usando preparación especial en la zona de sujeción de la probeta.

Uno de los métodos empleados es el estañado mediante el cual la zona de sujeción se limpia se reblandece y se cubre mediante inmersiones en estaño fundido o en aleaciones de

estaño, arriba del punto de fusión. Otro método de preparación es introducir en la zona de sujeción un tubo común de acero usando resinas epóxicas como elemento de unión. La porción introducida debe ser aproximadamente dos so del torcido de los alambres.

17.3.5 Mordazas especiales con ranuras lisas y semicilíndricas (ver 17.3.10).

Las ranuras y la zona de sujeción d,- la probeta se cubren con una pasta abrasiva que sujeta a la probeta en las ranuras lisas para prevenir un deslizamiento. La pasta consiste de un abrasivo tal como óxido de aluminio (grado 3F) con un vehículo, como el agua o glicerina.

17.3.6 Enchufe estándar del tipo usado para el cable de alambre.

La porción de la zona de sujeción de la probeta se ancla con la zona del enchufe. Deben seguirse los procedimientos especiales empleados, usualmente para los enchufes, por los fabricantes del cable.

17.3.7 Empalme de ojo de extremo muerto.

Estos dispositivos son diseñados en base al tamaño del cable que se pruebe.

17.3.8 Dispositivos de sujeción (perros).

El uso de dispositivos de sujeción (perros), del tipo que generalmente se usa para aplicar tensión en los cables en camas de fundición, no se recomienda para propósitos de prueba.

17.3.9 En el caso de mordazas con dientes serrados, el número de dientes debe ser aproximadamente de 0.6 y 1.2 dientes por mm, el mínimo de la longitud de sujeción debe ser de 100 mm.

17.3.10 El radio de curvatura de las ranuras debe ser aproximadamente el mismo que el del cable que va a probarse y localizarse a 0.8 mm arriba de la cara plana de la mordaza. Esto previene que las dos mordazas se cierren ajustadamente cuando la probeta esté en su lugar.

17.4 Preparación de la probeta

17.4.1 Durante la prueba puede resultar una carga no uniforme del cables hay un deslizamiento individual de un alambre del cable, ya uno del exterior o uno del centro. El deslizamiento del alambre puede ser mínimo fundiendo entre sí los extremos cortados de la probeta. Esta fusión puede ser concurrente con el corte del cable torcido.

17.4.2 Si las temperaturas empleadas en el metal fundido durante el baño caliente de estaño o el procedimiento del enchufe con material metálico es bastante alto, aproximadamente de 370°C, la probeta puede afectarse por el calor, con la consecuente pérdida de resistencia y ductilidad. En estos métodos debe mantenerse un cuidadoso control de temperatura.

17.5 Procedimiento.

17.5.1 Resistencia de fluencia.

Para determinar la resistencia de fluencia se usa un extensómetro de características adecuadas. Debe aplicarse una carga inicial del 10% de la resistencia mínima de ruptura esperada; se sujeta el extensómetro y se ajusta a una lectura de .001 de deformación unitaria. Se aumenta la carga hasta que el extensómetro acusé una deformación unitaria de 1%. Se anota la carga para esta deformación como la correspondiente a resistencia de fluencia. Después de que se haya determinado la resistencia de fluencia debe removerse el extensómetro.

17.5.2 Alargamiento

Para determinar el alargamiento se usa un extensómetro adecuado que tenga una longitud de calibración no menor de 60 cm (ver incisos 17.5.2.1 y 17.5.2.2). Se aplica una carga inicial del 10% de la resistencia mínima de ruptura esperada en la probeta se sujeta el extensómetro (ver 17.5.2.1) y se ajusta a una lectura 0. El extensómetro puede quitarse de la probeta antes de la ruptura, después de que el alargamiento mínimo especificado se ha excedido. No es necesario determinar el valor del alargamiento final.

17.5.2.1 El extensómetro para la resistencia de fluencia y el extensómetro para el alargamiento pueden ser el mismo o dos instrumentos separados. Puede ser más conveniente dos instrumentos, dado que el extensómetro para la resistencia de fluencia es más sensible y puede dañarse cuando se presenta la fractura del cable; debe removerse después de determinar la resistencia de fluencia. El extensómetro del alargamiento puede ser construido con componentes de menor sensibilidad o ser construido en tal forma que el daño sea pequeño si la fractura ocurre mientras el extensómetro está sujeto a la probeta.

17.5.2.2 Se considera que las probetas que se rompen fuera de la zona del extensómetro o en las mordazas, independientemente del procedimiento de sujeción, son válidos si cumplen con los requisitos de resistencia mecánicos especificados en la NMX-B-292.

Las probetas que rompen fuera del extensómetro o en las mordazas y no cumplen con los requisitos mínimos especificados en la NMX-B-292, deben rechazarse.

Las probetas que rompen entre los puntos de apoyo del extensómetro y no cumplen con los requisitos mínimos especificados, están sujetas a reensayo, según se indica en la NMX-B-292.

17.5.3 Resistencia de ruptura.

Se determina la carga máxima a la cual uno o varios alambres del cable se fracturan. Se anota esta carga como la resistencia de ruptura del cable.

18. DETERMINACION DE LA TENACIDAD DEL ACERO POR MEDIO DE LA TEMPERATURA DE TRANSICION.

18.1 Alcance.

18.1.1 Este inciso incluye un método de prueba para evaluar la tenacidad del acero mediante una prueba de impacto, determinando la temperatura de transición en una probeta Charpy con ranura en V utilizando el criterio de 50% de fractura dúctil y 50% de fractura cristalina.

18.1.2 Este método debe usarse siempre que la requisición, contrato u orden indique que las forjas están sujetas a la prueba de tenacidad.

18.2 Definiciones.

18.2.1 Tenacidad del acero.

Tenacidad del acero es la resistencia a una fractura frágil media por la energía de impacto y por el porcentaje de fractura dúctil determinada sobre una probeta Charpy con ranura en V,

18.2.2 Fractura frágil.

Es la fractura que se presenta a temperaturas suficientemente bajas en una probeta de impacto Charpy con ranura en V, que muestra un aspecto brillante y polifacético, sin presentar una contracción visible en el ancho de la raíz de la ranura (a veces se le llama también fractura cristalina).

18.2.3 Fractura dúctil.

A medida que la temperatura de la prueba aumenta, la cantidad de fractura frágil disminuye progresivamente y comienzan a hacerse evidentes cantidades crecientes de deformación plástica, hasta que ya no aparece fractura frágil (a menudo se le llama también fractura fibrosa)

18.2.4 Temperatura de transición.

Se define como la temperatura a la cual la apariencia de la fractura de una probeta de impacto Charpy, con ranura en V, es 50% dúctil y 50% frágil, basada en el área original transversal bajo la ranura.

18.3 Probetas

18.3.1 A menos que el comprador lo especifique de otra manera, la probeta debe ser de la forma y dimensiones que se especifican en la figura 16.

18.3.2 El número y localización de las probetas debe especificarse en la requisición contrato u orden.

18.4 Procedimiento.

18.4.1 Control de temperatura.

Las pruebas efectuadas a temperatura ambiente deben realizarse aproximadamente a 24°C, y registrarse la temperatura ambiente para cada prueba. Para pruebas a temperaturas diferentes de la ambiente, las probetas deben calentarse o enfriarse en un medio líquido o en horno hasta que adquieran la temperatura deseada. Si se usa un medio líquido, se sumergen las probetas a la temperatura de prueba deseada cuando menos durante 15 min. Si se utiliza un horno se mantiene la temperatura de prueba cuando menos media hora. En cualquiera de estos casos se registra la temperatura del medio líquido o del horno.

18.4.2 Determinación de la fractura dúctil.

El porcentaje de fractura dúctil puede determinarse por cualquiera de los siguientes métodos:

18.4.2.1 Por medida de la longitud y ancho de la porción con fractura frágil, tal como se muestra en la figura 15 y determinación del porcentaje de fractura dúctil mediante la tabla 4.

18.4.2.2 Por comparación de la apariencia de la fractura de la probeta con un cuadro comparativo como el mostrado en la figura 16.

18.4.3 Determinación de la temperatura de transición.

Para determinar la temperatura de transición deben fracturarse cuando menos cuatro probetas que han sido tomadas de posiciones comparables. Cada una de estas probetas se fracturan a temperatura diferente, pero dentro de un intervalo tal que se presenten fracturas con un 25% a un 75, de fractura dúctil. Se gráfica el porcentaje de fractura dúctil contra la temperatura de prueba y se determina la temperatura de transición por interpolación gráfica (la extrapolación no está permitida).

18.5 Informe.

El informe debe incluir para cada probeta fracturada, lo siguiente:

- Valor del impacto.
- Porcentaje de fractura dúctil.
- Temperatura de la prueba.

- Temperatura de transición (si se determinó).

19. DETERMINACION DE LA TENACIDAD DE RANURA Y DE LA TEMPERATURA DE TRANSICION MEDIANTE LA EXPRESION LATERAL.

19.1 Alcance .

19.1.1 En este inciso se incluye un método de prueba de la tenacidad de ranura y de la temperatura de transición a través de la determinación de la expansión lateral sobre el lado de la compresión en probetas de impacto Charpy con ranura en V,

19.1.2 Este método debe usarse siempre que la orden de compra o con trato lo indique.

19.2 Definiciones.

19.2.1 Tenacidad de ranura.

Es la resistencia del material a un comportamiento frágil determinado por la expansión lateral en probetas de impacto Charpy con ranura en V.

19.2.2 Expansión lateral.

Es el aumento del ancho de la probeta del lado de compresión en una probeta tipo Charpy con ranura en V, fracturacia. El lado de compresión del] a probeta es el opuesto a la ranura.

19.2.3 Temperatura de transición.

Es la temperatura a la cual la expansión lateral es una cantidad especificada medida en centésimas de milímetro.

19.3 Probetas .

Las probetas deben ser de la forma y dimensiones mostradas en la figura 12 tipo A; cuando se requieran probetas menores, pueden usarse las indicadas en el inciso 12.3.2.1.

19 .4 Procedimiento.

19.4.1 Determinación de expansión lateral.

19.4.1.1 El método para medir la expansión lateral debe tomar en cuenta el hecho de que la línea de la fractura raramente bisecta el punto de máxima expansión, en ambos lados. La mitad de una probeta -fracturada puede incluir la máxima expansión en ambos lados, un lado solamente o ninguno. La técnica usada debe entonces proporcionar un valor de expansión igual a la suma del más alto de los dos valores obtenidos por cada lado, midiendo las dos mitades separadamente. La cantidad de expansión sobre cada mitad de

cada lado debe medirse con relación al plano definido por la porción indeformada del lado de la probeta.

19.4.1.2 La expansión puede medirse usando un calibrador similar al que se muestra en las figuras, 16 y 17. Se une el lado de compresión de las dos mitades rotas entre sí, de manera que los lados perpendiculares a la ranura queden en el mismo plano. Se presionan las dos mitades contra los soportes de referencia de la probeta, con la porción expandida del lado de la probeta contra el vástago del calibrador. No deben presionarse las medidas rotas entre sí. La lectura es automáticamente, la mayor de las dos para ese lado. Se mide la expansión sobre el otro lado y se suman los dos valores para obtener la expansión total. El número de probetas probadas debe ser el indicado en el inciso 12.3.2.

19.4.2 Determinación de la temperatura de transición.

Para determinar la temperatura de transición se rompe un número suficiente de probetas sobre un intervalo de temperatura tal que la temperatura que produce la expansión lateral especificada pueda determinarse por interpolación gráfica (no se permite extrapolación).

19.5 Informe.

El informe debe incluir los siguientes resultados para cada probeta fracturada:

- a) Expansión lateral en centésimas de milímetro.
- b) Valores de energía J (kg-m).
- c) Temperatura de prueba.

20. PROCEDIMIENTO PARA CONVERTIR EL PORCENTAJE DE ALARGAMIENTO

DE UNA PROBETA REDONDA ESTANDAR A UN PORCENTAJE EQUIVALENTE DE ALARGAMIENTO DE UNA PROBETA ESTANDAR PLANA.

20.1 Alcance.

Este inciso indica un procedimiento para convertir el porcentaje de alargamiento después de la fractura, obtenido en una probeta estándar de 12.10 mm de diámetro por 50.00 mm de longitud calibrada a alargamiento equivalentes de probetas planas estándar de 12.70 mm por 50.00 mm, 38.00 mm por 200 mm.

20.2 Fórmula básica.

Los datos de conversión de este método se basan en una fórmula de Bertella. Las relaciones entre los alargamiento en probetas estándar de 12.70 mm de diámetro por 50.00 mm y otras probetas estándar pueden calcularse como sigue:

$$a = a_0 \left(\frac{4.47 \sqrt{A}}{L} \right)^m$$

En donde:

A = porcentaje de alargamiento después de la fractura de una probeta estándar que tenga una longitud calibrada "L" y un área de sección transversal "A".

a₀ = porcentaje de alargamiento después de la fractura de una probeta estándar que tenga 50.00 mm de longitud calibrada y 12.70 mm de diámetro.

M = constante que depende del material bajo prueba.

20.3 Aplicación.

20.3.1 Al aplicar la formula anterior, la constante "m" es característica del material bajo prueba. El valor de m = 0.4 se ha encontrada da conversiones satisfactorias para aceros al carbono carbono-manganeso, molibdeno y cromo-molibdeno con una resistencia a la tensión que esté dentro de 276 y 589 N/mm² (28 y 60 kgf/mm²) en la condición de laminado en caliente, laminado en caliente y normalizado o recocido con o sin revenido. Debe notarse que se excluyen los estados de reducido en frío, templado y revenido.

20.3.2 La tabla lo ha sido calculada considerando m = 0.4 con probetas estándar de 12.70 mm de diámetro por 50.00 mm de longitud calibrada como probeta de referencia. En el caso de probetas pequeñas de 8.89 mm de diámetro y 35.00 de longitud calibrada y probetas de 6.35 mm de diámetro por 25.00 mm de longitud calibrada, el factor en la ecuación es 4.51 en lugar de 4.47 Puede despreciarse el pequeño error que se in al usar la tabla 10 para probetas pequeñas.

20.3.3 El alargamiento dado por una probeta estándar de 12.70 mm de diámetro por 50.00 mm de longitud calibrada, puede ser convertido al alargamiento de probetas planas de 12.70 mm por 50.00 mm ó 38.00 mm por 200.00 mm, multiplicando por el factor indicado en la tabla 10.

20.3.4 Estas conversiones de alargamiento no deben usarse donde la relación de ancho a espesor en la pieza de prueba exceda de 20, como en una probeta de lámina que tenga menos de 0.63 mm de espesor.

20.3.5 Las conversiones pueden considerarse confiables dentro de las limitaciones específicas y, generalmente, usarse al preparar normas, las que sea deseable comparar con

requisitos de alargamiento equivalentes de algunas probetas estándar de tensión cubiertos por esta norma, las consideraciones deben basarse en los efectos metalúrgicos dependientes del material tal como se procesa.

21. NOTAS SOBRE EL SIGNIFICADO DE LA PRUEBA DE IMPACTO SOBRE BARRAS RANURADAS.

21.1 Comportamiento de la ranura.

21.1.1 El tipo de prueba Charpy muestra el comportamiento de la ranura (fragilidad contra ductilidad) por aplicación de una sobrecarga siempre de esfuerzos. Los valores de energía determinados son comparaciones cuantitativas sobre una probeta seleccionada pero no pueden convertirse a valores de energía que puedan servir para cálculos de diseño en ingeniería. El comportamiento de la ranura en una prueba individual se aplica únicamente al tamaño de la probeta geometría de la ruptura y condiciones de la prueba, 't' no puede hacerse extensivo para otros tamaños y condiciones de probetas.

21.1.2 El comportamiento de la ranura de los metales y aleaciones, con cristalización cúbica de cara centrada, de un gran grupo de metales no ferrosos y de los aceros austeníticos, puede evaluarse a partir de sus propiedades comunes a la tensión. Si son frágiles a la tensión serán frágiles al impacto, mientras que si son dúctiles a la tensión serán dúctiles al impacto, cuando se ranuren excepto cuando las ranuras sean demasiado agudas o profundas (mucho más severas, que las probetas normales Charpy). Aún las bajas temperaturas no alteran dichas características de estos materiales. En contraste el comportamiento de los aceros ferríticos bajo condiciones de ranurado no puede predecirse de las propiedades que revela la prueba de tensión. Para el estudio de estos materiales, las pruebas tipo Charpy resultan muy útiles.

Algunos metales que muestran ductilidad normal en la prueba de tensión pueden, sin embargo romper con fractura cristalina cuando se prueban o se usan en condiciones ranuradas. Las condiciones de ranurado incluyen restricciones a la deformación en direcciones perpendiculares al esfuerzo mayor, o esfuerzos multiaxiales y concentraciones de esfuerzos.

Es en este campo donde las pruebas Charpy prueban su utilidad para determinar la susceptibilidad de un acero a ser frágil cuando se ranura aun que no pueden emplearse directamente para apreciar la capacidad de servicio de una estructura.

21.1.3 La máquina de prueba en sí debe ser suficientemente rígida, porque de lo contrario las pruebas en material de alta resistencia y baja energía pueden resultar en una pérdida excesiva de energía elástica a través del eje del péndulo o hacia abajo a través de la máquina. Si los apoyos de la máquina, las orillas de impacto del péndulo, o los pernos de la cimentación de la máquina no están sujetos firmemente, las pruebas en materiales

dúctiles en el límite de 108J(11 kgf-m) pueden indicar valores en exceso de 118 a 137 J (12 a 14 kgf/m).

21.2 Efecto de la ranura.

21.2.1 La ranura resulta en una combinación de esfuerzos multiaxiales asociados con restricciones a la deformación, en dirección perpendicular al mayor esfuerzo y una concentración de esfuerzos en la base de la ranura. Generalmente, no es deseable una ranura muy severa y esto se considera muy importante en aquellos casos en los que se inicia una fractura frágil y repentina. Algunos metales pueden deformarse de una manera dúctil aun a temperaturas tan bajas como las del aire líquido mientras que otros pueden agrietarse. Estas diferencias en comportamiento pueden entenderse considerando la resistencia de cohesión del material (la propiedad que lo mantiene unido) y su relación con el límite de fluencia. En casos de fractura frágil la resistencia de cohesión se excede antes de que se presente una deformación plástica significativa y que aparezca fractura cristalina. En caso de una falla de tipo dúctil o de esfuerzo cortante, precede a la fractura una considerable de formación y la superficie fracturada aparece fibrosa en lugar de cristalina. En casos intermedios la fractura se presenta después de una ligera deformación y tiene parte con apariencia cristalina y parte con apariencia fibrosa.

21.2.2 Cuando se aplica una carga sobre una barra ranurada hay un esfuerzo normal a través de la base de la ranura que tiende a iniciar la fractura. La propiedad que le impide el fracturarse y que mantiene unido el material, es la "resistencia cohesiva la barra se fractura cuando el esfuerzo normal e ; cede a la resistencia cohesiva Cuan do esto ocurre sin que la barra se deforme, se tendrá una condición de fractura frágil.

21.2.3 Durante las pruebas aunque no en servicio y debido a efectos laterales sucede comúnmente que una deformación plástica preceda a fractura. En adición al esfuerzo normal, la carga aplicada ocasiona también esfuerzos cortantes con dirección aproximadamente 0.785 radianes (45°) del esfuerzo normal El comportamiento elástico termina tan pronto como el esfuerzo cortante excede la resistencia cortante del material ,y la deformación o fluencia plástica se presenta. Esta es la condición para una falla dúctil.

21.2.4 Este comportamiento ya sea dúctil o cristalino, depende de que el esfuerzo normal exceda la resistencia cohesiva. De esto se deducen varios hechos importantes sobre el comportamiento de la ranura. Si esta se hace más aguda o más drástica, el esfuerzo normal en la -raíz de la ranura se verá incrementando con relación al esfuerzo constante y la barra será más propensa a una fractura frágil (ver tabla 9). También, según aumente la velocidad de deformación la resistencia cortante aumentará y la posibilidad de una fractura frágil se incrementará Por otro lado, elevando la temperatura y manteniendo igual la ranura y la velocidad de deformación, se reduce la resistencia al corte y se favorece un comportamiento dúctil que conduce a una fractura al esfuerzo cortante, antes que el esfuerzo cortante exceda a la resistencia cortante.

21.2.5 Las variaciones en las dimensiones afectarán seriamente los resultados de las pruebas. Pruebas sobre probetas de acero 4340 han mostrado el efecto de las variaciones dimensionales en probetas Charpy (ver tabla 9).

21.3 Efecto del tamaño.

21.3.1 Aumentando ya sea el ancho o el espesor de la probeta tiende a aumentar el volumen de metal sujeto a la distorsión, y por este factor se aumenta la absorción de energía cuando está fracturándose la probeta. De cualquier manera todos los aumentos en tamaño, particularmente en el ancho, también aumentan el grado de restricción y al tender a inducir una fractura frágil puede disminuirse la cantidad de energía absorbida: esto es particularmente cierto cuando una probeta normal esta en el límite de la fractura frágil, y una probeta con el doble del ancho puede requerir menor energía para su fractura que uno con el ancho normal. Tales probetas se basan en la probeta tipo A (ver figura 12).

21.3.2 En estudios de tales efectos donde el tamaño del material impide el uso de probetas normales, como por ejemplo en el caso de plancha de 6.35 mm de espesor, es necesario tomar probetas de menor tamaño.

21.3.3 No es práctico establecer una correlación general entre los valores de energía obtenidos con probetas de diferentes tamaños y formas, pero para propósitos específicos pueden establecerse correlaciones limitadas sobre la base de estudios especiales de materiales y probetas particulares. Por otra parte en un efecto del estudio relativo de variaciones de proceso, la evaluación mediante el uso de alguna probeta arbitrariamente seleccionada con una determinada ranura, proporcionará en la mayoría de los casos un orden apropiado para la aplicación de los métodos.

21.4 Efectos de las condiciones de prueba.

21.4.1 Las condiciones de prueba también afectan el comportamiento de la ranura. El efecto de la temperatura es tan pronunciado sobre el comportamiento del acero cuando está ranurado, que frecuentemente se efectúan comparaciones examinando la apariencia de la fractura contra la temperatura, en una serie de pruebas sobre barras ranuradas a diferentes temperaturas.

Cuando se ha disminuido la temperatura de prueba lo suficientemente para iniciar una fractura cristalina, puede presentarse una caída extremadamente brusca en los valores de impacto o bien puede bajar gradualmente según disminuyen las temperaturas. Esta caída en los valores de energía se inicia cuando la probeta comienza a exhibir apariencia cristalina en la fractura. La temperatura de transición a la que se presenta este fenómeno de fragilidad, varía considerablemente con el tamaño de la probeta y con la geometría de la ranura.

Algunas de las muchas definiciones que comúnmente se usan son:

a) La temperatura más baja a la cual la probeta exhibe 100% de fractura fibrosa.

- b) La temperatura a que la fractura es 50% cristalina y 50% de apariencia fibrosa.
- c) La temperatura que corresponde a un valor de energía 50% de la diferencia entre los valores obtenidos a 0 y 100% de fractura fibrosa.
- d) La temperatura correspondiente a un valor específico de energía.

21.4.3 Un problema peculiar a pruebas tipo Charpy se presenta cuando se prueban a bajas temperaturas, probetas con alta resistencia y valores bajos de energía. Estas probetas en ocasiones no salen de la máquina en la dirección de oscilación del péndulo, sino en una dirección lateral.

Para asegurar que las mitades de la probeta fracturada no reboten en algún componente de la máquina y toquen el péndulo antes de que complete su oscilación, puede ser necesario modificar los modelos antiguos de máquina de impacto. De cualquier manera el problema básico es el mismo y deben tomarse medidas para evitar el rebote de la probeta fracturada contra el péndulo. Donde el diseño lo permite, las probetas fracturadas pueden ser proyectadas afuera de los lados de la máquina, y serán necesarios otros diseños para contener las probetas fracturadas, hasta que el péndulo pase a través de los soportes.

Algunas probetas de alta resistencia y valores bajos de energía dejan las máquinas de impacto a velocidades superiores a 17 m por segundo aún cuando fueron golpeadas por un péndulo con una velocidad aproximadamente de 5 m por segundo. Si la fuerza ejercida sobre el péndulo por las probetas fracturadas es suficiente, el péndulo bajará su velocidad y se registrarán valores de energía erróneamente altos. Este problema debe considerarse para muchas de las inconsistencias en los resultados Charpy informados por varios investigadores dentro de los límites de 14 J a 31 J (1.3 a 3.4 k 3f-m). En la NMX-B-120 se discuten los dos diseños básicos de máquina y se encuentra una modificación para minimizar la interferencia por sujeción.

21.5 Velocidad de deformación.

La velocidad de deformación es una variable ligera que afecta el comportamiento de ranura del acero.

Los resultados de prueba de impacto muestran, de cualquier manera, valores de absorción de energía más altos que las pruebas estáticas arriba de la temperatura de transición y, aún, en algunos casos lo contrario es cierto abajo de la temperatura de transición.

21.6 Correlación con servicio.

Mientras que las pruebas Charpy no pueden predecir directamente el comportamiento dúctil o frágil del acero como se usa comúnmente en grandes cosas o como componentes de grandes estructuras, estas pruebas pueden usarse como pruebas de aceptación o de identidad para diferentes lotes del mismo acero o para elegir entre varios aceros diferentes, cuando se ha establecido una correlación con un comportamiento confiable en servicio. Puede ser necesario y el verificar las pruebas a temperaturas seleccionadas adecuadamente y diferentes a la temperatura ambiente. En esto, la temperatura de servicio o la temperatura

de transición de probetas de escala completa no da la temperatura de transición deseada para pruebas Charpy ya que el tamaño y geometría de la ranura puede ser muy diferente.

El análisis químico, las pruebas de tensión y las pruebas de dureza pueden no indicar la influencia de algunos de los factores importantes de proceso y que afectan la susceptibilidad a una fractura frágil, ni tampoco registran el efecto de las bajas temperaturas para inducir una fractura frágil.

TABLA 1. Detalles para el diseño de las probetas de fundiciones.

| Diseño de la prolongación (o pierna) | | Diseño del alimentador | |
|---|---|-------------------------------------|--|
| 1. L (longitud) | Se usará una longitud mínima de 127 mm. Esta longitud podrá aumentarse a opción del fabricante para acomodar barras adicionales a prueba. | 1. L (longitud) | La longitud del alimentador debe ser la misma que de la parte superior a la pierna o brazo. La longitud de la parte superior del alimentador depende del desván. |
| 2. Desván del extremo. | El uso y tamaño debe estar a opción del fabricante. | 2. Ancho | El ancho del alimentador en la base de un bloque de varias piernas debe ser de 57 a 8 mm donde “n” es igual al número de piernas del bloque. |
| 3. Altura. | 33 mm | | El ancho del alimentador es su parte superior depende de su desván. |
| 4. Ancho (parte superior) | 33 mm | | |
| 5. Radio (parte superior) | 13 mm max | 3. T Desván (cuña) del alimentador. | |
| 6. Espaciamiento entre las prolongaciones | Debe usarse un radio de 13 mm entre las prolongaciones Las probetas para prueba de tensión, | Altura | La altura del |

| | | | |
|--|----|--|---|
| 7. Localización de las barras de prueba. | | | alimentador debe ser 50 mm. La máxima altura del alimentador queda a opción del fabricante por las siguientes razones: a) Muchos alimentadores son abiertos. b) Diferentes composiciones pueden requerir variaciones en el alimentador para que el metal quede sano. c) Diferentes temperaturas de vaciado pueden requerir variación en el alimentador |
| 8. Número de prolongaciones. | de | doblando e impacto se toman de la parte inferior de la prolongación (ver nota 1) Debe estar a opción del fabricante, suponiendo que están equidistantes como se indica en el punto 6. Radio de 0 a aproximadamente 1.59 mm | |
| R | | | |

NOTA:

1. Barra para doblado, si se requiere una barra para prueba de doblado, en la figura 3 se indica un diseño alternativo (líneas punteadas).

TABLA 2. Areas de esfuerzo para probetas redondas.

| Probeta estándar, diámetro 12.5 mm | | Probetas de tamaño menor proporcionales al estándar | | | |
|------------------------------------|-------------------------|---|--------------------------|---------------------|--------------------------|
| Diámetro real, en mm | Area en mm ² | Diámetro 8.89 mm | | Diámetro 6.35 mm | |
| | | Diámetro real en mm | Area, en mm ² | Diámetro real en mm | Area, en mm ² |

| | | | | | |
|-------|--------|------|-------|------|-------|
| 12.44 | 121.67 | 8.71 | 59.61 | 6.22 | 30.38 |
| 12.47 | 122.12 | 8.73 | 59.93 | 6.24 | 30.64 |
| 12.49 | 122.64 | 8.76 | 60.32 | 6.27 | 30.90 |
| 12.52 | 123.16 | 8.78 | 60.64 | 6.29 | 31.16 |
| 12.54 | 123.67 | 8.81 | 61.03 | 6.32 | 31.41 |
| 12.57 | 124.12 | 8.83 | 61.35 | 6.35 | 31.67 |
| 12.59 | 124.64 | 8.86 | 61.74 | 6.37 | 31.93 |
| 12.62 | 125.16 | 8.89 | 62.06 | 6.40 | 32.19 |
| 12.64 | 125.67 | 8.91 | 62.45 | 6.42 | 32.45 |
| 12.67 | 126.19 | 8.94 | 62.77 | 6.45 | 32.70 |
| 12.72 | 126.64 | 8.96 | 63.16 | 6.47 | 32.96 |
| 12.72 | 127.16 | 8.99 | 63.48 | - | - |
| 12.75 | 127.67 | 9.01 | 63.87 | - | - |
| 12.77 | 128.19 | 9.04 | 64.19 | - | - |
| 12.80 | 128.70 | 9.06 | 64.58 | - | - |
| 12.82 | 129.22 | - | - | - | - |
| 12.85 | 129.74 | - | - | - | - |
| 12.87 | 130.25 | - | - | - | - |
| 12.90 | 130.77 | - | - | - | - |
| 12.92 | 131.29 | - | - | - | - |
| 12.95 | 131.80 | - | - | - | - |

TABLA 3. Relación aproximada de números de dureza Brinell y Rockwell con respecto a la resistencia a la tensión.

| Diámetro de la huella Brinell, en mm | Número de dureza Brinell | | Número de dureza Rockwell | | Número de Rockwell superficial con penetrador de diamante | | | Resistencia a la tensión, aproximada, Mpa (kgf/mm ²) |
|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------|----------|---|------------|------------|--|
| | Balín normal | Balín de carburo de tungsteno | Escala B | Escala C | Escala 15N | Escala 30N | Escala 45N | |

| | | | | | | | | |
|------|-----|-----|-------|------|------|------|------|-----------|
| 2.45 | - | 627 | | 58.7 | 89.6 | 76.6 | 65.1 | 2384(243) |
| 2.50 | - | 601 | | 57.3 | 89.0 | 75.1 | 63.5 | 2256(230) |
| 2.55 | - | 578 | | 56.0 | 88.4 | 73.9 | 62.1 | 2148(219) |
| 2.60 | - | 534 | | 54.7 | 87.8 | 72.7 | 60.6 | 2050(209) |
| 2.70 | - | 514 | | 53.5 | 87.2 | 71.6 | 59.2 | 1982(202) |
| 2.75 | - | 495 | | 52.1 | 80.5 | 70.3 | 57.6 | 1883(192) |
| 2.80 | - | 477 | | 51.0 | 85.9 | 69.4 | 56.1 | 1815(185) |
| 2.85 | - | 461 | | 49.6 | 85.3 | 68.2 | 54.5 | 1726(176) |
| 2.90 | - | 444 | | 48.5 | 84.7 | 67.2 | 53.2 | 1658(169) |
| 2.95 | 429 | 429 | | 47.1 | 84.0 | 65.8 | 51.5 | 1579(161) |
| 3.00 | 415 | 415 | | 45.7 | 83.4 | 64.6 | 49.9 | 1501(153) |
| 3.05 | 401 | 401 | | 44.5 | 82.8 | 63.5 | 48.4 | 1452(148) |
| 3.10 | 388 | 388 | | 43.1 | 82.0 | 62.3 | 46.9 | 1383(141) |
| 3.15 | 375 | 375 | | 41.8 | 81.4 | 61.1 | 45.3 | 1324(135) |
| 3.20 | 363 | 363 | | 40.4 | 80.6 | 59.9 | 43.6 | 1265(129) |
| 3.25 | 352 | 352 | | 39.1 | 80.0 | 58.7 | 42.0 | 1216(124) |
| 3.30 | 341 | 341 | | 37.9 | 79.3 | 57.6 | 40.5 | 1177(120) |
| 3.35 | 331 | 331 | | 36.6 | 78.6 | 56.4 | 39.1 | 1128(115) |
| 3.40 | 321 | 321 | | 35.5 | 78.0 | 55.4 | 37.8 | 1089(111) |
| 3.45 | 311 | 311 | | 34.3 | 77.3 | 54.3 | 36.4 | 1050(107) |
| 3.50 | 302 | 302 | | 33.1 | 76.7 | 53.3 | 34.4 | 1020(104) |
| 3.55 | 293 | 293 | | 32.1 | 76.1 | 52.2 | 33.8 | 1001(102) |
| 3.60 | 285 | 285 | | 30.9 | 75.5 | 51.2 | 32.4 | 971(99) |
| 3.65 | 277 | 277 | | 29.9 | 75.0 | 50.3 | 31.2 | 951(97) |
| 3.70 | 269 | 269 | | 28.8 | 74.4 | 49.3 | 29.9 | 922(94) |
| 3.75 | 262 | 262 | | 27.6 | 73.7 | 48.3 | 28.5 | 893(91) |
| 3.80 | 255 | 255 | | 26.6 | 73.1 | 47.3 | 27.3 | 873(89) |
| 3.85 | 248 | 248 | | 25.4 | 72.5 | 46.2 | 26.0 | 853(87) |
| 3.90 | 241 | 241 | 100.0 | 24.2 | 71.7 | 45.1 | 24.5 | 824(84) |
| 3.95 | 235 | 235 | 99.0 | 22.8 | 70.9 | 43.9 | 22.8 | 795(81) |
| 4.00 | 229 | 229 | 98.2 | 21.7 | 70.3 | 42.9 | 21.5 | 785(80) |
| 4.05 | 223 | 223 | 97.3 | 20.5 | 69.7 | 41.9 | 20.1 | 765(78) |
| 4.10 | 217 | 217 | 96.4 | | | | | 716(73) |
| 4.15 | 212 | 212 | 95.5 | | | | | 706(72) |
| 4.20 | 207 | 207 | 94.6 | | | | | 687(70) |
| 4.25 | 201 | 201 | 93.8 | | | | | 677(69) |
| 4.30 | 197 | 197 | 92.8 | | | | | 667(68) |
| 4.35 | 192 | 192 | 91.9 | | | | | 647(66) |
| 4.40 | 187 | 187 | 90.7 | | | | | 628(64) |
| 4.45 | 183 | 183 | 90.0 | | | | | 618(63) |
| 4.50 | 179 | 179 | 89.0 | | | | | 608(62) |
| 4.55 | 174 | 174 | 87.8 | | | | | 589(60) |
| 4.60 | 170 | 170 | 86.8 | | | | | 579(59) |
| 4.65 | 167 | 167 | 86.0 | | | | | 569(58) |
| 4.70 | 163 | 163 | 85.0 | | | | | 559(57) |
| 4.80 | 156 | 156 | 82.9 | | | | | 549(56) |
| 4.90 | 149 | 149 | 80.8 | | | | | 500(51) |
| 5.00 | 143 | 143 | 78.7 | | | | | 490(50) |
| 5.10 | 137 | 137 | 76.4 | | | | | 461(47) |
| 5.20 | 131 | 131 | 74.0 | | | | | 451(46) |
| 5.30 | 126 | 126 | 72.0 | | | | | 432(44) |
| 5.40 | 121 | 121 | 69.0 | | | | | 412(42) |
| 5.50 | 116 | 116 | 67.6 | | | | | 402(41) |
| 5.60 | 111 | 111 | 65.7 | | | | | 382(39) |

NOTA. Esta tabla da una relación aproximada entre los valores de dureza Rockwell y Brinell y un valor aproximado correspondiente a la resistencia a la tensión del acero. Es posible que aceros de diferentes composiciones y procesos se desvien de la relación de dureza-tensión presentada en una tabla. Los datos que se presentan en esta tabla no representan una conversión de dureza a resistencia a la tensión aproximada para los aceros austeníticos, ferríticos, o inoxidables martensíticos. Donde se requiera una conversión más precisa, debe desarrollarse especialmente para cada composición de acero, tratamiento térmico y parte.

TABLA 4. Porcentaje de fractura dúctil

Dimensiones en milímetros

| Dimensión | Dimensión A | | | | | | | | | |
|----------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.0 | |
| 1.0 | 99 | 98 | 98 | 97 | 96 | 96 | 95 | 94 | 94 | |
| 1.5 | 98 | 97 | 96 | 95 | 94 | 93 | 92 | 92 | 91 | |
| 2.0 | 98 | 96 | 95 | 94 | 92 | 91 | 90 | 89 | 88 | |
| 2.5 | 97 | 95 | 94 | 92 | 91 | 89 | 88 | 86 | 84 | |
| 3.0 | 96 | 94 | 92 | 91 | 89 | 87 | 85 | 83 | 81 | |
| 3.5 | 96 | 93 | 91 | 89 | 87 | 85 | 82 | 80 | 78 | |
| 4.0 | 95 | 92 | 90 | 88 | 85 | 82 | 80 | 77 | 75 | |
| 4.5 | 94 | 92 | 89 | 86 | 83 | 80 | 77 | 75 | 72 | |
| 5.0 | 94 | 91 | 88 | 85 | 81 | 78 | 75 | 72 | 69 | |
| 5.5 | 93 | 90 | 86 | 83 | 79 | 76 | 72 | 69 | 66 | |
| 6.0 | 92 | 89 | 85 | 81 | 77 | 74 | 70 | 66 | 62 | |
| 6.5 | 92 | 88 | 84 | 80 | 76 | 72 | 67 | 63 | 59 | |
| 7.0 | 91 | 87 | 82 | 78 | 74 | 69 | 65 | 61 | 56 | |
| 7.5 | 91 | 86 | 81 | 77 | 72 | 67 | 62 | 58 | 53 | |
| 8.0 | 90 | 85 | 80 | 75 | 70 | 65 | 60 | 55 | 50 | |
| Dimensión P | Dimensión A | | | | | | | | | |
| | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 7.5 | 8.0 | 8.5 | 9.0 | 9.5 | 1.0 |
| 1.0 | 93 | 92 | 92 | 91 | 91 | 90 | 89 | 89 | 88 | 88 |
| 1.5 | 90 | 89 | 88 | 87 | 86 | 85 | 84 | 83 | 82 | 81 |
| 2.0 | 86 | 85 | 84 | 82 | 81 | 80 | 79 | 77 | 76 | 75 |
| 2.5 | 83 | 81 | 80 | 78 | 77 | 75 | 73 | 72 | 70 | 79 |
| 3.0 | 79 | 77 | 76 | 74 | 72 | 70 | 68 | 66 | 64 | 62 |
| 3.5 | 76 | 74 | 72 | 69 | 67 | 65 | 63 | 61 | 58 | 56 |
| 4.0 | 72 | 70 | 67 | 65 | 62 | 60 | 57 | 55 | 52 | 50 |
| 4.5 | 69 | 66 | 63 | 61 | 58 | 55 | 52 | 49 | 46 | 44 |
| 5.0 | 66 | 62 | 59 | 56 | 53 | 50 | 47 | 44 | 41 | 37 |
| 5.5 | 62 | 59 | 55 | 52 | 48 | 45 | 42 | 38 | 35 | 31 |
| 6.0 | 59 | 55 | 51 | 47 | 44 | 40 | 36 | 33 | 29 | 25 |
| 6.5 | 55 | 51 | 47 | 43 | 39 | 35 | 31 | 27 | 23 | 19 |
| 7.0 | 52 | 47 | 43 | 39 | 34 | 30 | 26 | 21 | 17 | 12 |
| 7.5 | 48 | 44 | 39 | 34 | 30 | 25 | 20 | 16 | 11 | 6 |
| 8.0 | 45 | 40 | 35 | 30 | 25 | 20 | 15 | 10 | 5 | 0 |

TABLA 5. Práctica recomendada para seleccionar probetas para la prueba de doblado.

Dimensiones en milímetros

| Soleras | | |
|----------|-------------|---|
| Espesor | Ancho | Tamaño recomendado |
| Hasta 13 | Hasta 19.00 | Sección completa |
| | Más de 19.0 | Sección completa o maquinar a no menos de 19.00 mm de ancho, con el espesor de la probeta |
| | | |

NOTAS.

- A) La longitud de cualquier probeta no debe ser menor de 150 mm.
- B) Las orillas de la probeta pueden redondearse a un radio no mayor de 1.0 mm.

TABLA 6. Recomendaciones para la selección de probetas de tensión.

| Espesor en mm | Ancho en mm | Barras laminadas en caliente | Barras laminadas en frío |
|---------------|-------------|--|--|
| Soleras | | | |
| Hasta 16 | Hasta 38 | Sección completa 200 mm de longitud calibrada (ver figura 4) | Maquinar la sección reducida a una longitud calibrada de 50 mm y aproximadamente 25 por ciento menos que el ancho de la probeta. |

| | | | |
|----------------------|-----------|---|---|
| | Más de 38 | Sección completa, o maquinar a 38 mm de ancho por 200 mm de longitud calibrada (ver figura 4) | Maquinar la sección reducida a 50 mm de longitud calibrada y 38 mm de ancho. |
| Mayor de 16 hasta 38 | Hasta 38 | Sección completa por 200 mm de longitud calibrada o maquinar, del centro de la sección, para obtener una probeta de 13 x 50 mm (ver figura 5) | Maquinar la sección reducida a una longitud calibrada de 50 mm y aproximadamente 25 por ciento menor que el ancho de la probeta, o maquinar, del centro de la sección, para obtener una probeta estándar de 13 x 50 mm (ver figura 5) |
| | Más de 38 | Sección completa, o maquinar a 38 mm de ancho por 200 mm de longitud calibrada, ver figura 4; o maquinar, a la mitad entre la orilla y el centro de la sección para obtener una probeta estándar de 13 x 50 mm, ver figura 5. | Maquinar la sección reducida a una longitud calibrada de 50 mm y 38 mm de ancho, o maquinar a la mitad entre la orilla y el centro de la sección, para obtener una probeta estándar de 13 x 50 mm (ver figura 5) |
| Mayor de 38 | | Sección completa por 200 mm de longitud calibrada o maquinar a la mitad entre la superficie y el centro, para obtener una probeta estándar de 13 x 50 mm (ver figura 5) | Maquinar, a la mitad entre la superficie y el centro, para obtener una probeta estándar (ver figura 5). |

TABLA 6 (Continuación)

| Diámetro o distancia entre caras paralelas, en mm | Barras laminadas en caliente | Barras laminadas en frío |
|---|---|---|
| Redondos, cuadrados, hexágonos y octágonos. | | |
| Hasta 16 | Sección completa por 200 mm de longitud calibrada o maquinar a la probeta de subtamaño (ver figura 5) | Maquinar a la probeta de subtamaño (ver figura 5) |
| Mayor de 16 hasta 38 | Sección completa por 200 mm de longitud calibrada, o | Maquinar, del centro de la sección para obtener una |

| | | |
|-------------------------|---|--|
| | maquinar, del centro de la sección, para obtener una probeta estándar de 13 por 50 mm. | probeta de 13 por 50 mm (ver figura 5) |
| Mayor de 38 | Sección completa por 200 mm de longitud calibrada, o maquinar, a la mitad entre la superficie y el centro de la sección, para obtener una probeta estándar de 13 por 50 mm (ver figura 5) | Maquinar a la mitad entre la superficie y el centro de la sección, para obtener una probeta estándar de 13 por 50 mm (ver figura 5). |
| Barras con otras formas | | |
| Todos los tamaños | Sección completa por 200 mm de longitud calibrada o preparar la probeta, si es posible, a 38 mm de ancho por 200 mm de longitud calibrada. | Maquinar la sección reducida a 50 mm de longitud calibrada y aproximadamente 25 por ciento menos que el ancho de la probeta. |

NOTA. Para barras donde es difícil determinar el área de la sección transversal por una simple medición, el área en milímetros cuadrados, puede calcularse dividiendo el peso por milímetros lineal de la probeta en kilogramos por el peso de un milímetro cúbico de acero, o dividiendo el peso metro lineal de la probeta por el peso de un milímetro cuadrado y un metro de largo.

TABLA 7. Limitaciones del espesor de la pared para la prueba de dureza superficial de materiales dúctiles o recocidos (a).
(Escala T, balín de 1.59 mm)

| Espesor de pared, en mm | | Carga, en kgf |
|-------------------------|-------|---------------|
| Mas de | Hasta | |
| 0.51 | 0.89 | 15 |
| 0.89 | 1.27 | 30 |
| 1.27 | | 45 |

Para un espesor de pared dado se usa generalmente la carga más pesada recomendada.

TABLA 8. Limitaciones del espesor de pared para la prueba de dureza superficial de materiales acabados en frío o tratados termicamente (a).

(Escala N, penetrador de diamante).

| Espesor de pared, en mm | | Carga, en kgf |
|-------------------------|-------|---------------|
| Mas de | Hasta | |
| 3.81 | 6.35 | 15 |
| 6.35 | 8.89 | 30 |
| 8.89 | | 45 |

(a) Para un espesor dado se usa generalmente la carga más pesada recomendada..

TABLA 9. Efecto de las variaciones de las dimensiones de la ranura en las probetas normales.

| | | Probetas de alta energía, en J (kgf-m) | Probetas de alta energía, en J (kgf-m) | Probetas de baja energía, en J (kgf-m) |
|----------------------------------|----|--|--|--|
| Probeta con dimensiones normales | | 103 ± 5.2 (10.5±0.53) | 60.3 ± 3.0 (6.1±0.3) | 16.9±1.4 (1.7 ± 0.1) |
| Profundidad de ranura (a) | de | 97.9 (9.9) | 56.0 (5.7) | 15.5 (1.5) |
| Profundidad de ranura (a) | de | 101.8 (10.3) | 57.2 (5.8) | 16.8 (1.71) |
| Profundidad de ranura (a) | de | 104.1 (10.6) | 61.4 (6.2) | 17.2 (1.75) |
| Profundidad de ranura (a) | de | 107.9 (11.00) | 62.4 (6.3) | 17.3 (1.76) |

| | | | |
|--|---------------|------------|-------------|
| Radio en la base de la ranura (b) 0.127 mm | 98.0 (9.9) | 56.5 (5.7) | 14.6 (1.48) |
| Radio en la base de la ranura (b) 0.381 mm | 108.5 (11.06) | 64.3 (6.5) | 21.4 (2.18) |

NOTAS.

a) Estándar 2.00 ± 0.05 mm.

b) Estándar 0.25 ± 0.025 mm.

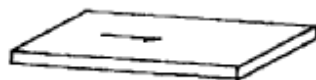
TABLA 10. Factores de multiplicación para convertir porcentajes de alargamiento de probetas estándar de tensión de 13 mm por 50 mm de longitud calibrada, en alargamiento de probetas estándar planas de 13 mm por 50 mm y 38 mm por 200 mm.

| Dimensiones en milímetros | | | | |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|---------|-----------------------|
| Espesor | Probetas de 13 por 50 | Probetas de 38 por 20 | Espesor | Probetas de 38 por 20 |
| 0.63 | 0.574 | - | 16.51 | 0.788 |
| 0.76 | 0.596 | - | 17.78 | 0.800 |
| 0.88 | 0.614 | - | 19.05 | 0.811 |
| 1.01 | 0.631 | - | 20.32 | 0.822 |
| 1.14 | 0.646 | - | 21.59 | 0.832 |
| 1.27 | 0.660 | - | 22.86 | 0.841 |
| 1.40 | 0.672 | - | 24.13 | 0.850 |
| 1.52 | 0.684 | - | 25.40 | 0.859 |
| 1.65 | 0.695 | - | 28.58 | 0.880 |
| 1.78 | 0.706 | - | 31.75 | 0.898 |
| 1.90 | 0.715 | - | 34.93 | 0.916 |
| 2.03 | 0.725 | - | 38.10 | 0.932 |
| 2.15 | 0.733 | - | 41.28 | 0.947 |
| 2.28 | 0.742 | 0.531 | 44.45 | 0.961 |
| 2.54 | 0.758 | 0.542 | 47.62 | 0.974 |

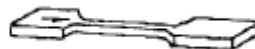
| | | | | |
|-------|-------|-------|--------|-------|
| 2.79 | 0.772 | 0.553 | 50.80 | 0.987 |
| 3.05 | 0.786 | 0.562 | 53.97 | 0.999 |
| 3.30 | 0.799 | 0.571 | 57.15 | 1.010 |
| 3.55 | 0.810 | 0.580 | 60.32 | 1.021 |
| 3.81 | 0.821 | 0.588 | 63.50 | 1.032 |
| 4.06 | 0.832 | 0.596 | 66.67 | 1.042 |
| 4.32 | 0.843 | 0.603 | 69.85 | 1.052 |
| 4.57 | 0.852 | 0.610 | 73.02 | 1.061 |
| 4.82 | 0.862 | 0.616 | 76.20 | 1.070 |
| 5.08 | 0.870 | 0.623 | 79.37 | 1.079 |
| 5. 1 | 0.891 | 0.638 | 82.55 | 1.088 |
| 6.35 | 0.910 | 0.651 | 85.72 | 1.096 |
| 6.98 | 0.928 | 0.664 | 88.90 | 1.104 |
| 7.62 | 0.944 | 0.675 | 92.08 | 1.112 |
| 8.25 | 0.959 | 0.686 | 95.25 | 1.119 |
| 8.89 | 0.973 | 0.696 | 98.42 | 1.127 |
| 9.52 | 0.987 | 0.706 | 101.60 | 1.134 |
| 10.16 | 1.000 | 0.715 | - | - |
| 10.80 | 1.012 | 0.724 | - | - |
| 11.43 | 1.024 | 0.732 | - | - |
| 12.06 | 1.035 | 0.740 | - | - |
| 12.70 | 1.045 | 0.748 | - | - |
| 13.33 | 1.056 | 0.755 | - | - |
| 13.97 | 1.066 | 0.762 | - | - |
| 14.60 | 1.075 | 0.770 | - | - |
| 15.24 | 1.084 | 0.776 | - | - |
| 15.88 | 1.093 | 0.782 | - | - |

FIGURA 1. Relación de las muestras y probetas conforme a la dirección del laminado (aplicable a productos forjados en general).

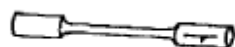
Muestra longitudinal.



Probeta plana para la prueba de tensión longitudinal.



Probeta redonda para la prueba de tensión longitudinal.



Probeta para la prueba longitudinal de doblado.
Indica la dirección del laminado.



Probetas para la prueba de impacto longitudinal.



Muestra transversal.



Probeta plana para la prueba de tensión transversal.



Robeta para la prueba transversal.

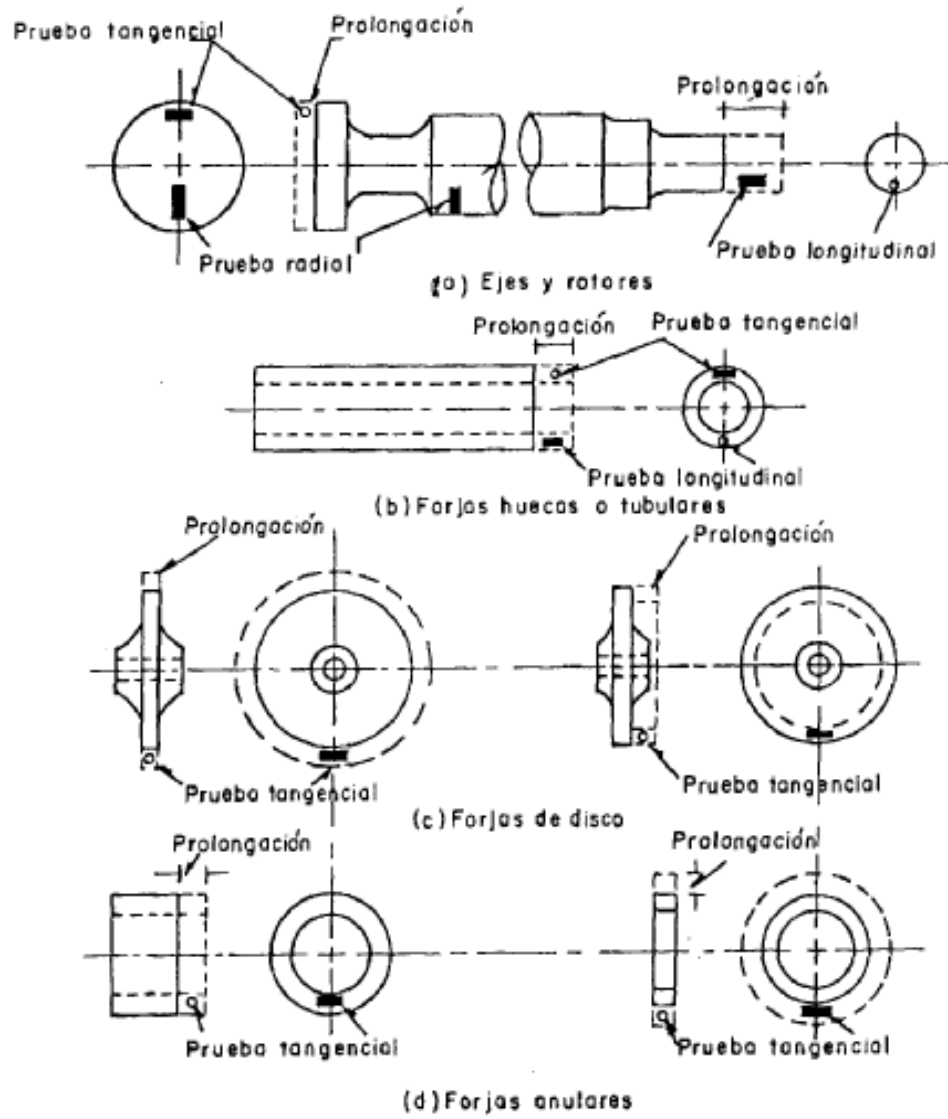


Probeta para la prueba de impacto transversal.



FIGURA 2.

Localización de las probetas de varios tipos de forja.



FIFURA 3. Bloques de prueba para fundiciones (ver tabla 1 para detalle de diseño).

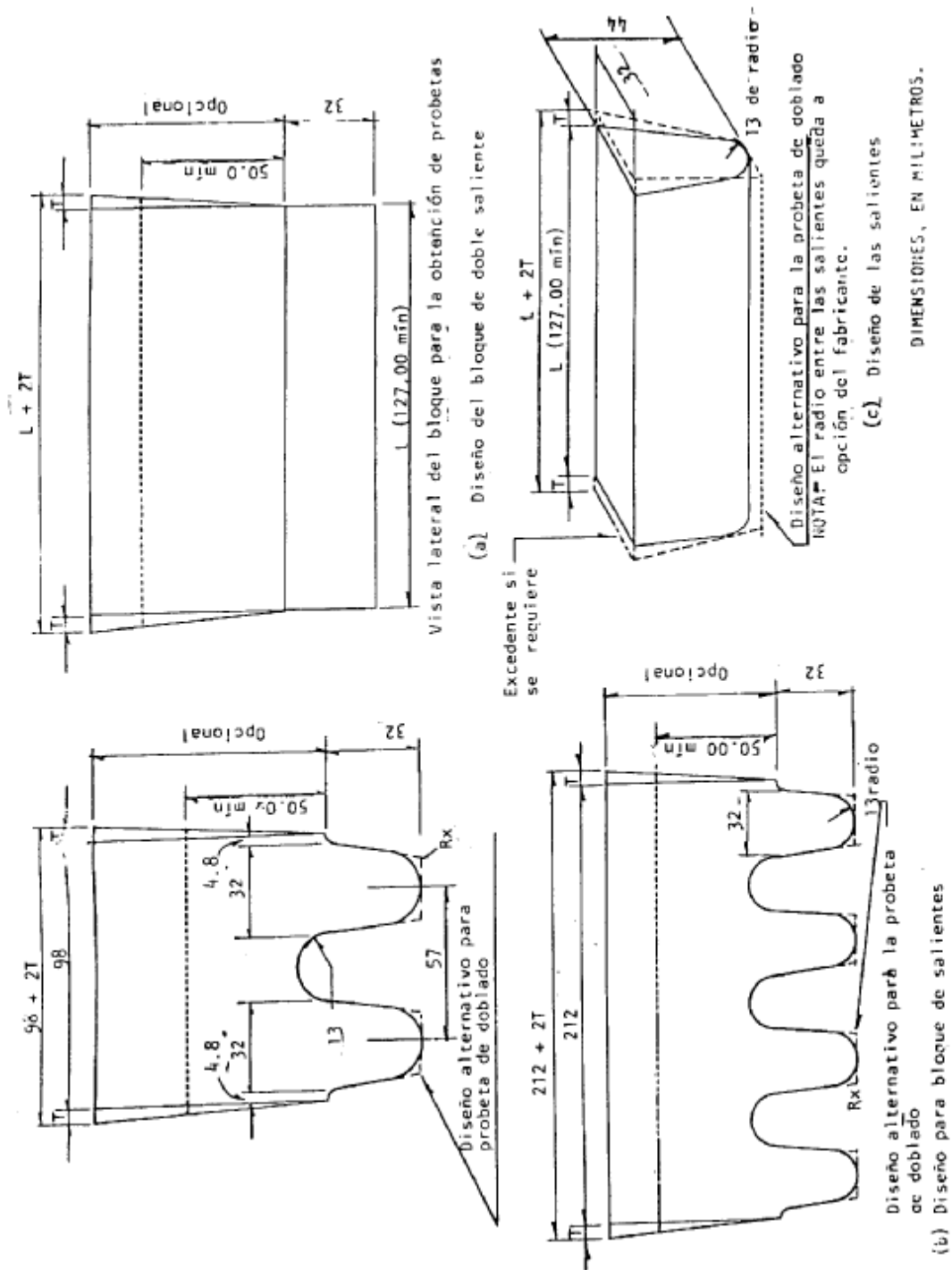
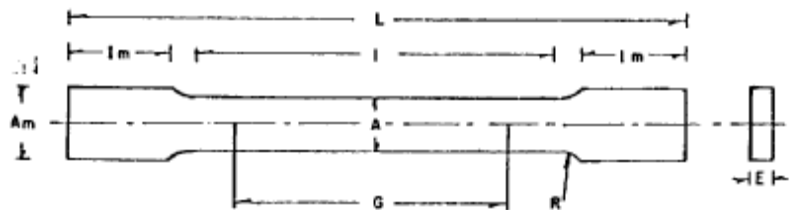


FIGURA 4. Probetas estándar rectangulares de 200 mm de longitud calibrada para la



prueba de tensión.

Dimensiones en milímetros

| | |
|---|----------------------|
| G- Longitud calibrada (nota 1) | 200 ± 0.25 |
| A- Ancho (notas 2 y 3) | 38 (+3; - 6) |
| E- Espesor | Espesor del material |
| R- Radio de la zona de transición (nota 4) | 25 mínimo |
| L- Longitud total | 460 mínimo |
| l- Longitud de la sección reducida | 228 mínimo |
| lm- Longitud de la zona de sujeción (nota 5) | 76 mínimo |
| Am- Ancho de la zona de sujeción (nota 1 y 6) | 50 aproximado |

NOTAS DE LA FIGURA 4.

1) Las marcas para medir el alargamiento después de la fractura, deben efectuarse en la parte plana o en la orilla de la probeta, y dentro de la sección reducida. Pueden usarse, ya sea un juego de nueve marcas separadas entre sí 25 mm, o bien uno o más pares de marcas espaciadas a 200 mm.

2) La probeta puede modificarse haciendo que sus lados sean paralelos a lo largo de toda su longitud, el ancho y las tolerancias seguirán siendo los especificados en la figura 4. Cuando sea necesario, puede usarse una probeta más delgada, en tal caso, el ancho será tan grande como el tamaño lo permita. Si el ancho del material es de 38 mm, los lados de la probeta pueden ser paralelos a lo largo de toda su longitud.

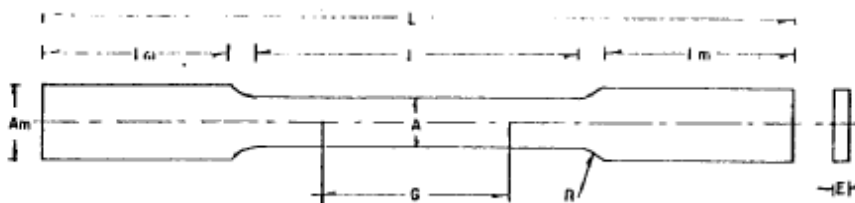
3) Los extremos de la sección reducida no deben diferir en su ancho en más de 0.101 mm. Puede existir un desván gradual en el ancho de la probeta, de sus extremos hacia el centro, pero no será mayor de la dimensión central de ancho en más de 0.38 mm.

4) Se permite un radio mínimo de 12.70 mm en los extremos de la sección reducida para probetas con una resistencia a la tensión menor de 687 MPa (70 kgf/mm²).

5) Cuando sea posible, es conveniente que la longitud de la zona de sujeción sea lo suficientemente grande para permitir que la probeta se divida en tres partes, como mínimo, de la longitud de las mordazas.

6) Los extremos de la probeta serán simétricos, con la línea central de la sección reducida dentro de una tolerancia de 2.540 mm.

FIGURA 5. Probeta rectangular para prueba de tensión con una longitud calibrada de 50 mm.



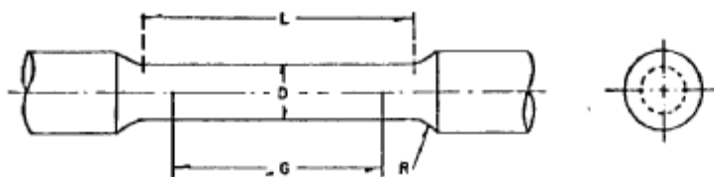
Dimensiones en milímetros

| | |
|---|----------------------|
| G- Longitud calibrada | 50 ± 0.13 |
| A- Ancho (notas 1 y 2) | 13 ± 0.25 |
| E- Espesor | Espesor del material |
| R- Radio de la zona de transición | 13 mínimo |
| L- Longitud total | 200 mínimo |
| l- Longitud de la sección reducida | 60 mínimo |
| lm- Longitud de la zona de sujeción (nota 3) | 50 mínimo |
| Am- Ancho de la zona de sujeción (nota 1 y 4) | 20 aproximado |

NOTAS DE LA FIGURA 5.

- 1) Las marcas para medir el alargamiento después de la fractura, deben efectuarse en la parte plana o en la orilla de la probeta y dentro de la sección reducida. Pueden usarse, ya sea un juego de nueve marcas separadas entre sí 25 mm o bien uno o mas pares de marcas espaciadas a 200 mm.
- 2) Los extremos de la sección reducida no deben diferir en su ancho en más de 0.051 mm. Puede existir un desván gradual en el ancho de la probeta, de sus extremos hacia el centro, pero el ancho en cualquiera de los extremos no será mayor de la dimensión central del ancho en más de 0.127 mm.
- 3) Cuando sea posible, es conveniente que la longitud de la zona de sujeción sea lo suficientemente grande para permitir que la probeta se extienda a las dos terceras partes como, mínimo, de la longitud de las mordazas. Si el espesor de la probeta es mayor de 9.53 mm se necesitarán mordazas más largas y por tanto, la zona de sujeción debe ser más grande para evitar fallas en las mordazas.
- 4) Los extremos de la probeta serán simétricos, con la línea central de la sección reducida dentro de una tolerancia de 0,254 mm. Sin embargo, si los extremos son simétricos dentro de una tolerancia de 1.27 mm, debe considerarse que la probeta es satisfactoria para todo tipo de prueba, excepto las de tercería.

FIGURA 6. Probeta redonda estándar de 13 mm de diámetro y 50 mm de longitud calibrada y ejemplos de probetas proporcionales a las estándar.



| | Probeta estándar | Probetas de tamaño pequeño proporcionales al estándar | |
|---|------------------|--|---------------|
| | Redonda de 13 | Redonda de 9 | Redonda de 6 |
| G- Longitud calibrada | 50 ± 0.13 | 35 ± 0.13 | 25 ± 0.13 |
| D- Diámetro (nota 1) | 13 ± 0.25 | 9 ± 0.18 | 6 ± 0.13 |
| R- Radio de la zona de transición | 9.53 | 9.53 | 6.35 |
| L- Longitud de la sección reducida min. (nota 2) | 58 | 44 | 30 |

NOTAS DE LA FIGURA 6.

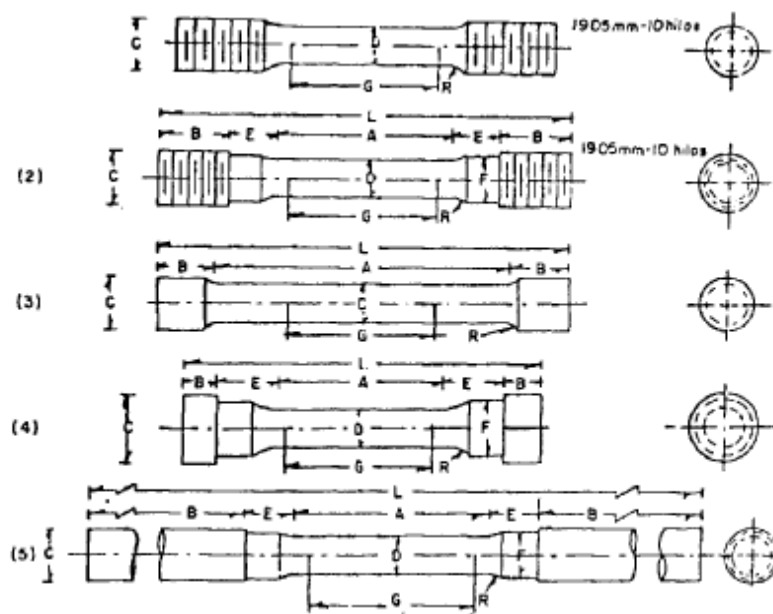
1) La sección reducida puede tener un desván gradual del centro hacia los pero éste no será mayor en más de 0.127 mm en su diámetro, que la dimensión o diámetro central, ni mayor de 0.076 mm que la medida central para las probetas de tamaño menor.

2) Si se desea, en el caso de las probetas de tamaño menor, puede aumentarse la longitud de la sección reducida para acomodar un extensómetro. Sin embargo, las marcas de calibración para medir el alargamiento deben estar espaciadas a la longitud especificada.

3) La longitud calibrada y la zona de transición, deben ser como se indica en la figura 6, pero los extremos pueden ser de cualquier forma que se acomode a las mordazas de la máquina de prueba, a fin de que la carga sea axial (ver figura 7). Si los extremos de la probeta van a sujetarse con mordazas, es conveniente que la zona de sujeción de la probeta tenga una longitud cuando menos de las dos terceras partes de la -longitud de la mordaza.

4) Para las probetas redondas estándar de las figuras 6 y 7, las longitudes calibradas son iguales a cuatro veces el diámetro. En las normas de algunos productos, se prevén otras probetas pero a menos que se mantenga la relación de 4 a 1, los valores de alargamiento y reducción de área no son comparables a los obtenidos con probetas estándar de prueba

FIGURA 7 Varios tipos de extremos para probetas estándar de sección redonda para prueba de tensión.



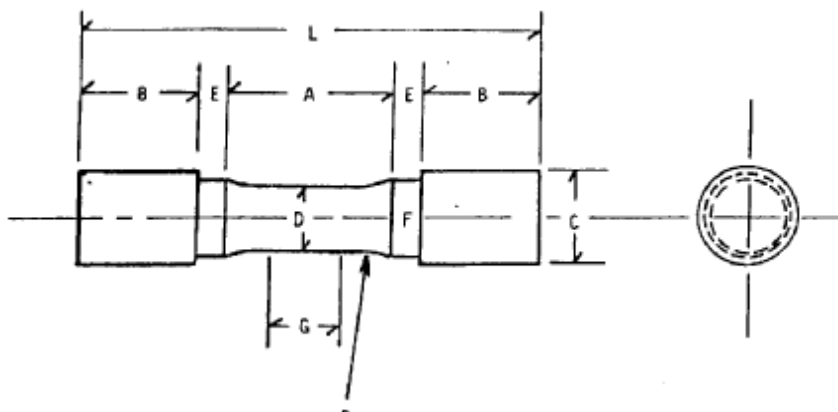
| | | PROBETA | | | | |
|---------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| G | Longitud Calibrada | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | 50 ± 0.10 | 50 ± 0.10 | 50 ± 0.10 | 50 ± 0.10 | 50 ± 0.10 |
| Diámetro D (Nota 1) | | 13 ± 0.25 | 13 ± 0.25 | 13 ± 0.25 | 13 ± 0.25 | 13 ± 0.25 |

| | | | | | |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Radio de la zona de transición R | 10 min | 10 min | 2 min | 10 min | 10 min |
| Longitud de la sección reducida A | 60 min | 60 min | 100 aprox | 60 min | 60 min |
| Longitud total L | 130 aprox | 140 aprox | 140 aprox | 120 aprox | 140 aprox |
| Longitud de la zona de sujeción (nota 2) B | 35 aprox | 25 aprox | 20 aprox | 13 aprox | 75 min |
| Diámetro de la zona de sujeción C | 20 | 19 | 18 | 22 | 20 |
| Longitud del resalte más la zona de transición E | - | 16 aprox | - | 20 aprox | 16 aprox |
| Diámetro del resalte F | - | 16 | - | 16 | 15 |

1) La sección reducida puede tener un desván gradual del centro hacia los pero éstos no deben ser mayores en más de 0.127 mm en su diámetro, que el centro.

2) Para la es deseable si es posible que la zona de sujeción tenga una longitud cuando menos de las dos terceras partes de la longitud de la mordaza.

FIGURA 8. Probetas para pruebas de tensión de hierro colado.



Dimensiones en milímetros

| | PROBETA 1 | PROBETA 2 | PROBETA 3 |
|---|---|---------------|---------------|
| G- Longitud calibrada | IGUAL A, O MAS GRANDE QUE EL DIAMETRO "D" | | |
| D- Diámetro | 13 ± 0.25 | 20 ± 0.40 | 30 ± 0.60 |
| R- Radio de la zona de transición, mínimo. | 25.0 | 25.0 | 50.0 |
| A- Longitud de la sección reducida, mínima. | 30 | 40 | 60 |
| L- Longitud total, mínima | 95 | 100 | 160 |

| | | | |
|--|---------------|---------------|---------------|
| B- Longitud de la zona de sujeción, aproximada | 25.0 | 25.0 | 44 |
| C- Diámetro en la zona de sujeción, aproximada | 20 | 30 | 47 |
| E- Longitud de resalte, mínima | 6 | 6 | 8 |
| F- Diámetro del resalte, mínimo | 15 ± 0.40 | 25 ± 0.40 | 35 ± 0.40 |

NOTA - La sección reducida y los resaltes (dimensiones A, D, E, F, G y R) deben ser como se indica; sin embargo, los extremos pueden ser de cualquier forma que permita su sujeción en la de prueba, de tal manera que la carga sea axial. Comúnmente los extremos son roscados y tienen las dimensiones B y C indicadas.

FIGURA 9.

Diagrama esfuerzo-deformación que muestra el límite de fluencia en la rodilla de la curva.

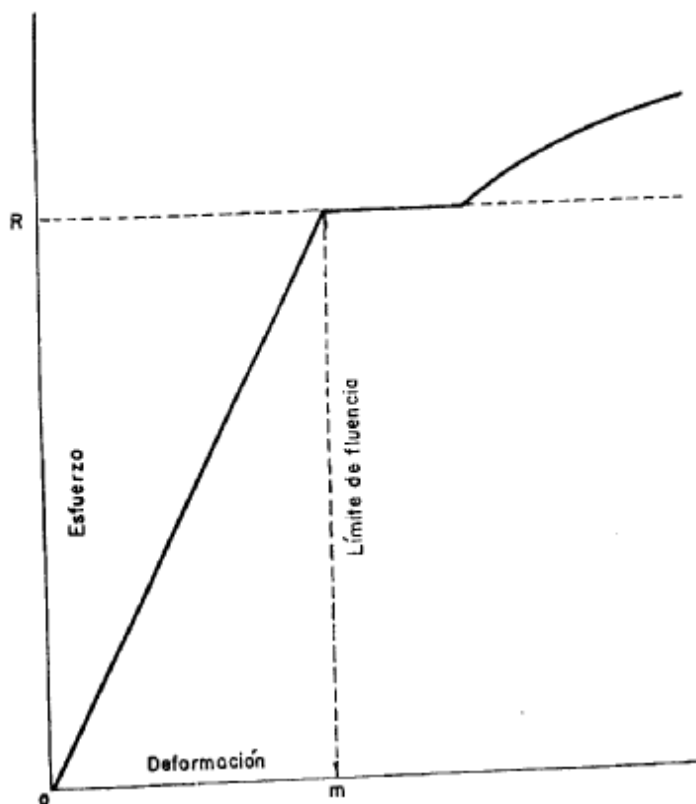


FIGURA 10.

Diagrama esfuerzo-deformación que muestra el límite de fluencia o la resistencia de fluencia por el método de extensión bajo carga.

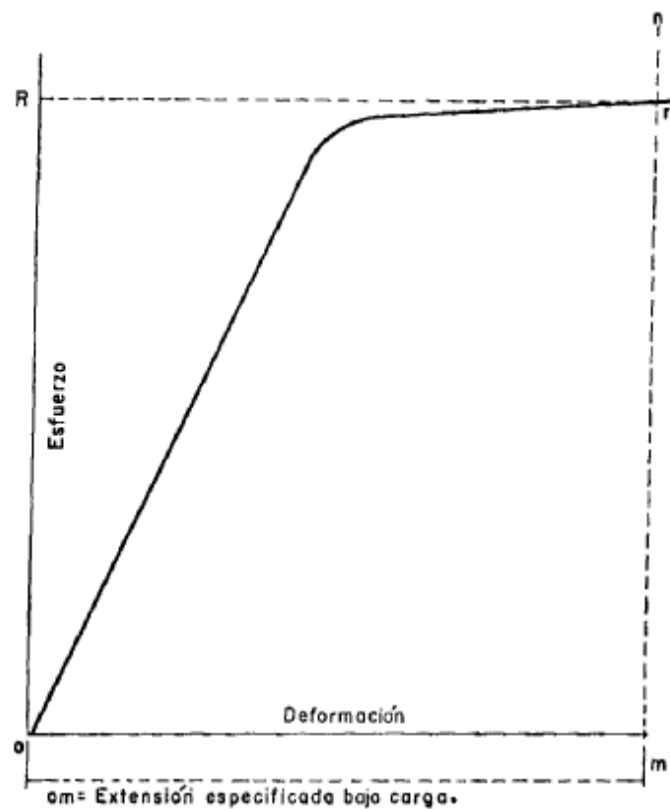


FIGURA 11.

Diagrama esfuerzo-deformación de la resistencia de fluencia por el método de la deformación permanente (offset).

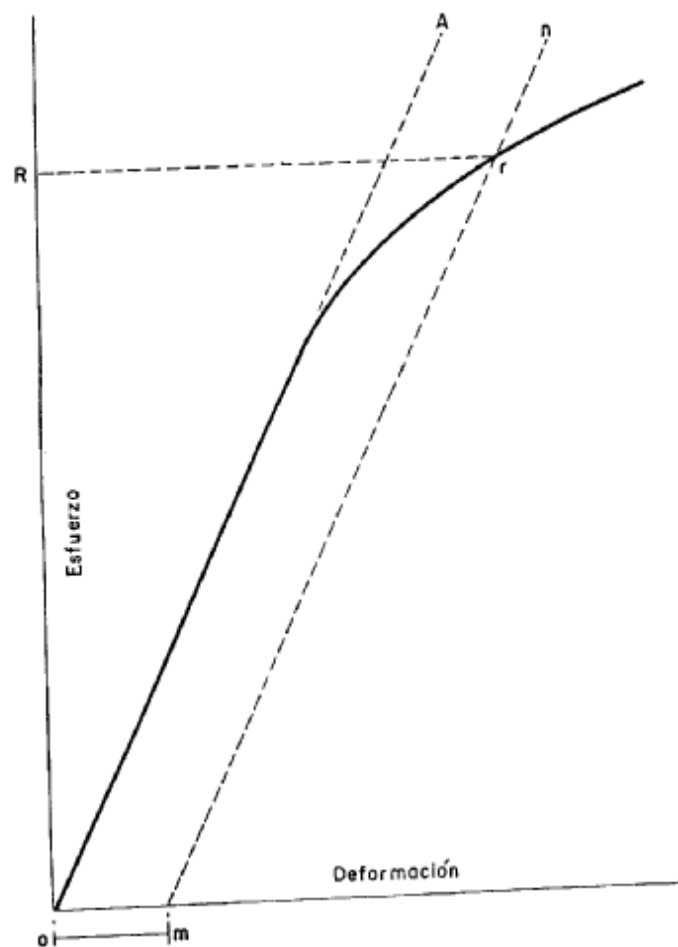
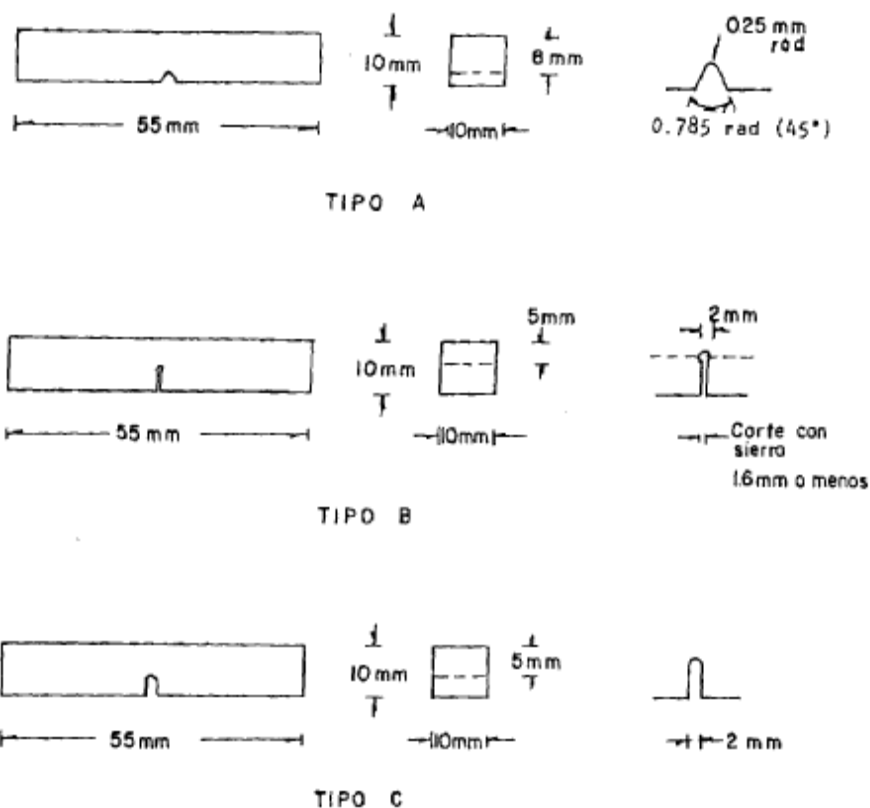


FIGURA 12.

Probetas A, B y C de viga simple para la prueba de impacto.

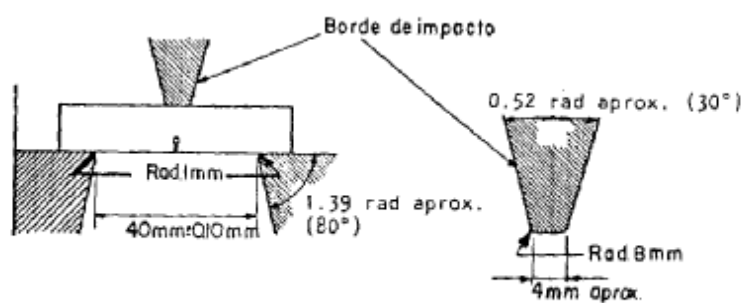


| | |
|---|---|
| NOTA. Las variaciones permisibles son las siguientes: | |
| Los lados adyacentes deben estar a | 1.57 ± 0.002 rad ($90^\circ \pm 10$ min) |
| Dimensiones de la sección transversal | ± 0.025 mm |
| Longitud de la probeta | $+ 0.0; - 25$ mm |
| Angulo de la ranura | ± 0.017 rad ($\pm 1^\circ$) |
| Dimensiones al fondo de la ranura: | 8 ± 0.025 mm |
| Probeta tipo A | |

| | |
|---------------------|--|
| Probetas tipo B y C | $5 \pm 0.050 \text{ mm}$ |
| Acabado | 1.6 μm max. En la superficie y cara opuesta; 3.2 μm en las otras dos superficies. |

FIGURA 13.

Dimensiones del borde de impacto y de los soportes de las máquinas para la prueba de impacto.



(a) Prueba Charpy

FIGURA 14.

Fragmentos de probetas de impacto Charpy con ranura en V fracturada, juntados para la medición de la expansión lateral, dimensión A.

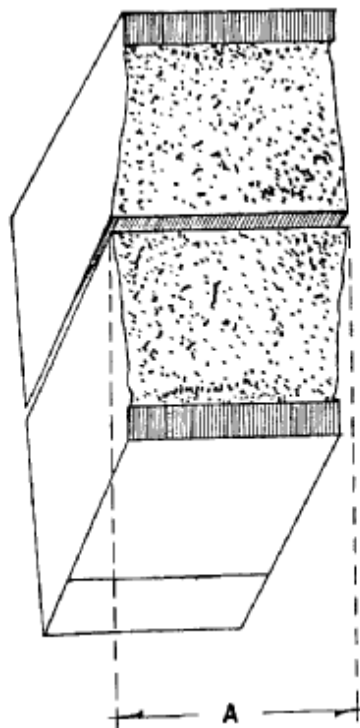
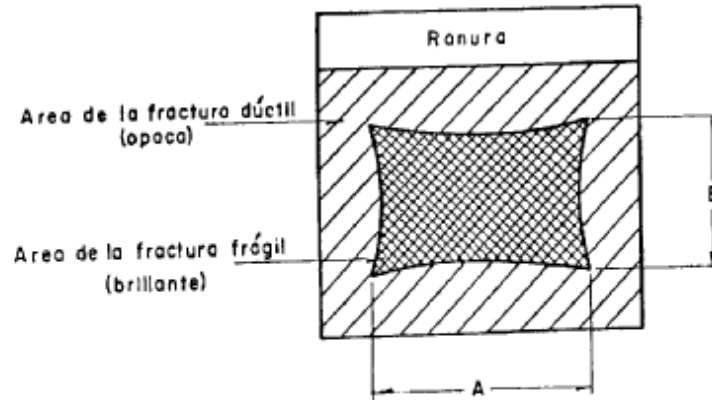


FIGURA 15.

Determinación del porcentaje de fractura dúctil.



NOTA 1. Medida de las dimensiones promedio A y B con una aproximación de 0.5 mm.

NOTA 2. Determinar el porcentaje de fractura dúctil usando la tabla 4.

FIGURA 16.

Gráfica comparativa para el porcentaje de fractura dúctil.

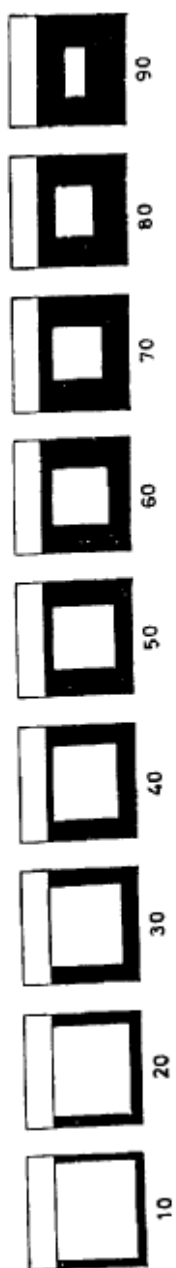


FIGURA 17.

Medidor de expansión lateral para probetas de impacto Charpy

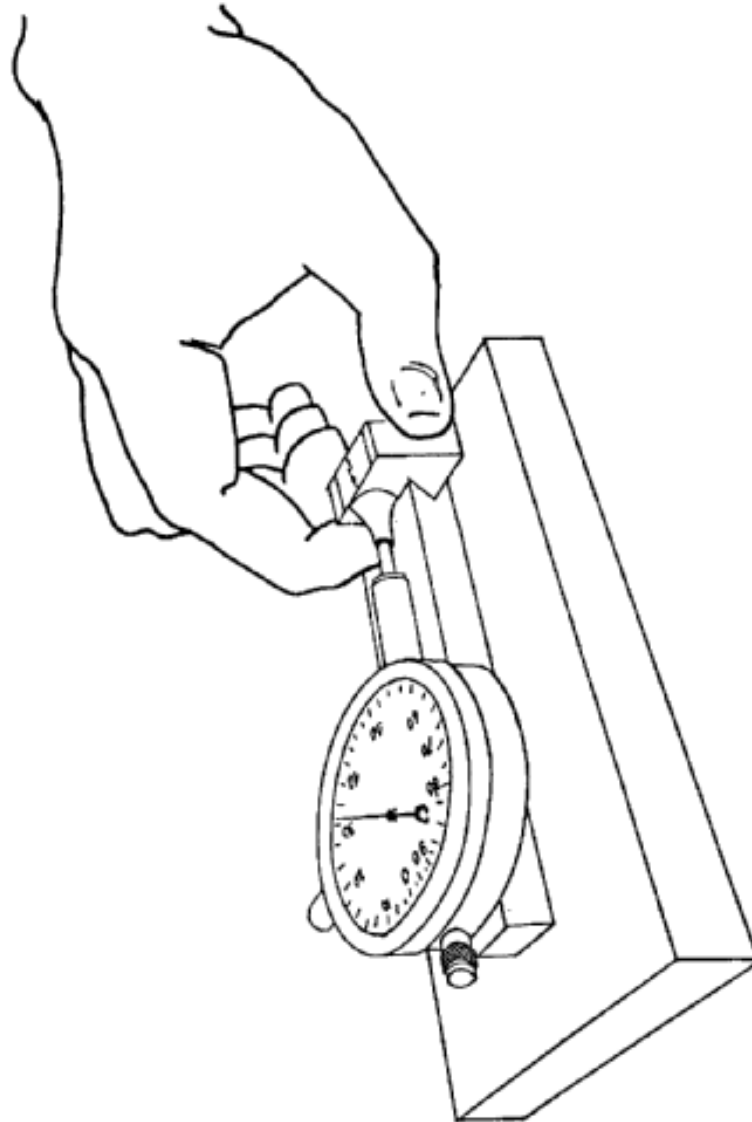
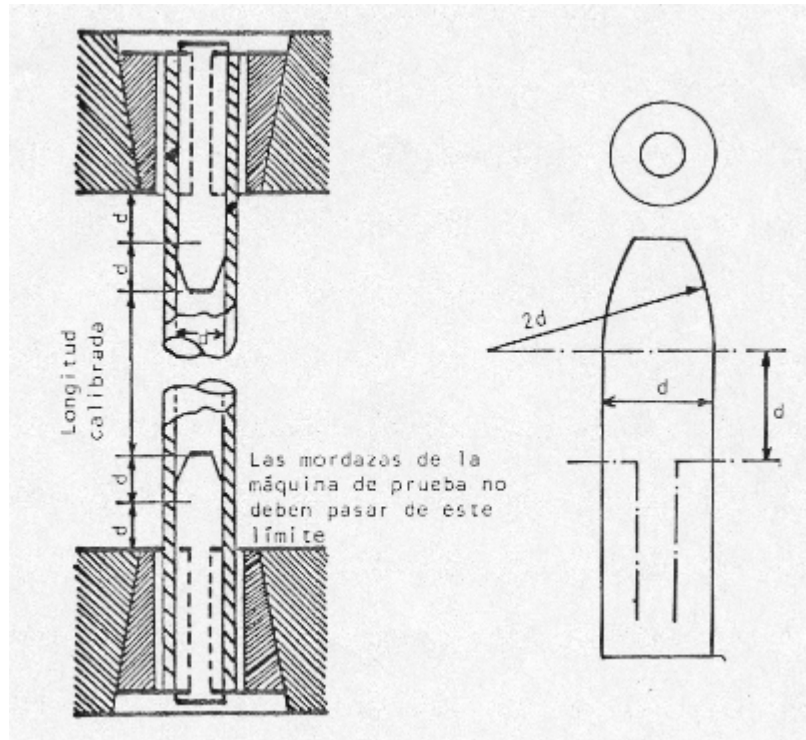


FIGURA 18.

FIGURA 19.

Insertos de metal para probar probetas de productos tubulares. Localización de los insertos en la probeta y de ésta en los cabezales de la máquina de prueba.



NOTA. El diámetro del inserto debe tener un desván desde la línea que limita los cabezales de la máquina, hasta la zona curva.

FIGURA 20.

Localización de las probetas longitudinales de tensión en tubos de gran diámetro.

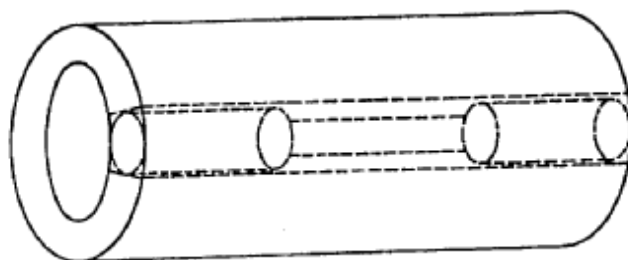


FIGURA 21.

Probetas para la prueba longitudinal de tensión en tubos de diámetro grande.



b) Probeta de 200 mm de longitud calibrada



c) Probeta de 50 mm de longitud calibrada



d) Probeta para la prueba en sección completa

FIGURA 22.

Dimensiones y tolerancias para probetas longitudinales para la prueba de tensión de tubos de diámetro grande.

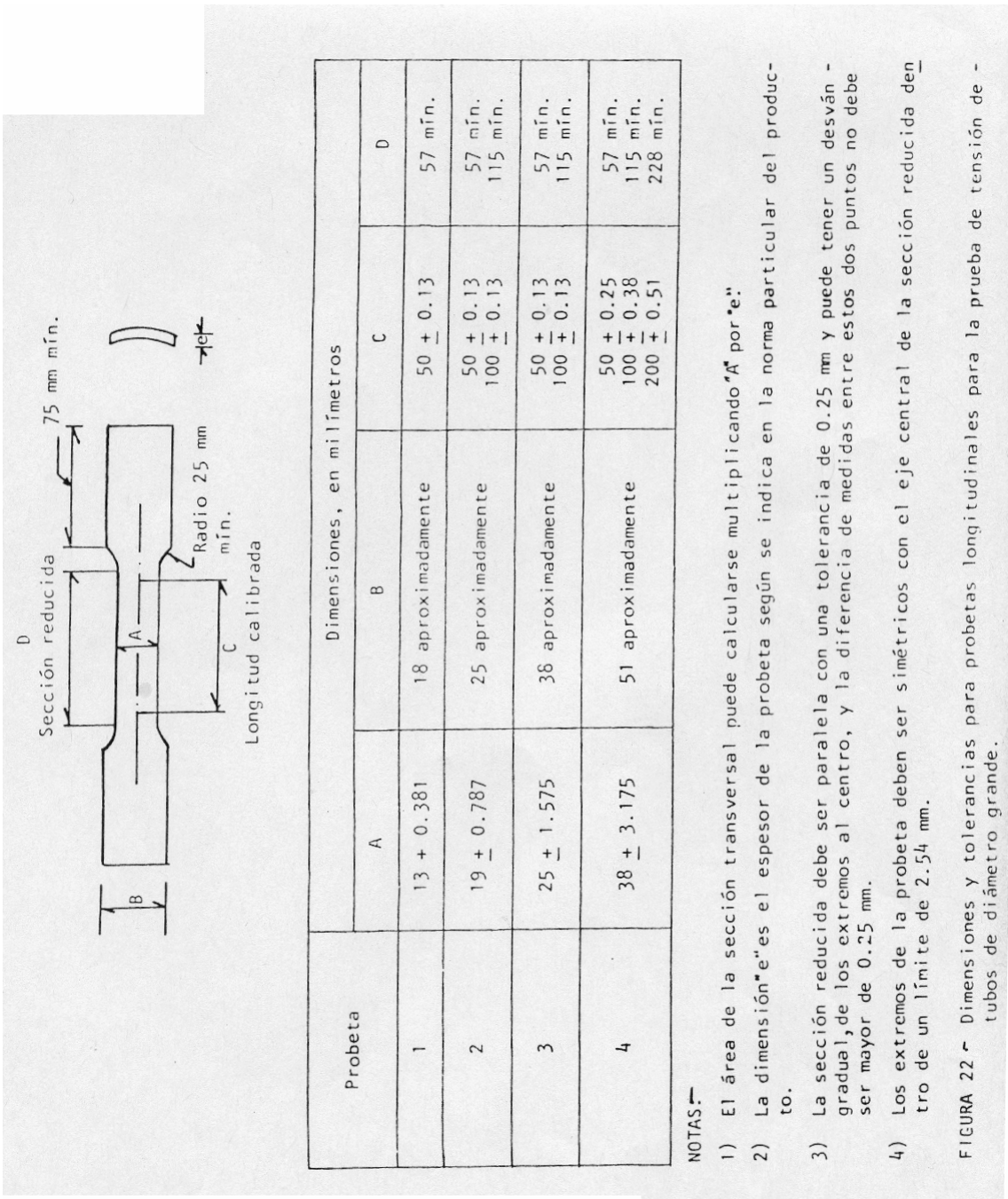


FIGURA 23

Localización de las probetas transversales para prueba de tensión en anillos cortados de productos tubulares.

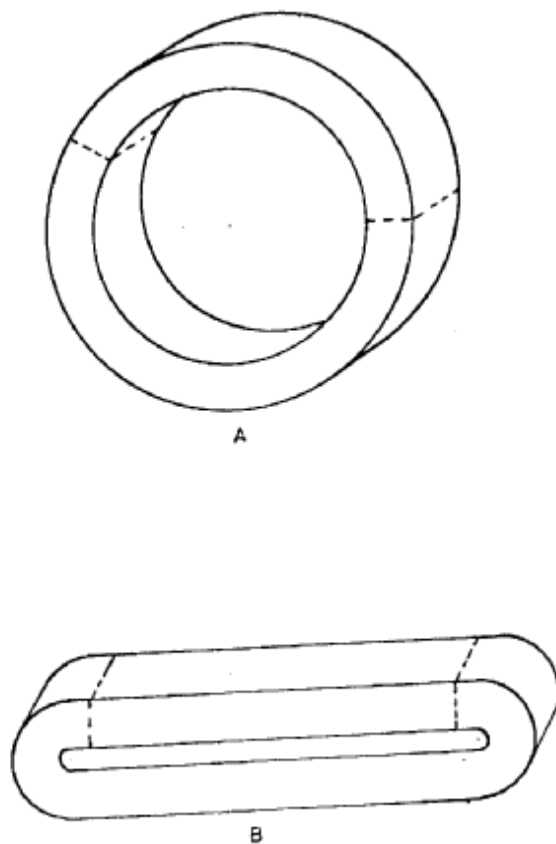
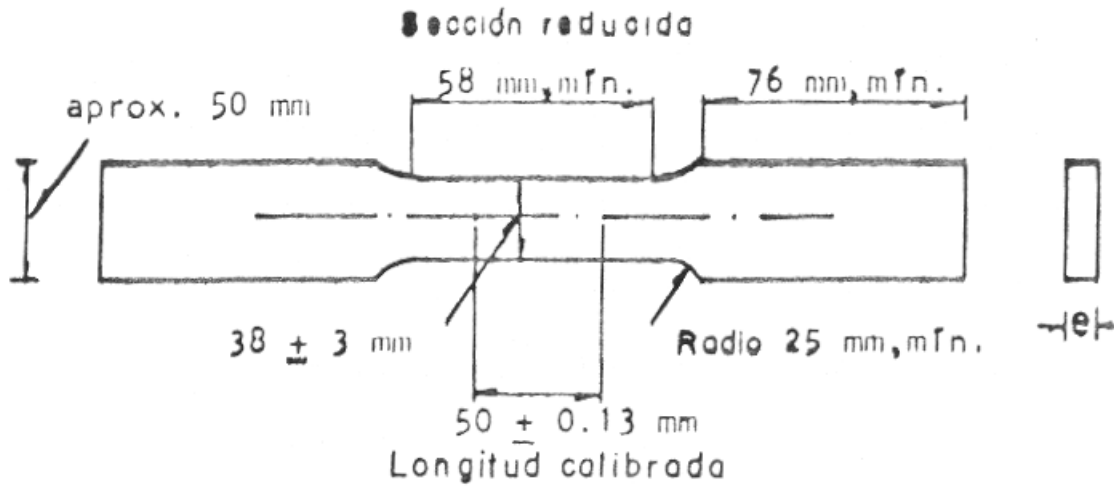


FIGURA 24.

Probeta maquinada para la prueba de tensión transversal de un anillo de producto tubular.



NOTAS.

1. La dimensión "e" es el espesor de la probeta según se indica en la norma particular del producto.
- 2.. La sección reducida debe ser paralela dentro de un límite de 0.25 mm y puede tener un desván gradual en el ancho de los extremos al centro, sin que exista una diferencia mayor de 0.25 mm entre las dos dimensiones.
2. Los extremos de la probeta deben ser simétricos con el eje de la sección reducida dentro de un límite de 2.54 mm.

FIGURA 25.

Máquina de prueba para determinar la resistencia de fluencia transversal en probetas anulares.

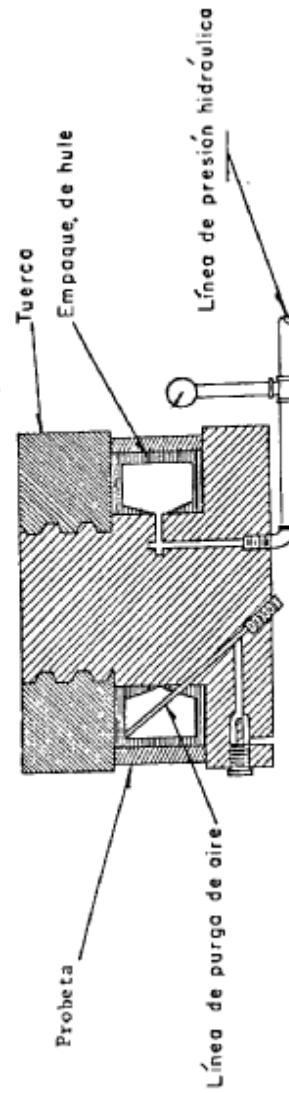


FIGURA 26.

Extensómetro de cadena abierto.

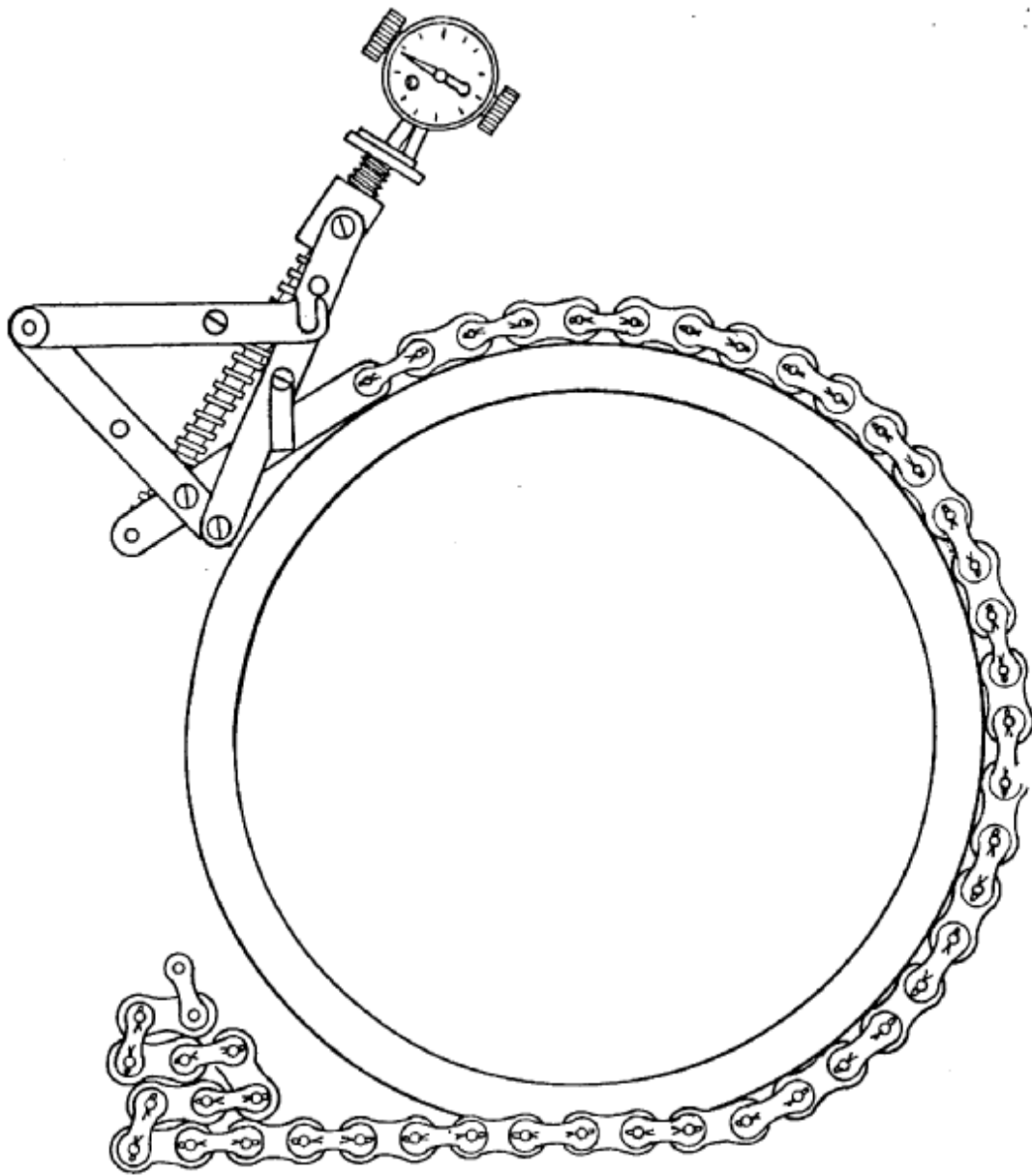


FIGURA 27.

Extensómetro de cadena cerrado.

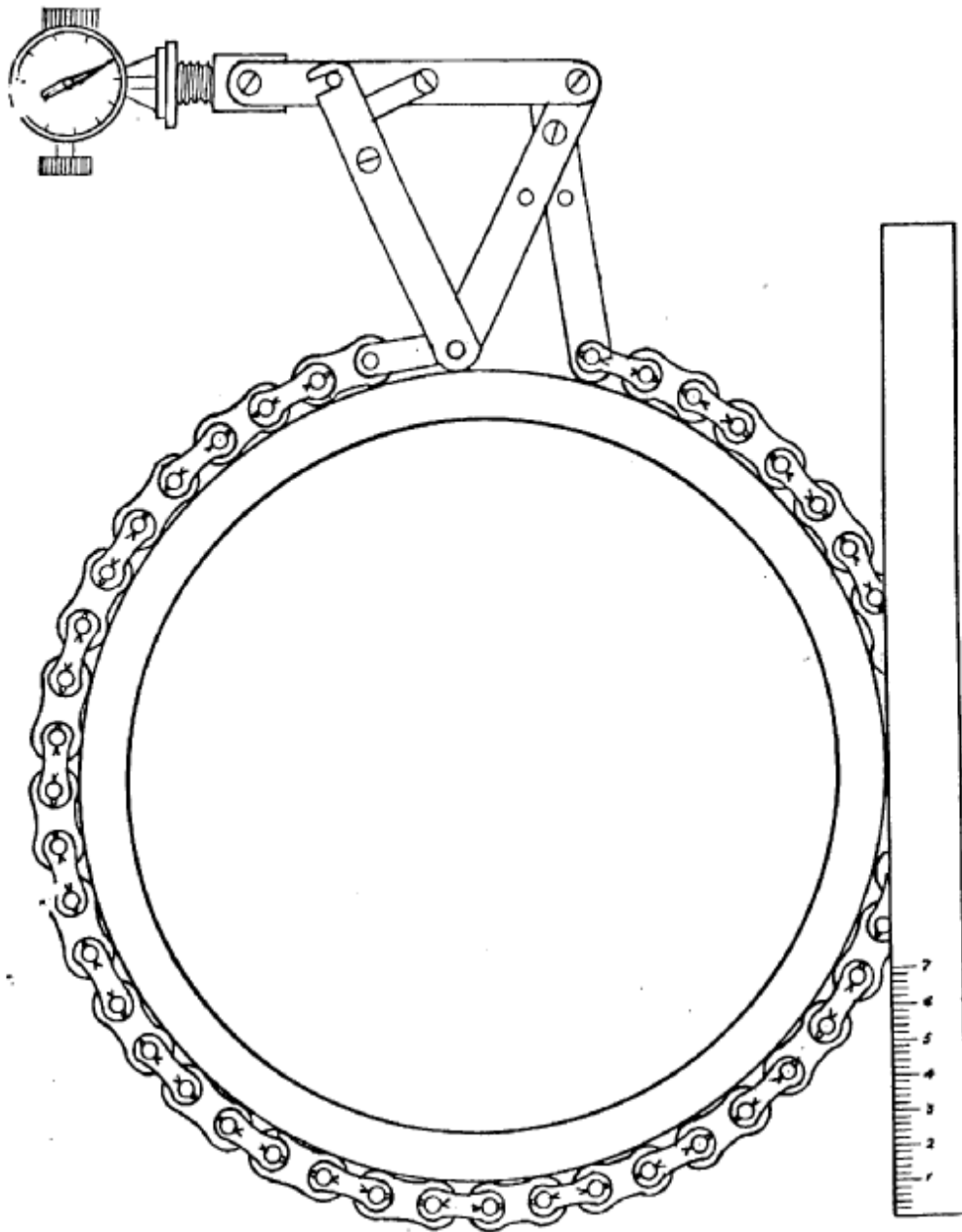


FIGURA 28.

Prueba de aplanado de semitubo.

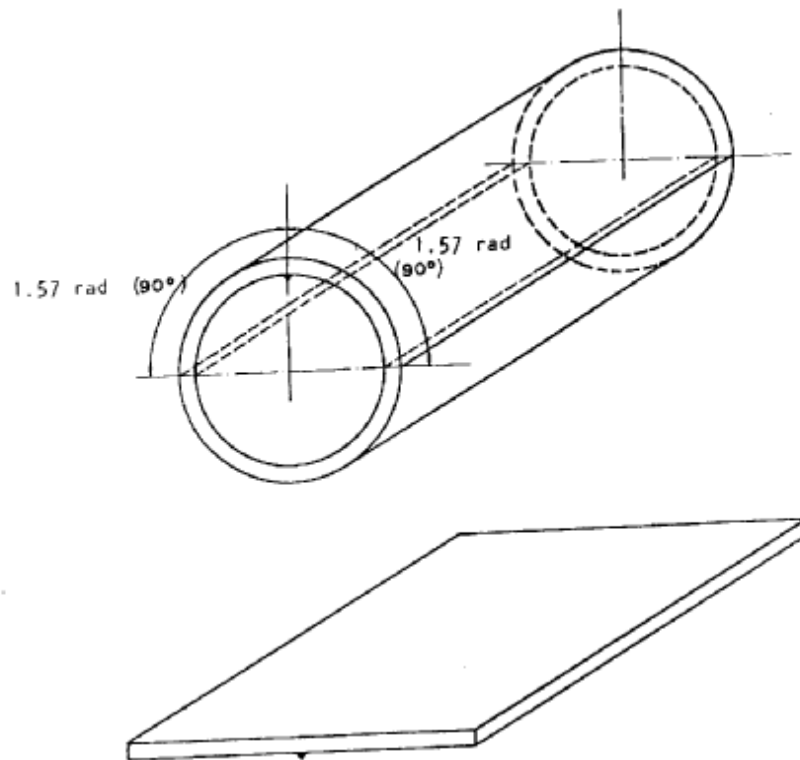


FIGURA 29.

Probeta para la prueba de compresión.

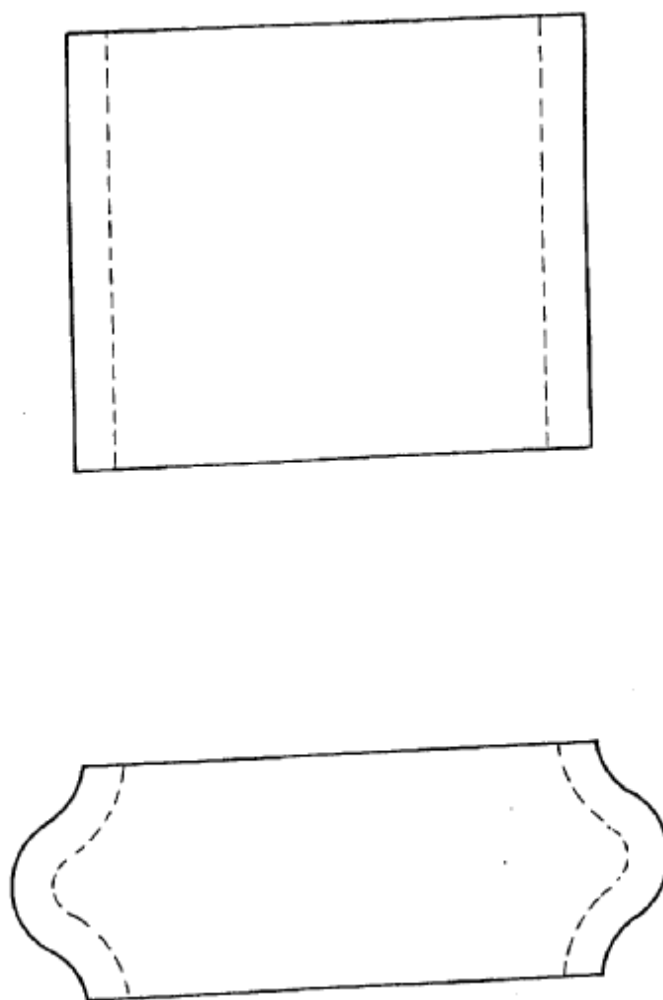
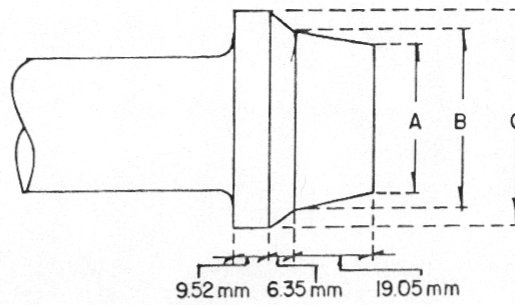


FIGURA 30.

Herramienta y dado para la prueba de pestañado.

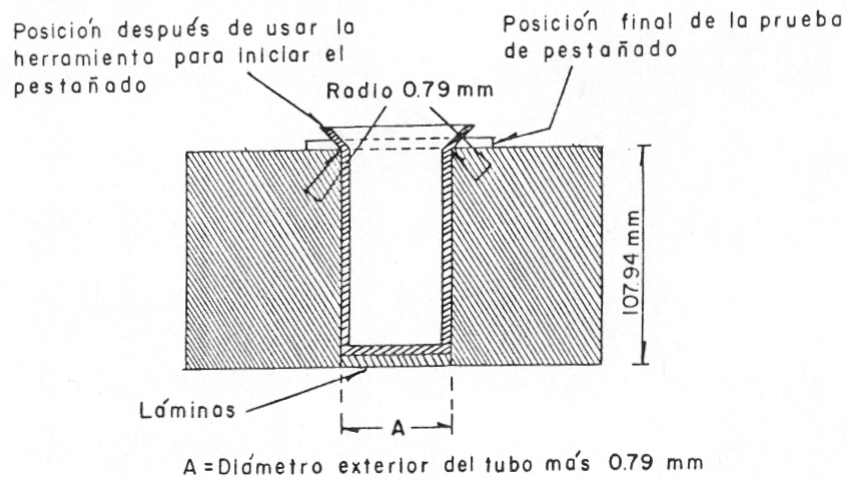


A = Diámetro exterior del tubo menos 15 mm.

B = Diámetro exterior del tubo menos 10 mm

C = Diámetro exterior del tubo más 5 mm

HERRAMIENTA PARA INICIAR EL PESTAÑADO



DADO

FIGURA 31.

Mandriles para la prueba de abocardado.

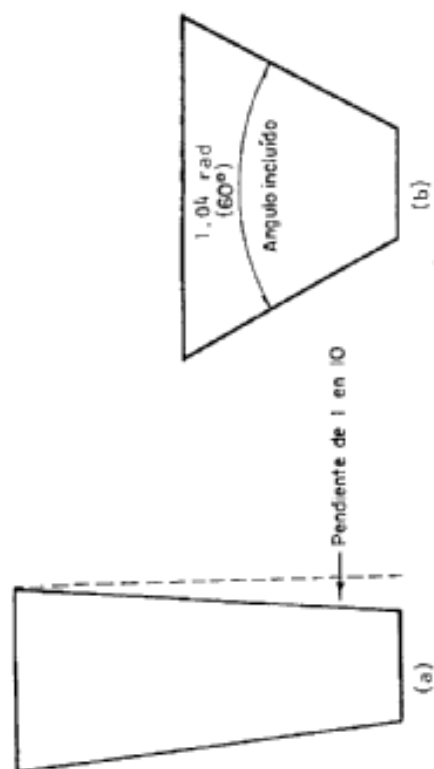


FIGURA 32.

Probetas transversales para prueba de doblado de cara y de raíz.

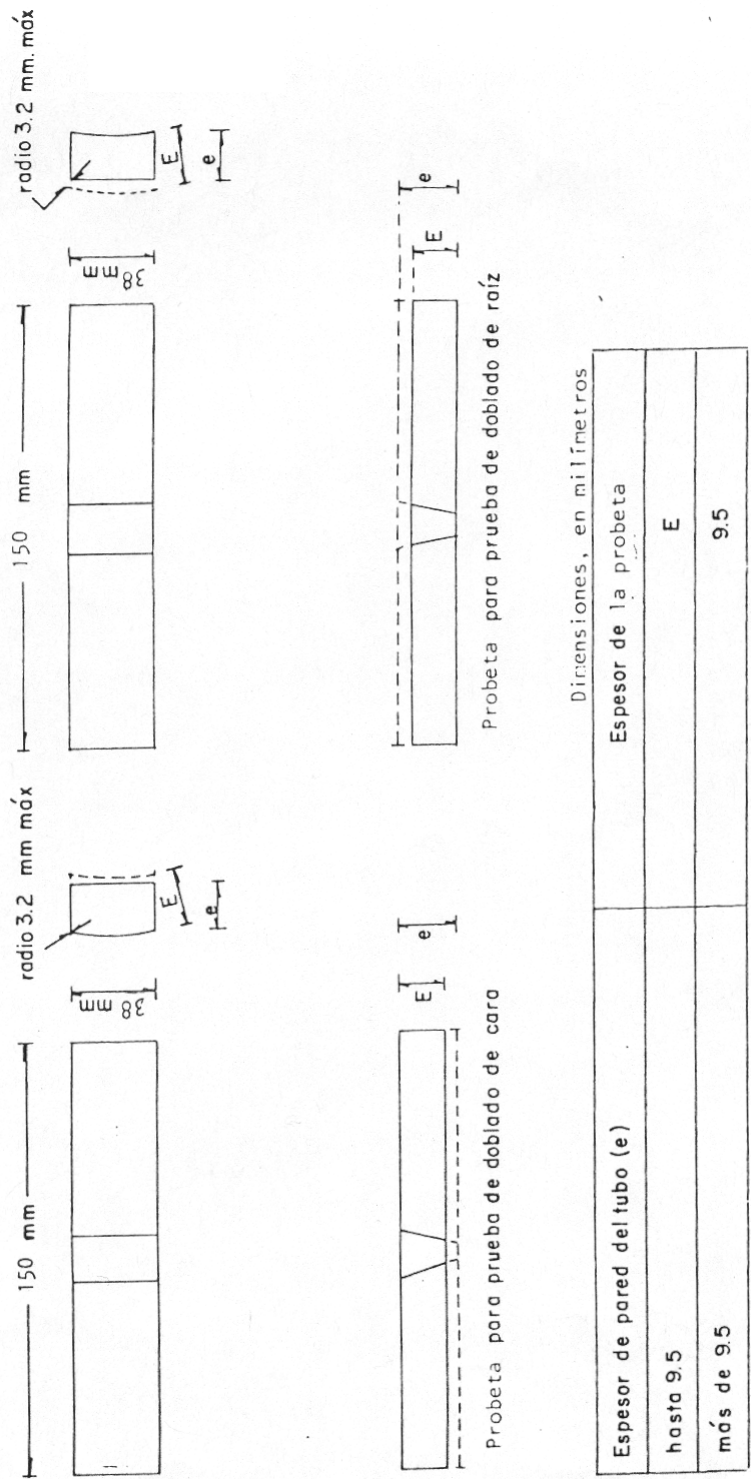


FIGURA 33.

Probeta de tensión con sección completa.

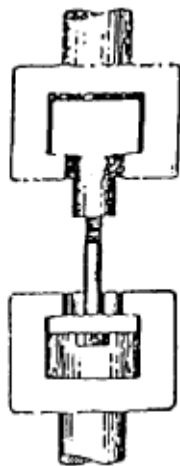


FIGURA 35.

Detalles de la prueba de tensión con cuña.

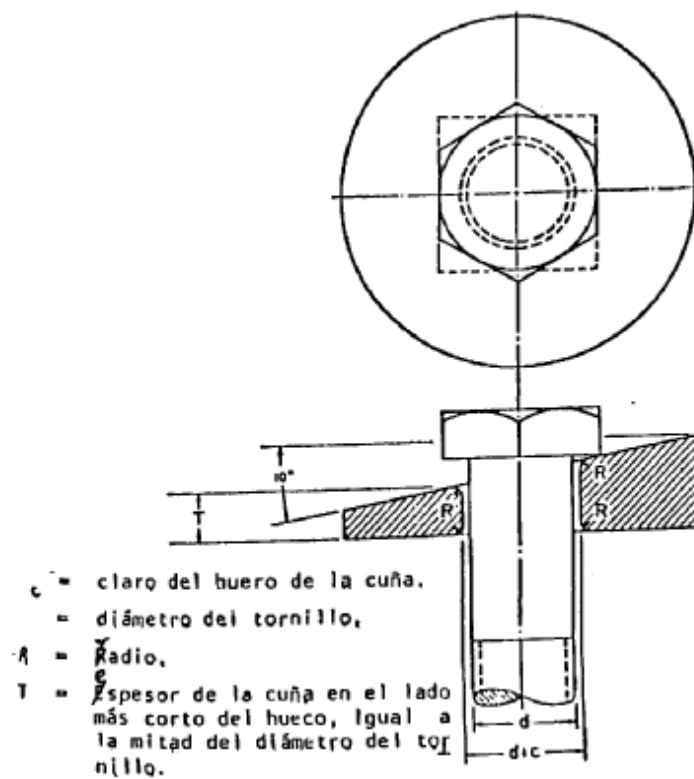


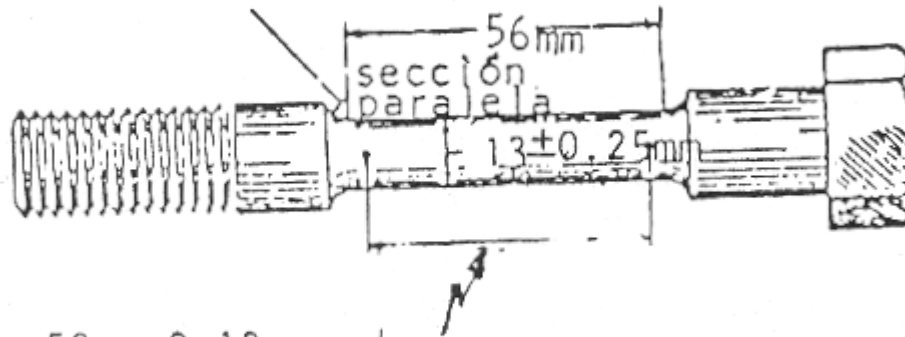
FIGURA 36.

Probeta de tensión para tornillo con el vástago girado hacia abajo.

Radio mínimo recomendado

9 mm pero no menor de

3 mm



50 ± 0.12 mm de longitud calibrada, para medir el alargamiento.

FIGURA 37.

Ejemplos de probetas de tamaño pequeño proporcionales a la probeta de 50 mm de longitud calibrada.

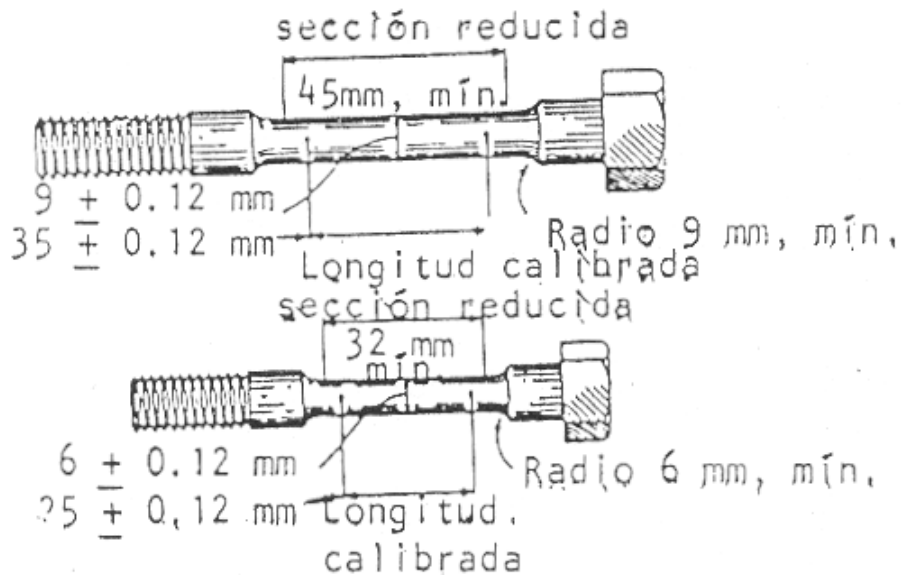


FIGURA 38.

Localización de la probeta redonda de 50 mm de tensión.

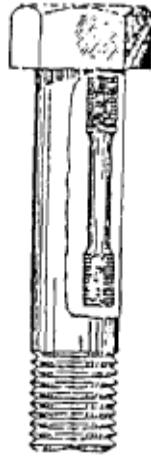


FIGURA 39.

Dispositivo para sujeción tipo cuña.

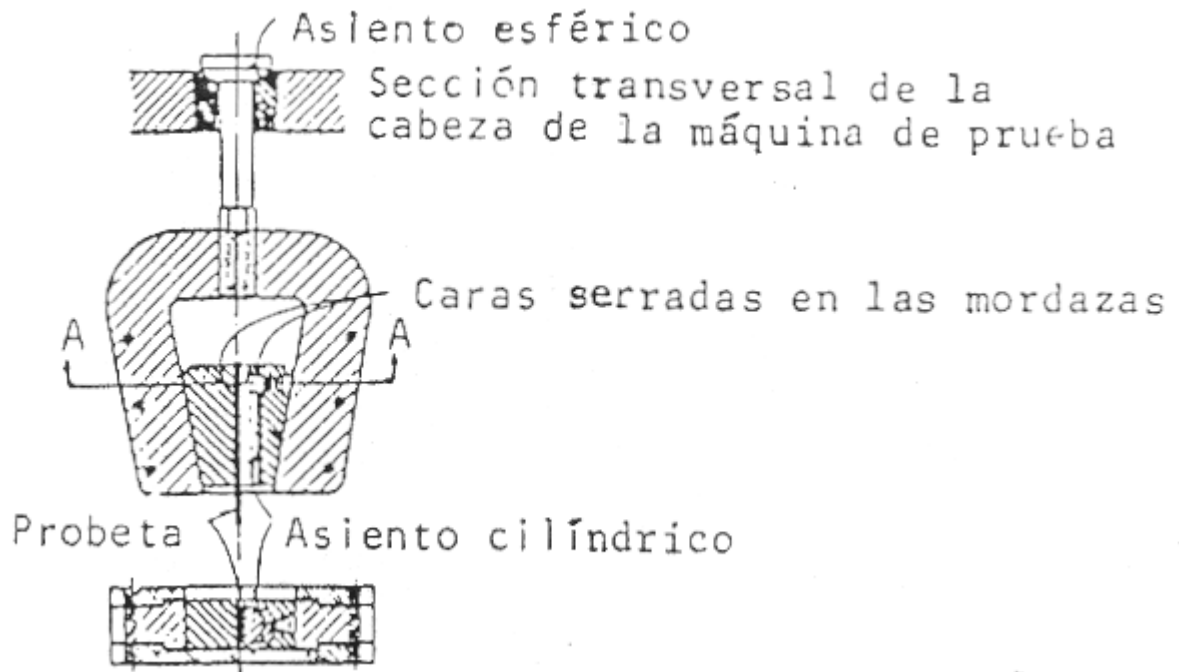
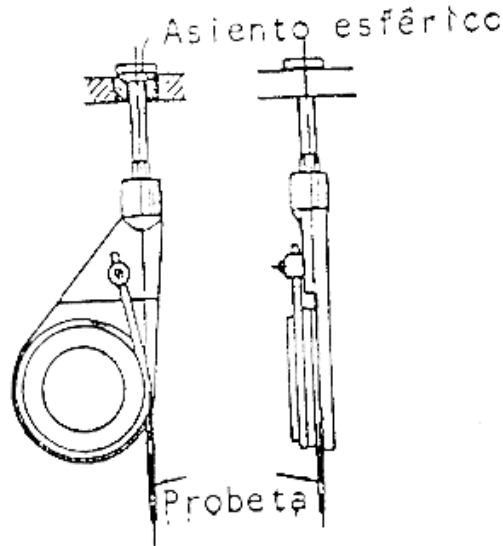


FIGURA 40.

Dispositivo de sujeción tipo carrete.



22. BIBLIOGRAFIA.

NMX-B-172-1970 Métodos de prueba mecánicos para productos de acero.

ASTM-A-370-1985 Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products.

23. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES.

Esta norma coincide técnicamente con las normas ISO 83, 3878 y R 80 de las cuales se tomarón los métodos de prueba contenidos en esta norma, mismos que fueron complementados con las prácticas de la industria nacional.

México, D. F. a 16 JUNIO 1988.

LA DIRECTORA GENERAL DE NORMAS

LIC. CONSUELO SAEZ PUEYO.