

**NMX-W-035-SCFI-2007**

**COBRE Y ALEACIONES DE COBRE - TUBOS PARA  
CONDENSADORES - ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS  
DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-W-035-1982)**

**COPPER AND COPPER ALLOYS- TUBES FOR  
CONDENSERS - SPECIFICATION AND TEST METHODS**

**PREFACIO**

En la elaboración de la presente norma participaron las siguientes empresas:

- GRUPO FUNCOSA ALEAMEX
- IUSA S.A. DE C.V. DIVISIÓN COBRE Y ALEACIONES
- IUSA S.A. DE C.V. DIVISIÓN TUBOS
- NACIONAL DE COBRE S.A DE C.V. PLANTA COBRECEL CELAYA
- NACIONAL DE COBRE S.A. DE C.V. PLANTA COBRECEL TOLUCA
- NACIONAL DE COBRE S.A. DE C.V. PLANTA CUPRO SAN LUIS
- NACIONAL DE COBRE S.A. DE C.V. PLANTA VALLEJO
- PRODUCTOS NACOBRE S.A. DE C.V.

## INDICE DEL CONTENIDO

<b>Número del capítulo</b>		<b>Página</b>
1	Objetivo y campo de aplicación	1
2	Referencias	1
3	Definiciones	3
4	Clasificación	3
5	Especificaciones	3
6	Muestreo	13
7	Métodos de prueba	13
8	Marcado, envase y embalaje	22
9	Vigencia	23
10	Bibliografía	23
11	Concordancia con normas internacionales	23

**COBRE Y ALEACIONES DE COBRE - TUBOS PARA  
CONDENSADORES - ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS  
DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-W-035-1982)**

**COPPER AND COPPER ALLOYS- TUBES FOR  
CONDENSERS - SPECIFICATION AND TEST METHODS**

**1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Esta norma mexicana establece las especificaciones y métodos de prueba para los tubos de cobre y aleaciones de cobre sin costura, para condensadores con un diámetro exterior máximo de hasta 114.3 mm, utilizados principalmente en plantas estacionarias de vapor, refinerías, equipos marinos, motores de combustión interna, equipos marinos de energía a vapor. Además se emplean en condensadores superficiales, evaporadores e intercambiadores de calor.

**2 REFERENCIAS**

Para la correcta aplicación de esta norma se deben consultar las siguientes normas mexicanas vigentes o las que las sustituyan:

- |                |   |
|----------------|---|
| NMX-B-132-1964 | Abocardado para tubos de acero de sección circular. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de septiembre de 1964.                       |
| NMX-K-150-1965 | Método de prueba para la determinación de la pureza de los productos de cobre. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de julio de 1966. |

NMX-W-017-SCFI-2006	Productos de cobre y sus aleaciones - Tubos de cobre - Determinación electromagnética con corrientes parásitas - Método de prueba. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de marzo de 2006.
NMX-W-103-1982	Determinación de estaño en el cobre – Método fotométrico. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de agosto de 1982.
NMX-W-104-1982	Determinación de plomo y zinc en el cobre - Método de electrólisis. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de agosto de 1982.
NMX-W-105-1982	Determinación de fierro en el cobre - Método de dicromato. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de agosto de 1982.
NMX-W-106-1982	Determinación de níquel en el cobre – Método fotométrico. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de agosto de 1982.
NMX-W-107-1982	Determinación de arsénico en el cobre - Método por destilación. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de agosto de 1982.
NMX-W-108-1982	Determinación de manganeso en el cobre – Método fotométrico. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de agosto de 1982.
NMX-W-109-1982	Determinación de fósforo en el cobre - Método fotométrico. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de agosto de 1982.

NMX-Z-012/2-1987 Muestreo para la inspección por atributos -  
Parte 2: Métodos de muestreo, tablas y  
gráficas. Declaratoria de vigencia publicada  
en el Diario Oficial de la Federación el 28 de  
octubre de 1987.

### **3 DEFINICIONES**

Para los propósitos de esta norma se establecen las siguientes definiciones:

#### 3.1 Tubo de cobre sin costura

Producto de cobre hueco de sección transversal circular de periferia continua y espesor de pared uniforme.

#### 3.2 Presión de trabajo

Es la presión interna máxima a que debe trabajar la tubería en condiciones de seguridad.

#### 3.3 Presión de ruptura

Es la fuerza interna que el fluido ejerce por unidad de superficie sobre la pared del tubo y que lo lleva hasta el límite de su resistencia.

### **4 CLASIFICACIÓN**

Los tubos de cobre y aleaciones de cobre para condensadores objeto de esta norma, se clasifican en 11 tipos de acuerdo a su composición química, que se establecen en la tabla 1.

### **5 ESPECIFICACIONES**

#### 5.1 Composición química

Los tubos de cobre y aleaciones de cobre para condensadores deben cumplir con la composición química especificada en la tabla 1, comprobándose como se establece en 7.1.

TABLA 1.- Composición química en % peso

Tipo de aleación	Cobre incluye Plata	Estaño	Aluminio	Níquel incluye Cobalto	Plomo máx	Hierro	Zinc	Manganeso	Arsénico	Antimonio	Fósforo	Impurezas
C12200	99,9mín										0,015-0,040	
C43500	79,0 – 83,0	0,6 – 1,2			0,10	0,05máx	Restante					
C44300	70,0 – 73,0	0,9 - 1,2			0,07	0,06máx	Restante		0,02 - 0,06			
C44400	70,0 - 73,0	0,9 - 1,2			0,07	0,06máx	Restante			0,02 - 0,10		
C44500	70,0 - 73,0	0,9 - 1,2			0,07	0,06máx	Restante				0,02 - 0,10	
C68700	76,0 – 79,0		1,8 – 2,5		0,07	0,06máx	Restante		0,02 - 0,06			
C70400	Restante			4,8 – 6,2	0,05	1,3 – 1,7	1,0 máx	0,30 – 0,80				
C70600	Restante			9,0 - 11,0	0,05*	1,0 - 1,8	1,0 max*	1,0 máx			*	*
C71000	Restante			19,0 - 23,0	0,05*	0,50 - 1,0	1,0 max*	1,0 máx			*	*
C71500	Restante			29,0 - 33,0	0,05*	0,40 - 1,0	1,0 max*	1,0 máx			*	*
C71640	Restante			29,0 - 32,0	0,05*	1,7 - 2,3	1,0 max*	1,5 - 2,5			*	C 0,06 máx S 0,03 máx

Nota: (\*) Cuando el producto sea para aplicaciones posteriores de soldadura las especificaciones de los siguientes elementos deben ser:  
Zinc como máximo 0,50 %, plomo como máximo 0,02%, fósforo como máximo 0,02%, azufre como máximo 0,02% y carbono como máximo 0,05%.

5.2 Dimensiones

5.2.1 Longitud

La longitud nominal y sus tolerancias para los tubos de cobre y aleaciones de cobre se indican en la tabla 2, comprobándose como se establece en 7.2.

**TABLA 2.- Longitud de los tubos**

Longitud del tubo en mm	Tolerancias en más (mm)
Hasta 4500	2,4
Mayor de 4500 hasta 6000 incl.	3,2
Mayor de 6000 hasta 10000 incl.	4,0
Mayor de 10000 hasta 18000 incl.	9,5
Mayor de 18000 hasta 30000 incl.	13,0

5.2.2 Diámetro exterior

Los diámetros exteriores de los tubos de cobre y aleaciones de cobre en relación a su espesor de pared, se indican en la tabla 3, comprobándose como se establece en 7.2.



**TABLA 3.- Diámetro exterior de los tubos**

Diámetro exterior del tubo de cobre y aleaciones de cobre (mm)	Espesor de pared en (mm)				
	0,508 * 0,559 0,635 0,711	0,813	0,889	1,07	1,24 y mayores
Tolerancias del diámetro exterior					
Hasta 12 incl.	± 0,076	± 0,064	± 0,064	± 0,064	± 0,064
Mayor de 12 hasta 18,0 incl.	± 0,10	± 0,10	± 0,10	± 0,089	± 0,076
Diámetro exterior del tubo de cobre y aleaciones de cobre (mm)	Espesor de pared en (mm)				
	0,508 * 0,559 0,635 0,711	0,813	0,889	1,07	1,24 y mayores
Tolerancias del diámetro exterior					
Mayor de 18,0 hasta 25,4	± 0,15	± 0,15	± 0,13	± 0,11	± 0,10
Mayor de 25,4 hasta 31,0	-	± 0,23	± 0,20	± 0,15	± 0,11
Mayor de 31,0 hasta 34,9	-	-	-	± 0,20	± 0,13
Mayor de 34,9 hasta 50,8	-	-	-	-	± 0,15
Mayor de 50,8 hasta 79,4	-	-	-	-	± 0,16
Mayor de 79,4 hasta 114,3	-	-	-	-	± 0,20

NOTA:

(\*) Las tolerancias en esta columna son aplicadas solamente a los temple duro y estirado ligero. Las tolerancias para los tubos de temple recocidos podrán ser establecidas de común acuerdo entre cliente y proveedor

### 5.2.3 Espesor de pared

Los espesores de pared de los tubos de cobre y aleaciones de cobre se indican en la tabla 4, comprobándose como se establece en 7.2.

**TABLA 4.- Espesor de pared del tubo**

Espesor de pared (mm)	Diámetro exterior del tubo en (mm)			
	Tolerancia de espesor de pared			
	de 3,18 hasta 15,9	de 15,9 hasta 25,4	de 25,4 hasta 50,8	de 50,8 hasta 79,4
de 0,50 incl.hasta 0,80	± 0,08	± 0,08	-	-
0,80 incl. hasta 0,90	± 0,08	± 0,08	± 0,10	-
0,90 incl. hasta 1,5	± 0,10	± 0,11	± 0,11	± 0,13
1,5 incl hasta 2,1	± 0,11	± 0,13	± 0,13	± 0,14
2,1 incl. hasta 3,0	± 0,13	± 0,17	± 0,17	± 0,17
3,0 incl. hasta 3,4	± 0,18	± 0,18	± 0,19	± 0,20

**NOTA.-** (\*) para diámetros mayores a 79,4 mm la tolerancia en pared será +/- 10 % del valor del espesor de pared especificado.

### 5.3 Abocardado

Los tubos de cobre y aleaciones de cobre para condensadores deben resistir la expansión y estar exentos de fisuras y agrietamientos al ser sometidos al abocardado como se indica en la tabla 5, comprobándose como se establece en 7.3.

**TABLA 5.- Abocardado**

Tipo de aleación	Tipo de temple	Expansión (después del abocardado) en el perímetro exterior del tubo, en %
C12200	Estirado ligero	20
	Estirado duro extremos recocidos	30
C43500	Recocido	20
C44300	Recocido	20
C44400	Recocido	20
C44500	Recocido	20
C68700	Recocido	20
C70400	Recocido	30
	Estirado ligero	20
C70600	Recocido	30
	Estirado ligero	20
C71000	Recocido	30
C71500	Recocido	30
	Duro y Relevado de Esfuerzos	20
C716400	Recocido	30
	Duro y Relevado de Esfuerzos	20

#### 5.4 Tamaño de grano

Los tubos de cobre y aleaciones de cobre en temple recocido ( O61 ) para condensadores deben presentar un tamaño de grano promedio de 0,010 mm hasta 0,045 mm, comprobándose como se establece en 7.4.

#### 5.5 Corte a escuadra

Los tubos de cobre y aleaciones de cobre cuando se corten en tramos de acuerdo a las especificaciones indicadas en la tabla 2, deben cumplir con la tolerancia indicada en la tabla 6, comprobándose como se establece en 7.5.

**TABLA 6.- Corte a escuadra**

Diámetro exterior del tubo en mm	Tolerancia máxima al corte mm
Hasta 16 incl.	0,25
Mayores de 16	0,016 mm/mm de diámetro

5.6 Pruebas

Los tubos de cobre y aleaciones de cobre, deben cumplir con lo especificado en la norma de corrientes circulantes NMX-W-017 SCFI vigente o la que la sustituya y como acuerdo entre cliente y proveedor las pruebas de hermeticidad como pruebas alternativas al cliente.

5.6.1 Corrientes circulantes

Los tubos de cobre y aleaciones de cobre deben pasar esta prueba, por el equipo de corrientes circulantes, comprobándose como se establece en 7.6.

5.6.2 Prueba de hermeticidad

La presión interna máxima a que debe trabajar una tubería en condiciones de seguridad se denomina presión de trabajo y comúnmente se emplea un factor de seguridad de 5, lo que equivale a que la presión de trabajo sea la 5ª parte de la presión de ruptura. La fuerza interna que el fluido ejerce por unidad de superficie sobre la pared del tubo y que lo lleva hasta el límite de su resistencia se denomina presión de ruptura y se calcula como sigue:

$$Pr = 2eS/D$$

Donde:

Pr es la presión de ruptura;  
e es el espesor de pared;  
D es el diámetro exterior, y  
S es la resistencia mínima a la tensión para la aleación correspondiente (tabla 7).

Una manera de garantizar que el tubo soportará las presiones de trabajo es realizando la prueba hidrostática como se establece en 7.7.1, otra prueba alternativa a la prueba de corrientes circulantes es la prueba neumática que permite evidenciar la presencia de fugas en el tubo como se establece en 7.7.2.

#### 5.6.2.1 Presión hidrostática de prueba

Los tubos de cobre y aleaciones de cobre deben cumplir con la presión hidrostática de prueba los cuales no deben presentar rotura o agrietamientos que evidencien la presencia de fugas en el tubo, al someterlos a una presión suficiente para alcanzar un esfuerzo de  $4\ 812\ \text{N/cm}^2$  ( $491\ \text{Kgf/cm}^2$ ) sin rebasar los  $687\ \text{N/cm}^2$  ( $70\ \text{Kgf/cm}^2$ ) de presión de prueba a menos que lo especifique el cliente. Comprobándose como se establece en 7.7.1.

#### 5.6.2.2 Presión Neumática

Los tubos de cobre y aleaciones de cobre para condensadores no deben presentar fisuras, agrietamientos o deformaciones de ninguna especie que evidencien la presencia de fugas en el tubo al someterlos a una presión neumática de  $0,400\ \text{Mpa}$  ( $4,2\ \text{Kgf/cm}^2$ ), durante un mínimo de 5 segundos, comprobándose con lo establecido en 7.7.

#### 5.7 Características mecánicas

Los tubos de cobre y aleaciones de cobre deben cumplir con lo especificado en la tabla 7 para propiedades mecánicas comprobándose como se establece en 7.8.

**TABLA 7.- Requerimientos para Propiedades Mecánicas**

Tipo de Aleación	Temple	Resistencia mínima a la Tensión		Límite Elástico min		% Alargamiento en 50 mm min
		MPa	Kgf/cm <sup>2</sup>	MPa	Kgf/cm <sup>2</sup>	
C12200	Estirado Ligero	250	2 531	205	2 109	-
	Estirado Duro	310	3 164	275	2 812	-
C43500	Recocido	310	3 164	105	1 055	-
C44300	Recocido	310	3 164	105	1 055	-
C44400	Recocido	310	3 164	105	1 055	-
C44500	Recocido	310	3 164	105	1 055	-
C68700	Recocido	345	3 516	125	1 266	-
C70400	Recocido	260	2 672	85	844	-
	Estirado Ligero	275	2 812	205	2 109	-
C70600	Recocido	275	2 812	105	1 055	-
	Estirado Ligero	310	3 164	240	2 461	-
C71000	Recocido	310	3 164	110	1 125	-
C71500	Recocido	360	3 656	125	1 266	-
	Duro y Relevado de Esfuerzos, espesor de pared menor a 1.2 mm	495	5 062	345	3 516	12
	Duro y Relevado de Esfuerzos, espesor de pared mayor a 1.2 mm	495	5 062	345	3 516	15
C71640	Recocido	435	4 429	170	1 758	-
	Duro y Relevado de Esfuerzos	560	5 695	400	4 078	-

### 5.8 Aplastamiento

El tubo de cobre y aleaciones de cobre no debe presentar rotura, fisura o agrietamiento de cualquier especie, que sea visible a simple vista al someterlo a un aplastamiento de 3 veces el espesor nominal del tubo, comprobándose como es establece en 7.9.

## 5.9 Acabado

Los tubos de cobre y aleaciones de cobre deben estar libres de fallas como: grietas, escamas, poros y otros defectos superficiales que afecten su uso.

Además los tubos de aleaciones de cobre C43500, C44300, C44400, C44500 y C68700 deben someterse a una prueba de nitrato mercurioso, los cuales no deben presentar grietas, fisuras u otros defectos que afecten su uso, comprobándose con lo establecido en 7.1.9.

## **6 MUESTREO**

Cuando se requiera el muestreo para una inspección, éste podrá ser establecido de común acuerdo entre productor y comprador, recomendándose el uso de la norma mexicana NMX-Z-012/2 (ver 2 Referencias).

## **7 MÉTODOS DE PRUEBA**

### 7.1 Prueba de análisis químico

#### 7.1.1 Contenido de cobre

Para determinar el contenido de cobre en los tubos objeto de la presente norma se debe efectuar según se especifica en la norma mexicana NMX-K-150 vigente o la que la sustituya y se verifica que cumpla con lo establecido en 5.1.

#### 7.1.2 Contenido de fósforo en cobre y aleaciones de cobre

Para determinar el contenido de fósforo en los tubos de cobre y aleaciones de cobre, se deben efectuar con lo establecido en la norma mexicana NMX-W-109 (ver 2 Referencias).

#### 7.1.3 Contenido de plomo y zinc en cobre y aleaciones de cobre

Para determinar el contenido de plomo y zinc en los tubos de cobre y aleaciones de cobre, se deben efectuar con lo establecido en la norma mexicana NMX-W-104 (ver 2 Referencias).

7.1.4 Contenido de hierro en el cobre y aleaciones de cobre

Para determinar el contenido de hierro en los tubos de cobre y aleaciones de cobre, se debe efectuar con lo establecido en la norma mexicana NMX-W-105 (ver 2 Referencias).

7.1.5 Contenido de arsénico en el cobre y aleaciones de cobre

Para determinar el contenido de arsénico en los tubos cobre y aleaciones de cobre se debe efectuar con lo establecido en la norma mexicana NMX-W-107 (ver 2 Referencias).

7.1.6 Contenido de estaño en el cobre y aleaciones de cobre

Para determinar el contenido de estaño en los tubos de cobre y aleaciones de cobre, se debe efectuar con lo establecido en la norma mexicana NMX-W-103 (ver 2 Referencias).

7.1.7 Contenido de manganeso en el cobre

Para determinar el contenido de manganeso en los tubos cobre y aleaciones de cobre, se debe efectuar con lo establecido en la norma mexicana NMX-W-108 (ver 2 Referencias).

7.1.8 Contenido de níquel en el cobre

Para determinar el contenido de níquel en los tubos de aleaciones de cobre, se debe efectuar con lo establecido en la norma mexicana NMX-W-106.

7.1.9 Prueba de nitrato mercurioso

7.1.9.1 Principio y/o fundamento

La prueba de nitrato mercurioso se debe aplicar a los tubos de aleaciones de cobre del tipo de los latones especiales C43500, C44300, C44400, C44500 y C68700.



7.1.9.2 Reactivos y/o materiales

- Solución de nitrato mercurioso al 1,0 %;
- Recipiente capaz de contener el nitrato mercurioso y el tubo de aleación de cobre a probar, y
- Cronómetro.

7.1.9.3 Procedimiento

En un recipiente limpio se coloca la probeta de tubo de aleación de cobre con una longitud de 152mm, y se le agrega al recipiente una solución de nitrato mercurioso al 1,0 % hasta cubrir perfectamente el tubo. El tubo de aleación de cobre debe permanecer en la solución de nitrato mercurioso durante 30 min e inmediatamente después se saca.

7.1.9.4 Resultado

El tubo de aleación de cobre no debe presentar fracturas, fisuras, porosidades o cualquier otro defecto, que sea visible a simple vista.

7.2 Evaluación Dimensional

7.2.1 Aparatos y equipo

- Equipo de medición adecuado para cada caso.

7.2.2 Procedimiento

Utilizando el equipo indicado se hacen las mediciones que se establecen en el inciso 5.2.

7.2.3 Resultados

Deben cumplir con las dimensiones y las tolerancias que se establecen en el inciso 5.2.

### 7.3 Prueba de abocardado

#### 7.3.1 Procedimiento

Esta prueba se debe efectuar siguiendo el método especificado en la norma mexicana NMX-B-132 (ver 2 Referencias), y las dimensiones se verifican según 7.2 y además deben cumplir con lo establecido en 5.3.

### 7.4 Prueba para determinar el tamaño de grano promedio.

#### 7.4.1 Aparatos y equipo

Se utiliza una montadora metalográfica, un desbastador, una lijadora y pulidora, y un microscopio metalográfico se debe disponer de una carta comparativa a 75 aumentos del tamaño de grano promedio.

#### 7.4.2 Solución de ataque

Pueden ser utilizadas las siguientes soluciones químicas para el ataque metalográfico:

5 gr $\text{FeCl}_3$ 10 ml HCl 50 ml Glicerina 30 ml Agua	Sumergir de 16 a 60 seg., la actividad puede disminuirse sustituyendo la Glicerina por Agua. Se recomienda para aleaciones Cu-Ni.
50 ml $\text{HNO}_3$ 50 ml de Agua	Solución 1:1, sumergir de 5 s a 20 s. Se recomienda para aleaciones Cu-Zn.

#### 7.4.3 Preparación de la muestra

La muestra debe ser una probeta de tubo de tamaño apropiado para su fácil manipulación. Una vez cortada, se hace el montaje metalográfico adecuado, se desbasta con lija en su sección transversal y en esta forma, se pule con discos de diferentes grados, usando Alúmina o abrasivos similares hasta obtener el pulido espejo.

#### 7.4.4 Procedimiento

La parte preparada a pulido espejo de la muestra se ataca con la solución más adecuada de acuerdo al tipo de aleación indicada en 7.4.2, posteriormente se enjuaga con agua, se seca la muestra y se observa en el microscopio y se compara con la carta a 75 aumentos.

#### 7.4.5 Resultados

Debe cumplir con lo indicado en 5.4.

### 7.5 Prueba de corte a escuadra

#### 7.5.1 Aparatos y equipo

El ángulo de corte en los extremos del tubo debe ser perpendicular al eje longitudinal del tubo, la desviación máxima se establece en la tabla 6.

Esta prueba se basa en la relación de las distancias máxima y mínima a una escuadra colocada en cualquiera de los extremos del tubo, perpendicular a su longitud.

#### 7.5.2 Procedimiento

Se toma un tubo de cobre o aleaciones de cobre de muestra ya cortado de acuerdo con lo indicado en la tabla 2 y se hace la medición con la escuadra, dicha medición debe cumplir con lo indicado en la tabla 6.

#### 7.5.3 Resultado

Debe cumplir con lo indicado en 5.5.

### 7.6 Prueba de Corrientes circulantes

#### 7.6.1 Procedimiento

Se deben utilizar tubos patrón del material a probar en su condición final a los que debe hacerseles barrenos y/o muescas cuyas dimensiones están en función del espesor de pared y del diámetro exterior del tubo a probar, esto se establece en las tablas 8 y 9.

La longitud del tubo patrón será de 320 cm al que se le realizarán 4 barrenos pasados radialmente a la pared del tubo en línea (sobre el mismo elemento del tubo) espaciados 45 cm uno del otro dejando 90 cm de cada extremo del tubo patrón.

Si el cliente así lo especifica se deberán realizar dos muescas transversales a (0° y 180°) y dos barrenos a (90° y 270°) de manera alternada en cada uno de los 4 elementos del tubo, rotando 90° cada vez.

Los tubos, objeto de esta norma deben pasar esta prueba por el equipo de corrientes circulantes, según lo establece el procedimiento de la norma mexicana NMX-W-017 (ver 2 Referencias).

Las señales producidas por los tubos patrón determinan los límites de aceptación o rechazo.

Los tubos que produzcan señales iguales o superiores a dichos límites deben ser rechazados.

## 7.7 Prueba de Hermeticidad

### 7.7.1 Prueba de Presión hidrostática

#### 7.7.1.1 Aparatos y Equipos

- Dispositivo hidráulico con suficiente capacidad para lograr la presión de prueba;
- Manómetro con escala en kPa (kgf/cm<sup>2</sup>);
- Dispositivo para bloquear uno de los extremos de la probeta de 254 mm de longitud como mínimo;
- Válvula de purga;
- Recipiente con agua, y
- Cronómetro con divisiones mínimas de décimas de segundo.

#### 7.7.1.2 Procedimiento

Se bloquea uno de los extremos de la probeta y se llena con agua o aceite, se adapta al dispositivo hidráulico y se purga el aire del sistema; en seguida se eleva gradualmente la presión, hasta alcanzar la presión prueba la que debe ser mantenida durante 60 s.

### 7.7.1.3 Cálculos

La ecuación para determinar la presión de prueba en los tubos de cobre y de aleaciones de cobre, es la siguiente:

$$P_t = \frac{2 S e}{D - 0,8 e}$$

Donde:

P<sub>t</sub> es la presión máxima de trabajo en kPa (kgf/cm<sup>2</sup>);  
e es el espesor de pared mínimo en cm;  
D es el diámetro exterior máximo del tubo en cm, y  
S es la resistencia admisible del material.

### 7.7.1.4 Resultados

El tubo de cobre y de aleaciones de cobre no debe presentar roturas ó grietas, que evidencien la presencia de fugas en el tubo.

### 7.7.2 Prueba de presión neumática bajo fluido.

Como método alternativo se puede utilizar el método de presión diferencial.

#### 7.7.2.1 Aparatos y equipo

- Compresora de aire;
- Mangueras y boquillas;
- Manómetro con escala en kPa (kgf/cm<sup>2</sup>);
- Recipiente abierto, lleno de agua capaz de alojar al tubo de cobre;
- Plataforma u otro medio para soportar los tubos, y
- Cronómetro.

#### 7.7.2.2 Procedimiento

El tubo de cobre y aleaciones de cobre se conecta por sus extremos a las boquillas y mangueras de la compresora, se coloca el tubo sobre la plataforma y se sumerge junto con ésta en el tanque. En estas condiciones se aplica la presión de 0,400 MPa (4,2 kgf/cm<sup>2</sup>) durante 5 segundos, y se observa por medio del manómetro que la presión que marca sea la establecida en 5.6.2.2.

#### 7.7.2.3 Resultado

El tubo de cobre y aleaciones de cobre no debe presentar grietas o fisuras que evidencien la presencia de fugas en el tubo.

### 7.8 Pruebas para la determinación de las características mecánicas

#### 7.8.1 Aparatos y equipo

- Máquina universal para ensayos de resistencia mecánica.

#### 7.8.2 Preparación de la muestra

Las probetas deben ser tubos de una longitud apropiada para ser fijadas en las mordazas de la máquina. Debe cortarse una probeta por cada una de las piezas tomadas de acuerdo al nivel de muestreo determinado. Enseguida se determina el promedio de las medidas del diámetro exterior y de la pared del tubo y se calcula el área de su sección transversal.

**TABLA 8.- Profundidad de las muescas**

Espesor de pared del tubo, mm	Diámetro exterior del tubo, mm		
	Mayor de 6,0 hasta 19,0 incl.	Mayor de 19,0 hasta 32,0 incl.	Mayor de 32,0 hasta 80,0 incl.
	Profundidad de la muesca		
mayor de 0,4 – 0,8	0,13	0,15	0,18
inclusive 0,8 – 1,3	0,15	0,15	0,19
inclusive 1,3 – 2,1	0,18	0,19	0,20
inclusive 2,1 – 2,8	0,19	0,22	0,24
inclusive 2,8 – 3,0	0,23	0,23	0,28

**TABLA 9 Diámetro de los barrenos**

Número de perforación	Diámetro exterior del tubo, mm	Diámetro del barreno perforado, mm
72	de 6,0 hasta 19,0 incl.	0,65
68	mayor de 19,0 hasta 25,4 incl.	0,80
64	mayor de 25,4 hasta 31,8 incl.	0,92
58	mayor de 31,8 hasta 38,1 incl.	1,1
56	mayor de 38,1 hasta 44,4 incl.	1,2
55	mayor de 44,4 hasta 50,8 incl.	1,32

Para el alargamiento de las probetas que se utiliza en la prueba de resistencia a la tensión, se marca en divisiones iguales de 25.4 mm antes de montarlas en la máquina de ensayos.

#### 7.8.3 Procedimiento

Se procede a colocar y fijar la probeta en las mordazas de la máquina, se coloca el extensómetro sobre la misma probeta para graficar la curva esfuerzo-deformación, se aplica la carga y se anota la lectura obtenida al romperse la probeta. La carga para determinar el límite elástico se toma de la curva esfuerzo-deformación.

Después de romperse la probeta se retira de la máquina. Se toman las dos partes de la probeta, se unen lo mejor posible sobre la línea de ruptura; y se mide el alargamiento entre las dos marcas dentro de las cuales está la ruptura; en caso de que la ruptura sea sobre las marcas o fuera de ellas, se repite la prueba.

#### 7.8.4 Cálculo

La resistencia a la tensión y el límite elástico se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$Rt \text{ o } Le = \frac{F}{A}$$

Donde:

Rt es la resistencia a la tensión en N/mm<sup>2</sup> (kgf/mm<sup>2</sup>);  
Le es el límite elástico N/mm<sup>2</sup> (kgf/mm<sup>2</sup>);  
F es la carga aplicada, en N (kgf), y  
A es el área de la sección transversal, en mm<sup>2</sup>.

#### 7.8.5 Resultado

Se debe cumplir con lo establecido en 5.7



7.9 Prueba de aplastamiento

7.9.1 Aparatos y equipo

- Máquina universal para ensayos de resistencia mecánica y /o dispositivo hidráulico, y
- Micrómetro para exteriores.

7.9.2 Procedimiento

Se coloca la probeta de cobre ó aleaciones de cobre de 200 mm de longitud en forma horizontal sobre la mesa de la máquina universal y/o dispositivo hidráulico, y una vez sujeta la muestra se aplica una carga de compresión sobre el tubo a través de dos placas paralelas horizontales hasta obtener un aplastamiento exterior de 3 veces el espesor del tubo.

7.9.3 Resultado

El tubo de cobre ó aleaciones de cobre debe cumplir con lo especificado en 5.8.

**8 MARCADO, ENVASE Y EMBALAJE**

8.1 Marcado

8.1.1 En el producto

El marcado de la tubería será sólo cuando el cliente lo solicite de acuerdo a la leyenda requerida o propuesta por el fabricante.

8.2 Envase y/o embalaje

Los tubos de cobre y aleaciones de cobre deben ser envasados y embalados para su transporte de tal manera que no sufran ningún deterioro.

## 9 VIGENCIA

La presente norma mexicana entrará en vigor 60 días naturales después de la publicación de su declaratoria de vigencia en el **Diario Oficial de la Federación**.

## 10 BIBLIOGRAFÍA

NOM-008-SCFI-2002	Sistema General de Unidades de Medida, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2002.
NMX-W-035-1982	Cobre - Tubos para condensadores. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de Septiembre de 1982.
ASTM B 111-04	Standard Specification for Copper and Copper alloy.
ASME SB-111	Seamless Condenser tubes and ferrule stock.

## 11 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma mexicana no es equivalente a ninguna norma internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

México D.F., a

**DR. FRANCISCO RAMOS GÓMEZ**  
**DIRECTOR GENERAL DE NORMAS**

MRM/OMF/DLR.