



Documentación

NTP 306: Las fibras alternativas al amianto: consideraciones generales

Fibres alternatives à l'amiante: considérations générales
Alternatives fibres of asbestos: general considerations

Redactor:

Asunción Freixa Blanxart
Licenciada en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

El objetivo de la presente nota técnica de prevención es proporcionar criterios de selección de materiales alternativos para la sustitución del amianto así como plantear la problemática que conlleva esta sustitución.

Ya en 1930 se comprobó que el uso de amianto producía riesgos evidentes para la salud y posteriormente se ha demostrado su efecto cancerígeno, por lo que se han establecido diversas restricciones a su uso, que han ido evolucionando de manera progresiva.

Como sustitutos del amianto se han desarrollado productos alternativos, pero no siempre se ha tenido en cuenta el riesgo que puede producir su utilización. La idea de que cualquier material alternativo ha de considerarse más seguro que el amianto, que había sido ampliamente aceptada, se halla hoy en día en plena revisión.

Problemática de la sustitución del amianto por materiales alternativos

Las informaciones cada vez más consistentes sobre los efectos nocivos del amianto sobre la salud, divulgados ampliamente por los organismos internacionales que actúan en el campo de la salud y las condiciones de trabajo, han generado una potenciación de todos aquellos productos de características morfológicas y fisicoquímicas parecidas al amianto, sin tener en cuenta en muchos casos que sus efectos sobre el organismo, en exposiciones prolongadas, son muy poco conocidos o, sencillamente, se ignoran por completo.

La sustitución del amianto por otro material debe valorarse a dos niveles. En primer lugar, debe considerarse siempre la problemática que genera la sustitución directa del mismo cuando ha sido profusamente empleado y se decide eliminarlo. Los trabajos de demolición y reemplazamiento de cantidades grandes de amianto implican obviamente una exposición al mismo que hay que valorar en toda su magnitud para considerar si las "mejoras" en cuanto a protección de la salud que se logren, están suficientemente justificadas por el riesgo que necesariamente implicará la manipulación del material ya instalado. Ello pone en cuestión la oportunidad, desde el punto de vista de protección de la salud, de muchas campañas emprendidas en diversos países para la sustitución del amianto por otros materiales.

En segundo lugar, el material alternativo al amianto debe cumplir una serie de condiciones respecto a éste:

- Su producción debe ser más "segura", tanto si tiene su origen en una extracción minera, como si procede de una producción sintética.
- La fabricación de los productos de los que forma parte debe ser más "segura".
- Los productos obtenidos deben ser más "seguros" en su uso ordinario.
- Los productos deben ser más "seguros" tanto a nivel de demolición, fuego o destrucción accidental, como cuando sean vertidos como desechos.

Ningún material puede considerarse como completamente sin riesgo, pero el material alternativo al amianto debe significar una mejora importante respecto a éste en el conjunto de estos aspectos.

No hay que olvidar que aún quedan países que ignoran o subestiman los riesgos producidos por la utilización de amianto. Estos países son posibles futuros usuarios de estos materiales alternativos, cuyos efectos sobre la salud no han sido suficientemente estudiados.

Materiales sustitutivos del amianto

Los materiales alternativos del amianto se suelen dividir en tres clases:

Fibras minerales artificiales (FMA).

Lanas minerales, incluyendo lana de escoria y lana de roca.

Lana de vidrio, incluyendo la lana de vidrio que contiene resinas. Fibras refractarias:

Sílice	SiO_2
Aluminosilicato de circonio	$\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2\text{ZrO}_2$
Silicato de aluminio	$\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2$
Aluminosilicato de boro	$\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2\text{B}_2\text{O}_3$
Aluminosilicato de cromo	$\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2\text{Cr}_2\text{O}_3$
Alúmina	Al_2O_3
Circonia	ZrO_2
Boro	B
Nitruro de boro	BN
Carburo de silicio	SiC
Nitruro de silicio	Si_3N_4

Materiales sintéticos: fibras orgánicas sintéticas, de carbón y fibras de acero

Fibras orgánicas sintéticas

1. Fibras para reforzar el cemento:

- Fibras de polipropileno (PP) $[-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-]_n$
- Fibras de alcohol polivinilo (PVA) $[-\text{CH}_2-\text{CHOH}-]_n$

- Fibras de polietileno (PE) $[-CH_2-CH_2-]_n$
 - Fibras acrílicas (PAN) $[-CH_2-CHCN-]_n$
2. Textiles con propiedades especiales (elevadas prestaciones):
- Fibras de aramida:
 - Poliámidas aromáticas (Kevlar) (PAM)
 - $[-CO-C_6H_4-CO-NH-C_6H_4-NH-]_n$
 - Poliámidas alifáticas (Nylon) (PAM)
 - $[-CO-(CH_2)_4-CO-NH-(CH_2)_6-NH-]_n$
 - Otras fibras sintéticas:
 - Fibras de poliéster (PET)
 - $H[-(CH_2)_2-O-CO-C_6H_4-CO-]_nOH$
 - Fibras de politetrafluoroetileno (PTFE)
 - $[-CF_2-CF_2-]_n$

Fibras orgánicas de carbón

- Fibras de carbón basadas en rayón.
- Fibras de carbón basadas en PAN.
- Fibras de carbón.

Fibras de acero

Fibras orgánicas naturales

- Abacá.
- Pita.
- Bambú.
- Bagazo.
- Esparto.
- Seda natural.
- Yute.
- Lana.
- Cñamo
- Plumas.

Aparte de lo comentado anteriormente sobre el hecho de disponer de la máxima información posible del riesgo que puede representar el uso de estas fibras, es también necesario estudiar con profundidad las propiedades físicoquímicas, el precio y la disponibilidad de estas sustancias para aconsejar una alternativa válida.

Disponibilidad de las fibras alternativas respecto al amianto

Las numerosas aplicaciones del amianto son la consecuencia de una favorable combinación de propiedades físicoquímicas obtenida a un bajo costo. Actualmente existe una oferta importante de amianto, con producción en varios lugares del mundo. Es

previsible, por un lado, un importante aumento de su precio, por ser un recurso natural limitado y, sobre todo, como consecuencia de las medidas estrictas impuestas para su utilización, que afectan, obviamente al proceso de extracción y manipulado inicial. Por otro lado, las importantes restricciones a su uso, pueden afectar al mercado en sentido contrario. Por consiguiente, al plantear un producto sustitutivo, es necesario tener en cuenta las ventajas y desventajas técnicas de su uso respecto al amianto, pero también su disponibilidad y su precio.

Las fibras de lana mineral y de lana de vidrio tienen, en aplicaciones de aislamiento a temperaturas no muy elevadas, un comportamiento parecido al amianto, por lo que son muy utilizadas. Su precio es también muy parecido al del amianto siendo más caras en Reino Unido y Japón que en EEUU.

Por lo que se refiere a las fibras refractarias, hay poca información sobre su disponibilidad actual, aunque es constatable la existencia de un elevado número de fabricantes en EEUU, Reino Unido y Japón. La mayor producción se centra en las fibras de silicatos de aluminio, mientras que la de los silicatos de óxidos de cromo, boro y circonio, es menor. En tercer lugar se encuentran las fibras de carburo de silicio, mientras que las fibras cerámicas como carburo de boro, nitruro de boro y nitruro de silicio se producen en una escala relativamente reducida. Su coste varía entre límites muy amplios dependiendo del tipo de fibra. Los silicatos de aluminio son los más baratos (del mismo orden que el amianto), seguidos de la alúmina y circonia, mientras que el carburo y el nitruro de silicio son los más caros.

Respecto a las fibras orgánicas sintéticas, las que se fabrican en mayor proporción son las de polipropileno (PP). Su precio, así como el de las de alcohol polivinílico (PVA), las de polietileno (PE) y las acrílicas (PAN) tienen un precio parecido al de las fibras de amianto. Las que tienen un coste más elevado son las fibras de aramida (PAM) y las de politetrafluoroetileno (PTFE).

El coste de las fibras de carbón es mucho más elevado que el de las fibras de amianto. Se fabrican en una cantidad moderada en EEUU y Japón, pero en la actualidad no se hallan en situación de competir con el amianto en términos de coste y disponibilidad.

Las fibras de acero tienen actualmente un coste de unas seis veces más que las equivalentes de amianto, siendo empleadas en fibrocemento y productos de fricción.

Finalmente, por lo que se refiere a las fibras orgánicas naturales, su precio es igual o inferior al del amianto. Su principal aplicación es reforzar el fibrocemento, y los principales consumidores son Australia y Japón, siendo poco usadas en Europa.

Ventajas e inconvenientes del amianto y las fibras alternativas

En la tabla siguiente se presentan las principales ventajas e inconvenientes técnicos del amianto y de las fibras alternativas, excepto las de materiales naturales que tienen una resistencia al calor mínima y son muy poco utilizadas en Europa, como ya se ha comentado.

	VENTAJAS	INCONVENIENTES
AMIANTO	Temperatura límite 600 °C. Temperatura límite instantánea a 2500 °C. Resistencia a la mayoría de productos químicos. Sirven para fabricar tejidos para vestidos contra el fuego.	Fibras de longitud variable Moderada resistencia a la abrasión. El crisotilo no es resistente a los ácidos. Las prendas fabricadas con estos tejidos resultan muy pesadas y no se lavan bien.
FIBRA DE VIDRIO	Temperatura límite 250-400 °C. Temperatura límite instantánea 600 °C. Resistente a los ácidos y a la mayoría de productos químicos.	Poca resistencia a la abrasión. Irritante de la piel. No sirve para fabricar prendas de vestir. No es resistente a los álcalis.
FIBRA DE ARAMIDA (KEVLAR)	Muy útil como reforzador de plásticos. Los módulos de fibra son muy resistentes. Sirve para aplicaciones de alta tecnología.	Es difícil de tejer y cortar. No sirve para fabricar prendas de vestir, pero sí manguitos, guantes y polainas. Filamentos quebradizos. Pierde resistencia alrededor de 180 °C. Capacidad térmica demasiado elevada. Gran capacidad de carga electrostática que dificulta su manipulación. Sujeto a degradación por la radiación UV.
FIBRA DE CARBÓN	Los tejidos son ligeros. Temperatura límite 600 °C. No abrasivo	Su fuerza de tensión es baja. Baja resistencia a la abrasión. Desprenden HCN cuando se convierten en carbono a temperaturas altas.
FIBRA REFRACTARIA	La temperatura límite 1260 °C. Buena fuerza de tensión. Importantes aplicaciones como material de aislamiento y refractario a altas temperaturas.	Baja resistencia a la abrasión. No apto para fabricar prendas de vestir. Los tejidos resultan muy pesados.

Factores que afectan el potencial cancerígeno de las fibras en general

Está generalmente admitido que la respuesta citogenética de las fibras no está ligada a su composición química, sino a su morfología.

La durabilidad de las fibras y su persistencia en el hombre son también factores significativos para la determinación de la respuesta carcinogénica. Una cuestión importante a resaltar es la longitud de las fibras que se depositan en las paredes bronquiales o tejidos serosos, causando tumores. Por otro lado, para persistir, las fibras tienen que ser químicamente durables, aunque una fibra durable no siempre es persistente. La durabilidad de las fibras depende de su composición química y su estructura cristalina. Aunque la composición química no sea considerada un factor directamente relacionado con la respuesta carcinogénica, lo es indirectamente por ser un factor determinante de su durabilidad.

La morfología (incluyendo el tamaño) y la durabilidad son, juntamente con la dosis, los factores que definen la respuesta carcinogénica de las fibras.

Por lo que hace referencia a las posibilidades de eliminación, la de las partículas depositadas sobre la mucosa de las vías respiratorias superiores es rápida, variando de varios minutos a algunas horas. Las partículas depositadas en las regiones no ciliadas del pulmón pueden también ser eliminadas con una relativa rapidez si permanecen en la superficie alveolar, pero si penetran en el tejido pulmonar su eliminación puede tardar muchos días e incluso años.

Patologías producidas por el amianto

La exposición a amianto puede producir en el hombre diversas enfermedades, algunas benignas y otras de índole más grave, como la asbestosis o fibrosis pulmonar y los procesos neoplásicos.

Se ha detectado la aparición de verrugas no malignas y de vida corta provocadas por amianto en heridas y contusiones, pero no existe, por el momento, evidencia científica de enfermedades por ingestión de alimentos o bebidas conteniendo fibras de amianto. Estudios con animales realizados en este campo presentan conclusiones negativas, mientras que en humanos, estudios en áreas en las que se detecta amianto en los suministros de agua, han presentado resultados no concluyentes.

Por lo que hace referencia a la vía de entrada respiratoria, las fibras de amianto, como tales fibras, tienen un comportamiento en aire ligeramente diferente a las partículas. Las fibras de diámetro inferior a $3\mu\text{m}$ son capaces de alcanzar niveles de penetración profundos, hasta los bronquiólos. Por otra parte, su configuración y rigidez, así como su permanencia o insolubilidad, son factores importantes a tener en cuenta en el amianto.

Las enfermedades graves más frecuentes relacionadas con el amianto son: asbestosis, cáncer primario de pulmón y mesotelioma. El cáncer de laringe se ha detectado en algunos trabajadores, pero muy relacionado con el consumo de tabaco y alcohol. El cáncer en el tracto gastrointestinal, particularmente en el intestino delgado, solo se ha podido asociar a trabajadores con una exposición fuerte, sin descartar la posibilidad de que sea debido a otros factores.

Patologías producidas por las fibras alternativas

Aunque su tamaño medio se halla por encima de la fracción respirable, las FMA pueden provocar irritación en la piel y el tracto respiratorio superior. No se ha demostrado efecto fibrógeno o cancerígeno por parte de la fracción respirable, pero quedan aún por investigar aspectos ligados a la durabilidad y dosis efectiva que potencialmente puede ser inhalada por un trabajador durante la jornada laboral.

Es necesario continuar los estudios epidemiológicos de este tipo de fibras para determinar con más fiabilidad su posible carcinogenicidad. Hasta el momento, la International Agency for Research on Cancer (IARC) ha clasificado a todas las fibras fabricadas por el hombre como "posiblemente cancerígenas para los humanos".

Por lo que se refiere a las fibras cerámicas y su posibilidad de riesgo para el hombre, se están llevando a cabo estudios adicionales. Es conocido que el contacto de la fibra cerámica con la piel puede provocar, en personas muy sensibles, irritaciones transitorias leves. La ECFIA (European Ceramic Fibres Industry Association) recomienda, como medida precautoria para los operarios que manipulen la fibra de cerámica, el uso de guantes y ropa de trabajo adecuada.

La utilización de las fibras de para-aramida (kevlar) presenta un ligero riesgo de irritación cutánea, pero ningún riesgo de sensibilización de la piel. Estas fibras son demasiado grandes para que puedan inhalarse ($12-15\mu\text{m}$ de diámetro) por lo que no plantean riesgos directos por esta vía, aunque su abrasión, trituración o corte puede generar fibrillas lo suficientemente pequeñas para ser inhaladas.

Factores que influyen en la respuesta carcinogénica de las fibras alternativas

Los factores que afectan a la respuesta carcinogénica de las fibras, ya citados anteriormente, se comentan brevemente a continuación:

Dimensión

Se define como fibra en valoraciones ambientales, a toda partícula con una relación longitud/grosor de, al menos 3:1. Como fibra respirable se considera a toda partícula con un diámetro inferior 3 μm y una relación longitud/ diámetro de 3:1 o mayor.

Para la fibra de vidrio, por ejemplo, NIOSH recomienda límites de exposición para fibras de más de 10 μm de longitud y de menos de 3,5 μm de diámetro (fibras más cortas y del mismo diámetro no cumplirían la condición de "fibra").

Las fibras de materiales alternativos (FMA) son de diferentes medidas según origen, características y uso, pero siempre de diámetro mucho mayor que las de amianto. En consecuencia, se admite que las FMA, al ser más grandes, se depositan en el tracto respiratorio y no alcanzan el tejido pulmonar en las mismas cantidades que las finas fibras de amianto.

Durabilidad y persistencia

Actualmente se admite que, para que las fibras puedan inducir un tumor, deben ser durables y persistentes durante un cierto tiempo, desconociéndose, sin embargo, datos concretos sobre la duración necesaria de esta permanencia. La persistencia de una fibra viene afectada por su disolución, desintegración, eliminación o simple migración en el cuerpo.

La durabilidad, en este caso, es la resistencia relativa de una fibra a disolverse en los fluidos biológicos. Se ha determinado la durabilidad de varios tipos de fibras, expresada por el número de años que tarda en disolverse una fibra de 1 μm de diámetro en un fluido simulado extracelular (pH 7,6 \pm 0,2) derivado de la solución de Gambie. Estos datos muestran unas grandes diferencias entre la durabilidad de algunas fibras naturales (crisotilo, crocidolita) y las FMA; se estima que las FMA se disolverían en menos de 10 años, mientras que aquellas requieren 100 o más años; las fibras de vidrio y lana natural son menos durables que, por ejemplo, las fibras cerámicas y el amianto.

Las fibras orgánicas, las fibras de para-aramida y las fibras de carbón han resultado más resistentes que las fibras de amianto y que las fibras minerales artificiales, en un estudio comparativo de solubilidad en solución de Gambie.

Una manera de determinar la durabilidad de las fibras consiste en la determinación in vivo (en pulmón de rata) de los tiempos de clarificación (t_{50}) para las fibras mayores de 5 μm de longitud, ya que se parte de la base de que las fibras finas largas y durables son las de mayor potencial cancerígeno. Los tiempos de clarificación para fibras de vidrio y cerámica con bajo contenido en elementos alcalinotérreos fueron similares a los de la crocidolita, mientras que otras fibras con alto contenido en alcalinotérreos y diámetro medio de 0,1 μm presentaron un tiempo mucho menor. Las fibras de mayor solubilidad (menor tiempo de clarificación) son las de más alto contenido en calcio.

Dosis

Las diferencias observadas en la capacidad cancerígena del amianto en relación con las FMA, comprobada en trabajadores expuestos durante procesos de fabricación

equivalentes, se basaría también en las diferentes dosis efectivas. En principio, la exposición a fibras por vía inhalatoria por parte de trabajadores de industrias que emplean FMA es generalmente mucho menor a la exposición en procesos similares donde se emplea amianto. Esto sería debido al mayor diámetro de las FMA comparado con el de las de amianto. No hay que olvidar tampoco que las fibras de FMA no se parten longitudinalmente originando fibras de menor diámetro como ocurre con el amianto, sino que tienen tendencia a partirse transversalmente. Por todo ello, la cantidad de fibras de materiales alternativos presente en el aire es mucho menor (a igual peso) que la que se encontraría en el caso del amianto, por lo que la dosis inhalada también lo será.

Conclusiones

Los estudios epidemiológicos más consistentes disponibles hasta el momento muestran un ligero incremento en la mortalidad de los trabajadores expuestos a FMA. Estos estudios no pueden considerarse concluyentes, no sólo porque el incremento de los índices de mortalidad es moderado, sino también porque no existen suficientes garantías sobre la fiabilidad en el recuento de fibras ni sobre la ausencia de otros compuestos tóxicos y cancerígenos en el ambiente. Algunas conclusiones generalmente admitidas sobre la cuestión son las siguientes:

- Se admite riesgo de cáncer de pulmón en los trabajadores que utilizan FMA. El riesgo es aproximadamente del 25% por encima de lo normal durante los 30 años después de la primera utilización. Numéricamente es importante debido a que el cáncer de pulmón es muy frecuente. No se han cuantificado otros tipos de cáncer.
- Este riesgo es mayor en el sector de la lana mineral que en el de la lana de vidrio. En cambio, no se ha detectado riesgo en el sector de los filamentos continuos de vidrio.
- Se admite una ausencia de carcinogenicidad en las fibras cortas, gruesas y solubles y un máximo potencial cancerígeno para las fibras largas, finas y durables.
- Las partículas más peligrosas son las fibras con un diámetro inferior o igual a $0,5 \mu\text{m}$ y $5-15 \mu\text{m}$ o más de longitud. En el caso del amianto, el mesotelioma está asociado a una exposición de fibras más largas de $5 \mu\text{m}$ mientras que el cáncer de pulmón lo está a la exposición a fibras más largas de $10 \mu\text{m}$.
- Las fibras permanentes son las más peligrosas. Las industrias deberían eliminar cualquier proceso que implique el uso o generación de este tipo de fibras.
- Las fibras minerales que no son totalmente permanentes pueden ser usadas con precaución. El crisotilo sería un ejemplo de fibra a emplear según este criterio, siempre que se cumpla la normativa establecida para su control ambiental. También muchos de los tipos de fibra de vidrio pueden ser tratados de la misma manera.
- La consideración expuesta en el apartado anterior no puede extenderse indiscriminadamente a las demás fibras naturales y minerales sintéticas que están en el intervalo peligroso de dimensiones mientras no se disponga de más información sobre su permanencia.
- La mayor parte de las fibras orgánicas sintéticas no son peligrosas porque no producen fibrículas de las dimensiones que se ha determinado que producen riesgo. No obstante, en su preparación y elaboración, generan, por lo general, polvo que puede producir enfermedades respiratorias. La cuestión de la peligrosidad de este

tipo de fibras está todavía investigándose y los resultados no son del todo fiables.

- La sustitución del amianto por materiales no fibrosos podría ser una solución. Sin embargo, estos minerales naturales pueden estar contaminados de fibras minerales permanentes con el consiguiente riesgo para la salud. Para prevenir esta contaminación y evitar que se produzca fibrosis pulmonar o mesotelioma, es esencial un buen control de calidad en la selección de las materias primas, lo cual no siempre es realizable con suficientes garantías.
- Dada la importancia comercial de estos productos alternativos es necesario considerar el uso de estos materiales con especial precaución como se ha hecho para el amianto.
- Deben llevarse a cabo controles ambientales para conocer y minimizar la exposición.

Bibliografía

(1) SINGH, J., COFFMAN, M.A.

Patty's Industrial Hygiene and Toxicology. Vol. 1 part B. 4th Ed.
John Wiley & Sons. New York 1991, 280-327

(2) SEGARRA OBIOL, F.

Enfermedades broncopulmonares de origen ocupacional
Editorial Labor. Barcelona. 1985

(3) HOLT, F. P.

Inhaled dust and disease
John Wiley & Sons. Chichester UX 1987

(4) WAGNER, J.C. (ED.)

Biological effects of mineral fibres. Vol. 2
IARC, Lyon, (1980)

(5) HODGSON, A. A. (ED.)

Alternatives to asbestos. The pros and cons
John Wiley & Sons. Chichester UX 1989

(6) VITORICA, R.

Experiencia y perspectivas de la utilización de fibra de vidrio y otras fuentes alternativas del amianto.
Proc. Jornada Técnica Riesgos por exposición a fibra de vidrio y otras fibra manufacturadas.
INSHT. Centro Nacional de Verificación de Maquinaria. Vizcaya, 1990

(7) ARROYO, M.C.

Fibras de uso Industrial y riesgos para la salud. Teorías sobre la carcinogenicidad de las fibras.
Proc. Jornada Técnica Riesgos por exposición a fibra de vidrio y otras fibras manufacturadas.
INSHT Centro Nacional de Verificación de Maquinaria. Vizcaya, 1990