

4. CASO DE ESTUDIO: IDENTIFICACIÓN DE MINERALES DE ASBESTO EN OBRAS DE DEMOLICIÓN EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

Por: Martín Eduardo Espitia Nery
Édgar Ricardo Monroy Vargas
Universidad Católica de Colombia

4.1 INTRODUCCIÓN

Este trabajo de investigación se ha enfocado en la caracterización de materiales de construcción, específicamente materiales de fibrocemento en diferentes obras de demolición de la ciudad de Bogotá, mediante técnicas de microscopía electrónica de Barrido SEM y Difracción de Rayos X, a fin de identificar la posible presencia de minerales de asbesto en este tipo de materiales. De forma preliminar, se abordarán características particulares y definiciones del asbesto, para, posteriormente, identificar los riesgos asociados al uso de este material. De otro lado, se hará una identificación de la metodología de la investigación, para, finalmente, abordar los resultados y discusión relevantes, así como las conclusiones pertinentes al objeto de investigación en este campo de la ingeniería civil.

4.2 DEFINICIONES, PROPIEDADES, APLICACIONES Y RIESGOS

4.2.1 Asbesto

El asbesto o amianto es un mineral de silicio que tiene una forma fibrosa natural, su nombre proveniente del griego y significa “material inmortal”. El término asbesto se aplica colectivamente a 6 minerales fibrosos naturales (crocidolita, amosita, tremolita, actinolita, antofilita y crisotilo). Las fibras que caracterizan estos minerales son estructuras longitudinales con una relación de longitud a ancho de al menos 3: 1, y con frecuencia mucho más alta.

Los minerales de asbesto se dividen en 2 grupos: anfíboles y serpentines, según su química y morfología de las fibras. El grupo de anfíboles incluye crocidolita, amosita, tremolita, actinolita y anofilita. Las fibras de anfíbol son todas rectas y con forma de aguja en su aspecto microscópico. El grupo de serpentines está compuesto únicamente de asbesto crisotilo (ver Figura 30). Las fibras de serpentines aparecen onduladas bajo el microscopio a un bajo aumento. La

crocidolita lleva el nombre de amianto azul, la amosita (que se extrajo solo en Sudáfrica) se conoce como amianto marrón, y el crisotilo se llama asbesto blanco. El asbesto crisotilo representa alrededor del 90 % al 95 % de todo el amianto utilizado en el mundo. La crocidolita y la amosita constituyeron la mayor parte del asbesto utilizado comercialmente que no era crisotilo.

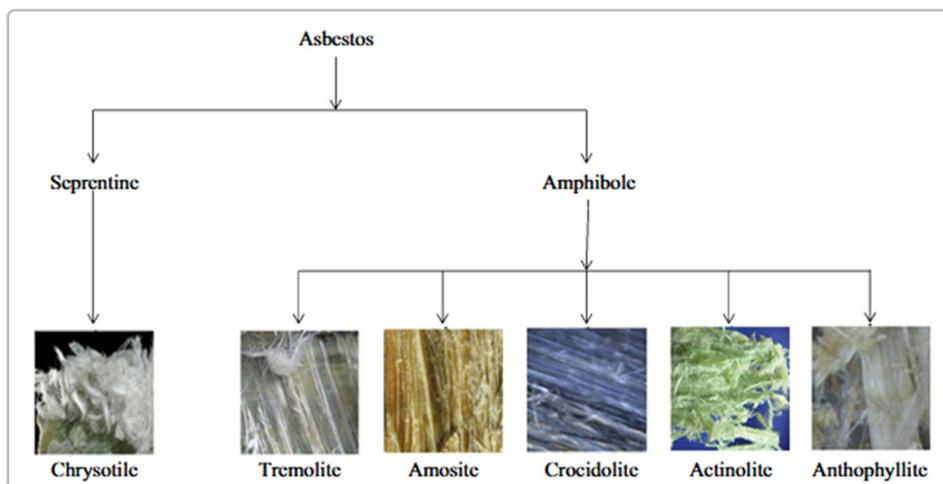


Figura 27. Tipos de asbesto.

Fuente: Kumar, Prasad, Maiti, & Tripti, 2014. p. 21

Además de los 6 minerales denominados colectivamente asbesto, hay otros minerales fibrosos que son similares estructuralmente, pero que no están clasificados técnicamente como asbestos. Estos se conocen como “minerales asbestiformes”. Todos los tipos de asbesto pueden causar todas las enfermedades asociadas con la exposición al asbesto. Ninguna forma de asbesto es “segura”. Se ha perpetrado el mito de que el asbesto crisotilo es asbesto “seguro”, pero esto no es del todo cierto (Frank & Joshi, 2014).

Según Brown (2000), la forma de asbesto crisotilo serpentín ha sido favorecida en muchas aplicaciones en el pasado, debido a sus fibras largas y fáciles de manipular. Como resultado, el crisotilo ha representado más del 90 % de la producción total de asbesto a nivel mundial.

4.2.2 Propiedades del asbesto

Los seis minerales de asbesto exhiben propiedades sobresalientes que han sido enormemente explotadas en materiales de construcción. Las principales propiedades químico-físicas y tecnológicas de los minerales comerciales de amianto crisotilo, amosita y crocidolita, son la resistencia a la abrasión, la

resistencia al calor (no inflamable incluso a muy altas temperaturas), resistencia a productos químicos, flexibilidad, resistencia, bajo coeficiente de transmisión de sonido, alta área de superficie, resistencia a la tracción extremadamente alta y baja conductividad térmica, gran durabilidad contra productos químicos como ácidos y álcalis, buena resistencia a la abrasión (Kim, Ku, Kim, Kim, Kim & al, 2010; Korea Occupational Safety and Health Agency, 2012). Con propiedades tan destacadas, los minerales de amianto se han utilizado para una serie de aplicaciones industriales (Gualtieri, 2013).

4.2.3 Aplicaciones del asbesto

El asbesto es uno de los materiales más importantes utilizados por los diferentes sectores industriales. Se utiliza principalmente en las industrias textil, química, eléctrica, automotriz, de techos, cerámica, cemento y papel. Sin embargo, debido a los efectos adversos del asbesto, ha sido prohibido en casi 52 países y su uso se ha reducido. Los Estados Unidos dejaron de producir asbesto en 2002. Sin embargo, el uso del amianto no está restringido en los Estados Unidos e importan asbesto para hacer productos de fibrocemento, calzado, papel, tablas de laminación y fieltro, asbesto comprimido, entre otros (Kumar, Prasad, Maiti & Tripti, 2014).

En los países desarrollados, el uso industrializado moderno del asbesto comenzó alrededor de 1880 y fue máximo a finales de los años sesenta y principios de los setenta. El número de materiales de construcción que incorporan asbesto en los EE. UU. Se ha estimado recientemente en hasta 3000 (ROC, 2005). La popularidad del asbesto en la industria de la construcción, se debe a su costo-efectividad y su relativamente alta resistencia química y física. Por ejemplo, el asbesto se ha utilizado en láminas / revestimientos, techos, aislamientos térmicos y eléctricos, accesorios moldeados, cisternas de agua, canaletas de agua de lluvia, tuberías de bajada, tuberías de presión, tuberías subterráneas de drenaje y alcantarillado, alféizares, cofres, pizarras, fascias, paneles de relleno, tubos y láminas de cemento, baldosas, juntas, materiales de fricción, recubrimientos, plásticos, textiles, papel y otros productos, sus aplicaciones son diversas como materiales de acabado, materiales de aislamiento, piezas de automóviles como pastillas de frenos y superficies de embragues, tuberías, juntas de bridas, tubos y techos de fibrocemento, entre otros (Australian Safety and Compensation Council, 2008). El uso en general del asbesto es tan amplio, que se sabe que hay más de 3000 productos en el mercado con algún mineral de asbesto entre sus componentes. El asbesto se ha usado ampliamente en varias partes del mundo (Lee *et al.*, 2014).

Los materiales compuestos de asbesto se pueden dividir básicamente en materiales de asbestos friables y compactos. El asbesto friable designa cualquier material

compuesto de asbesto, que se puede desmenuzar o pulverizar fácilmente cuando está seco. Las fibras sueltas de asbesto se pueden raspar fácilmente de la superficie con la mano. Esta tipología de materiales compuestos de asbesto contiene de 70 a 95 % en peso de fibras de asbesto. En general, el asbesto friable en los materiales de construcción se puede encontrar en: cenizas y ascuas artificiales para chimeneas a gas; juntas de puerta cortafuegos en hornos y estufas de leña; cavidades, tabiques de pisos y techos, los paneles para elevar ejes; compuestos de captura y juntas para paredes y techos; papel corrugado; pinturas / recubrimientos texturados, aerosol ignífugo; juntas en tuberías y juntas de recipientes; tableros aislantes; Aislamiento y recubrimiento de sistemas de ventilación y aire acondicionado, congeladores, secadoras de ropa y aislamiento de cables y paneles eléctricos.

El asbesto compacto es un material compuesto con fibras de asbesto incrustadas en una matriz de cemento o polimérica. Esta tipología de material compuesto de asbesto no es propensa a liberar fibras, a menos que sea cortada o rayada por herramientas mecánicas. En general, el asbesto compacto en los materiales de construcción, se puede encontrar en: pegado y acabado de cemento, relleno de mampostería, morteros, masillas, masilla; tejas del techo; productos de fibrocemento con generalmente de 4 a 15 % en peso de amianto crisotilo y/o de 0 a 6 % en peso de amianto anfibólico: pizarras planas o corrugadas, tuberías, bloques aislantes; tapas de chimenea; emplastos ladrillos de fuego; pavimentos, textiles y composites (linóleo, asbesto y vinilo, acabado de vinilo, asfalto y caucho); tableros tanques de agua, entre otros (Gualtieri, 2013).

4.2.4 Riesgos derivados del uso del asbesto

4.2.4.1 Riesgos para la salud

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) define el amianto como un carcinógeno de primer nivel (carcinógeno del grupo 1). Las partículas de asbesto entran al cuerpo a través del tracto respiratorio y, durante un largo período de incubación, desarrollan enfermedades (algunas enfermedades malignas) (Lee *et al.*, 2014).

Según Woodson (2012), pueden pasar de 20 a 30 años después de la primera exposición, para que se presenten los síntomas. Los trabajadores que tenían empleos en industrias como la construcción naval, la minería, la molienda y la fabricación, han experimentado graves problemas de salud debido a la exposición.

La exposición al asbesto aumenta el riesgo de desarrollar enfermedad pulmonar. Ese riesgo empeora al fumar. En general, cuanto mayor es la exposición al

asbesto, mayor es la probabilidad de desarrollar efectos dañinos para la salud. Los síntomas de la enfermedad pueden tardar varios años en desarrollarse después de la exposición.

La exposición al asbesto friable en el aire, puede resultar en un riesgo potencial para la salud, porque las personas que respiran el aire pueden respirar las fibras de asbesto. La exposición continua puede aumentar la cantidad de fibras que permanecen en el pulmón. Las fibras incrustadas en el tejido pulmonar, con el tiempo, pueden causar enfermedades pulmonares graves, como asbestosis, cáncer de pulmón o mesotelioma (Lee *et al.*, 2014; Woodson, 2012).

Los siguientes son tres de los principales efectos en la salud asociados con la exposición al asbesto:

- **Asbestosis:** la asbestosis es una enfermedad de los pulmones no cancerosa grave, progresiva y a largo plazo. Es causada por la inhalación de fibras de asbesto que irritan los tejidos pulmonares y causan cicatrices en los tejidos. Las cicatrices dificultan la entrada de oxígeno a la sangre. Los síntomas de la asbestosis incluyen dificultad para respirar y un sonido seco y crepitante en los pulmones al inhalar. No existe un tratamiento efectivo para la asbestosis.
- **Cáncer de pulmón:** el cáncer de pulmón causa el mayor número de muertes relacionadas con la exposición al asbesto. Las personas que trabajan en la minería, la molienda y la fabricación de asbestos y las que usan asbestos y sus productos, tienen más probabilidades de desarrollar cáncer de pulmón que la población general. Los síntomas más comunes del cáncer de pulmón son tos y un cambio en la respiración. Otros síntomas incluyen dificultad para respirar, dolores de pecho persistentes, ronquera y anemia.
- **Mesotelioma:** el mesotelioma es una forma rara de cáncer que se encuentra en el revestimiento delgado (membrana) del pulmón, el tórax, el abdomen y el corazón, y casi todos los casos están relacionados con la exposición al asbesto. Esta enfermedad puede no aparecer hasta muchos años después de la exposición al asbesto (Woodson, 2012).

4.2.4.2 Riesgos para la industria de la construcción

Especialmente, como se mencionó anteriormente, el asbesto se ha utilizado ampliamente en los materiales de construcción y, por lo tanto, es inevitable eliminar las estructuras que contienen asbestos de los lugares de trabajo de construcción o en proceso de reconstrucción, pues el asbesto se liberaría en el aire, generando perjuicios mayores. Como tal, el asbesto se libera al aire en el sitio de desmantelamiento y eliminación del asbesto, y puede causar daños

secundarios no solo al operador sino también a las cercanías del lugar de trabajo. Por lo tanto, es necesario enfatizar la prevención de la dispersión del asbesto para reducir el daño causado por el mismo.

Los empleados de la construcción están expuestos directamente al polvo de asbesto y la comunidad local está expuesta indirectamente. La protección contra los efectos negativos para la salud del asbesto en los empleados que trabajan en edificios de los que se desconoce que tienen asbesto, se ha discutido previamente (Konak, Tatlipinar & Omurtag, 2017), y se ha encontrado que es importante realizar una identificación previa de los materiales que componen una obra de construcción, a fin de tener conocimiento previo del tipo de exposición al cual van a estar sometidos los trabajadores de esta industria.

4.3 METODOLOGÍA

4.3.1 Muestra

En el marco del estudio, se tomaron 30 muestras de materiales de fibrocemento provenientes de tres diferentes obras de demolición en la ciudad de Bogotá, Colombia, en total una cantidad de 10 muestras agrupadas y mezcladas por cada obra se molieron y rotularon como M1, M2 y M3 para las obras 1, 2 y 3, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Identificación de muestras analizadas.

Muestras	Nombre	Procedencia
Mezcla 1	M1	Proveedor 1
Mezcla 2	M2	Proveedor 2
Mezcla 3	M3	Proveedor 3

Fuente: elaboración propia.

4.3.2 Muestra para SEM

Previo a la preparación del montaje en polvo para Microscopía electrónica de barrido (SEM), se pulverizó y tamizó cada muestra para obtener un tamaño de partícula menor a 63 micras; luego, se procedió a calentar la muestra hasta una temperatura de 650 °C en una mufla programable durante 2 horas sostenidas a la temperatura descrita, a fin de calcinar el contenido de material orgánico en forma de fibras de celulosa para garantizar que en la visualización mediante SEM solo se identificaran las fibras de asbesto presentes. El equipo SEM empleado fue un

JEOL modelo JSM 6490-LV con cañón de electrones acelerados a 15000V y una magnificación de 5000x.

4.3.3 Muestra para XRD

Previo a la preparación del montaje en polvo para Difracción de rayos X (XRD), se pulverizó y tamizó la muestra para obtener un tamaño de partícula menor a 63 micras. Para la selección de la porción utilizada en el análisis de difracción, se cuarteó la muestra hasta obtener un peso de aproximado de 2g.

El procedimiento descrito por Zhang, Germaine, Martin & Whittle (2003) consiste en distribuir la muestra, previamente pulverizada, en el portamuestras con una lámina de metal afilada mediante movimientos verticales (40-50 veces). Luego debe removerse el polvo excedente, activando una pistola de aire a ~0.5 m de distancia del portamuestras.

El equipo empleado fue un Difractómetro Bruker D8 Advance - Serie I, Detector LYNXEYE, Tubo de rayos-X Co (K alpha $\lambda = 1.7890$), Filtro de Níquel, 35KV 30mA, muestras en polvo: 2θ : 5-70° (montaje polvo), tamaño del paso: 0.015, velocidad de barrido: 0.3 segundos por paso.

Los diferentes picos detectados son las reflexiones de los planos en cada fase mineral, los cuales son comparados con una base de datos (Brucker). La cuantificación es realizada con el software TOPAS, que opera bajo el método de refinamiento Rietveld y una optimización por mínimos cuadrados. La función matemática que simula el difractograma tiene en cuenta tanto los parámetros de escala, que describen el “background” y las formas de los picos, como las contribuciones del instrumento y orientaciones preferentes.

4.4 RESULTADOS

4.4.1 Microscopía Electrónica de Barrido (SEM):

Los resultados de SEM para las tres muestras se evidencian en las figuras 2, 3 y 4 para M1, M2 y M3, respectivamente, todas ellas muestran presencia de fibras de características según la escala en dimensiones correspondientes a minerales de asbesto (Seydou Yao, 2017), descartando que fuesen fibras de celulosa por el tratamiento térmico dado a las muestras en su preparación.

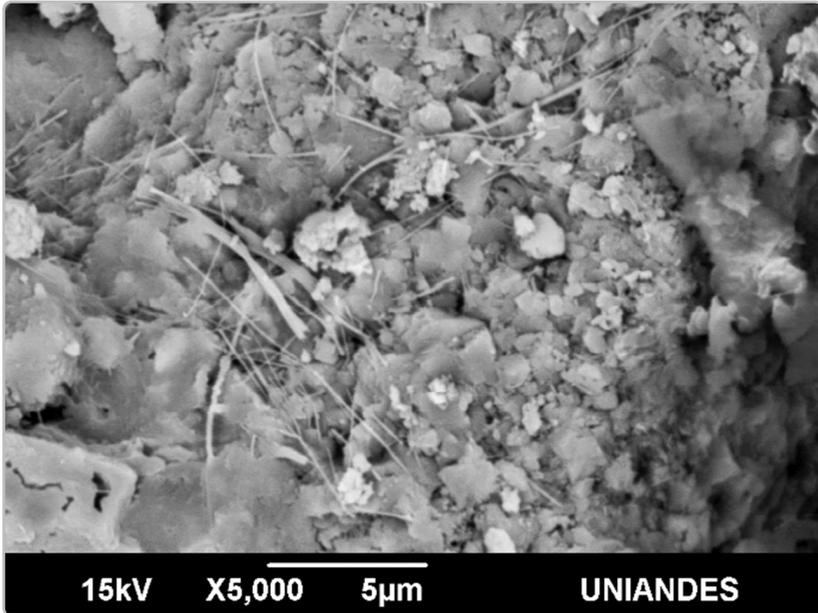


Figura 28. Micrografía SEM para muestra M1.
Fuente: elaboración propia.

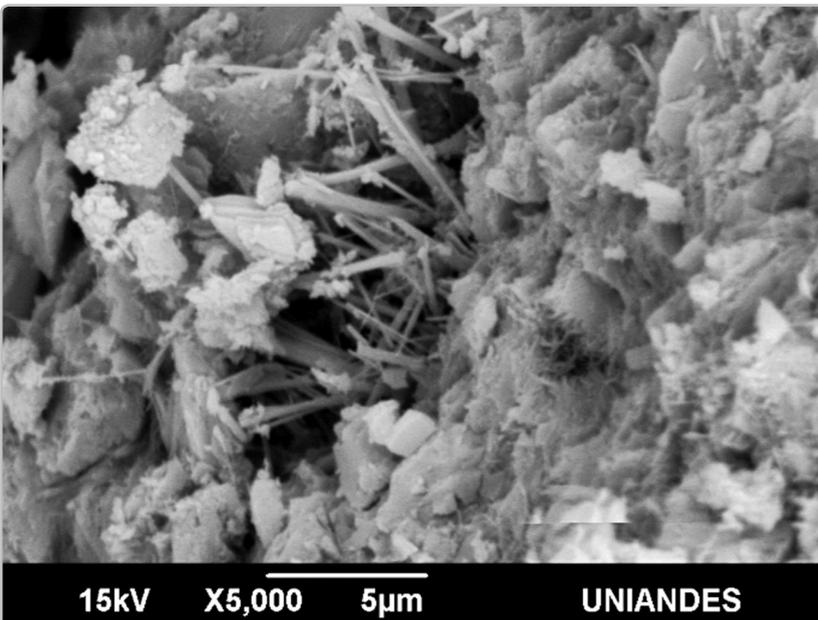


Figura 29. Micrografía SEM para muestra M2.
Fuente: elaboración propia.

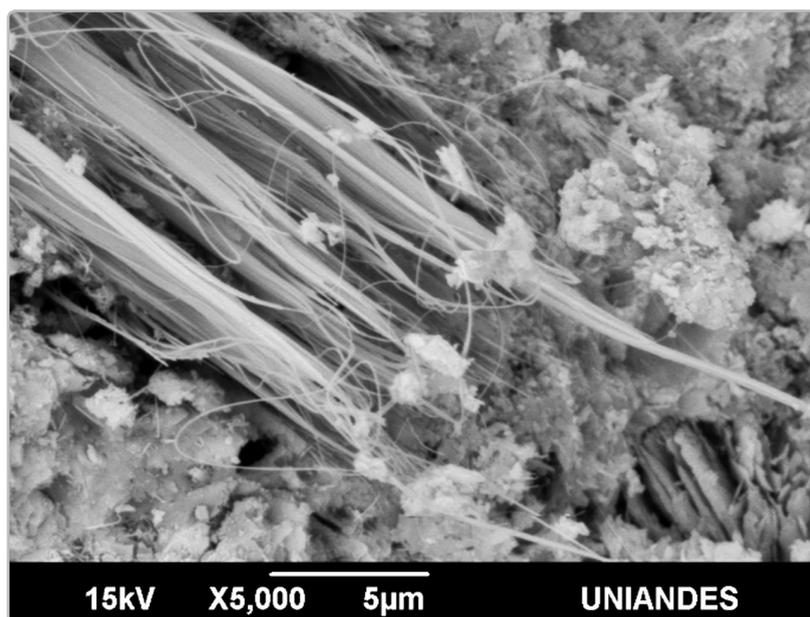


Figura 30. Micrografía SEM para muestra M3.

Fuente: elaboración propia.

4.4.2 Difracción de Rayos X (XRD):

Los resultados de XRD para las tres muestras se evidencian en la Tabla 2, 3 y 4 para M1, M2 y M3, respectivamente, todas ellas muestran presencia de minerales de asbesto en fase cristalina Crisotilo.

Tabla 2. Identificación de fases cristalinas por XRD para la muestra M1.

Fase cristalina	Formula química	% en peso
Calcita	CaCO_3	82.72
Cuarzo	SiO_2	3.750
Vaterita	CaCO_3	8.53
Portlandita	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	3.0
Crisotilo	$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	0.74
Akeramita	$\text{Ca}_2\text{Mg}[\text{Si}_2\text{O}_7]$	0.48
Siderita	FeCO_3	1.04

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Identificación de fases cristalinas por XRD para la muestra M2.

Fase cristalina	Formula química	% en peso
Calcita	CaCO_3	84.80
Cuarzo	SiO_2	3.74
Vaterita	CaCO_3	7.72
Portlandita	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	2.35
Crisotilo	$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	1.40

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Identificación de fases cristalinas por XRD para la muestra M3.

Fase cristalina	Formula química	% en peso
Calcita	CaCO_3	80.91
Cuarzo	SiO_2	1.25
Vaterita	CaCO_3	5.92
Portlandita	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	8.24
Akermanita	$\text{Ca}_2\text{Mg}[\text{Si}_2\text{O}_7]$	1.33
Siderita	FeCO_3	1.11
Crisotilo	$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	1.24

Fuente: elaboración propia.

4.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De las imágenes de SEM y los resultados de difracción de Rayos X, se encontró que las muestras analizadas de materiales de fibrocemento provenientes de tres diferentes obras de demolición de la ciudad de Bogotá, contienen asbesto Crisotilo, el cual ha sido considerado un material altamente cancerígeno según lo discutido previamente en este capítulo, lo cual lleva a la conclusión de que se debe tener especial atención al trabajar con estos materiales en obras de demolición, pues si estas partículas llegan como partículas libres, pueden generar un riesgo latente para los trabajadores de la industria de la construcción, dedicados a la demolición de obras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Australian Safety and Compensation Council. (2008). *Literature review of asbestos fibre release from building materials following weathering and/or corrosion*. Australia.
- Brown, S. K. (2000). Indoor Air Quality Handbook Ch. 38. En *Asbestos* (pp. 38.1-38.17). New York: McGraw-Hill,.
- Frank, A. L., & Joshi, T. K. (2014). The Global Spread of Asbestos. *Annals of Global Health*, 8(4), 257-262.
- Gualtieri, A. F. (2013). Recycling asbestos- containing material (ACM) from construction and demolition waste (CDW). En *Handbook of Recycled Concrete and Demolition Waste* (pp. 500-525).
- Kim, J. M., Ku, J. M., Kim, K. Y., Kim, D. I., Kim, C. L., & Al, e. (2010). Asbestos survey and abatement - removal. *Donghwa Technology Publishing*.
- Konak, Ö., Tatlipinar, M. E., & Omurtag, G. Z. (2017). Evaluation of Knowledge Level About Asbestos Exposure in Urban Transformation Construction Areas. *Acta Pharmaceutica Scientia*, 55(4), 85-100. DOI: 10.23893/1307-2080.APS.05528.
- Korea Occupational Safety and Health Agency. (2012). *How to manage asbestos-containing building*. Korea.
- Kumar, A., Prasad, M. N., Maiti, S. K., & Tripti. (2014). Asbestos: resource recovery and its waste management. En S. Mullins & J. Gatof, *Nanotechnology Environmental Health and Safety (Second Edition)* (pp. 285-305).
- Lee, J., Lee, S., Kim, J., Kim, J., Chung, S., Kim, J., y otros. (2014). A Study on the Efficient Measurement of Airborne Asbestos Concentrations. *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene*, 40(4), 113-121. DOI: 10.1093/annhyg/40.4.449.
- ROC. (2005). *11th Report on Carcinogens*. U.S. Department of Health and Human. Public Health Service, National Toxicology Program.

- Seydou Yao, G. I. (2017). Mineralogy and textures of riebeckitic asbestos (crocidolite): The role of single versus agglomerated fibers in toxicological experiments. *Journal of Hazardous Materials*, 340, 472-485. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.07.027>.
- Woodson, R. D. (2012). What Is Asbestos? En *Construction Hazardous Materials Compliance Guide: Asbestos Detection, Abatement, and Inspection Procedures* (pp. 1-15).
- Zhang, G., Germaine, J. T., Martin, R. T., & Whittle, A. J. (2003). A simple sample-mounting method for random powder X-ray diffraction. *Clays and Clay Minerals*, 51(2), 218-225. DOI: <https://doi.org/10.1346/CCMN.2003.0510212>.