Infomin, Vol. 15, enero-diciembre 2023, E-ISSN: 1992-4194, http://www.infomin.co.cu

Artículo Original

Determinación de factores de emisión durante procesos de transferencias continúas de material en formación de pilas de áridos

https://cu-id.com/2144/v15e12

Determination of emission factors during continuous transfer processes of material in the formation of aggregate piles

María Cristina Olivera Ferrer[1*], Anel Hernández Garcés[2], Victor Iriarte Docampo[3]

RESUMEN: La actividad minera es una fuente importante de contaminación atmosférica donde se producen grandes cantidades de material particulado que generan impactos ambientales, sanitarios y económicos. En el presente trabajo se determinaron los factores y tasas de emisión durante las transferencias continuas de material en la formación de pilas de áridos en la UEB productiva Canteras Mariel. Se obtuvo como resultado que el factor de emisión para el granito es de 0,015 kg, para la arena de 0,014 kg, para la gravilla de 0,028 kg y para el macadam de 0,046 kg por cada tonelada transferida. También se determinaron las tasas de emisión al conocer la producción diaria por diseño de las plantas.

Palabras claves: Emisiones, transferencias continúas, factor de emisión, tasa de emisión, áridos.

ABSTRACT: Mining activity is an important source of air pollution where large amounts of particulate material are produced that generate environmental health and economic impacts. In the present work, the emission factors and rates were determined during the continuous transfers of material in the formation of aggregate piles in the UEB Canteras Mariel. It was obtained as a result that the emission factor for granite is, 0,015 kg, for sand 0,014 kg, for gravel 0,028 kg and for macadam 0,046 kg for each ton transferred. Emission rates were also determined by knowing the daily production by design of the plants.

Keywords: Emissions, continuous transfers, emission factor, emission rate, aggregates.

INTRODUCCIÓN

La contaminación por polvo es un problema complejo de creciente interés ambiental, sanitario y económico. Métodos de evaluación del impacto ambiental para la gestión de la contaminación por material particulado se basan en la simulación de dispersión de polvo, por medio de una caracterización precisa del término fuente y de los parámetros que intervienen.

Las actividades durante la extracción de mineral, procesamiento, manipulación y transporte dependen del equipamiento, del tipo de generador de energía, de los procesos y materiales que pueden generar contaminantes atmosféricos peligrosos, tales como: material particulado, metales pesados, monóxido de carbono, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno.

Cerrejón (2013), refiere que la emisión de polvo (material particulado) desde las superficies de trabajo durante el proceso de explotación del yacimiento puede constituir un riesgo potencial para el ambiente y las comunidades cercanas.

Los modelos de contaminación del aire juegan un papel importante en la ciencia, debido a su capacidad para investigar procesos relevantes, al igual que un mayor rol en la aplicación según Builtjes et al., (2018) al ser los únicos métodos que pueden cuantificar la relación entre emisiones y concentración-deposición, incluyendo las consecuencias de escenarios futuros y las estrategias de disminución.

Recibido: 28/10/2023
Aprobado en su forma original: 14/12/2023

[1] Empresa de Canteras, Calle Colón/ Río Mordazo e Independencia, Reparto José Martí, Cerro, La Habana, Cuba
[2]Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (CUJAE), Calle 114 # 11901 / Ciclovía y Rotonda, Marianao, La Habana, Cuba. Correo electrónico: anel@quimica.cujae.edu.cu
[3]Laboratorios Farmacéuticos AICA, BioCubaFarma, Avenida 23 entre 268 y 270, San Agustín, La Lisa, La Habana, Cuba. Correo electrónico: victori@aica.cu
[*]Correo electrónico: marycrist@canternet.cu

Conflicto de Intereses: Los autores de este trabajo declaran que no existe conflicto de intereses.
Contribuciones de los autores: Conceptualización: María Cristina Olivera Ferrer, Anel Hernández Garcés y Victor Iriarte Docampo. **Análisis formal de datos:** Anel Hernández Garcés y Victor Iriarte Docampo. **Investigación:** María Cristina Olivera Ferrer, Anel Hernández Garcés y Victor Iriarte Docampo. **Metodología:** María Cristina Olivera Ferrer, Anel Hernández Garcés y Victor Iriarte Docampo **Redacción-borrador original:** María Cristina Olivera Ferrer. **Redacción-revisión y edición:** María Cristina Olivera Ferrer.
Este artículo se encuentra bajo licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)

Hernández et al., (2015) y Hernández (2016) analizaron que los modelos de dispersión atmosférica son una de las soluciones más extendidas al problema del comportamiento de los contaminantes en la atmósfera. Su planteamiento general sigue el esquema de un modelo de procesos o fenómenos, es decir, consisten en aplicar un modelo matemático a cada fenómeno que experimentan los contaminantes en la atmósfera, y sumar las contribuciones de todos los modelos de proceso en una ecuación de balance o conservación para cada propiedad considerada.

La presente investigación fue desarrollada en la UEB Canteras Mariel, productora de áridos, los cuales son materiales granulares utilizados en la construcción procedentes de la desintegración de las rocas, fundamentalmente calizas y calizas dolomitizadas, que poseen dimensiones variadas desde 0,074 mm hasta un tamaño máximo especificado.

Entre estos productos podemos encontrar áridos finos y áridos gruesos, compuestos por polvo de piedra, arena, gravilla y granito respectivamente.

Este trabajo se centra en el estudio de las emisiones de polvo en pilas de almacenamiento de áridos producto de la transferencia continua de material; operación con gran potencial de emisión de partículas, particularmente cuando el material se arroja a partir de cintas transportadoras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y descripción del área de estudio

Los estudios para la determinación de los factores de emisión (FE) se realizaron en la UEB Canteras Mariel, yacimiento La Molina, específicamente el área de estudio se encuentra ubicada al Noreste de Artemisa en la parte Sur de la vía Mariel playa El Salado, entre la carretera de Machurrucutu y la Autopista Nacional Habana - Pinar del Río. El mismo se encuentra a una distancia de 5 km del poblado de El Mariel y a 7 km de Guanajay.

Cálculo de los factores de emisión (FE) por transferencias continúas de material

Las transferencias continuas de material corresponden a operaciones ininterrumpidas (durante un intervalo de tiempo prolongado), donde un material es transferido desde una cinta transportadora o elemento similar hacia un elemento o superficie receptora. Este tipo de operaciones involucra una caída libre del material y cierta fricción interna de las partículas, generándose la emisión de las partículas más finas presentes en el material transferido.

Para el cálculo del factor de emisión para transferencias continuas de material se utiliza la siguiente formulación empírica (EPA, 2011).

La ecuación (1) que suministra el factor de emisión (kg/ton) para la formación de pilas en descarga continua es la siguiente:

$$\boldsymbol{E} = \frac{\boldsymbol{K}(0,0009)(\boldsymbol{s}/5)(\boldsymbol{U}/2,2)(\boldsymbol{H}/3)}{\left(\boldsymbol{M}/2\right)^2}$$

Donde:

K = multiplicador de tamaño de partícula (no dimensional)

s = tenor de limo (ø < 75 µm) del material (%)

U =velocidad media del viento (m/s)

H =altura de la descarga (m)

M = tenor de humedad del material (%)

El multiplicador de tamaño de partícula para descarga continua es dado por la tabla siguiente:

Tabla 1. Factores para el cálculo de tamaño aerodinámico según el tamaño de las partículas

≤ 2,5 µm	≤ 5 µm	≤ 10 µm	≤ 15 µm	≤ 30 µm
0,11	0,21	0,37	0,49	0,77

Para la determinación del factor de emisión se conoce que la velocidad media del viento en la



Figura 1. Mapa del yacimiento la molina donde se aprecian los poblados del Mariel y Guanajay

estación meteorológica de Bauta durante 2016 fue de 6,81 m/s y que en el centro de producción Molina 2 los transportadores están instalados para una altura de descarga de 10 metros.

Para la determinación del tenor de humedad y del tenor de limo se realizó un muestreo de los áridos a estudiar (granito, arena, gravilla y macadam) en los centros productivos a la salida de la cinta transportadora durante los procesos de transferencias continuas de material hacia las pilas de árido.

Las determinaciones del tenor de humedad y del tenor de limo del material fueron obtenidas en el laboratorio físico de la Empresa de Canteras.

Determinación del tenor de humedad

Se tomaron muestras representativas de los áridos a estudiar que oscilaban alrededor de los 30 g. Posteriormente fueron secadas en la estufa a una temperatura de 105°C al encontrarse húmedas a la salida del proceso productivo, determinándose el porciento de humedad (NC 184, 2002).

Determinación del tenor de limo

Las muestras obtenidas fueron homogenizadas y cuarteadas para garantizar que estuvieran representadas todas las fracciones granulométricas que las integran. Luego fueron pesadas y sometidas a un tamizado húmedo a través de un tamiz de diámetro 0,0074 mm. Dicha suspensión fue decantada y secada en una estufa a convección forzada a una temperatura de 105 °C, siendo determinado luego por el método gravimétrico el porcentaje de tenor de limo (s) (NC 182, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de tenor de humedad del material

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos de tenor de humedad para las muestras analizadas.

Tabla 2. Valores obtenidos del tenor de humedad a partir de las muestras analizadas

Número de Muestra	Material apilado muestreado	Muestra Húmeda (g)	Muestra seca (g)	Humedad (%)
1	Granito	30,2	29,7	1,7
2	Arena	29,9	29,3	2,0
3	Gravilla	30,4	30,0	1,3
4	Macadam	30,2	29,9	1,0

Determinación del tenor de limo en las pilas de acoplamiento de material en la UEB Canteras Mariel

En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos para las muestras analizadas.

Tabla 3. Valores obtenidos del tenor de limo a partir de las muestras analizadas

Número de Muestras	Material Apilado muestreado	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Tenor de limo (%)
1	Granito	30,2	4,5	14,9
2	Arena	29,9	6,5	21,7
3	Gravilla	30,4	5,5	18,1
4	Macadam	30,2	5,0	16,6

Determinación de los factores de emisión

En la determinación de los factores de emisión solo fue considerada la fracción respirable (<10 μm) debido al impacto negativo que tiene sobre la salud humana. Los valores del factor de emisión (E) obtenidos con el empleo de la ecuación (1) para los casos analizados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Valores del factor de emisión (E) obtenidos para la formación de pilas en descarga continúa

Material apilado muestreado	E (kg/t) Transferências continuas de material
Granito	0,015
Arena	0,014
Gravilla	0,028
Macadam	0,046

Obteniéndose como resultados para el caso del granito que el factor de emisión es de 0,015 kg por cada tonelada transferida, para la arena de 0,014 kg, para la gravilla de 0,028 kg y para el macadam de 0,046 kg.

Determinación de las tasas de emisión para formación de pilas en descarga continúa

Para estimar la tasa de emisión, es necesario multiplicar el factor de emisión (E) por el total de toneladas transferidas en el lapso de tiempo considerado.

Según Proyecto de Procesamiento del Cetro Productivo Molina II de la UEB Canteras Mariel la producción diaria por diseño de esta planta es de 37 t/h para el caso de la producción de arena, de 47 t/h para la gravilla y de 21 t/h para el granito y el macadam respectivamente. Si relacionamos los factores de emisión con la demanda diaria productiva que a la salida de los molinos por los transportadores es trasladada al proceso de cribado para luego apilarla será posible determinar los valores de las tasas de emisión en g/s (Tabla 5).

CONCLUSIONES

Fueron determinados los factores de emisión durante las transferencias continuas de material en la

Tabla 5. Valores de las tasas de emisión (Q) para la formación de pilas en descarga continúa

Material apilado muestreado	Producción diaria (t/h)	E (kg/t) Transferências continuas de material	Q (g/s) Transferências continuas de material
Granito	21	0,015	0,085
Arena	37	0,014	0,146
Gravilla	47	0,028	0,367
Macadam	21	0,046	0,266

formación de pilas de áridos en la UEB productiva Canteras Mariel obteniéndose para el granito 0,015 kg/T, para la arena 0,014 kg/T, para la gravilla 0,028 kg/T y para el macadam 0,046 kg/T por cada tonelada transferida. También se determinaron las tasas de emisión a partir de conocer la producción diaria por diseño de las plantas, obteniéndose para el granito 0,085 g/s, para la arena 0,146 g/s, para la gravilla 0,367 g/s y para el macadam 0,266 g/s. Estos valores son de gran utilidad para la simulación del material particulado suspendido en el aire durante los procesos de transferencias continúas de material en formación de pilas de áridos.

RECOMENDACIONES

Se debe simular la dispersión de las emisiones estimadas para evaluar el impacto sobre el Medio Ambiente determinando las modificaciones en la calidad del aire, y si se corresponde realizar acciones para mitigar la emisión de material particulado.

BIBLIOGRAFÍA

ANEFA.2021. *Explotaciones de áridos y Medio Ambiente*. España, 76 p., Available: ‹ https://www.aridos.org/manual-de-aridos ›, [Consulted: February 20, 2023].

AP-42, Fifth Edition; “Compilation of Pollutant Emission Factors, AP-42. 2023. Chapter 13.2.4 “Agregate Handling and Storage Piles”. Available: ‹ https://www.epa.gov›, [Consulted: January 30, 2023].

Asociación Nacional de Arideros.2001. “Sistematización de Antecedentes Técnicos y Ambientales”. Chile, 141-149p. Available: ‹https://issuu.com/publicacionescdt›, [Consulted: February 15, 2023].

Builtjes, PJH. 2001. “Major twentieth century milestones in air pollution modeling and its application”. ResearchGate, DOI: 10.1007/0-306-47460-3_1, Available: ‹https://www.researchgate. net/publication/225954252_Major_Twentieth_Century_Milestones_in_Air_Pollution_Modelling_and_Its_Applicationl›[Consulted: March 10, 2023].

Cerrejón. 2013. Informe de Sostenibilidad. Colombia, 65 p., Available: ‹http://www.cerrejon.com/site/desarrollo-sostenible-•responsabilidad-social-rse/medio-ambiente/gestionambiental/control-de-calidad-del-aire.aspx›, [Consulted: February 18, 2023].

Conde, AP.; Blet. IC.& González, LMdO. 2003. ¨Modelación de emisiones de partículas debidas al transporte de mineral en minas a cielo abierto¨. Repositorio Nínive, 7p., Available: ‹https://ninive.ismm.edu.cu/handle/123456789/2426?show=full› [Consulted: February 20, 2023].

Flores, J.P; Sukla M.K.; Wang, J. 2011. ¨Particulate Matter Dispersed by Vehicles Running on Agricultural Unpaved Roads¨. TERRA Latinoamericana, 29(1): 23-34, ISSN: 2395-8030. Available: ‹ https:/terralatinoamericana.org.mx› [Consulted: February 20, 2023].

Hernández, AG. 2015. “Estado actual de los modelos de dispersión atmosférica y sus aplicaciones”. UCE Ciencia. Revista de postgrado, pp. 1-13.

Hernández, AG. 2016. “Sistema de evaluación de la dispersión episódica de contaminantes atmosféricos”. Tesis de doctorado. Santiago de Compostela. Chile, 259 p., Available: ‹ https://minerva.usc.es› [Consulted: February 25, 2023].

Oficina Nacional de Normalización. 2002. *NC 182 Áridos. Determinación del material más fino que el tamiz de 0.074mm (No. 200). Método de ensayo*, 5 p., Available: < https://www.nconline.cubaindustria.cu >, [Consulted: January 29, 2023].

Oficina Nacional de Normalización. 2002. *NC 184 Arena. Determinación de la humedad superficial. Método de ensayo*, 6 p., Available: < https://www.nconline.cubaindustria.cu >, [Consulted: January 29, 2023].

Romeo, A.; Capelli, L.; Sironi, S.; Nano, G.; Rota, R.; & Busini, V. 2017. “Dust emission and dispersion from mineral storage piles”. Environmental Science and Pollution Research, 24, 22663-22672.DOI 10.1007/s11356-017-9881-9.

Silva, M.; Suazo, G. 2020. “Metodologías para el uso de factores de emisión. Material particulado en depósitos de relaves abandonados. Medio Ambiente y Desarrollo”. Chile. ISSN 1680-8886.Available: ‹ https://cmad.ama.cu›, [Consulted: January 30, 2023].

UNESCO. 2002. “II Curso Internacional de aspectos geológicos de protección ambiental”. Uruguay, 1-9, ISBN 92-9089-073-8. Available: ‹ https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000163153›, [Consulted: January 29, 2023].