

## **DETERMINACIÓN DE EMISIONES GASEOSAS DURANTE LA CARGA DE ASFALTO EN CAMIONES CISTERNA Y EN LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE ASFALTO**

Vicente Nadal Mora, Joaquín Piechocki, Natalia Reale, Gastón Santoiani, Rodrigo Manassero, Patricia Ulloa, Santiago Pezzotti

Grupo de Ingeniería Aplicada a la Industria, UIDET GTA-GIAI, Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata. Calle 116 e/ 47 y 48, 1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina.  
Email: [giai@ing.unlp.edu.ar](mailto:giai@ing.unlp.edu.ar)

**Palabras clave:** Asfaltos, contaminación, emisiones

En la planta de asfaltos se dispone de 56 tanques de almacenamiento y puntos de carga de camiones cisterna para 5 tipos de asfaltos. Estas dos instalaciones generan emisiones atmosféricas en su operación, las cuales son controladas por los organismos reguladores pertinentes.

El alcance del presente trabajo comprende la caracterización de emisiones gaseosas de casos específicos para los 56 tanques de almacenamiento y puntos de carga de camiones cisterna para 5 tipos de asfaltos. Incluye la aplicación de modelos de estimación de emisiones totales en distintos regímenes de tiempo, bajo hipótesis de operación características. Abarca la estimación de la dispersión atmosférica de los contaminantes en condiciones de referencia.

Las actividades realizadas fueron:

Determinación de la composición de las emisiones en probetas de asfaltos calentados, durante la carga de camiones, y en los cuellos de cisne de los tanques de almacenamiento. En particular se buscaron las emisiones de VOCs y otros contaminantes.

Estimación de las emisiones totales en el proceso de carga de camiones en base a la formulación de un modelo matemático del proceso de carga y las mediciones realizadas.

Estimación de las emisiones totales de los tanques de almacenamiento mediante la aplicación del software TANKS en base a la formulación de un modelo matemático del proceso de carga y las mediciones realizadas.

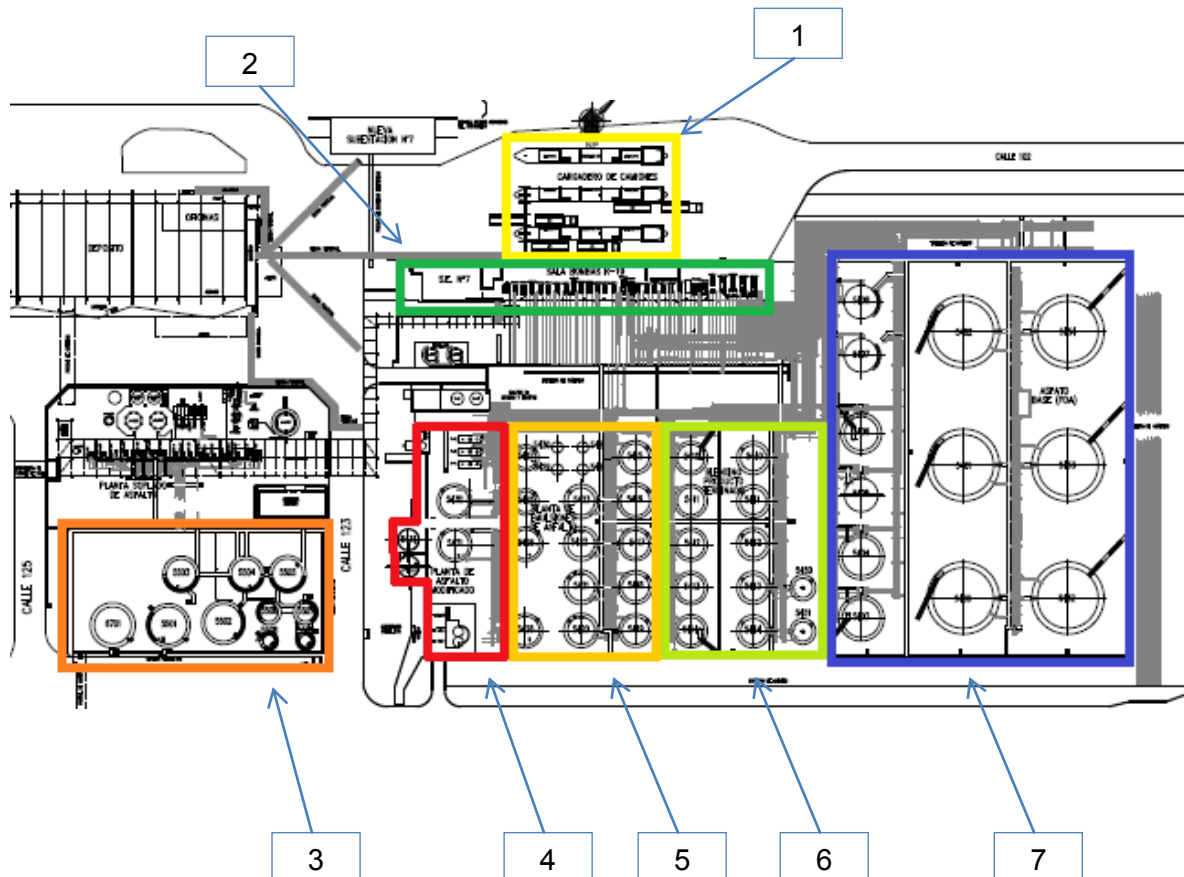
Estimación de contaminantes provenientes del proceso de carga de camiones y de los tanques de almacenamiento de asfalto mediante la aplicación del software AERMOD en escenarios definidos.

Los estudios permitieron el desarrollo de una serie de conclusiones y observaciones.

## INTRODUCCIÓN

### Sistema estudiado – Descripción General

El Sector de Asfaltos en estudio corresponde a parte de la planta de asfaltos, que se encuentra dividida en los siguientes sectores: 1, Cargadero de camiones, 2, Sala de bombas, 3, Asfalto base plástico, 4. Asfalto modificado, 5, Emulsiones de asfalto, 6, Blending de producto terminado y 7, Asfalto base. Los mismos se agrupan según el siguiente esquema:



**Figura 1** – Ubicación de los sectores de la planta de asfalto.

Los sectores de estudio son:

**Cargadero de camiones:** El cargadero de camiones es un sector donde se abastecen los camiones cisterna con producto asfáltico.



**Figura 2** – Fotografía del cargadero de camiones.

*Tanques de almacenamiento:* Comprenden 56 tanques que almacenan diferentes productos.

### Mediciones de campo

Se realizaron las siguientes determinaciones: Evaluación de ambiente laboral en cargadero de camiones, Evaluación de emisión difusa en cargadero de camiones, Evaluación de efluentes gaseosos en venteo de tanques y Evaluación de calidad de aire en la planta de asfaltos, donde se midieron: Compuestos Volátiles Orgánicos (VOC), Fracción soluble de benceno y Material particulado total.

Para la evaluación de calidad de aire se midieron en 3 estaciones de monitoreo Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos, Hidrocarburos totales del petróleo, Hexano, n-heptano y n-octano.

### Estimación de las emisiones totales de contaminantes

Se aplicaron modelos de emisión global de efluentes gaseosos al conjunto de cargaderos de asfaltos. Se aplicaron modelos de estimación que permitieron establecer masas totales emitidas en las distintas instalaciones. Para la realización de las estimaciones se agruparon las distintas familias de asfaltos, con fin de aproximar el peso molecular de los vapores y su presión de vapor para cada compuesto en función de la temperatura: Asfaltos Viales, Asfaltos Modificados, Pintura Asfáltica, Emulsiones y Emulsiones de Imprimación.

El método adoptado para la estimación de emisiones para operaciones de carga ventiladas de manera directa hacia la atmósfera está dado por U.S. Environmental Protection Agency, Chapter 5.2 of the 5th edition of Ap-42 Emission Factors, U.S. EPA, "Transportation and Marketing of Petroleum Liquids", January, 1995. Por medio de esta norma se procede estimar un rango de emisiones de VOC, en donde es posible determinar una emisión promedio de referencia.

## RESULTADOS

| Grupo                     |      | Promedio de emisiones, Tn/año |
|---------------------------|------|-------------------------------|
| Asfalto Vial              |      | 5,98                          |
| Asfalto Modificado        |      | 1,00                          |
| Pintura Asfáltica         |      | 3,40                          |
| Emulsiones                | EBCR | 0,91                          |
|                           | EMA  | 0,14                          |
| Emulsiones de imprimación |      | 5,98                          |

**Tabla 1 – Resultados.**

### Emisión por componente

Para estimar la emisión de componentes específicos se consideró, por un lado, la adopción de factores de emisión aplicables a la carga de tanques, y por otro lado la medición de probetas para la corroboración de las emisiones estimadas.

Las emisiones anuales generadas por la carga de asfaltos a camiones cisternas se muestran en la tabla a continuación.

| Tipo de asfalto   | Emisiones totales, Tn/año | Emisiones parciales, Lb/año |             |            |              |            |          |
|-------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------|------------|--------------|------------|----------|
|                   |                           | Benceno                     | Clorometano | Cloroetano | Formaldehído | Iso-octano | Estireno |
| Vial              | 1,83E-01                  | 9,53E-03                    | 2,75E-03    | 3,85E-05   | 1,61E-02     | 3,30E-04   | 1,34E-03 |
| Modificado        | 3,64E-02                  | 1,89E-03                    | 5,46E-04    | 7,64E-06   | 3,20E-03     | 6,55E-05   | 2,66E-04 |
| Pintura asfáltica | 7,93E-05                  | 4,12E-06                    | 1,19E-06    | 1,67E-08   | 6,98E-06     | 1,43E-07   | 5,79E-07 |
| EMA               | 2,64E-06                  | 1,37E-07                    | 3,96E-08    | 5,55E-10   | 2,33E-07     | 4,76E-09   | 1,93E-08 |
| EBCR              | 9,27E-05                  | 4,82E-06                    | 1,39E-06    | 1,95E-08   | 8,15E-06     | 1,67E-07   | 6,76E-07 |
| E.A.I.            | 1,03E-04                  | 5,38E-06                    | 1,55E-06    | 2,17E-08   | 9,10E-06     | 1,86E-07   | 7,55E-07 |

**Tabla 2 – Emisión por contaminante.**

### Estimación de emisiones gaseosas en tanques de almacenamiento de asfaltos

Con el objetivo de estimar el caudal de emisiones gaseosas producidas por los tanques de almacenamiento de asfaltos se utilizó el Software TANKS. Esta aplicación es una herramienta desarrollada por la EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos) que permite estimar las emisiones gaseosas de compuestos orgánicos volátiles (VOCs) y de contaminantes peligrosos del aire en tanques de almacenamiento. La aplicación se basa en los procedimientos de cálculo de emisiones del Capítulo 7, AP-42 de la EPA.

### Modelado de la dispersión de los efluentes gaseosos en la atmósfera

Para la modelación de la dispersión de los efluentes gaseosos se utilizó el programa Lakes AERMOD, que usa un modelo de dispersión de contaminantes en la atmósfera homologado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, US-EPA. Este modelo de difusión de contaminantes permite calcular la concentración de los mismos en los puntos de una grilla, en función del caudal emitido, la geometría del conducto emisor y las condiciones meteorológicas. Los valores de concentración en los distintos puntos de la grilla receptora, obtenidos en las corridas de los diferentes escenarios planteados, son comparados con los límites dados por la legislación ambiental vigente.

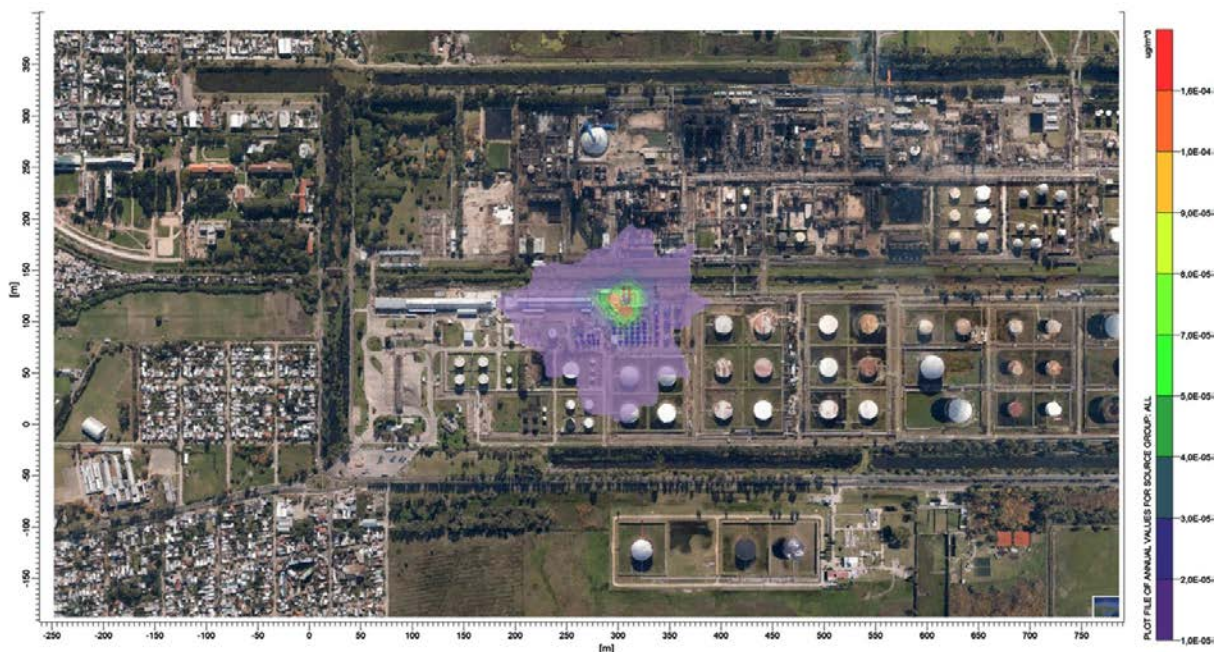
#### Escenarios planteados

Para la realización de las corridas, se plantearon tres escenarios: Escenarios Cargaderos, en donde se define la dispersión de los efluentes que se generan por las cargas de los camiones; Escenario Tanques, en donde se plantea la dispersión de los contaminantes generados por la evaporación en los tanques de almacenamiento de asfaltos, y Escenario Mixto, en donde se define la dispersión teniendo en cuenta las emisiones por evaporación en los tanques y las cargas de camiones de forma conjunta.

#### Resultados

De cada una de las simulaciones realizadas para cada contaminante y para cada tiempo de exposición, se obtiene un valor máximo de concentración en cada uno de los puntos de la grilla receptora. Se comparan estos resultados con los valores máximos permitidos por ley en cada caso, si los hubiera.

Asimismo se presentan para cada uno de estos contaminantes y cada tiempo de simulación las curvas de iso-concentración, como por ejemplo la de Benceno anual – Escenario mixto, que se presenta a continuación.



**Figura 3** – Simulación de dispersión de Benceno. Valores máximos anuales. Escenario mixto.

### Análisis de Resultados

Algunos resultados de las simulaciones, especialmente para concentraciones anuales y el Escenario Tanques, dieron nulas por lo que no pudieron dibujarse las curvas de igual concentración para las mismas. El valor de las emisiones en los tanques es bastante menor que para los cargaderos, además de tener una velocidad de salida de gases también menor. Estos dos efectos generan valores nulos de concentración en los diferentes receptores para las simulaciones en particular. Esta particularidad que se da para algunos contaminantes no significa que la emisión del Escenario Mixto sea igual al de Cargaderos, sino que al valorar las emisiones de los tanques y cargaderos a la vez, se puede apreciar el aporte que generan ambos en conjunto, los cuales, lógicamente, son mayores que para los cargaderos solos.

Se pueden observar en las curvas de concentración, especialmente en las de períodos de 1, 8 y 24 horas, que existen picos marcados en 16 diferentes direcciones. Esto se debe a que los datos meteorológicos proporcionados por el SMN no tienen una medición en continuo de la dirección de viento, sino que se lo hace en deca-gradus, lo que ya de por sí genera que todo un rango de direcciones entre en un mismo valor de la medición. Además, se suma un efecto como consecuencia que existen varias direcciones para los cuales no hay registros de vientos (en algunos casos sólo existen uno o dos registros horarios en el intervalo de cinco años utilizados). El tener 16 direcciones específicas genera que en los resultados de menor tiempo de exposición (1, 8 y 24 horas) se observen picos de mayor concentración, dado que el viento dispersa en esas direcciones a los contaminantes. Debemos tener en cuenta que las curvas graficadas se realizan con el mayor valor que se obtiene en cada punto receptor, calculado como un promedio de los valores horarios en el tiempo específico de simulación. Esto se calcula para los 5 años de datos meteorológicos.

## CONCLUSIONES

Del estudio realizado, las conclusiones más importantes son:

- Las concentraciones de los compuestos evaluados en los distintos escenarios en donde se realizaron las determinaciones cumplen con sus correspondientes límites máximos permisibles establecidos en la legislación de referencia.
- Las concentraciones de contaminantes simuladas en el entorno del cargadero y los tanques cumplen con sus correspondientes límites máximos permisibles establecidos en la legislación de referencia.

## REFERENCIAS

- [1] U.S. Environmental Protection Agency, Chapter 5.2 of the 5th edition of Ap-42 Emission Factors, U.S. EPA, "Transportation and Marketing of Petroleum Liquids", January, 1995.
- [2] NPI, 1999. Emission Estimation Technique Manual for Hot Mix Asphalt Manufacturing, Canberra, Australia: National Pollutant Inventory (NPI), Environment Australia. Available from internet.
- [3] Wypych, George. Handbook of solvents. ChemTec Publishing, 2001.
- [4] Lin, M. S., Lunsford, K. M., Glover, C. J., Davison, R. R., & Bullin, J. A. (1995). The effects of asphaltenes on the chemical and physical characteristics of asphalt. In Asphaltenes (pp. 155-176). Springer US.
- [5] Gasthauer, E., et al. "Characterization of asphalt fume composition by GC/MS and effect of temperature." Fuel 87.7 (2008): 1428-1434.
- [6] TuTiempo.Net
- [7] "Energía solar en la Ciudad de Buenos Aires" Agencia de Protección Ambiental, Juan Carlos Villalonga.
- [8] Trumbore, D. C. "Estimates of air emissions from asphalt storage tanks and truck loading" Environmental progress, 18(4), 250-259. 1999.