

# DESARROLLO DE UN MODELO NUMÉRICO PARA LA SOLUCIÓN Y SIMULACIÓN DEL TRANSPORTE Y RETENCIÓN DE PARTÍCULAS SÓLIDAS EN SISTEMAS DE FILTRACIÓN INDUSTRIAL

Pérez Hernández Alhelí (1), Luna José Manuel (2)

<sup>1</sup> [Licenciatura en Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca de la Universidad de Guanajuato] | [alheperez92@gmail.com]

<sup>2</sup> [Departamento de Ingeniería, Grupo SSC] | [jm.luna@gruposscc.com]

## Resumen

En el presente trabajo se presenta un análisis fluido dinámico de una geometría bidimensional en la cual el flujo transitorio de un fluido, en este caso aire, a una velocidad de 0.02 m/s a condiciones normales y despreciando efectos gravitacionales, que entra por una entrada única para salir por dos salidas no sin antes chocar con una pared perpendicular al flujo del aire, el cual además está transportando pequeñas partículas las cuales se adhiere a una zona de choque.

## Abstract

In the present work a dynamic fluid analysis of a two-dimensional geometry is shown in which the transient flow of a fluid, in this case air, at a speed of 0.02 m/s to normal conditions and neglecting gravitational effects, which enters by a single input to exit through two exits without first hitting a wall perpendicular to the air flow, which is also carrying small particles which adhere to the wall.

## Palabras Clave

Fluidodinámica; Partículas; Deposición

## INTRODUCCIÓN

### Antecedentes

La deposición de partículas es el fenómeno de acumulación de material sólido en una superficie a causa de sus propiedades de adhesión. Dicho material sólido en forma de partículas es transportado mediante un fluido por medio del cual entra en contacto con la superficie.

Existen varios mecanismos de captura de partículas: interceptación directa, deposición gravitacional, impacto inercial y deposición difusional. Los tres mecanismos anteriores son significativos para las partículas que son flotantes (con elevada relación de densidad de partícula a fluido) y grandes (diámetros mayores que alrededor de  $1 \mu\text{m}$ ) [1].

En cuanto al modelado, existen dos métodos para predecir la deposición de partículas: los métodos euleriano y lagrangiano [2].

El método Euleriano trata a las partículas como un continuo y correlaciona la deposición de partículas con las propiedades del flujo de aire dentro de la capa límite de concentración. Las propiedades del flujo de aire son parámetros de entrada del modelo de deposición y pueden obtenerse analíticamente asumiendo condiciones ideales de flujo de aire y ajustándose con datos experimentales. Este modelo de deposición euleriana es semi-empírico, y se basa en las características de flujo dentro de la capa límite. Debido a la complejidad del flujo en ciertas condiciones en interiores, esas suposiciones podrían fallar y el rendimiento del método Euleriano puede verse afectado [2].

Por otro lado, el método Lagrangiano rastrea cada partícula directamente sobre la base del campo de flujo predicho por la dinámica de fluidos computacional (CFD), y evita asumir que las condiciones de flujo se encuentren dentro de la capa límite. Sin embargo, el rendimiento del método Lagrangiano es muy sensible a la exactitud del flujo y la turbulencia media, particularmente cerca de las paredes. El requisito estricto sobre el modelado de flujo y turbulencia en la pared cercana desafía la capacidad de modelado de muchos modelos de Navier-Stokes y Reynolds [2].

La deposición de material en superficies puede ser tanto benéfica como perjudicial dependiendo de la aplicación de ésta, en donde la parte perjudicial del fenómeno ha sido la más investigada.

Estudios anteriores han realizado modelos acerca de la incrustación de partículas en los intercambiadores de calor las cuales afectan negativamente el coeficiente de transferencia de calor además de afectar el desempeño dinámico de todo el sistema. Todo esto aunado a los costos adicionales que son causados debido a los procedimientos de limpieza. Por lo tanto, el ensuciamiento o deposición de material en los tubos de los intercambiadores es un problema importante para los equipos de transferencia de calor y debe tenerse en cuenta en el diseño de éstos [3].

En cuanto a aplicaciones positivas, existen investigaciones sobre la pulverización dinámica del gas frío, o simplemente el aerosol frío, la cual ha ganado gran atención como recubrimiento rápido y versátil. Durante el proceso de pulverización, las partículas de polvo del material depositado se aceleran mediante una corriente de gas en expansión hacia un sustrato. Tras el impacto con el sustrato, las partículas experimentan una deformación plástica intensa para romper las películas delgadas de óxido sobre las partículas y el sustrato para inducir el contacto íntimo y posteriormente la adherencia de las partículas deformadas sobre el sustrato y entre sí, para formar un revestimiento [4].

### Justificación

La dispersión y deposición de partículas ocurre en numerosas aplicaciones ambientales e industriales tales como control de contaminación, sistemas de ventilación, limpieza de gases, transporte neumático, pruebas en aerosoles, filtración y separación entre otras.[5] La predicción correcta del transporte y el destino de las partículas coloidales en medios saturados porosos es de interés práctico para muchas aplicaciones ambientales, incluyendo transporte de coloides y contaminantes coloidales en aguas subterráneas y filtración natural de microorganismos en una filtración profunda en agua y tratamiento de aguas residuales. [6]

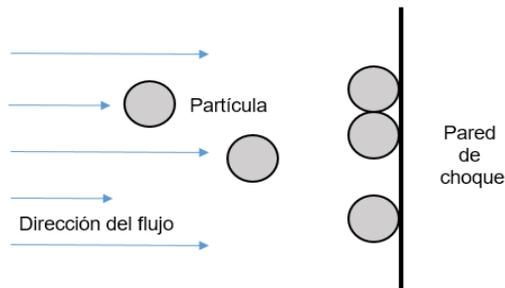
El desempeño de transporte de fluidos, transferencia de calor y áreas efectivas de reacción son afectadas por la deposición de partículas transportadas en los fluidos. [1] Los estudios experimentales en esta línea de investigación son de elevado costo monetario debido al gasto de material además de la preparación que demora la obtención de resultados, esto si se hace la comparación con los costos y el tiempo que serían invertidos en simulaciones. Es por eso que la industria pone su interés en el desarrollo de modelos que predigan con mayor exactitud la adhesión de partículas a superficies y así mejorar sus productos con mayor rapidez y a menor costo.

Debido a estas ventajas y a la importancia que implica esta rama de la fluido-dinámica es que en este proyecto presentan simulaciones numéricas para analizar la deposición de partículas en un modelo simplificado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto consistió principalmente en la simulación del efecto que tiene la acumulación de partículas en el desempeño fluido-dinámico de un sistema de filtrado. La simplificación del fenómeno de este sistema consiste en lograr implementar características específicas que permitan a las partículas adherirse a superficies y entre sí, lo que provocará una caída de presión debido a la disminución del área. Dicha caída de presión será el indicador del funcionamiento del modelo.

En la Imagen 1 se muestra un esquema del flujo de partículas que se mueven perpendicularmente a la pared de choque para posteriormente adherirse a esta.



**IMAGEN 1:** Flujo de partículas perpendicularmente a la pared de choque.

Para poder hacer un modelado correcto, se realizó una recopilación de información del estado del arte sobre la deposición de partículas. Además, se tuvo que aprender el uso de las herramientas requeridas para la simulación de fenómenos fluido-dinámicos con flujo multifásico, tales como modelado en CAD, métodos de mallado y simulación en software especializado.

Para la implementación de este modelo se creó una geometría bidimensional en la cual el flujo transitorio de un fluido, en este caso aire, a una velocidad de 0.02 m/s a condiciones normales y despreciando efectos gravitacionales, entrase por una entrada única para salir por dos salidas no sin antes chocar con una pared perpendicular al flujo del aire, el cual además está transportando pequeñas partículas.

En la Imagen 2 se presentan las dimensiones de la geometría utilizada.

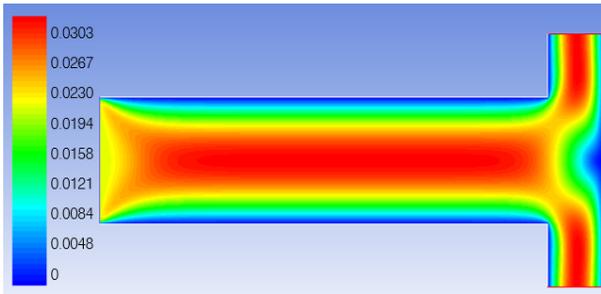


**IMAGEN 2:** Imagen 2. Mallado de la geometría, dimensiones en m. Número de nodos: 7 764.

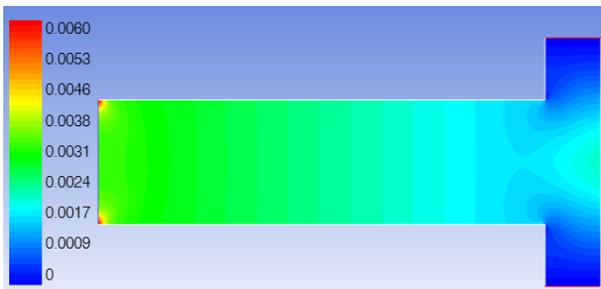
El modelo previamente propuesto se analizó mediante software especializado bajo el modelo de fases discretas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados obtenidos a 12.74s del análisis fluidodinámico obteniendo los contornos de velocidad (Imagen 3), presión (Imagen 4) y deposición de material (Imagen 5).



**IMAGEN 3:** Contornos de velocidad en m/s, en un tiempo de 12.74 s.

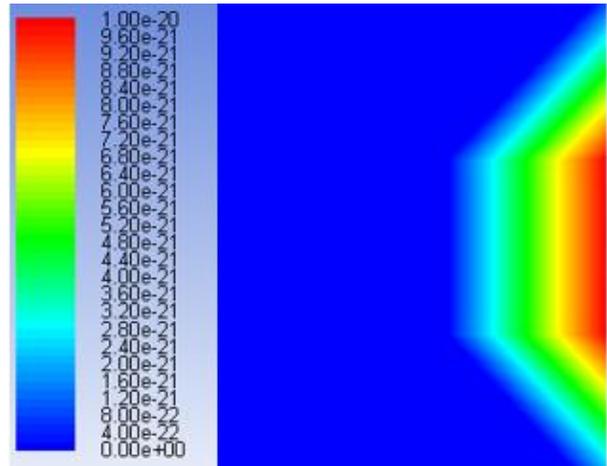


**IMAGEN 4:** Contornos de presión en Pa, en un tiempo de 12.74 s.

El resultado del análisis de posición fue el más difícil de lograr debido a que la deposición era imperceptible a simple vista y debido a ello el cambio en la presión fue despreciable. En la Imagen 5 (a) se observa la sección de la cual se hace un acercamiento mostrado en la Imagen 5 (b).



(a)



(b)

**IMAGEN 5:** Contornos de deposición de partículas en  $\text{kg/m}^2$ .

## CONCLUSIONES

Para la correcta modelación del fenómeno de deposición de partículas es necesario conocer las fuerzas que influyen en la partícula así como las propiedades del fluido en el que están inmersas.

El tamaño de las partículas influyó en la detección del fenómeno de deposición en las primeras pruebas de la investigación.

A partir de esta investigación y entrenamiento en el área de flujo multifásico se desea aplicar el modelo a fenómenos de filtración.

## REFERENCIAS

- [1] James N. Hewett, Mathieu Sellier, Transient simulation of accumulating particle deposition on a cylinder in cross-flow, Eleventh International Conference on CFD in the Minerals and Process Industries, CSIRO, Melbourne, Australia, 7-9 December 2015
- [2] Zhang, Z. and Chen, Q., Prediction of particle deposition onto indoor surfaces by CFD with a modified Lagrangian method, Atmospheric Environment, 43(2) (2009), 319-328

[3] Zi-Xiang Tong, Ming-Jia Li, Ya-Ling He, Hou-Zhang Tan, Simulation of real time particle deposition and removal processes on tubes by coupled numerical method, Applied Energy (2016)

[4] Fanchao Meng, Stephen Yue, Jun Song, Quantitative prediction of critical velocity and deposition efficiency in cold-spray: A finite-element study, Scripta Materialia 107 (2015) 83–87

[5] Jinping Zhang, Angui Li, CFD simulation of particle deposition in a turbulent duct flow, Chemical Engineering Research and Design 86 (2008) 95–106

[6] Ashraf Aly Hassan, Zhen Li, Endalkachew Sahle-Demessie, George A. Sorial, Lee, Computational fluid dynamics simulation of transport and retention of nanoparticle in saturated sand filters, Journal of Hazardous Materials 244–245 (2013) 251–258