



EL PROYECTO APPWIND ESTUDIA LA CREACIÓN DE UN GEMELO DIGITAL, BASADO EN TÉCNICAS CFD, A PARTIR DE UNA GEOMETRÍA MUY FIEL A LA REALIDAD EN BASE A DATOS LIDAR PARA DISPONER DE PREDICCIONES FIABLES EN POCOS SEGUNDOS

# Inteligencia artificial y modelado avanzado para la predicción del impacto del olor en entornos urbanos

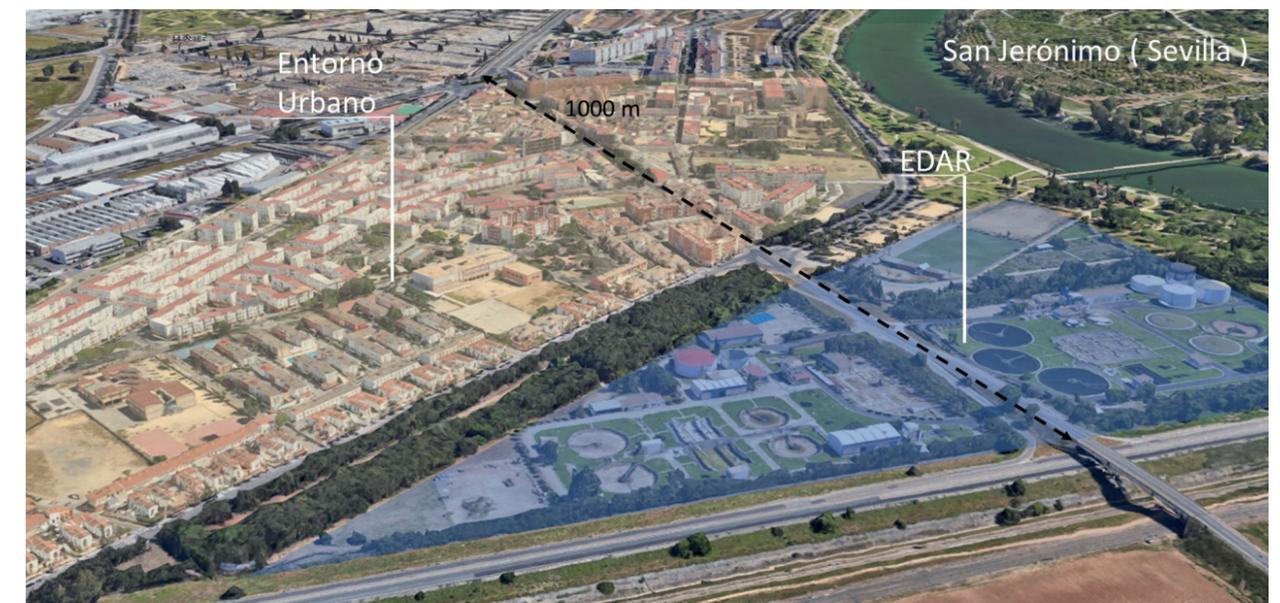
La problemática de las emisiones de olor de las EDAR en zonas urbanas

Las emisiones de malos olores de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDARs) están constituidas por mezclas complejas de compuestos químicos volátiles procedentes tanto de descargas industriales y domésticas a las redes de alcantarillado, como de reacciones bioquímicas que ocurren bajo condiciones anaerobias durante el transporte y tratamiento del agua residual. La mayoría de estos compuestos químicos volátiles presentan bajos umbrales de detección y descriptores de olor de naturaleza desagradable, lo que origina quejas por malos olores por parte de la población próxima a las EDARs, a pesar de las bajas concentraciones

en las que estos compuestos odoríferos están presentes (ppb y ppt). El creciente número de quejas y denuncias interpuestas por la población afectada por este tipo de contaminación ha derivado a su vez en una creciente preocupación por las administraciones y las empresas explotadoras de EDARs, lo que se ha traducido en la necesidad de reducir sus emisiones odoríferas hasta niveles que garanticen concentraciones de inmisión de olor por debajo del umbral de molestia.

Esta problemática resulta especialmente compleja cerca de los entornos urbanos, donde la morfología urbana, edificios, vegetación o mobiliario urbano, tienen un papel relevante, y

en el que los programas de cálculo y simulación habituales encuentran dificultades por la resolución espacial que se necesita para contemplar la geometría urbana en detalle. La Universitat Jaume I de Castellón, el Barcelona Supercomputing Center, el Instituto de Procesos Sostenibles de la Universidad de Valladolid y la empresa FACSA proponen una novedosa aproximación al problema, gracias al proyecto "Development of high resolution digital twins to fast prediction of air pollutants distribution and the odour impact in cities based on the application of artificial intelligence to CFD models", APPWIND, enmarcado dentro de los proyectos de I+D+i en



Sergio Chiva<sup>1</sup>, Raúl Martínez<sup>1</sup>, Aina Macias<sup>1</sup>, Tania Portolés<sup>1</sup>, Marcos Granell<sup>1</sup>, Oriol Lehmkuh<sup>2</sup>, Joan Calafell<sup>2</sup>, Raúl Muñoz<sup>3</sup>, Sergio Bordel<sup>3</sup>, Javier Climent<sup>4</sup>, Pablo Carratalá<sup>4</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSITAT JAUME I | www.uji.es • <sup>2</sup>BARCELONA SUPERCOMPUTING CENTER (BSC) | www.bsc.es •

<sup>3</sup>UNIVERSIDAD DE VALLADOLID | www.uva.es • <sup>4</sup>HYDRODYNAMIC AND ENVIRONMENTAL SERVICES (HYDRENS) | www.hydrems.com

El desarrollo del gemelo digital incorpora los focos de emisión de olor de la EDAR a través de un novedoso modelo matemático que, a partir de la operativa de la depuradora, predice la generación del gas odorante

líneas estratégicas del Ministerio de Ciencia e Innovación.

La metodología se basa en la creación de un gemelo digital, basado en técnicas CFD (simulación computacional de fluidos), a partir de una geometría muy fiel a la realidad en base a datos LIDAR. Para poder disponer de resultados fiables, pero también hacerlo en un tiempo aceptable, se hace uso de la inteligencia artificial para generar un gemelo digital urbano que, basado en el resultado de las simulaciones CFD, ofrece predicciones en pocos segundos de la micrometeorología en el barrio de estudio a partir de las previsiones climáticas. Por otro lado, el desarrollo del gemelo digital incorpora los focos de emisión de olor de la EDAR a través de un novedoso modelo matemático que, a partir de la operativa de la depuradora, predice la generación del

gas odorante, el cual es utilizado como fuente de olor en el gemelo digital.

#### DESARROLLO DE UN GEMELO DIGITAL BASADO EN SIMULACIONES CFD Y ACELERADO MEDIANTE EL USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

El principal objetivo del modelo de CFD es obtener una predicción de alta resolución, tanto en el espacio como en el tiempo, del perfil de vientos en la zona de la depuradora y su entorno. La precisión de estos datos es de gran importancia debido a que las características del viento serán las que determinarán la dispersión de las sustancias odorantes en los entornos residenciales. Para ello, el BSC usará un modelo físico y numérico llamado Wall-Modeled Large Eddy Simulation que

ha sido implementado en un código de simulación propio. Estos modelos permiten obtener una imagen 3D del mapa de velocidades del viento y su evolución en el tiempo, con resoluciones espacial y temporales muy elevadas. Para ello será necesario el uso del superordenador Mare Nostrum IV, el cual necesita aproximadamente dos días para generar una solución para unas condiciones meteorológicas concretas usando alrededor de 2000 CPUs simultáneamente. Este esfuerzo computacional, tanto en recursos como en tiempo, no es práctico para el uso rutinario de esta herramienta. Por esta razón se está desarrollando en paralelo una red neuronal entrenada a partir de las simulaciones generará predicciones con las mismas características, pero en una fracción muy reducida de tiempo y coste.

#### LA NECESIDAD DE DESARROLLAR MODELOS MATEMÁTICOS QUE PERMITAN RELACIONAR EL PROCESO EN LAS EDARS Y LA GENERACIÓN DE OLOR

El primer paso necesario para una correcta descripción de la emisión de olores en EDARs es el modelado matemático de los procesos de generación de los principales contaminantes odoríferos. Estos contaminantes odoríferos son el resultado de múltiples biorreacciones llevadas a cabo en zonas concretas de la EDAR, generalmente las etapas de



pretratamiento y tratamiento primario donde se dan condiciones anaerobias de forma inherente, las unidades de lodos activos donde existen emisiones de aire de alto flujo y las líneas de lodos, donde se acumulan cantidades masivas de materia orgánica durante periodos significativos de tiempo. El instituto de procesos sostenibles de la Universidad de Valladolid desarrollará modelos cinéticos mecanísticos de generación y emisión de sulfuro de hidrógeno y metil mercaptano, acoplados a modelos de transferencia líquido-gas en sedimentadores primarios y tanques de lodos activos. Dichas cinéticas se obtendrán en ensayos en lote bajo condiciones anaeróbicas (formación de compuestos) y aerobias (oxidación de compuestos), y se validará en planta piloto en un proceso de lodos activos operado en continuo. El resultado de esta aproximación metodológica es un modelo capaz de predecir los flujos máxicos de  $H_2S$  y metil mercaptano de las depuradoras, para su posterior incorporación en los modelos de dispersión.

#### LA DISPERSIÓN DEL OLOR DESDE LA FUENTE HASTA LAS CALLES DEL ENTORNO URBANO CERCANO

La siguiente etapa será, a partir de la predicción de la micrometeorología, resolver el transporte de los gases odo-

rantes en el entorno urbano de la EDAR en función del tiempo a partir de los modelos anteriores. Para dar validez a las predicciones de nuestros modelos, y con la idea de validar la concentración de contaminantes, se ha desarrollado una metodología experimental basada en un trazador gaseoso que pueda ser lanzado desde el foco de emisión, y medido dentro del entorno urbano. Existen una serie de premisas a la hora de elegir el trazador: i) que no exista en la atmósfera; ii) que tenga un tiempo de vida conocido; iii) que no sea perjudicial para el medio ambiente; iv) y por último que se pueda analizar con alta

sensibilidad. En este caso, y para evitar efectos nocivos al medioambiente se ha optado por hidrofluorocarbonos que presentan la ventaja de que, al ser sus aplicaciones comerciales muy limitadas, no presentan concentración de fondo, y aunque están regulados por el Protocolo de Montreal, su corta vida atmosférica evitaría consecuencias medioambientales a largo plazo. Este trazador seleccionado, es mucho más respetuoso con el medio ambiente, pero ha requerido desarrollar una metodología compleja para su detección y cuantificación mediante el uso de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, con sistemas de desorción térmica.

#### UNA PLATAFORMA PARA EL CONTROL Y LA PLANIFICACIÓN DE LAS MOLESTIAS DEL OLOR DENTRO DE PLATAFORMA SMARTS CITIES.

Así pues, por primera vez se crea un gemelo digital basado en simulaciones CFD e inteligencia artificial que a partir de las predicciones meteorológicas, y la operativa de la planta, predice la distribución del olor en el entorno urbano alrededor de una EDAR, con una muy alta resolución espacial y temporal. Esta herramienta se podrá incluir dentro de las plataformas Smart Cities, siendo de gran utilidad para la planificación de operativas en función de la predicción climática, como herramienta de control y seguimiento de la normativa para administraciones y órganos de regulación y de transparencia para el ciudadano.

El proyecto se está llevando a cabo en la EDAR de San Jerónimo, Sevilla, y su periodo de ejecución es hasta octubre de 2024. Los autores quieren agradecer a EMASESA su colaboración y participación. El proyecto está financiado con fondos NextGeneraciónUE a través del Ministerio de Ciencia e Innovación. ●

Esta herramienta se podrá incluir dentro de las plataformas Smart Cities, siendo de gran utilidad para la planificación de operativas en función de la predicción climática

