



Jornadas de Puertos y Costas 2015

Caracterización experimental del campo lejano de los vertidos de salmuera al mar

B. Pérez-Díaz^{a,*}, P. Palomar^{a,b}, S. Castanedo^{a,c} y A. Álvarez^a^a Instituto de Hidráulica Ambiental, Universidad de Cantabria (Universidad de Cantabria-Fundación IH), Santander, España^b Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, España^c Departamento de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente, Universidad de Cantabria, Santander, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 15 de diciembre de 2015

Aceptado el 21 de julio de 2016

On-line el 8 de agosto de 2016

Palabras clave:

Medio ambiente

Salmuera

Campo lejano

Corriente de gravedad

Dilución

PIV-PLIF

R E S U M E N

Los vertidos de salmuera son flujos cuya evolución depende fundamentalmente de la diferencia de densidad existente entre el propio vertido y el medio receptor, el mar. Estos vertidos, que habitualmente proceden de las aguas de rechazo de las plantas desaladoras, son muy comunes en la naturaleza y tienen gran impacto sobre algunos ecosistemas protegidos. Se distinguen 2 zonas bien diferenciadas en el estudio del comportamiento de estos vertidos: la región de campo cercano, localizada en las cercanías del punto de descarga y caracterizada por altas tasas de dilución debido a los efectos turbulentos, y la región de campo lejano, objeto de estudio de este trabajo, donde la salmuera se convierte en una corriente de gravedad que viaja por el fondo con muy bajas tasas de dilución. La evolución y el comportamiento de dicha corriente de fondo son dependientes de las características del propio vertido en esta región (espesor, concentración de sal y momento), la batimetría (pendiente e irregularidades) y las características intrínsecas (temperatura y salinidad) e hidrodinámicas del medio receptor.

Este trabajo muestra la caracterización experimental de corrientes de gravedad generadas por vertidos de salmuera bajo condiciones controladas de laboratorio. Para ello se han utilizado las avanzadas técnicas ópticas de laboratorio *Particle Image Velocimetry* (PIV) y *Planar Laser Induced Fluorescence* (PLIF). Mediante dichas técnicas se han obtenido mediciones instantáneas de alta precisión de velocidad y concentración que han sido debidamente procesadas para obtener información de las propiedades cuasi-estacionarias del cuerpo de la corriente de gravedad generada por un efluente hipersalino constante. Se llevaron a cabo diferentes experimentos variando sus condiciones iniciales (en función del caudal, espesor, pendiente en el fondo y concentración de sal) en el tanque de estudio, de dimensiones $3 \times 3 \times 1$ m. A través del análisis de los resultados PIV-PLIF se han obtenido conclusiones importantes acerca de la influencia de estas variables en la mezcla con el medio receptor, como por ejemplo que la pendiente en el fondo y los mayores caudales iniciales favorecen la dilución, alcanzando tasas de dilución cerca de $6 \cdot 10^{-2}$ frente a la tasa de $2 \cdot 10^{-2}$ obtenida por el caso de comparación base (de pendiente casi nula y menor caudal).

Como producto de este trabajo se ha generado una base de datos experimental de alta resolución y calidad que permitirá calibrar y validar tanto herramientas numéricas simplificadas, basadas en la resolución de sistemas de ecuaciones integradas en vertical, como herramientas numéricas avanzadas (modelos hidrodinámicos) para la correcta predicción del comportamiento de estos vertidos.

© 2016 IAHR y WCCE. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Experimental characterization of the far field region of brine discharges

A B S T R A C T

Brine discharges are flows driven by the density difference between the environmental fluid, the seawater, and the discharge. They are generated by the rejected water of desalination plants, hence they are common in nature nowadays, and have a great impact on protected ecosystems. Two well-distinguished regions can be differentiated in the study of the behaviour of these discharges: the near field region,

Keywords:

Environment

Brine

Far field

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: perezdb@unican.es (B. Pérez-Díaz).

Gravity current
Dilution
PIV-PLIF

located in the vicinity of the discharge point and characterised by high dilution rates due to the turbulence effects; and the far field region, where the brine turns into a gravity current that flows down the seabed with low dilution rates. The behaviour of these gravity currents is dependent on the brine discharge characteristics, the bathymetry and the hydrodynamic conditions of the receiving water.

This work shows the experimental characterization of the far field region of brine discharges through advanced non-intrusive laser optical techniques PIV (Particle Image Velocimetry) and PLIF (Planar Laser Induced Fluorescence), under controlled laboratory conditions. By means of synchronized PIV-PLIF techniques, high-quality accurate instantaneous measurements of velocity and concentration are obtained. The aim of these experiments is to study the quasi-steady flow properties of gravity currents generated by a constant flux release mimicking the far field of brine discharges. Different experimental set-ups with different initial conditions (flow rate, thickness, slope, salt concentration) were carried out in a $3 \times 3 \times 1$ m tank. Through PIV-PLIF analysis, conclusions about the influence of these variables on the mixing at the interface between fluids have been obtained. As an example, keeping constant the rest of variables, steeper slopes and higher flow rates favour dilution, reaching stable entrainment values close to 5.10-2 against base case (with slope near zero and lower flow rate) values close to 2.10-2.

In addition, a high resolution and quality experimental database has been generated, which will allow to calibrate/validate both simplified tools, based on systems of integrated equations, and advanced hydrodynamic modelling tools.

© 2016 IAHR y WCCE. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

Los vertidos al mar de salmuera se han convertido en una preocupación medioambiental debido al incremento de la producción de agua desalada y a la evidencia de efectos negativos de la salmuera sobre ecosistemas protegidos sensibles [1–3]. El estudio del proceso de mezcla con el medio receptor de estos vertidos hiperdensos (salmuera) es complejo y constituye un gran reto científico en la ingeniería hidráulica actual, dada la multitud de variables que intervienen en él [4–6].

En la descripción del comportamiento de estos vertidos en el medio receptor se distinguen 2 regiones: el campo cercano y el campo lejano, que se diferencian principalmente por las fuerzas dominantes del flujo y las escalas espaciales y temporales en las que se producen los fenómenos. La región de campo cercano es la zona inicial de mezcla, donde el comportamiento del efluente depende principalmente del sistema de vertido y de las características físicas del efluente respecto al fluido receptor. A cierta distancia del punto de descarga se produce el colapso de las escalas mayores del espectro de turbulencia asociado al vertido y el flujo comienza a estratificarse, formando una corriente de gravedad hipersalina característica de la región de campo lejano. En el caso de que la tasa de dilución en la región de campo cercano no haya sido suficiente, dichas corrientes pueden propagarse lentamente a grandes distancias, afectando negativamente a fondos marinos protegidos muy alejados del punto de descarga.

Genéricamente, las corrientes de gravedad son flujos principalmente horizontales que se rigen por la diferencia de densidad (o flotabilidad) existente entre el medio receptor y el fluido de la propia corriente. Aunque este trabajo se centra en las corrientes producto del vertido de salmuera, pueden ser generadas por otras acciones naturales o antropogénicas, algunas de ellas reflejadas en [7–8]. Estos flujos horizontales son comúnmente clasificados según el signo de la diferencia de densidad respecto al medio receptor en corrientes de gravedad superficiales (flotabilidad positiva), neutrales (flotabilidad intermedia en la columna del medio receptor) y de fondo (flotabilidad negativa). Otra clasificación posible es aquella en función de la naturaleza del fluido de la corriente de gravedad: corrientes de sustancias disueltas (como las hipersalinas) o de partículas suspendidas (como las turbidíticas).

Tanto las corrientes de fondo hipersalinas como las turbidíticas han sido ampliamente estudiadas por la comunidad científica (desde [9] hasta [10–11]) bajo distintos enfoques: numérico [11–12], experimental [13–14] y de estudio de campo [15]. Muchos de estos estudios numéricos y experimentales se han centrado en

el frente de la corriente y su esparcimiento [16–17], habitualmente generados por una descarga puntual controlada [10], mientras que otros analizan efectos tangibles en estas corrientes de amplio rango de escalas espaciales y temporales, como el efecto Coriolis [18]. Finalmente, existen trabajos focalizados en el análisis del cuerpo estable de estas corrientes de gravedad comúnmente generadas por descargas constantes de caudal lateralmente confinadas, es decir, bidimensionales [19–21].

La creciente preocupación medioambiental respecto a los cada vez más comunes vertidos de salmuera, junto a la complejidad de las corrientes de gravedad de fondo, la falta de datos experimentales y de campo, y la carencia de herramientas de modelado fiables han motivado que, dentro del marco del Plan Nacional de I+D+i SALTICOR (2011–2012) se hayan llevado a cabo una serie de experimentos en el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria utilizando técnicas avanzadas de óptica laser. Estos ensayos complementan la base de datos experimental inicialmente generada dentro del marco del Plan Nacional de I+D+i MEDVSA (2009–2011), focalizado en la caracterización del campo cercano. Estos trabajos previos son descritos en [22–24] y fueron utilizados para el ejercicio de calibración de las herramientas «brIHne» [23,25] y desarrolladas en el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, siendo el trabajo pendiente el estudio de la región de campo lejano.

En este artículo se describen los ensayos realizados para la caracterización del campo lejano, el análisis de los resultados y sus conclusiones.

2. Método experimental

Para la caracterización del comportamiento de la pluma hipersalina de campo lejano, dentro del marco del Plan Nacional de I+D+i SALTICOR (2011–2013), se han llevado a cabo ensayos basados en técnicas ópticas no intrusivas PIV-PLIF, gracias a las cuales se obtienen los campos de velocidades y concentraciones instantáneas del plano de simetría longitudinal de todo el flujo sin alterar el comportamiento del mismo (véanse las referencias [23,26–27]). La selección de los parámetros de medición *Particle Image Velocimetry* (PIV) y *Planar Laser Induced Fluorescence* (PLIF) utilizados se detalla y justifica en el apartado 2.1. Los ensayos se han llevado a cabo en un tanque de $3 \times 3 \times 1$ m³, simulando un vertido sumergido constante de salmuera en un medio receptor homogéneo y en reposo. El dispositivo de vertido ha consistido en una arqueta de metacrilato con una ranura en el fondo de altura regulable apoyada sobre un falso fondo de plástico (rozamiento casi despreciable)

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/8066795>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/8066795>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)