

## RESUMEN

En esta Tesis se presentan resultados vinculados al modelado, diseño, optimización operativa y síntesis de plantas basadas en nuevas tecnologías de membranas para la extracción y concentración de compuestos altamente contaminantes presentes en efluentes acuosos. Se centra el análisis en el tratamiento de efluentes conteniendo cromo hexavalente, metal caracterizado por su elevada toxicidad.

En primer lugar se estudia la extracción líquida no dispersiva asistida con membranas (NDSX). En ésta se extrae el contaminante del efluente usando un reactivo disuelto en una fase orgánica, separadas ambas fases por una membrana. A su vez el contaminante se reextrae desde la fase orgánica para ser concentrado en otra fase acuosa, estando ambas separadas por otra membrana. El modelo para la operación en continuo y en semicontinuo está constituido por ecuaciones diferenciales y algebraicas. Se optimiza la operación de una planta piloto maximizando el caudal de efluente procesado, imponiendo restricciones a la concentración del efluente tratado y la del producto concentrado para reuso industrial. Se analizan los valores obtenidos de las variables de optimización en los respectivos puntos óptimos. Se comparan las performances de los modos operativos mencionados y se analizan el efecto que las distintas concentraciones del efluente tienen sobre la solución óptima.

Se diseña una planta a escala industrial, minimizando el área total de membrana requerida para tratar una determinada cantidad de efluente. Se analiza la performance de distintas configuraciones y se estudia la sensibilidad con respecto a variaciones en los caudales de las fases.

Se plantea también un problema de síntesis de la planta escala industrial, evaluando los costos anualizados totales. Previa discretización de las ecuaciones diferenciales usando colocación ortogonal, se resuelve un problema MINLP, cuyas soluciones son analizadas.

Por último se estudia el proceso de pertracción, una tecnología donde se emplean membranas para separar el efluente de las demás fases, a la vez que la fase de reextracción está emulsionada dentro de la fase orgánica. Se propone un modelo para este proceso, estimándose los parámetros asociados a las constantes de equilibrio químico y coeficientes de transferencia de masa utilizando información de experimental obtenida a escala laboratorio.

Se optimiza luego la operación de una planta a escala piloto de pertracción, maximizando la cantidad de contaminante tratado en la misma, proponiendo un esquema en cascada para lograr las concentraciones requeridas en el efluente tratado y en el producto concentrado con el metal para reuso. Finalmente se comparan las performances de los procesos pertracción y NDSX.

## ABSTRACT

In this Thesis the methodology and main results related to modelling, design, operating conditions and synthesis of plants based on new membrane technologies for the extraction and stripping of highly pollutant chemicals are presented. The analysis is applied to the treatment of effluents containing hexavalent chromium, a metal characterised by its high toxicity.

Nondispersive solvent extraction assisted with membranes (NDSX) is studied in the first place. In that process, the pollutant is removed from the effluent using a reactive dissolved in an organic phase, being both separated by a membrane. At the same time, the pollutant is reextracted from the organic phase to be concentrated in other aqueous phase, being both separated by a membrane. The model for the continuous and semicontinuous operation includes differential and algebraical equations. The pilot plant operation is optimised maximising the effluent treated flowrate, imposing constraints to the effluent maximum concentration for disposal and to the concentrated product for industrial reuse. The optimal solutions for the countercurrent and cocurrent operations are analysed for different Cr(VI) effluent compositions.

An industrial-scale plant is designed, minimising the total membrane area required for the treatment of a given effluent flowrate. The performances of countercurrent and cocurrent operation are analysed, and the sensitivity with respect to the variations on the phases flowrates is studied.

The synthesis of an industrial-scale plant, evaluating the total annualised costs. Previous discretisation of the differential equations using orthogonal collocation, a MINLP problem is solved, and the solutions are reported.

Then, the pertraction process is studied. That technology uses membrane modules to separate the effluent from the other phases, while the stripping phase is emulsified in the organic phase. A model for that process is proposed, estimating the parameters related to the chemical equilibrium constants and mass transfer coefficients by using experimental data obtained at laboratory.

The operating of a pertraction pilot plant is optimised, maximising the amount of pollutant treated, after proposing a configuration in cascade to achieve the required concentration levels in the treated effluent and the concentrated product for reuse. Finally, the performances of pertraction and NDSX are compared.