

Defensa de Tesi Doctoral de Lluís Godo Pla

Design and implementation of an environmental decision support system for the control and management of drinking water treatment plants

Directors: Dr. Hèctor Monclús (LEQUIA, UdG) i Dr. Fernando Valero (ATL)

Dijous, 5 de novembre de 2020 a les 10:00h

Els assistents hauran de enviar un correu electrònic a comissio.doctorat@udg.edu per obtenir l'enllaç de la videoconferència

Resum

Les estacions de tractament d'aigua potable (ETAPs) han de fer front a reptes significatius deguts a la pressió antropocèntrica i al canvi climàtic. Per a abordar-los, els gestors de les ETAPs han d'ajustar les unitats de tractament. La presa de decisió implicada en aquest procés és complexa i tracta factors mediambientals, econòmics i de salut (ex. subproductes de desinfecció, DBPs). Tot i així, la digitalització de les ETAPs obre nous camins. Així, els sensors remots generen bases de dades que, conjuntament amb l'experiència d'operaris i gestors, permeten el desenvolupament de models matemàtics que prediuen els paràmetres de qualitat de l'aigua i recomanen ajustos. Aquests models poden integrar-se en sistemes d'ajut a la decisió en dominis ambientals (EDSSs): programes informàtics per optimitzar el procés de presa de decisió i reduir-ne el temps.

La tesis doctoral titulada “**Design and implementation of an environmental decision support system for the control and management of drinking water treatment plants**” de **Lluís Godo Pla** ha desenvolupat un EDSS per respondre als reptes operacionals principals de les ETAPs a través de la provisió de recomanacions a temps real. El treball es va realitzar amb dos casos d'estudi reals: les ETAPs del Llobregat i del Ter, que aporten aigua potable a Barcelona i la seva àrea metropolitana. Els principals reptes operacionals tractats en aquest treball inclouen:

1. Control del procés de pre-oxidació – L'ajust del permanganat de potassi es va modelitzar a l'ETAP del Llobregat utilitzant xarxes neuronals artificials (ANNs). Es van comparar diferents ANNs i models de regressió lineal i es va aplicar una metodologia completa per a l'estimació de paràmetres, anàlisi d'incertesa i de sensibilitat. En paral·lel, es va desenvolupar un model de raonament basat en casos, i ambdós models es varen integrar en un EDSS.
2. Formació de DBPs – Els models de formació de trihalometans (THMs) es van comparar i calibrar amb dades de camp de l'ETAP del Llobregat. Després es va modelitzar l'operació d'un sistema d'electrodialisi inversa i el coneixement del procés es va incorporar per a avaluar la qualitat de l'aigua en dos punts crítics de la xarxa de distribució. En un segon estudi, es va desenvolupar un sistema d'inferència fuzzy per a l'ETAP del Ter. El procés va consistir en una dosi seqüencial d'hipoclorit sòdic i diòxid de clor. La validació a escala real durant 6 mesos va ser positiva en el 85.6% del temps.
3. Seguretat microbiològica – Es va desenvolupar un indicador clau del procés (KPI) per a avaluar la seguretat microbiològica de la planta. El marc per a aquesta avaluació quantitativa del risc microbiològic es va adaptar a temps real aproximant algunes mètriques basades en el risc com el *disability adjusted life years* (DALY). El KPI es va integrar en un sistema de Supervisió del Control i d'Adquisició de Dades, que també avisa als usuaris de les conseqüències d'algunes operacions o errades de tractament.

Diferents eines han estat desenvolupades per integrar els models en un EDSS i permetre la seva validació a escala industrial. La tesi doctoral industrial és fruit d'una col·laboració a llarg termini entre el grup de recerca [LEQUIA](#) de la UdG i [ATL](#) (Ens d'Abastament d'Aigua Ter-Llobregat) i ha estat dirigida pel **Dr. Hèctor Monclús (UdG)** i el **Dr. Fernando Valero (ATL)**. La defensa, que és oberta al públic, se celebrarà el proper dijous 5 de novembre a les 10:00h. Per seguir-la online, cal enviar un E-mail a comissio.doctorat@udg.edu.

Resumen

Las estaciones de tratamiento de agua potable (ETAPs) se enfrentan a retos significativos debidos a la presión antropocéntrica y al cambio climático. Para abordarlos, los gestores de las ETAPs deben ajustar sus unidades de tratamiento. La toma de decisión involucrada en este proceso es compleja y trata factores medioambientales, económicos y de salud (ej. subproductos de desinfección, DBPs). Sin embargo, la digitalización de las ETAPs abre nuevos caminos. Así, los sensores remotos generan bases de datos que, conjuntamente con la experiencia de operarios y gestores, permiten el desarrollo de modelos matemáticos que predicen los parámetros de calidad del agua y recomiendan ajustes. Estos modelos pueden integrarse en sistemas de ayuda a la decisión en dominios ambientales (EDSS): softwares para optimizar el proceso de toma de decisión y reducir su tiempo.

La tesis doctoral titulada **“Design and implementation of an environmental decision support system for the control and management of drinking water treatment plants”** de Lluís Godo Pla ha desarrollado un EDSS para responder a los retos operacionales principales de las ETAPs a través de la provision de recomendaciones a tiempo real. El trabajo se realizó en dos casos de estudio reales: las ETAPs del Llobregat y del Ter, que aportan agua potable a Barcelona y a su área metropolitana. Los principales retos operacionales tratados en este trabajo incluyen:

1. Control del proceso de pre-oxidación – El ajuste del permanganato de potasio se modeló en la ETAP del Llobregat utilizando redes neuronales artificiales (ANNs). Se compararon distintas ANNs y modelos de regresión lineal y se aplicó una metodología completa para la estimación de parámetros, imprecisión y análisis de sensibilidad. En paralelo, se desarrolló un modelo de razonamiento basado en casos, y ambos modelos se integraron en un EDSS.
2. Formación de DBPs – Los modelos de formación de trihalometanos (THMs) se compararon y calibraron con datos de campo de la ETAP del Llobregat. Después se modeló la operación de un sistema de electrodiálisis inversa y el conocimiento del proceso se incorporó para evaluar la calidad del agua en dos puntos críticos de la red de distribución. En un segundo estudio, se desarrolló un sistema de inferencia *fuzzy* para la ETAP del Ter. El proceso consistió en una dosis secuencial de hipoclorito sódico y dióxido de cloro. La validación a escala real durante 6 meses fue positiva en el 85.6% del tiempo.
3. Seguridad microbiológica – Se desarrolló un indicador clave de proceso (KPI) para evaluar la seguridad microbiológica de la planta. El marco para esta evaluación cuantitativa del riesgo microbiológico se adaptó a tiempo real aproximando algunas métricas basadas en el riesgo como el *disability adjusted life years* (DALY). El KPI se integró en un sistema de Supervisión del Control y Adquisición de Datos, que también alerta a los usuarios de las consecuencias de algunas operaciones o fallos de tratamiento.

Diferentes herramientas fueron desarrolladas para integrar los modelos en un EDSS y permitir su validación a escala industrial. La tesis doctoral es fruto de una colaboración a largo plazo entre el grupo de investigación [LEQUIA](#) de la UdG y [ATL](#) (Ens d'Abastament d'Aigua Ter-Llobregat) y ha sido dirigida por el **Dr. Hèctor Monclús (UdG)** y el **Dr. Fernando Valero (ATL)**. La defensa, que es abierta al público, tendrá lugar el próximo jueves 5 de noviembre a las 10:00h. Para seguirla online, debe enviarse un E-mail a comissio.doctorat@udg.edu.

Summary

Drinking water treatment plants (DWTPs) face significant challenges due to anthropogenic pressure and climate change. To cope with that, DWTPs managers should adjust their treatment units. The decision-making involved in this process is complex and deals with environmental, economic and health factors (e.g. disinfection by-products (DBPs)). Digitalisation of DWTPs open new pathways. Remote sensing generates huge databases that, together with the experience of process operators and managers, allow to develop mathematical models to predict water quality parameters and recommend operational set-points. Those models can be integrated in environmental decision support systems (EDSSs), which are software tools to optimise the decision making process and reduce the time in which a decision is taken.

The thesis entitled “**Design and implementation of an environmental decision support system for the control and management of drinking water treatment plants**” by **Lluís Godo Pla**, has developed an EDSS to face the main operational challenges at DWTPs by providing treatment recommendations in a real-time basis. Two case studies were selected: the full-scale DWTPs of Llobregat and Ter, which supply drinking water to Barcelona and its metropolitan area. The main challenges that have been tackled in this work include::

1. Control of pre-oxidation process – The setting the potassium permanganate rate was modelled at DWTP Llobregat using artificial neural networks (ANNs). Several ANNs and linear regression models were compared and a comprehensive methodology for parameter estimation, uncertainty and sensitivity analysis was applied. In parallel, an approach based on case-based reasoning model was developed, and both models were integrated in an EDSS.
2. Formation of DBPs - Trihalomethanes (THMs) formation models were compared and calibrated with field-scale data of Llobregat DWTP. Then, the operation of an electro dialysis reversal system was modelled and process knowledge was incorporated to assess the quality of water at two critical points of the distribution network. In a second study, a fuzzy inference system was developed for Ter DWTP. This process consisted of a sequential dose of sodium hypochlorite and chlorine dioxide. Validation at full scale during 6 months was positive 85.6% of the time.
3. Microbiological safety - A key process indicator (KPI) was developed to assess the overall plant microbiological safety. The framework for quantitative microbiological risk assessment was adapted to real-time approximating some risk-based metrics such as the disability adjusted life years (DALY). This KPI was integrated in a Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system, which also alerts the users about the consequences of certain operation practices or treatment failures.

Different tools were developed to integrate the developed models into an EDSS for the validation at full-scale. The thesis is the result of a long-term collaboration between UdG [LEQUIA](#) research group and water utility [ATL](#) (Ens d'Abastament d'Aigua Ter-Llobregat) and has been directed by **Dr Hèctor Monclús (UdG)** and **Dr Fernando Valero (ATL)**. The defence, which is open to the public, will take place next Thursday 5th November at 10:00h. To follow it online, you should send an E-Mail to comissio.doctorat@udg.edu.