

# **SISTEMES SUPERVISORS. UNA EINA DE SUPORT PER A LA GESTIÓ D'ESTACIONS DEPURADORES D'AIGÜES RESIDUALS**

**Manel Poch, Joaquim Comas, Ignasi Rodríguez-Roda,**

(Laboratori d'Enginyeria Química i Ambiental. Universitat de Girona)

**Miquel Sànchez-Marrè, Ulises Cortés,**

(Knowledge Engineering & Machine Learning Group. Universitat Politècnica de Catalunya)

**Josep Arràez, Angel Freixó**

(Consorti per a la Defensa de la Conca del Riu Besòs)

## **Resum:**

Les EDAR són sistemes complexos, la gestió correcta dels quals requereix que es tinguin en compte un conjunt de factors com són: la seva variabilitat; la gran quantitat de dades/informació a gestionar; la incertesa i la imprecisió, derivades dels problemes de funcionament dels sensors en un medi tant agressiu; la coexistència d'un gran volum d'informació qualitativa, i el fet que tenen lloc, simultàniament, un gran nombre de processos que presenten escales de temps diferents.

A causa d'aquesta complexitat, si es vol ajudar als responsables de les instal·lacions cal millorar el comportament dels sistemes actuals de control automàtic. Fa falta una aproximació al problema que sigui capaç d'afrontar situacions "no normals" proporcionant el nivell i la qualitat de control necessaris per assolir, amb consistència, els requeriments ambientals exigits.

Per assolir aquest objectiu, s'està començant a desenvolupar i aplicar una nova generació de sistemes de control, anomenats "sistemes supervisors", que permeten combinar tècniques numèriques (com ara la simulació o el control automàtic) amb tècniques de gestió del coneixement.

Aquest ha estat l'objectiu de la nostra feina els darrers anys, en que s'ha proposat una metodologia per desenvolupar aquests sistemes d'una manera pràctica i realista. En aquesta presentació s'exposa el producte final obtingut

Paraules claus: Sistemes de Suport a la Decisió, Estacions depuradores d'aigües residuals (EDAR), Intel·ligència Artificial, Qualitat de l'aigua, Gestió del coneixement.

## **1. Introducció**

### **1.1 Noves eines per un nou paradigma**

A les darreres dècades, els models matemàtics/estadístics, els algoritmes numèrics i les simulacions han estat eines utilitzades per afrontar la gestió dels problemes ambientals i proporcionar la informació necessària a qui té la responsabilitat de prendre les decisions finals. Amb aquesta idea, s'han desenvolupat i aplicat un ampli ventall de tècniques científiques, per solucionar els problemes de gestió ambiental, durant un llarg període de temps i amb resultats prou satisfactoris.

En aquest marc, recentment, l'intent de integrar noves eines per tal de fer front a sistemes més complexos ha facilitat el desenvolupament dels anomenats Sistemes de Suport a la Decisió en dominis Ambientals (EDSS). El fet que aquesta aproximació sigui relativament recent i que integri múltiples eines facilita que no hi hagi una definició de consens. No obstant, tot i que algú pugui discutir que un sistema de gestió de bases de dades pot ser utilitzat com un sistema de suport a la decisió, existeix avui en dia un ampli consens respecte al fet que els EDSS es fonamenten en una aproximació basada en el coneixement, i per tant, impliquen l'adquisició, representació i gestió del coneixement.

En aquest context, presentem, en aquest document, la nostra experiència en el disseny i implementació d'un EDSS desenvolupat i aplicat en la supervisió de l'EDAR Granollers. Es descriu explícitament el seu desenvolupament, així com l'arquitectura utilitzada per ambdues aplicacions.

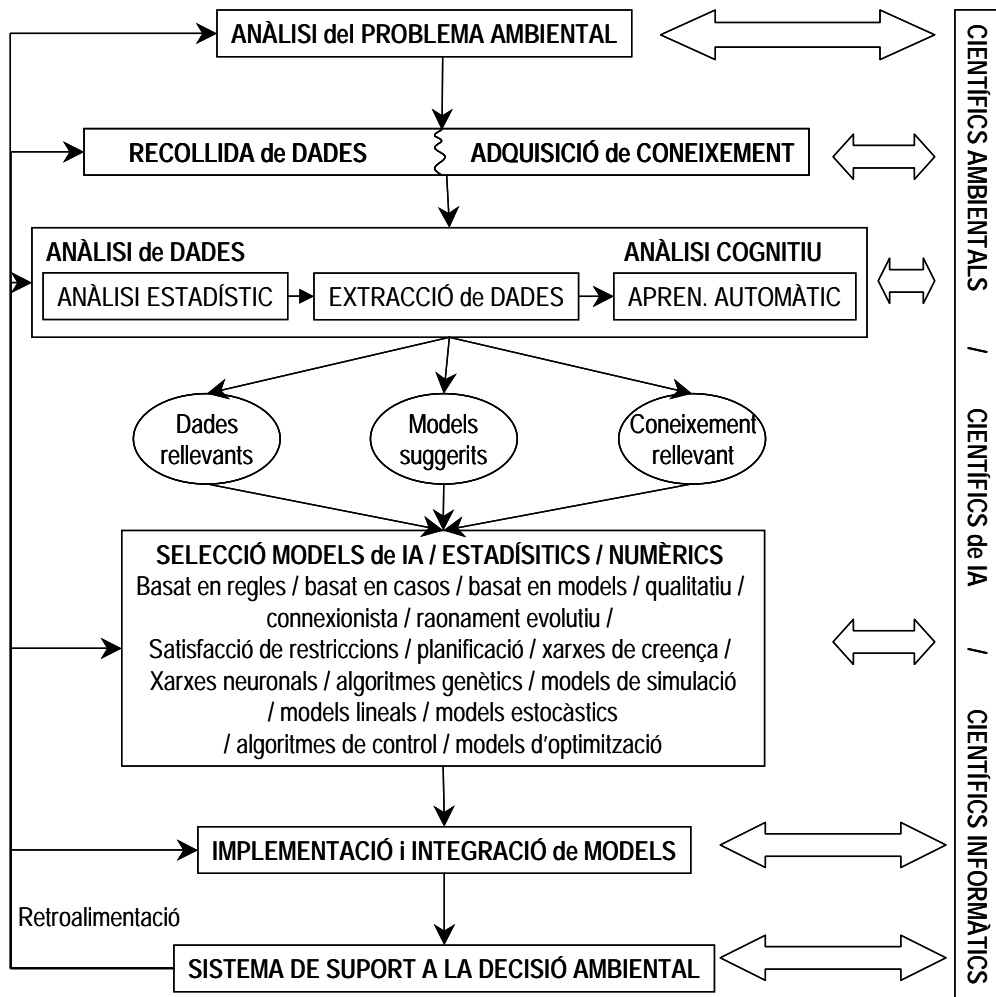
### **1.2 Desenvolupament dels EDSS**

Fox i Das [2000] defineixen un sistema de suport a la decisió com un sistema informàtic que aplica el coneixement del domini per assistir a qui té la responsabilitat de prendre la decisió en la tria d'alternatives o accions, mitjançant la recomanació de diferents opcions. Incorporen un procediment explícit de decisió fonamentat en un conjunt de principis teòric que justifiquen el mecanisme de "raonament" seguit.

Per tant, un EDSS és un sistema intel·ligent d'informació que permet reduir el temps de presa de decisions, alhora que millora la seva consistència i qualitat [Cortés *et al.*, 2001]. Les decisions són preses quan s'observa o prediu una desviació respecte a un comportament esperat o desitjat del sistema. Això implica el coneixement d'un problema d'acord a la informació, coneixement i experiència que es té del propi procés. Aquests sistemes es construeixen mitjançant la integració de diversos mètodes de intel·ligència artificial, components de sistemes de informació geogràfica, tècniques estadístiques i matemàtiques, i ontologies ambientals.

La manera en que un EDSS es construeix dependrà del tipus de problema ambiental al que es vol fer front i del tipus de informació i coneixement que pot ser adquirit. Tenint en compte aquestes restriccions, i després d'una anàlisi de la informació disponible, es pot triar el conjunt d'eines més adequades. Entre aquestes eines no solament hi ha els models numèrics, sinó també metodologies de la Intel·ligència Artificial (IA) com ara les eines de gestió del coneixement. La utilització d'eines de IA i models proporciona accés directe a l'experiència, i la seva flexibilitat les fa capaç de donar suport als processos de presa de decisions i aprenentatge. La seva integració amb models estadístics i/o numèrics en un sol sistema proporciona una major precisió, fiabilitat i utilitat [Cortés *et al.*, 2000].

Aquest fet, confereix als EDSS la capacitat de fer front a problemes complexos, en els quals l'experiència de les persones expertes implicades proporciona un suport indispensable per tal de trobar la solució al problema plantejat. També, proporciona formes d'accelerar la identificació del problema i de centrar, en la seva avaluació, l'atenció de les persones responsables de prendre la decisió. Un cop implementat, un EDSS, com tot sistema basat en el coneixement, ha de ser avaluat pel que sap, per com utilitza el que sap, per la rapidesa en que pot aprendre quelcom nou, i, finalment, pel seu funcionament i rendiment global. La Figura 1 mostra esquemàticament la metodologia utilitzada pel desenvolupament del sistema presentat en el text.



**Figura 1.** Diagrama de flux pel desenvolupament d'un EDSS.

Tant la metodologia de desenvolupament del EDSS com l'arquitectura que es proposen són suficientment generals per poder ser adaptades a la definició d'altres tipus de EDSS diferents als que es presenten en aquest text.

Pel que fa a l'operació del EDSS proposem una arquitectura basada en cinc nivells (figura 2) :

- El primer nivell (*adquisició de dades i coneixement*) del EDSS inclou les tasques relacionades amb la recollida de les dades i coneixement i el seu enregistrament a les bases corresponents. Les fonts originals poden tenir força soroll, requerint un processament adequat abans no puguin ésser enregistrades d'una manera correcta i interpretable.

- El segon nivell, de *diagnosi*, inclou els models de raonament que s'utilitzen per tal d'inferir l'estat del procés, de manera que es pugui generar una proposta raonable d'actuació. Això s'aconsegueix amb el suport de models estadístics, numèrics i de IA.
- El tercer nivell, de *suport a la decisió*, estableix una tasca supervisora que comporta la recollida i integració i processament de les conclusions establertes per cadascuna de les tècniques del segon nivell, identificant les causes i aplicant el coneixement disponible per proposar diferents alternatives. Aquest nivell també comporta la interacció dels usuaris i de les usuàries, amb el sistema informàtic, a través de la interfície gràfica de l'ordinador.
- Al quart nivell es formulen els plans, i es presenten en forma d'un llistat d'accions generals suggerides per tal de solucionar un problema específic.
- El conjunt d'accions concretes que cal portar a terme per solucionar els problemes, en el domini considerat, es troben al cinquè nivell. El sistema no solament recomana l'acció, o la seqüència d'accions (un pla), sinó que també proporciona un valor que ha de ser avaluat pel responsable de prendre la decisió final. Aquest és el darrer nivell de l'arquitectura, el que tanca el cicle complet.

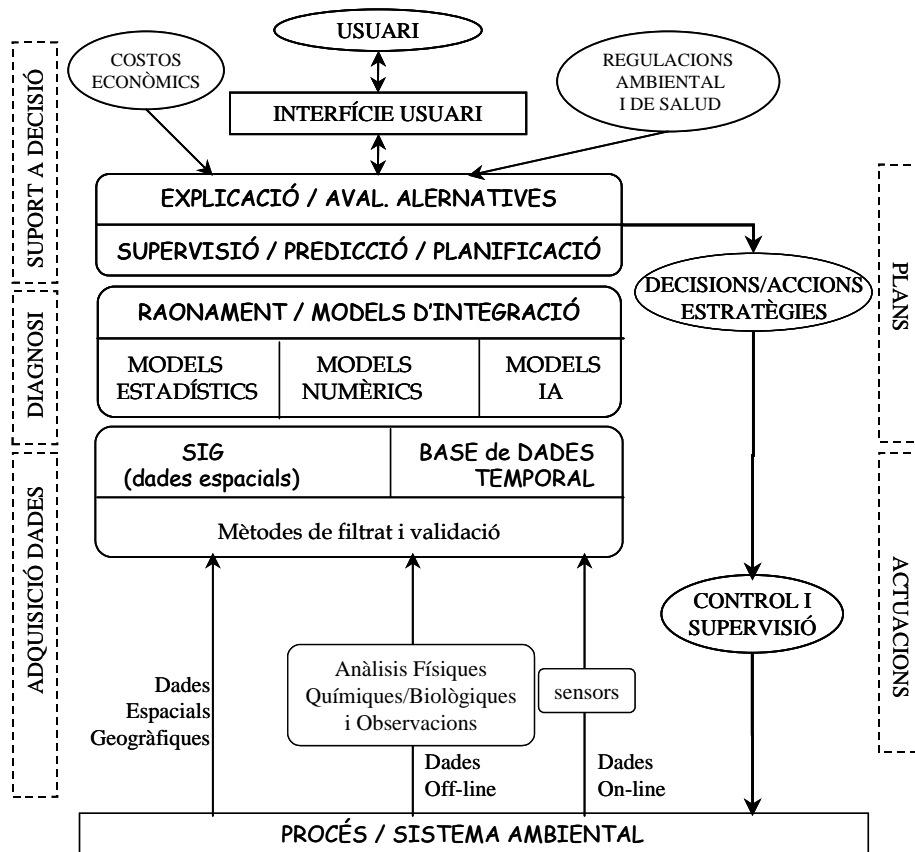


Figure 2. Arquitectura d'un EDSS.

## 2. Supervisió d'una Estació Depuradora d'Aigües Residuals. Aplicació a l'EDAR Granollers

### 2.1 Construcció de l'EDSS

#### Anàlisi del problema

Una EDAR convencional sol incloure un tractament primari físic i/o químic i un tractament biològic secundari per tal d'eliminar la matèria orgànica i els sòlids de l'aigua residual. El

tractament primari es dissenya per reduir del corrent els contaminants sòlids presents. L'efluent d'aquest tractament primari segueix el procés de depuració en el tractament secundari, on una població multiespecífica de microorganismes, en presència d'oxigen, converteix biològicament els compostos orgànics dissolts i col·loïdals en productes estables de menor nivell energètic, i en nova biomassa. La mescla de microorganismes i partícules tenen la propietat de decantar amb facilitat, pel que la seva separació de l'aigua tractada es produeix en un clarificador o decantador final. El conjunt del reactor biològic on hi ha la biomassa en suspensió i el decantador secundari s'anomena procés de llots actius, i és el tractament secundari més conegut i amb major implantació a tot el món.

Com molts altres processos biotecnològics i ambientals, les EDAR són sistemes complexos que impliquen la interacció entre processos físics, químics i biològics, *e.g.* reaccions biològiques i químiques, cinètiques, catàlisi, fenòmens de transport, separacions, etc, i la seva correcta gestió requereix d'una aproximació multidisciplinària i l'expertesa de diferents camps científics. Algunes de les característiques problemàtiques d'aquests processos són:

- Inestabilitat intrínseca: la composició de l'aigua a tractar varia constantment, el que provoca canvis en el, ja de per sí complex, ecosistema encarregat de la depuració. A més, això modifica la majoria de les propietats físiques i químiques, així com la composició de la població de microorganismes implicats.
- Dificultat de modelització. Molts dels mecanismes i principis que caracteritzen el domini no poden ser descrits mitjançant termes de models determinístics d'una forma unívoca. A més, els models desenvolupats impliquen un nombre elevat de paràmetres que han de ser identificats contínuament.
- Gran quantitat de dades/informació: l'aplicació de la cada cop més avançada tecnologia informàtica pel control i supervisió d'aquests sistemes ambientals ha suposat un augment significatiu de la quantitat de dades que cal gestionar, el que dificulta el seu processament. Per exemple el sistema de control de l'EDAR Granollers rep més de 2000 senyals de diferents equips.
- Incertesa. Malgrat l'elevat volum d'informació que es pot recollir, aquesta presenta força incertesa e imprecisió, derivades dels problemes de funcionament dels elements sensors en un medi tant agressiu, i de la impossibilitat de poder identificar unívocament moltes de les variables d'estat del sistema. Simultàniament, coexisteix un gran volum d'informació qualitativa, que es presenta, al seu torn, de forma aproximada i subjectiva.
- Heterogeneïtat i escala temporal. A l'EDAR tenen lloc, simultàniament, un gran nombre de processos que presenten escales de temps diferents, des del procés de transferència d'oxigen que es realitza en segons al creixement de microorganismes que presenta una escala de l'ordre de dies.

Degut a la complexitat del control del procés de depuració dut a terme a les EDAR, fins i tot els sistemes més avançats de control numèric han mostrat les seves limitacions, a l'hora de fer front a situacions que requereixen informació qualitativa i raonament heurístic per a la seva resolució [Olsson, 1998]. Per tal de descriure aquests fenòmens qualitius, o per tal d'avaluar les circumstàncies que poden comportar un canvi a l'acció de control, es fa necessari algun tipus de representació lingüística que permeti definir els conceptes i mètodes del raonament humà. Aquesta ha estat la raó per la qual, fins ara, operadors humans constitueixen el darrer pas en els processos de control de la planta. Si es vol millorar el comportament dels sistemes de control automàtic actuals, fa falta una nova aproximació al problema que sigui capaç de fer front a situacions "no normals" en un sistema complex com aquest, proporcionant el nivell i qualitat de control necessari per assolir, amb consistència, els requeriments ambientals exigits. Per aquestes raons, l'aplicació dels EDSS pot semblar prometedora en termes de gestió de les EDAR, en quant eina que integra tècniques numèriques, amb tècniques de gestió del coneixement.

La instal·lació en la que s'ha treballat desenvolupant i aplicant el sistema de suport a la decisió com a sistema supervisor del procés ha estat l'EDAR Granollers, a la conca del riu Besòs

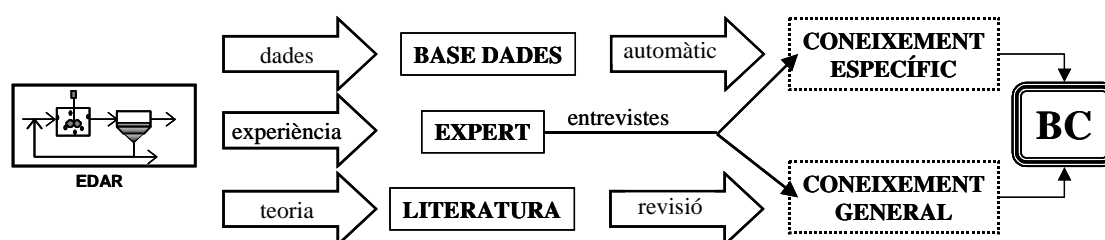
(Catalunya, NE d'Espanya). Actualment, aquestes instal·lacions proporcionen pretractament, tractament primari, i tractament secundari per tal d'eliminar la matèria orgànica, els sòlids en suspensió, i, en determinades condicions d'operació, el nitrogen continguts a l'aigua residual d'uns 130,000 habitants equivalents.

L'EDAR Granollers, presenta a més, algunes particularitats que augmenten els avantatges potencials d'un sistema de suport intel·ligent per la seva supervisió. Entre aquestes característiques remarcuem les següents:

- Disponibilitat d'una quantitat significativa de registres històrics que descriuen l'operació portada a terme al procés.
- Un elevat nivell d'automatització centralitzat en un ordinador que recull les dades en línia, així com la major part dels controls automàtics del procés.
- El procés portat a terme presenta una variabilitat prou important. Al llarg de l'any el procés es veu afectat per un elevat nombre de situacions causada per significatius canvis de l'influent i de les condicions d'operació (tempestes, sobrecàrregues, nitrificació a l'estiu, abocaments industrials no controlats).
- Elevat nivell d'especialització de les persones responsables de l'EDAR des dels seus orígens, que tenen un coneixement molt acurat de l'equipament present i de tots els aspectes heurístics que faciliten el seu rendiment òptim. S'ha de destacar, a més, la seva clara voluntat d'innovació, per tal d'aplicar a la seva instal·lació les millors tecnologies disponibles.

#### *Recollida de dades i adquisició del coneixement*

La base de coneixement s'ha obtingut mitjançant la utilització de diferents eines. En primer lloc, es van utilitzar mètodes convencionals d'adquisició de coneixement (revisió bibliogràfica, entrevistes, etc.). Aquests mètodes, però, presenten com a limitació la **dificultat d'obtenir informació exhaustiva del sistema**, donada la coneguda "paradoxa de l'expert", segons la qual, quan més en sap una persona d'un tema, més li costa explicar el perquè de les seves conclusions al voltant del mateix. Per tal de superar les limitacions dels mètodes convencionals, aquests es van complementar amb l'ús de mètodes d'adquisició automàtica de coneixement. Entre aquests mètodes s'han utilitzat tant els supervisats (principalment tècniques d'aprenentatge inductiu, CN2, C4.5 i k-NN), com els no supervisats [R.-Roda *et al.*, 2001], amb l'objectiu d'intentar extreure el màxim coneixement dels conjunts de dades prèviament existents. La figura 3 mostra les principals fonts i els mètodes utilitzats per adquirir ambdós tipus de coneixement del procés de tractament d'aigües residuals.



**Figura 3.** Mètodes utilitzats per adquirir el coneixement.

#### *Selecció de models*

Es van seleccionar dos tipus de models: els basats en regles i els basats en casos. Els primers ofereixen un conjunt d'avantatges que permeten fer front a algunes de les limitacions d'altres tècniques: faciliten la incorporació i retenció del coneixement heurístic expert, permetent el processament de la informació qualitativa; representen el coneixement d'una forma fàcilment interpretable i reconeixible (regles); correctament validat ofereix potencialment respostes adequades en forma de plans d'accions sistemàtics per a cada situació problemàtica contemplada; i, finalment, els sistemes basats en regles possibiliten l'adquisició d'una gran base

de coneixement general, aprofitable per a qualsevol altre EDAR. Simultàniament, els sistemes basats en regles presenten limitacions en quant a la dificultat d'incorporar nou coneixement, un cop aquest es troba estructurat. Es per això que s'ha complementat amb un sistema basat en casos (SBC)

Els SBC es fonamenten en la idea de que quan solucionem un problema similar per segon cop, resulta més fàcil que el primer cop, degut al fet de que recordem la solució del cas anterior, tenint en compte els errors comesos per tal d'evitar-ne la seva repetició. La idea bàsica és la d'adaptar les solucions aplicades en el passat per fer front a problemes que afectin els rendiments del procés, i aplicar-les a nous problemes que siguin similars, amb un conseqüent estalvi d'esforços respecte a d'altres tècniques que han de deduir la solució partint de zero. Un cas es pot descriure com una unitat conceptual de coneixement que representa una experiència i que suposa per si sola una lliçó fonamental per tal d'assolir els objectius establerts, en aquest cas el correcte funcionament de la instal·lació. Per les EDAR, el cas és una descripció codificada d'un estat específic o experiència viscuda a la planta.

#### *Implementació del model*

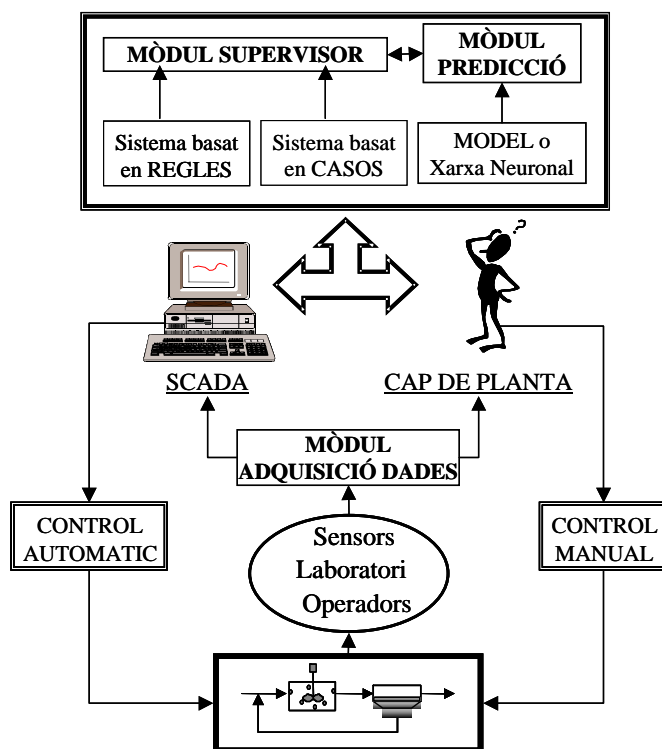
Entre les diferents possibilitats existents per a la representació del coneixement extret (taules, arbres de decisió, o diagrames i marcs de coneixement), s'han triat els arbres de decisió com la representació més adequada [Sánchez-Marrè *et al.* 1996]. Tots els símptomes, fets, procediments i relacions utilitzats per a la diagnosi dels problemes poden ésser englobats en un conjunt d'arbres de decisió. El coneixement contingut a una branca dels arbres de decisió es pot expressar de forma immediata en forma de regla. En aquests arbres, algunes de les branques són específiques, codificant informació particular de la planta, mentre que d'altres són més generals podent-se aplicar a qualsevol instal·lació existent. Abans de la seva aplicació els arbres s'han de depurar per evitar contradiccions i redundàncies. Un cop realitzada aquesta tasca, s'han estructurat, pel nostre cas en un nivell de diagnosi, un d'identificació de les causes, i un nivell final d'estratègia de control per un ampli ventall de problemes d'operació d'una EDAR. El conjunt d'arbres resultants a Granollers ha estat de catorze, que permeten incloure un ampli ventall de problemes que afecten l'operació d'aquesta instal·lació.

Els SBC requereixen una biblioteca de casos que cobreixi tot l'ampli conjunt de problemes potencials del procés. Els casos s'enregistren a la memòria de manera que siguin fàcilment recuperables quan l'experiència que emmagatzemen pot contribuir a assolir els objectius del procés. Tots dos tipus d'experiències, positives i negatives, han de ser enregistrades a la biblioteca de casos, ja que d'ambdues s'aprèn.

És aconsellable inicialitzar o inocular la biblioteca amb un conjunt de situacions comuns (casos típics) extrets de la bibliografia especialitzada o proporcionats pels experts del procés. D'aquesta manera el SRBC podrà proporcionar solucions a problemes similars als de l'inòcul des de l'inici de la seva posada en funcionament. La base de casos de Granollers es va inicialitzar amb un conjunt de 74 casos recollits de la bases de dades històriques, els quals cobrien tot un conjunt de problemes habituals així com la situació de normalitat. La biblioteca s'actualitza amb noves experiències a mida que el coneixement que es té del procés avança; per tant, la capacitat de raonament del SBC va evolucionant i la precisió del sistema es beneficia d'aquest procés d'aprenentatge. No obstant, per tal d'evitar una sobresaturació de informació en el sistema, solament s'emmagatzemen aquells nous casos que són rellevants.

La Figura 4 mostra la proposta d'aproximació per la millora de la supervisió de les EDARs. La integració de diferents tècniques de la IA (sistema basat en regles, sistema basat en caos) amb mètodes clàssics numèrics, porta a un sistema basat en el coneixement híbrid capaç de fer front a les limitacions habituals que hom es troba en la resolució de problemes complexos quan s'utilitza una sola tècnica. Aquesta aproximació multidisciplinària es mostra com una solució òptima per tal de garantir el control d'un procés complex com el portat a terme en una EDAR.

## SISTEMA DE SUPORT a la DECISIÓ en EDARs



**Figura 4.** Aproximació intel·ligent híbrida per a la supervisió d'EDARs.

### Validació del EDSS

La validació a camp, amb casos reals, es va considerar el mètode més adient per tal d'avaluar el rendiment global del EDSS. El que es pretenia era comprovar el sistema en el seu entorn real d'aplicació, identificant les modificacions necessàries pel seu correcte funcionament. Aquest procés de validació es va realitzar durant 10 mesos a la pròpia EDAR Granollers. Durant aquest període d'exhaustiva validació, el EDSS va identificar 123 situacions diferents, proposant l'estratègia més adequada d'actuació.

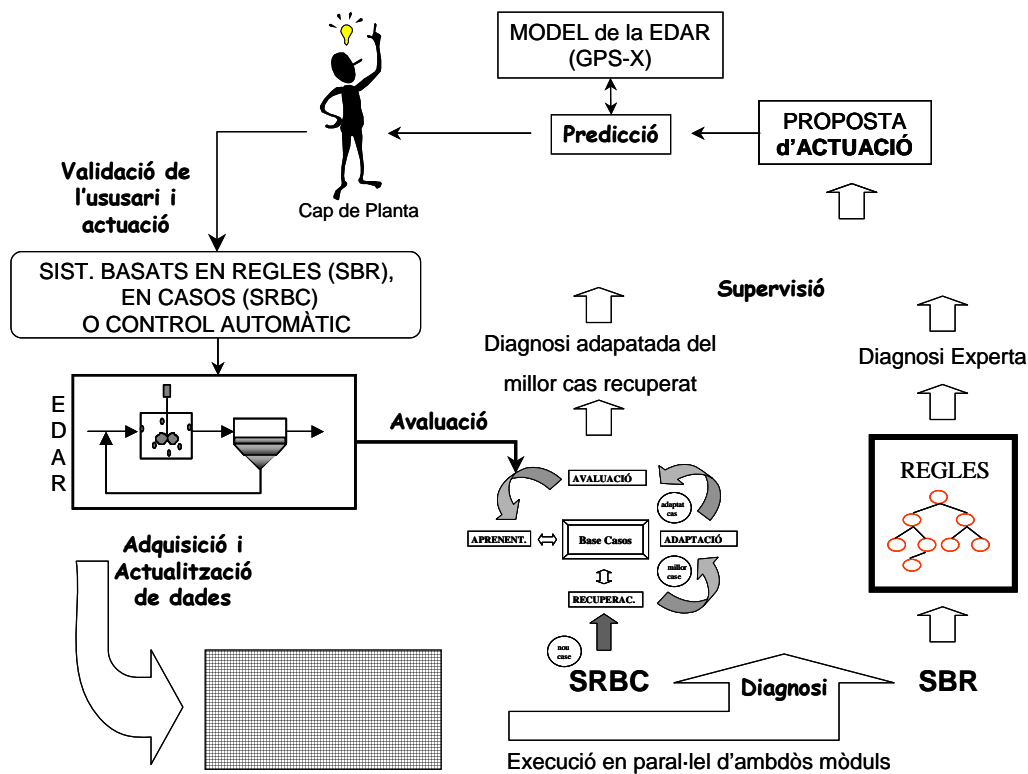
Situacions	# anticipada	detecció # mateix dia	al
Bulking filamentós	5	4	
Escumes biològiques	7	10	
Desnitrificació incontrolada	-	2	
Càrrega baixa	8	8	
Sobrecàrrega orgànica	3	1	
Alta càrrega de nitrogen orgànic	-	3	
Alta càrrega de nitrogen	-	7	
Xoc hidràulic	3	7	
Problemes de desfloculació	4	4	
Problemes de decantació primària	-	5	
Problemes mecànics o elèctrics	-	15	
Problemes no biològics al clarificador	-	2	
<b>TOTAL</b>	30	68	

**Taula 1.** Situacions identificades correctament durant el període de validació

Entre les situacions detectades a l'EDAR s'inclou Bulking filamentós, escumes biològiques, desnitrificació incontrolada, càrrega baixa, sobrecàrrega orgànica i/o de nitrogen, xoc hidràulic, defloculació (per possible xoc tòxic), problemes de decantació primària, distinguint els d'origen biològic dels d'origen mecànic, i problemes mecànics o elèctrics. De tots aquests problemes, un 79.7% van ser identificats amb encert (98 situacions, aproximadament una tercera part la detecció va ser anticipada, mentre que la resta va ser el mateix dia en que es produïa el problema), un 8.1% de vegades la identificació va ser errònia (10 situacions), mentre que un 12.2% dels problemes no van ser detectats pel EDSS (15 situacions). La taula 1 llista el nombre de situacions correctament detectades durant el període de la validació, especificant el problema i si aquest va ser detectat anticipadament o el mateix dia en que es va produir. Actualment, el EDSS s'utilitza com a eina de suport a la diagnosi per a la gestió diària del procés de llots actius [Rodríguez-Roda *et al.*, 2002].

## 2.2 Operació del EDSS

Les diferents tasques dels cinc nivells portades a terme pel EDSS per controlar i supervisar l'EDAR s'estableixen de forma cíclica, seguint un cicle supervisor tal com es mostra a la figura 5.



**Figura 5.** Cicle supervisor.

Cada cicle es compon de 5 etapes amb diferents tasques: adquisició de les dades (amb les tasques de recollida, validació i actualització), diagnosi, suport a la decisió (amb les tasques de validació de l'usuari i d'actuació), i generació de plans i accions (amb les tasques de supervisió, predicció i avaluació).

### *Adquisició de les dades*

Cada cop que s'engega un nou cicle supervisor, la principal tasca portada a terme és la recollida de les dades i l'actualització dels valors de les variables que s'utilitzaran posteriorment en el procés d'inferència. D'acord amb el cap de planta, hi ha un conjunt mínim de variables (la informació bàsica) que ha de ser actualitzat per tal de realitzar una diagnosi fiable de l'estat actual del procés.

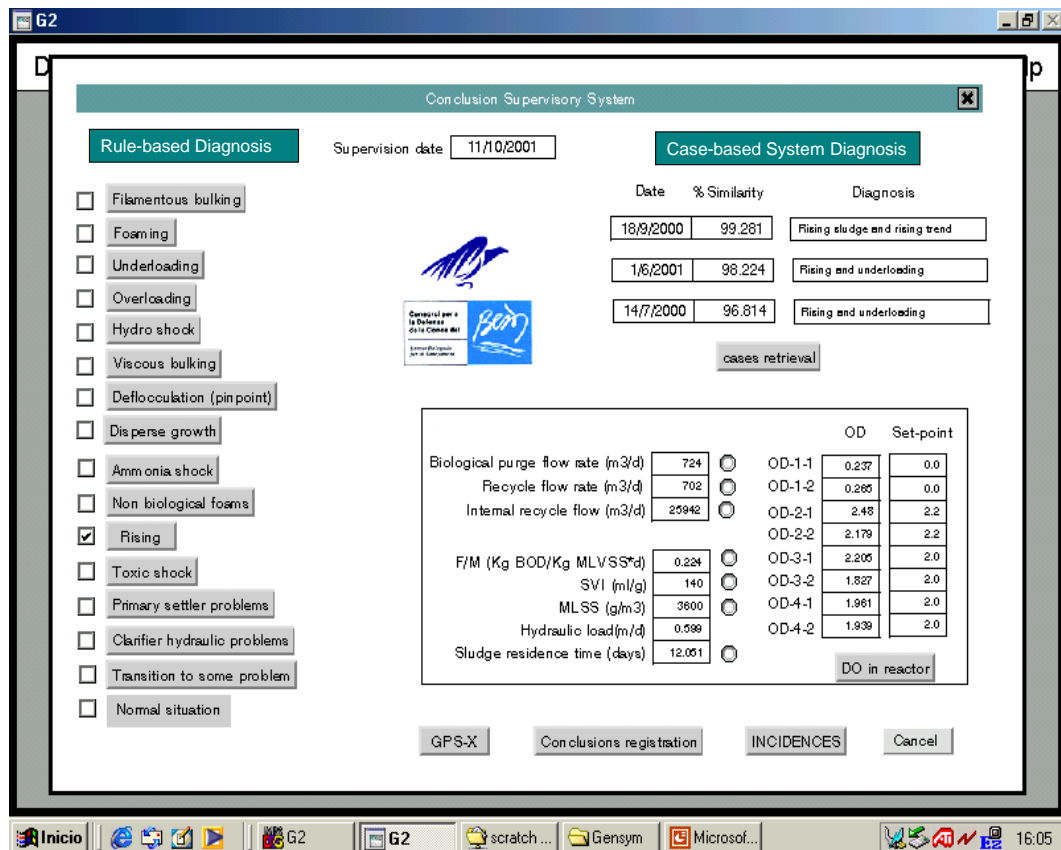
El sistema d'adquisició de dades del procés recull per una banda les dades que arriben en línia (sensors i equipament) i per altra banda les dades que no es generen en temps real (anàlisis físiques, químiques i biològiques de diferents mostres d'aigua i fangs, així com altres observacions qualitatives del procés). A més, aquest nivell d'operació inclou filtrat dels senyals, validació de les dades i gestió de la base de dades evolutiva (en temps real) on s'emmagatzemen totes les dades recollides.

### *Diagnosi*

Una cop s'ha recollit tota la informació del procés, aquesta és enviada cap al mòdul de diagnosi, on els sistemes basats en coneixement (Sistema basat en regles i Sistema Basat en Casos) s'executen en paral·lel sense cap mena d'interacció entre ells. D'aquesta manera, el raonament per a la diagnosi de l'estat actual del procés es realitza mitjançant regles expertes i la recuperació dels casos històrics més similars. Si es detecta o sospita un problema, el mòdul de diagnosi també intenta identificar la causa específica. La solució del cas històric similar es modifica i adapta d'acord a la nova situació. D'aquesta manera, el mòdul de diagnosis, no només detecta la possibilitat d'un problema, sinó que també intenta identificar quina ha estat la causa, i proposar solucions, basades en modificacions de les actuacions anteriors, per adaptar-se a les particularitats de la nova situació.

### *Suport a la decisió*

Les conclusions assolides a la fase de diagnosi s'envien cap el mòdul de suport a la decisió. En aquest mòdul s'infereix la situació global de l'EDAR. El resultat final s'envia, a través de la interfície de l'ordinador (figura 6), al/la cap de planta, que és qui finalment decideix l'estratègia a portar a terme (validació de l'usuari i actuació). Aquesta interfície ha estat dissenyada conjuntament amb els responsables de la instal·lació de manera que sigui el més còmode e informativa possible. La persona responsable pot, aleshores, simular la proposta d'actuació i les possibles conseqüències mitjançant un model, per tal de donar suport al procés de selecció dels plans d'actuació.



**Figura 6.** Interfície per tal que l'usuari es comuniqui amb el EDSS.

### *Plans i actuacions*

L'EDSS suggereix un pla d'actuació d'acord a les tasques de supervisió i predicció, integrant els recomanacions expertes procedents del sistema basat en regles i l'experiència recuperada i adaptada pel SBC, alhora que evita possibles conflictes. L'avaluació final dels resultats de l'aplicació del pla d'actuació per solucionar el problema, permet tancar el cicle del SBC, aprenent de les experiències positives i/o negatives, i actualitzant la biblioteca de casos. Aquestes característiques poden ser avaluades pel propi EDSS (a no ser que es porti a terme una actuació manual), però en tot cas resulta clau la confirmació del/de la cap de planta, que té la possibilitat de canviar dades errònies, i complementar informació. A més, el EDSS pot incrementar la base de coneixement adquirint nou coneixement de noves fonts.

## 3 CONCLUSIONS

Els problemes ambientals, entre els que hi podem situar la gestió de les EDAR, pertanyen a una categoria de sistemes en els que una decisió poc afortunada pot comportar un desastre amb conseqüències a nivell social, econòmic i ecològic. En aquest context, els sistemes de suport a la decisió s'haurien de veure com una eina que pot ajudar a les persones que han de prendre les decisions, que al seu torn, han de ser conscients de les conseqüències de les seves decisions. La presa de decisions portada a terme per un EDSS ha de ser col·laborativa, ja que si es vol que un EDSS contribueixi en el procés, no solament ha de suposar l'existència d'un mecanisme eficient que permeti trobar una solució òptima o sub-òptima davant un conjunt de preferències, sinó que ha de facilitar que tot el procés de decisió sigui més obert i transparent. En aquest context, els

EDSS poden jugar un paper determinant en la interacció entre humans i ecosistemes, pel fet que son eines concebudes per fer front a la natura transdisciplinar i fortament complexa dels problemes ambientals.

#### 4 REFERÈNCIES

- Cortés, U., Sànchez-Marrè, M., Sangüesa, R., Comas, J., R-Roda, I., Poch, M. & Riaño, D. "Knowledge Management in Environmental Decision Support Systems". *Ai Communications*. 14(1):3-12 2001.
- Cortés, U., M. Sànchez-Marrè, L. Cecaronni, I. R.-Roda, and M. Poch, Artificial Intelligence and Environmental Decision Support Systems, *Applied Intelligence*, 13(1), 77–91, 2000.
- Fox, J. and Das, S. *Safe and sound. Artificial Intelligence in Hazardous Applications*, AAAI Press / The MIT Press , 2000.
- Olsson, G., H. Aspegren, and M.K. Nielsen, Operation and Control of Wastewater Treatment – A Scandinavian Perspective over 20 years, *Water Science & Technology*, 37(12), 1–13, 1998.
- Rodríguez-Roda, I., J. Comas, M. Poch, M. Sànchez-Marrè and U. Cortés, Automatic Knowledge Acquisition from Complex Processes for the development of Knowledge-Based Systems, *Industrial Engineering Chemistry Research*, 40, 3353–3360, 2001.
- R.-Roda I., J. Comas, J. Colprim, M. Poch, M. Sànchez-Marrè, U. Cortés, J. Baeza and J. Lafuente, A hybrid supervisory system to support wastewater treatment plant operation: implementation and validation, *Water Science & Technology*, 45(4-5), 289-297, 2002.
- Sànchez-Marrè, U. Cortés, J. Lafuente, I. R.-Roda, and M. Poch., DAI-DEPUR: a Distributed Architecture for Wastewater Treatment Plants Supervision. *Artificial Intelligence in Engineering*, 10(3), 275-285, 1996.