



# **PROJECTE FINAL**

# **DISSENY I IMPLEMENTACIÓ DE**

# **SISTEMES DISTRIBUÏTS**

**VERSIÓ FINAL**

Oscar Galera i Alfaro

1er MEINF

Abril 2018

# Índex Revisió 1 (23/03/2018)

- Proposta
- Qué es vol fer?
- Com es farà?
- Integrants del projecte

# Propòsit revisió 1

En aquesta primera revisió es presentarà la proposta de projecte.

# Proposta

Definir un sistema de distribución de agua con:

- Un conjunto de productores (depositos de agua, inyectores de productos, como Cloro).
- Un conjunto de consumidores (sumideros —> “sinks”).
- La calidad del agua se determina por los valores de  $n$  métricas.

# Proposta

- Una red de distribución, el agua fluye unidireccionalmente desde los productores a los consumidores. Miraremos de obtener redes (topologías) reales. Algunos enlaces no tienen porqué ser unidireccionales, por ejemplo interconexiones ente diferentes paredes de le red por temas de tolerancia a fallos (esto habrá que tenerlo en cuenta).
- La calidad del agua de los productores es conocida.
- En algunos nodos de la red de puede mezclar agua de diferentes productores. En esos nodos, la proporción de agua de cada productor es conocida y, por tanto, la calidad de la mezcla en las salidas.

# Proposta

- Se modelaran los cambios de calidad del agua en función del incremento de su “edad” en cada enlace (arista que une dos nodos).
- Disponemos de un conjunto de sensores de los que conocemos:
  - Coste
  - Conjunto de métricas que puede subministrar y la calidad (precisión) de cada una.



# Què es vol fer?

El problema (inicial) es decidir el tipo de sensor y la ubicación de los sensores maximizando la información que puedan suministrar.

Se deben modelar los cambios de la calidad del agua a medida que circula por la red.

Se añadirá como restricción el coste máximo a gastar en los sensores.

# Com es farà?

La idea principal del projecte a nivell d'assignatura és desenvolupar el model que defineix l'estructura de connexions entre els nodes, per aquest fet, s'ha parlat d'utilitzar l'eina EPANET.



<https://www.epa.gov/water-research/epanet>



# Integrants del projecte

- Wolfgang Gernjak (ICRA)
- Josep Lluís Marzo (UdG)
- Oscar Galera i Alfaro (UdG)

# Índex Revisió 2 (12/04/2018)

- Exploració d'altres eines.
- EPANET
  - Components.
  - Exemple (Manual)
  - Exemple Net3
- Integrants del projecte
- Planificació pròxima entrega

# Propòsit revisió 2

En aquesta revisió es parlarà del que es porta desenvolupat fins a data de 12/04/2018.

# Exploració d'altres eines

Abans de començar a treballar amb EPANET, he buscat altres eines que podrien utilitzar-se per resoldre aquest problema i he trobat el conjunt d'eines **TEVA-SPOT**.

Aquesta plataforma s'utilitza per resoldre el problema del posicionament de sensors segons diferents criteries i es recolza en l'eina EPANET. Els models generats amb EPANET es poden importar a TEVA-SPOT.

# EPANET

Com que TEVA-SPOT es basa en EPANET, he decidit començar utilitzant EPANET per modelar una xarxa de distribució d'aigua.

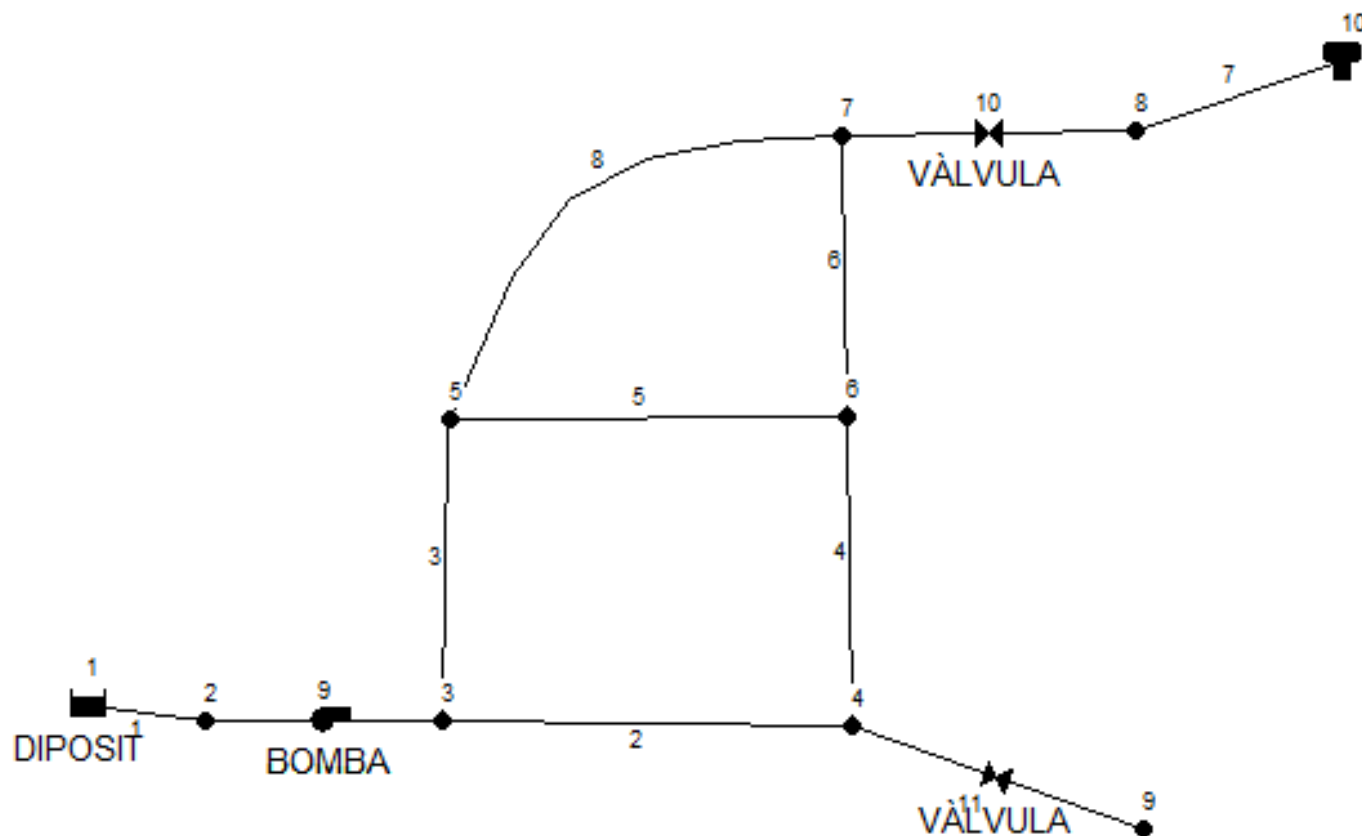
Per això he implementat la xarxa d'exemple que proposa el manual d'usuari.

# Components EPANET





# Xarxa de distribució d'aigua, EPANET



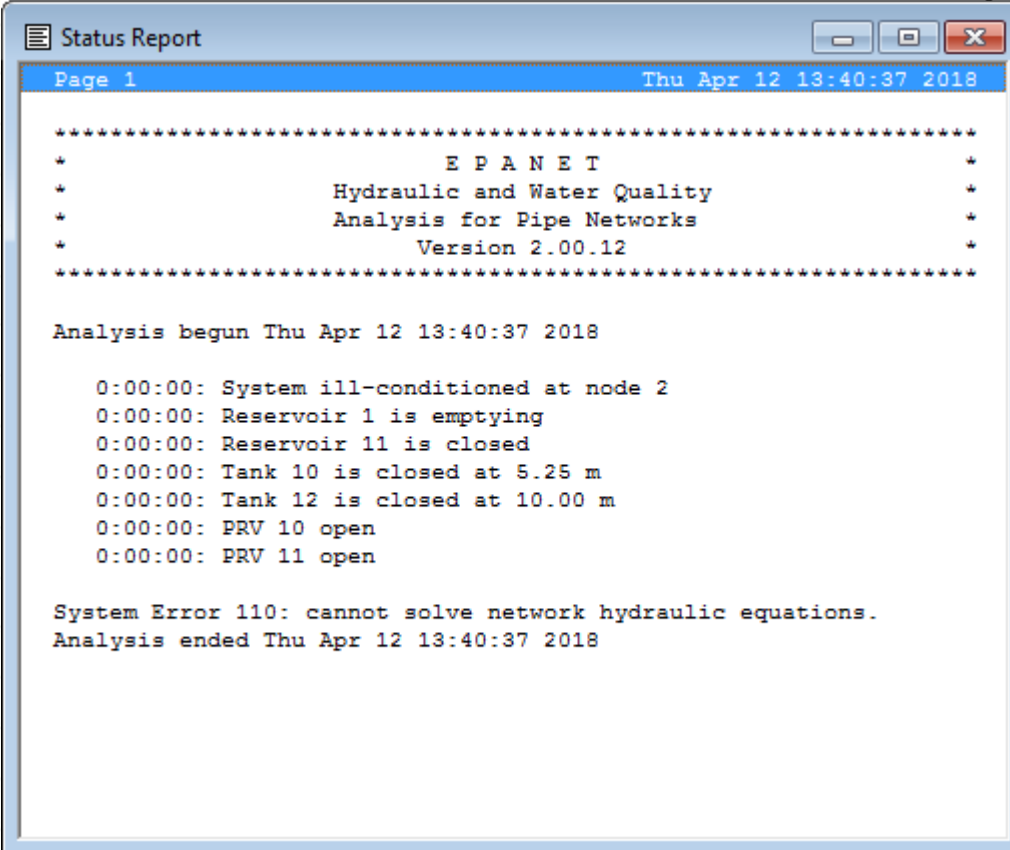
# Característiques dels components, EPANET

Property	Value
*Reservoir ID	1
X-Coordinate	-3550.85
Y-Coordinate	5220.34
Description	
Tag	
*Total Head	0.5
Head Pattern	
Initial Quality	
Source Quality	
Net Inflow	#N/A
Elevation	#N/A
Pressure	#N/A
Quality	#N/A

Property	Value
*Tank ID	10
X-Coordinate	4703.39
Y-Coordinate	9457.63
Description	
Tag	
*Elevation	38
*Initial Level	5.25
*Minimum Level	2
*Maximum Level	7
*Diameter	20
Minimum Volume	
Volume Curve	
Mixing Model	Mixed
Mixing Fraction	
Reaction Coeff.	
Initial Quality	
Source Quality	
Net Inflow	#N/A
Elevation	#N/A
Pressure	#N/A
Quality	#N/A

Property	Value
*Pump ID	7
*Start Node	2
*End Node	3
Description	
Tag	
Pump Curve	
Power	
Speed	
Pattern	
Initial Status	Open
Effic. Curve	1
Energy Price	
Price Pattern	
Flow	#N/A
Headloss	#N/A
Quality	#N/A
Status	#N/A

# Resultat, EPANET

A screenshot of a Windows-style window titled "Status Report". The window has a blue header bar with the title and standard minimize, maximize, and close buttons. Below the header, the text "Page 1" is on the left and "Thu Apr 12 13:40:37 2018" is on the right. The main content area displays a status report for EPANET. It starts with a separator line of asterisks, followed by the program name "E P A N E T", its purpose "Hydraulic and Water Quality", "Analysis for Pipe Networks", and "Version 2.00.12", all centered and flanked by asterisks. Below this, it states "Analysis begun Thu Apr 12 13:40:37 2018". A list of simulation results follows, each preceded by a timestamp "0:00:00": "System ill-conditioned at node 2", "Reservoir 1 is emptying", "Reservoir 11 is closed", "Tank 10 is closed at 5.25 m", "Tank 12 is closed at 10.00 m", "PRV 10 open", and "PRV 11 open". The report concludes with "System Error 110: cannot solve network hydraulic equations." and "Analysis ended Thu Apr 12 13:40:37 2018".

```
Status Report
Page 1 Thu Apr 12 13:40:37 2018

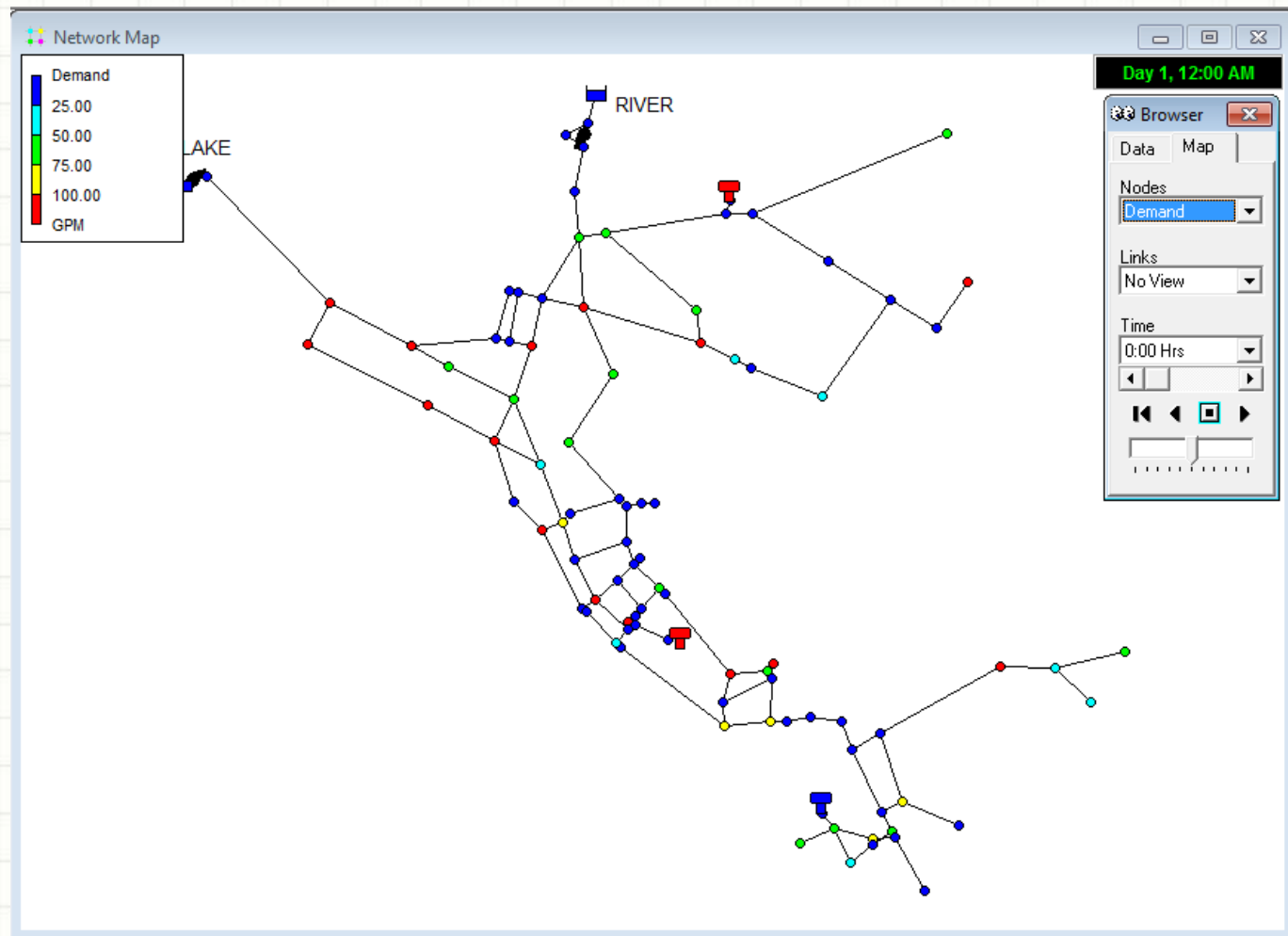
*****
*              E P A N E T              *
*      Hydraulic and Water Quality      *
*      Analysis for Pipe Networks       *
*              Version 2.00.12          *
*****

Analysis begun Thu Apr 12 13:40:37 2018

0:00:00: System ill-conditioned at node 2
0:00:00: Reservoir 1 is emptying
0:00:00: Reservoir 11 is closed
0:00:00: Tank 10 is closed at 5.25 m
0:00:00: Tank 12 is closed at 10.00 m
0:00:00: PRV 10 open
0:00:00: PRV 11 open

System Error 110: cannot solve network hydraulic equations.
Analysis ended Thu Apr 12 13:40:37 2018
```

# Xarxa Net3, EPANET



# Per la pròxima revisió...

La intenció per la pròxima revisió és acabar de documentar tot el coneixement que s'ha extret a l'hora d'utilitzar EPANET.

Provar els resolvers que té TEVA-SPOT.

# Versió final (11/05/2018)

- 3.1 EPANET
  - 3.1.1 Instal·lació
  - 3.1.2 Configuració de l'entorn
  - 3.1.3 Creació d'una nova xarxa
  - 3.1.4 Creació d'una nova xarxa, anàlisi de resultats.
  - 3.1.5 Creació d'una nova xarxa, resu
  - 3.1.6 Altres exemples





# Versió final (11/05/2018)

- 3.2 TEVA-SPOT
  - 3.2.1 Estructura de dades
  - 3.2.2 Exemple, escenari
  - 3.2.3 Exemple, injecció de tòxics
  - 3.2.4 Exemple, anàlisi
  - 3.2.5 Exemple, sensors



**Sandia  
National  
Laboratories**

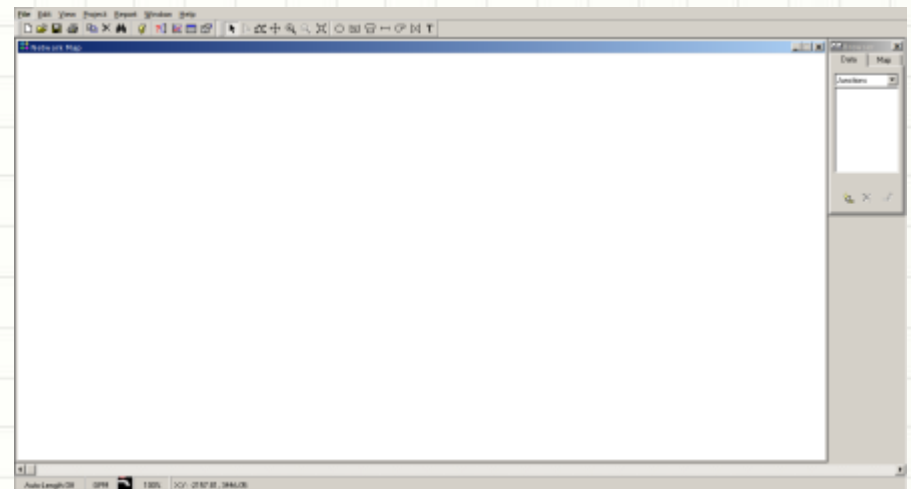
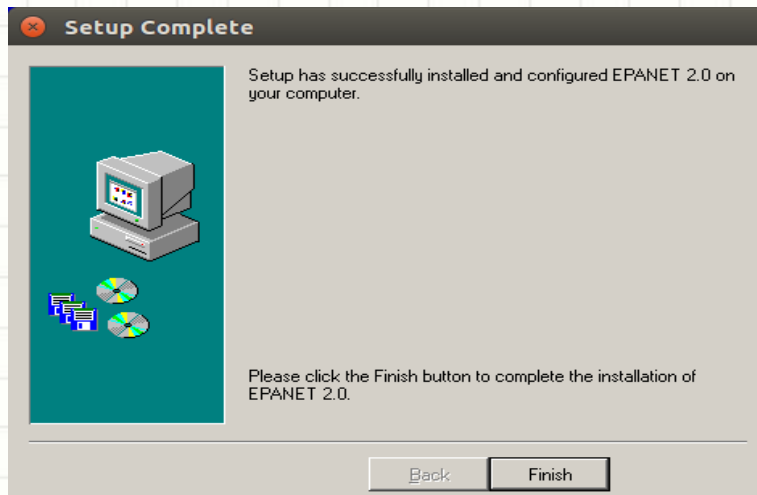
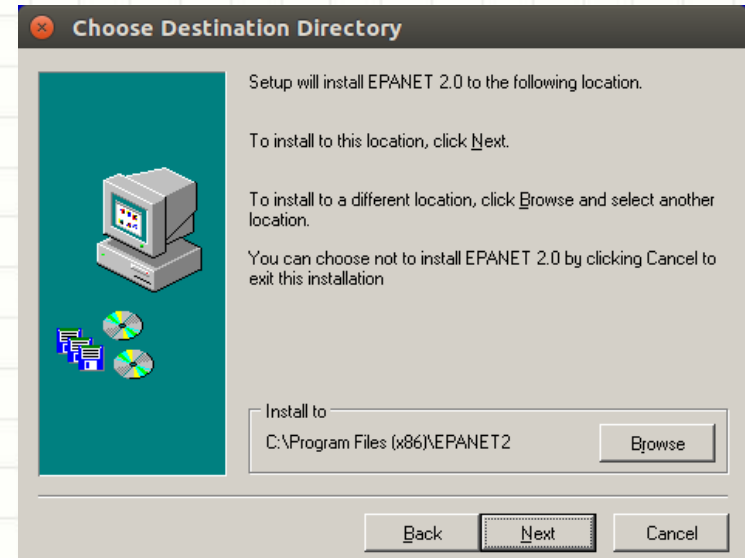
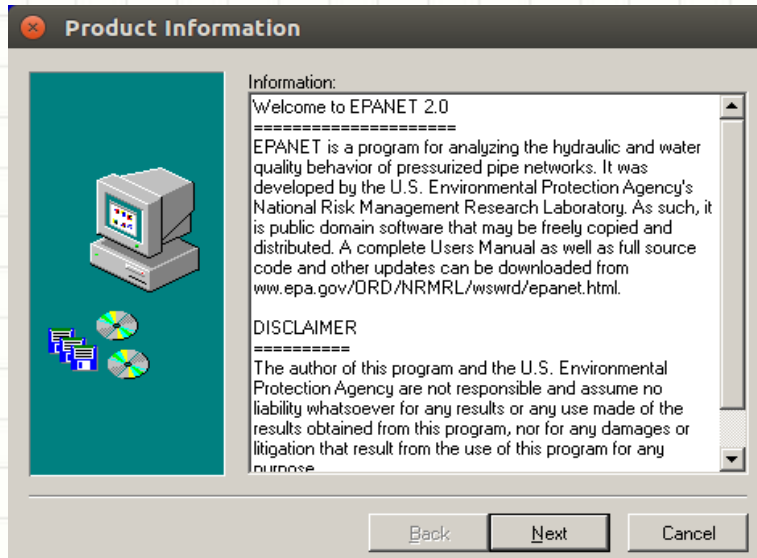
# Versió final (11/05/2018)

## 4. Treball futur (ACRA & TEVA-SPOT)

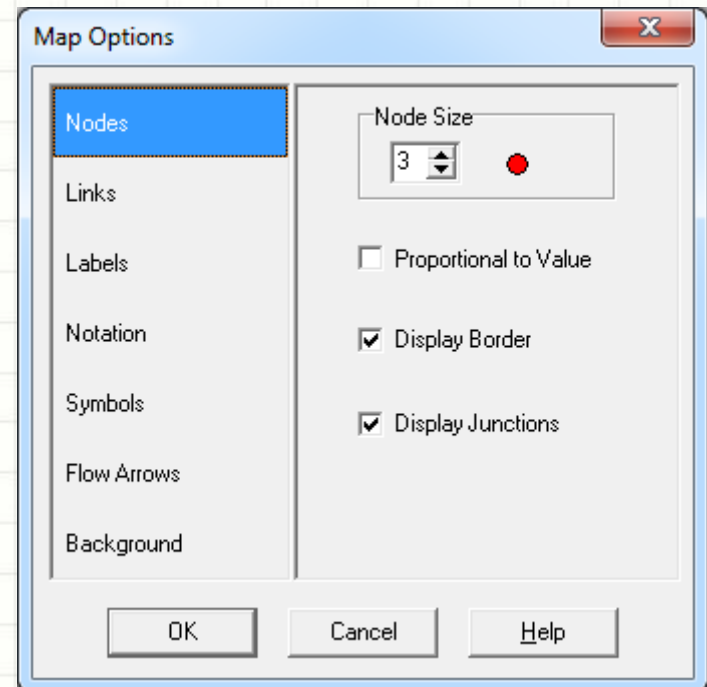
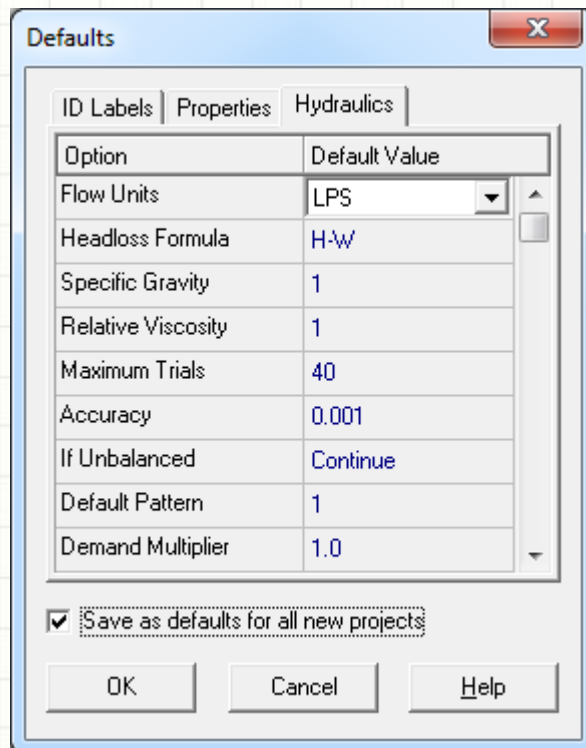
## 3.1 EPANET



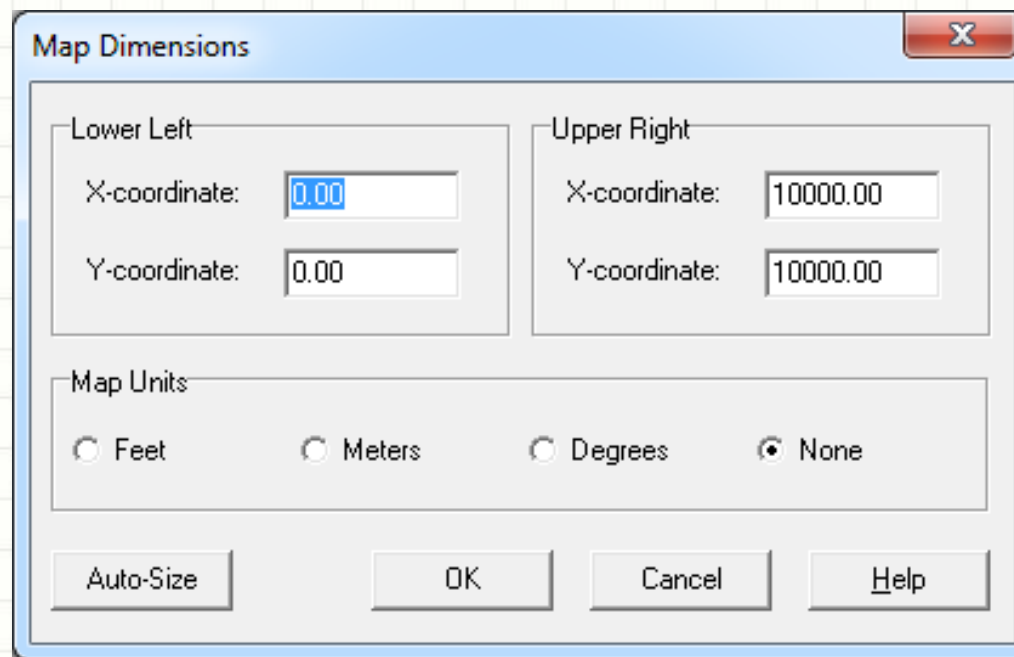
# 3.1.1 Instal·lació



## 3.1.2 Configuració de l'entorn



## 3.1.2 Configuració de l'entorn



The image shows a 'Map Dimensions' dialog box with a light blue title bar and a red close button. It contains two main sections: 'Lower Left' and 'Upper Right', each with 'X-coordinate' and 'Y-coordinate' input fields. The 'Lower Left' X-coordinate is highlighted with a blue selection box. Below these is a 'Map Units' section with four radio buttons: 'Feet', 'Meters', 'Degrees', and 'None'. The 'None' option is selected. At the bottom are four buttons: 'Auto-Size', 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Section	Field	Value
Lower Left	X-coordinate	0.00
	Y-coordinate	0.00
Upper Right	X-coordinate	10000.00
	Y-coordinate	10000.00

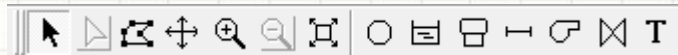
Map Units:

- ☐ Feet
- ☐ Meters
- ☐ Degrees
- ☒ None

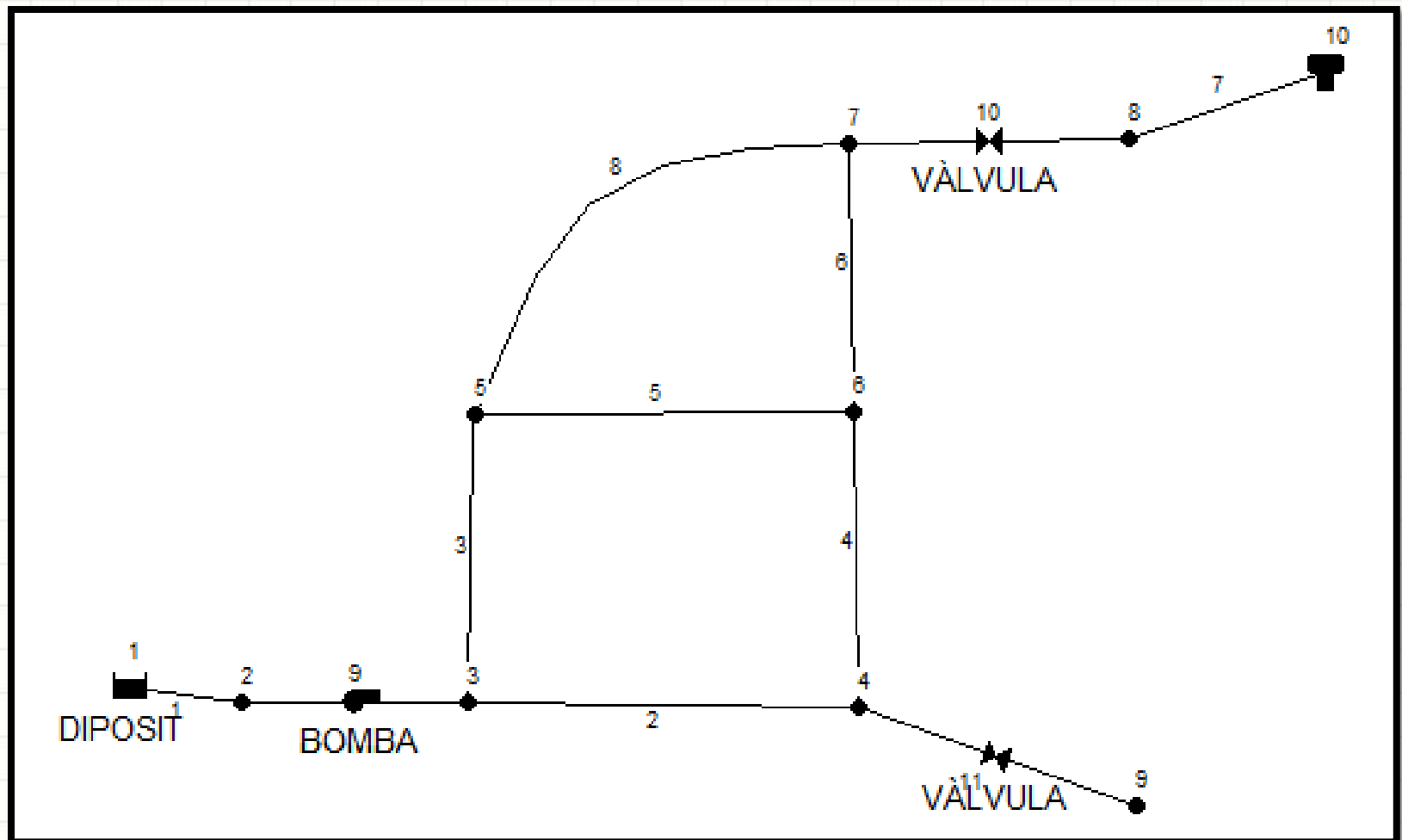
Buttons: Auto-Size, OK, Cancel, Help



### 3.1.3 Creació d'una nova xarxa



### 3.1.3 Creació d'una nova xarxa



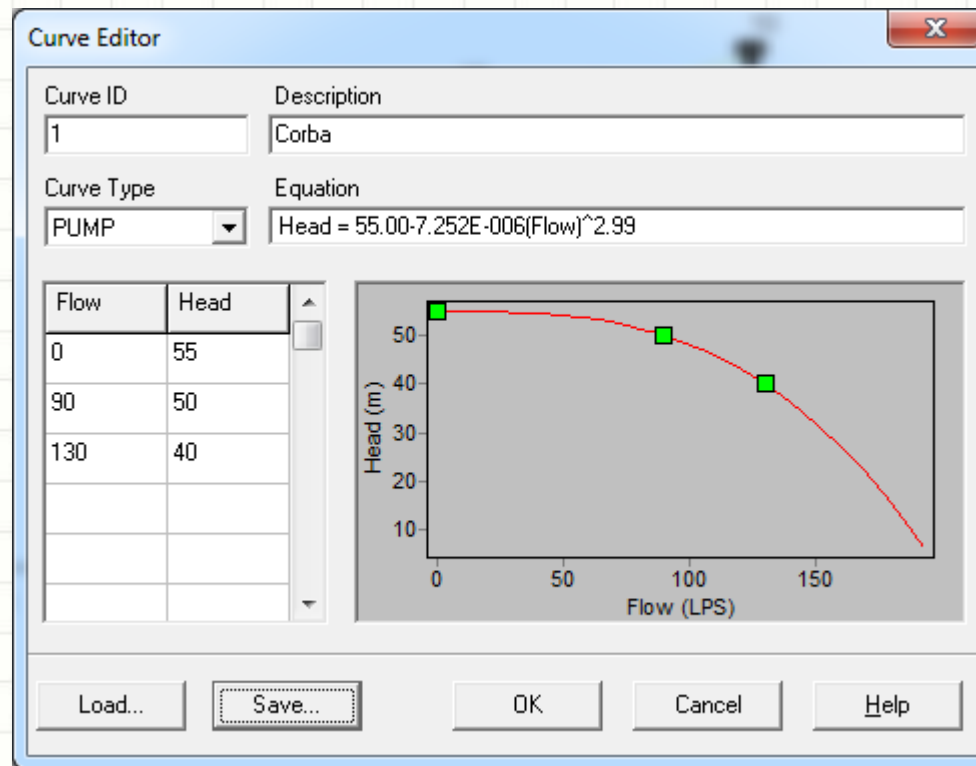
## 3.1.3 Creació d'una nova xarxa

Property	Value
*Reservoir ID	1
X-Coordinate	-3550.85
Y-Coordinate	5220.34
Description	
Tag	
*Total Head	0.5
Head Pattern	
Initial Quality	
Source Quality	
Net Inflow	#N/A
Elevation	#N/A
Pressure	#N/A
Quality	#N/A

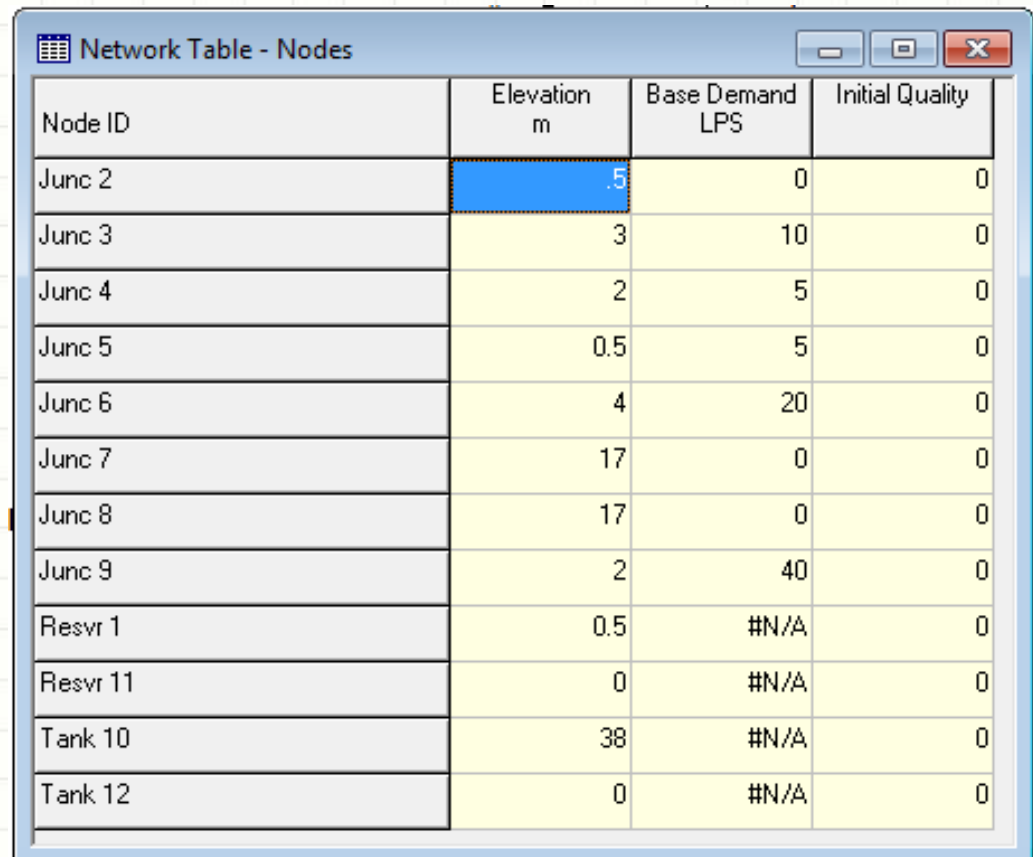
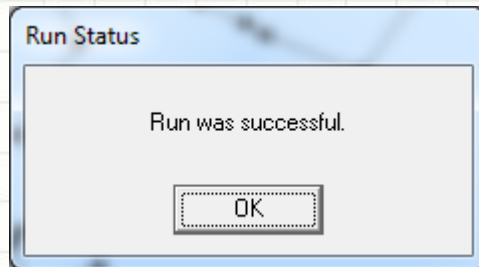
Property	Value
*Tank ID	10
X-Coordinate	4703.39
Y-Coordinate	9457.63
Description	
Tag	
*Elevation	38
*Initial Level	5.25
*Minimum Level	2
*Maximum Level	7
*Diameter	20
Minimum Volume	
Volume Curve	
Mixing Model	Mixed
Mixing Fraction	
Reaction Coeff.	
Initial Quality	
Source Quality	
Net Inflow	#N/A
Elevation	#N/A
Pressure	#N/A
Quality	#N/A

Property	Value
*Pump ID	7
*Start Node	2
*End Node	3
Description	
Tag	
Pump Curve	
Power	
Speed	
Pattern	
Initial Status	Open
Effic. Curve	1
Energy Price	
Price Pattern	
Flow	#N/A
Headloss	#N/A
Quality	#N/A
Status	#N/A

## 3.1.3 Creació d'una nova xarxa



## 3.1.3 Creació d'una nova xarxa



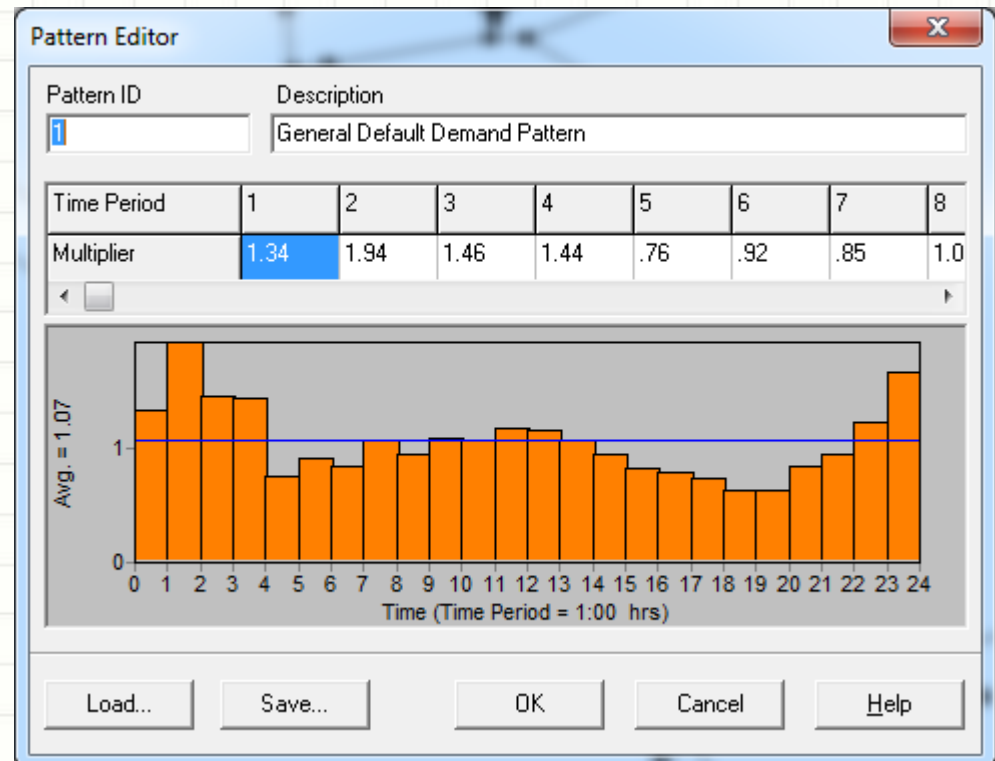
A window titled "Network Table - Nodes" with a blue header and standard window controls (minimize, maximize, close). It contains a table with 4 columns: Node ID, Elevation m, Base Demand LPS, and Initial Quality. The table has 14 rows of data. The first row (Junc 2) has a blue highlight on the Elevation cell. The remaining rows have a yellow highlight on the Base Demand and Initial Quality cells.

Node ID	Elevation m	Base Demand LPS	Initial Quality
Junc 2	.5	0	0
Junc 3	3	10	0
Junc 4	2	5	0
Junc 5	0.5	5	0
Junc 6	4	20	0
Junc 7	17	0	0
Junc 8	17	0	0
Junc 9	2	40	0
Resvr 1	0.5	#N/A	0
Resvr 11	0	#N/A	0
Tank 10	38	#N/A	0
Tank 12	0	#N/A	0

## 3.1.4 Creació d'una nova xarxa, variació en el temps

**Times Options**

Property	Hrs:Min
Total Duration	72
Hydraulic Time Step	1:00
Quality Time Step	0:05
Pattern Time Step	1:00
Pattern Start Time	0:00
Reporting Time Step	1
Report Start Time	0:00
Clock Start Time	12 am
Statistic	None





## 3.1.4 Creació d'una nova xarxa, variació en el temps

**Junction 101**

Property	Value
*Junction ID	101
X-Coordinate	13.81
Y-Coordinate	22.94
Description	
Tag	
*Elevation	42
Base Demand	189.95
Demand Pattern	1
Demand Categories	1
Emitter Coeff.	
Initial Quality	
Source Quality	
Actual Demand	254.53
Total Head	145.52
Pressure	44.86
Quality	0.00

**Defaults**

ID Labels | Properties | **Hydraulics**

Option	Default Value
Specific Gravity	1
Relative Viscosity	1
Maximum Trials	40
Accuracy	0.001
If Unbalanced	Continue
Default Pattern	1
Demand Multiplier	1.0
Emitter Exponent	0.5
Status Report	No

☐ Save as defaults for all new projects

OK Cancel Help

# 3.1.5 Creació d'una nova xarxa, resultats

EPANET 2 - Net3.net - [Network Table - Nodes at 0:00 Hrs]

Node ID	Demand GPM	Head ft	Pressure psi	Trace Lake percent
Junc 10	0.00	145.52	-0.64	0.00
Junc 15	620.00	125.81	40.65	0.00
Junc 20	0.00	158.00	12.57	0.00
Junc 35	1637.00	145.74	57.73	0.00
Junc 40	0.00	145.00	5.68	0.00
Junc 50	0.00	140.00	10.18	0.00
Junc 60	0.00	209.01	90.56	0.00
Junc 601	0.00	302.45	131.05	0.00
Junc 61	0.00	302.45	131.05	0.00
Junc 101	254.53	145.52	44.86	0.00
Junc 103	178.49	145.49	44.41	0.00
Junc 105	181.40	146.83	51.27	0.00
Junc 107	73.22	146.82	54.09	0.00
Junc 109	310.08	145.49	54.25	0.00
Junc 111	190.20	146.11	58.98	0.00
Junc 113	26.81			
Junc 115	69.81			
Junc 117	157.73			
Junc 119	236.01			
Junc 120	0.00			
Junc 121	55.78			
Junc 123	0.00			
Junc 125	61.10			

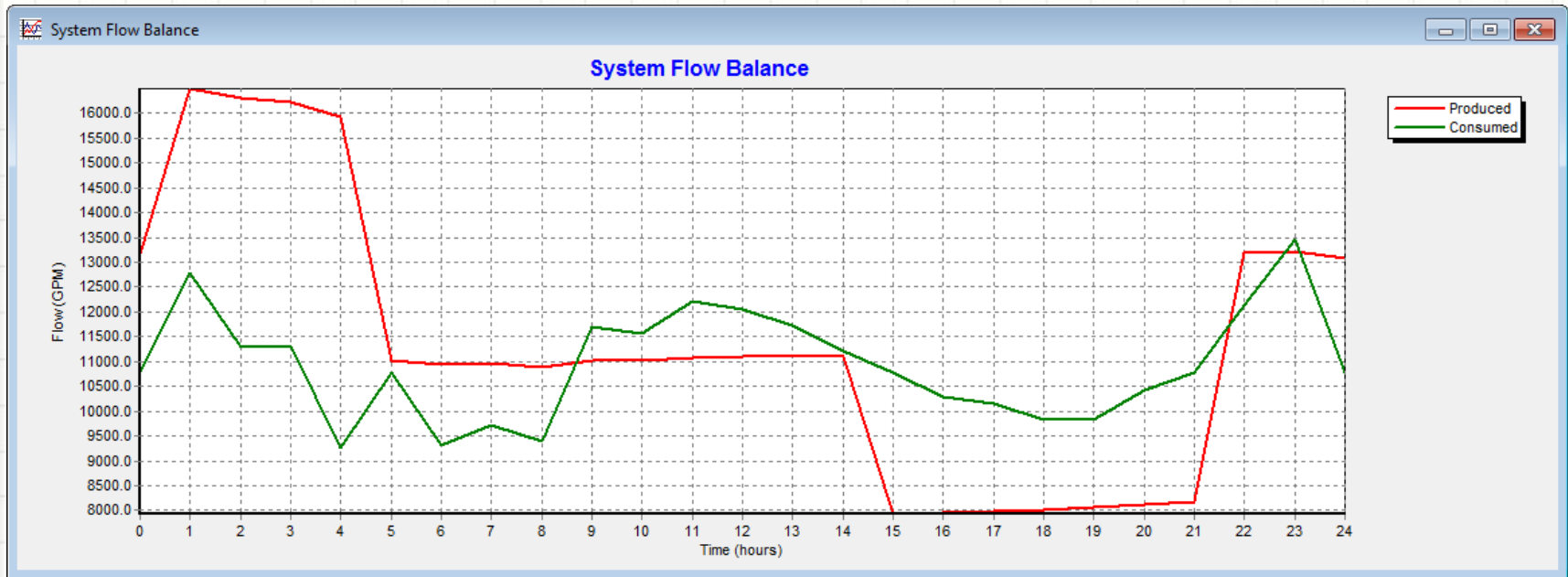
Auto-Length Off GPM 100% XY: 2

Energy Report

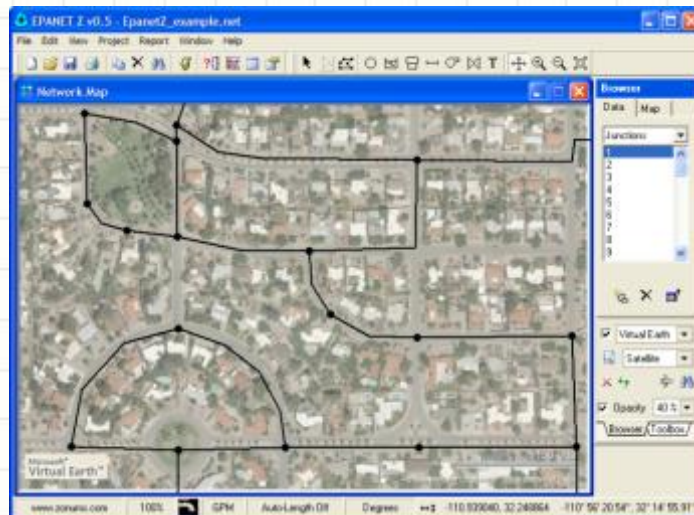
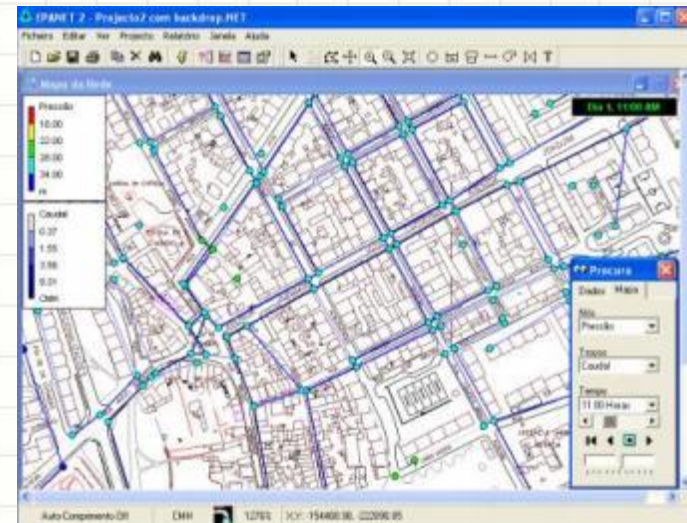
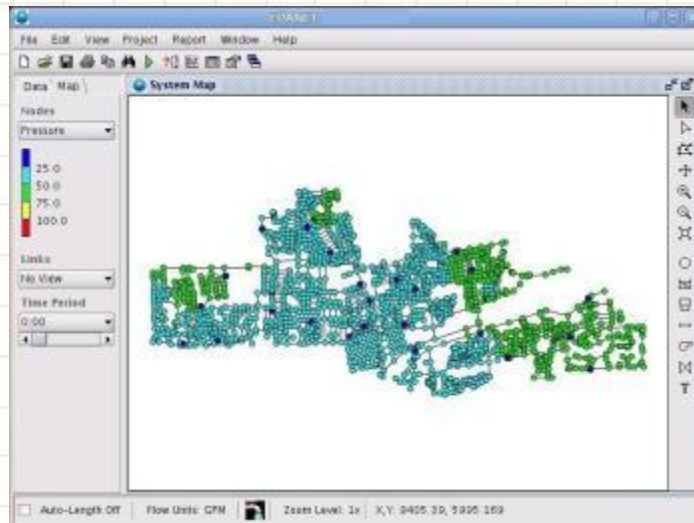
Table | Chart

Pump	Percent Utilization	Average Efficiency	Kw-hr /Mgal	Average Kwatts	Peak Kwatts	Cost /day
10	58.33	75.00	313.57	62.06	62.76	0.00
335	28.74	75.00	394.08	309.38	310.79	0.00
Total Cost						0.00
Demand Charge						0.00

## 3.1.5 Creació d'una nova xarxa, resultats



## 3.1.6 Autres exemples



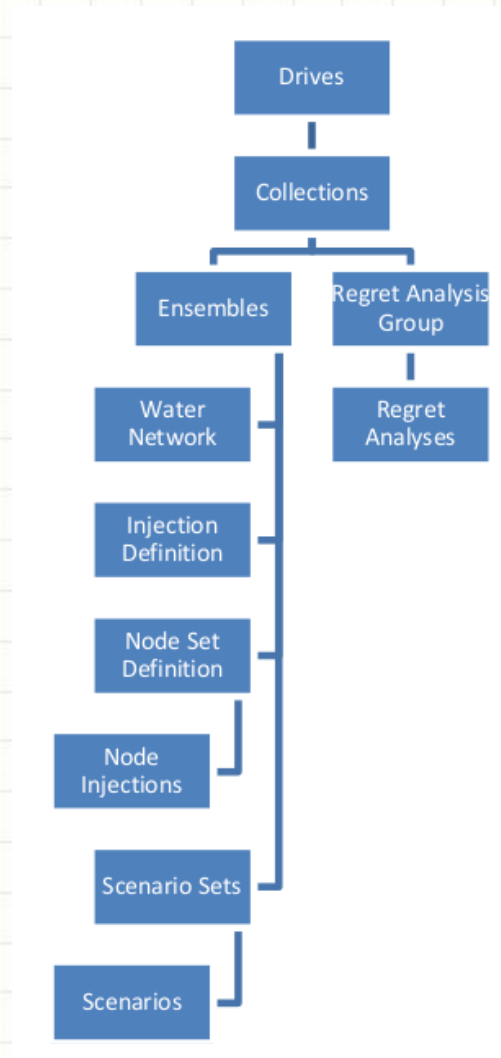
## 3.2 TEVA-SPOT



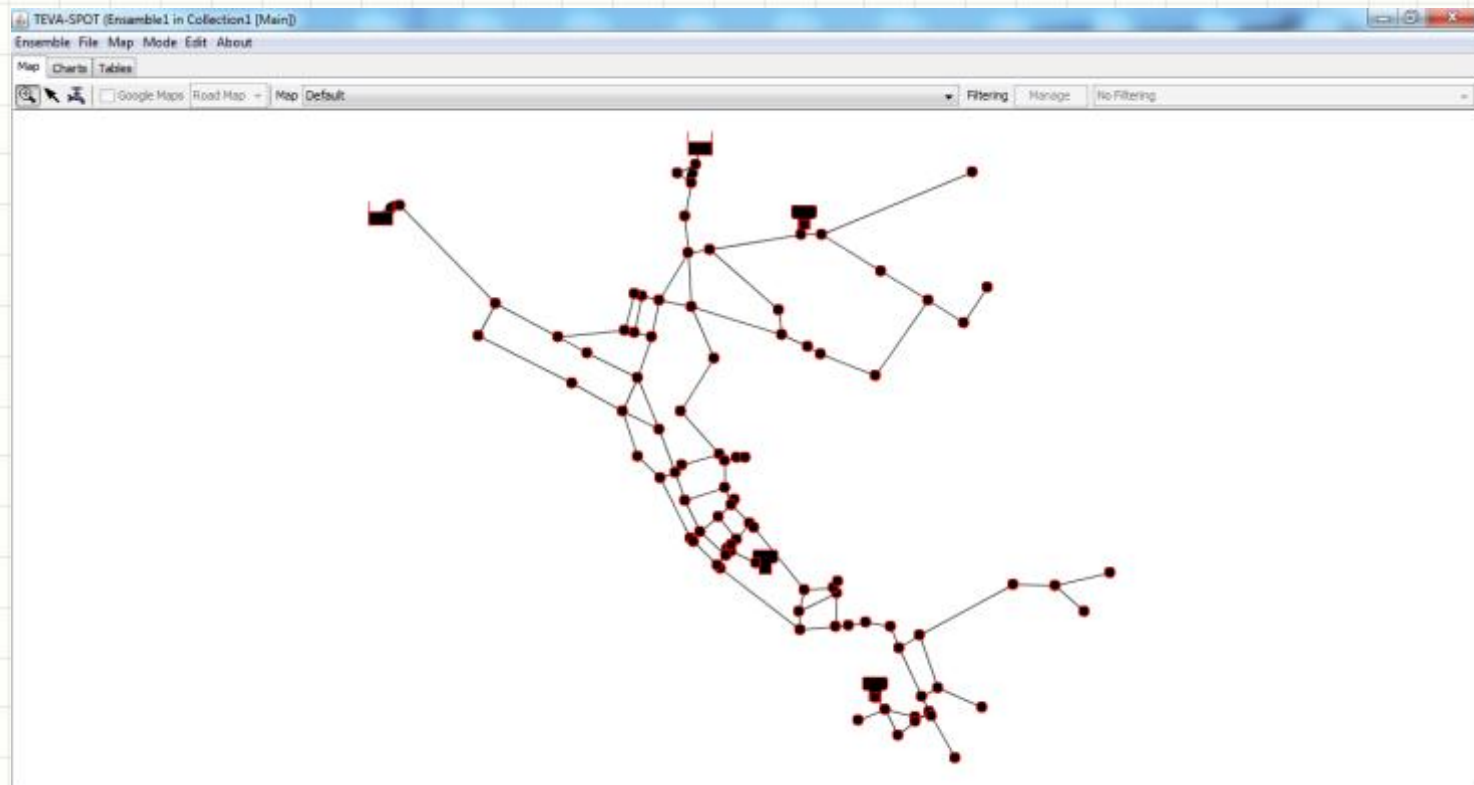
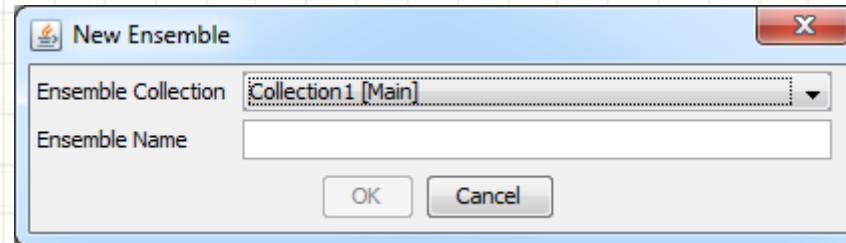
**Sandia  
National  
Laboratories**



## 3.2.1 Estructura de dades

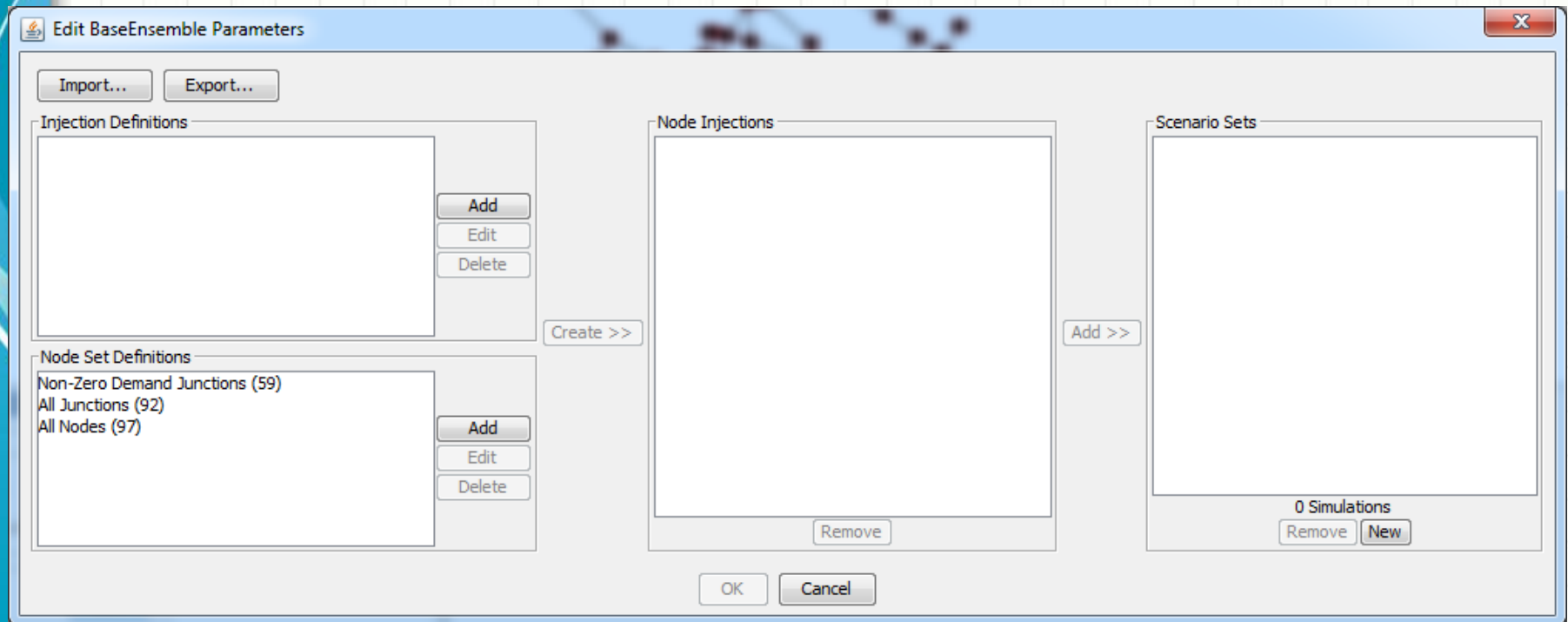


## 3.2.2 Exemple, escenari

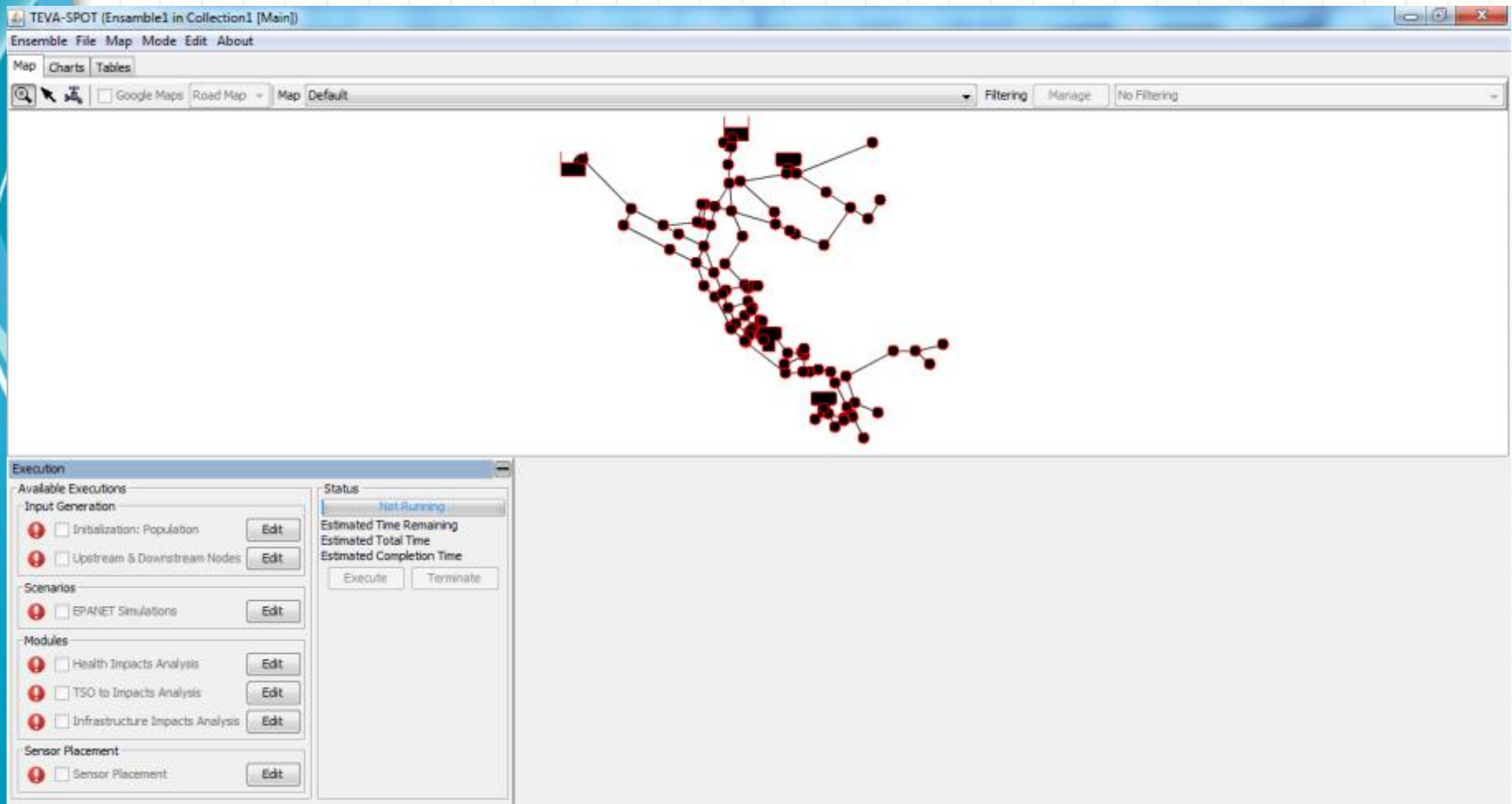




## 3.2.2 Exemple, escenari



## 3.2.2 Example



## 3.2.3 Exemple, injecció de tòxics

**Injection Definition**

Injection Definition

Name: toxic

Mass Injection Rate (mg/min): 0.833

Concentration Zero Threshold (mg/L):

WQ Tolerance (mg/L):

Start Time: 0 hours

Stop Time: 1 hours

Description:

OK Cancel

Import... Export...

Injection Definitions

Toxic

Add Edit Delete

Node Set Definitions

Non-Zero Demand Junctions (59)

All Junctions (92)

All Nodes (97)

Add Edit Delete

Create >>

Node Injections

Injection: Toxic / Nodes: All Nodes (97)

Remove

Add >>

Scenario Sets

Scenario Set

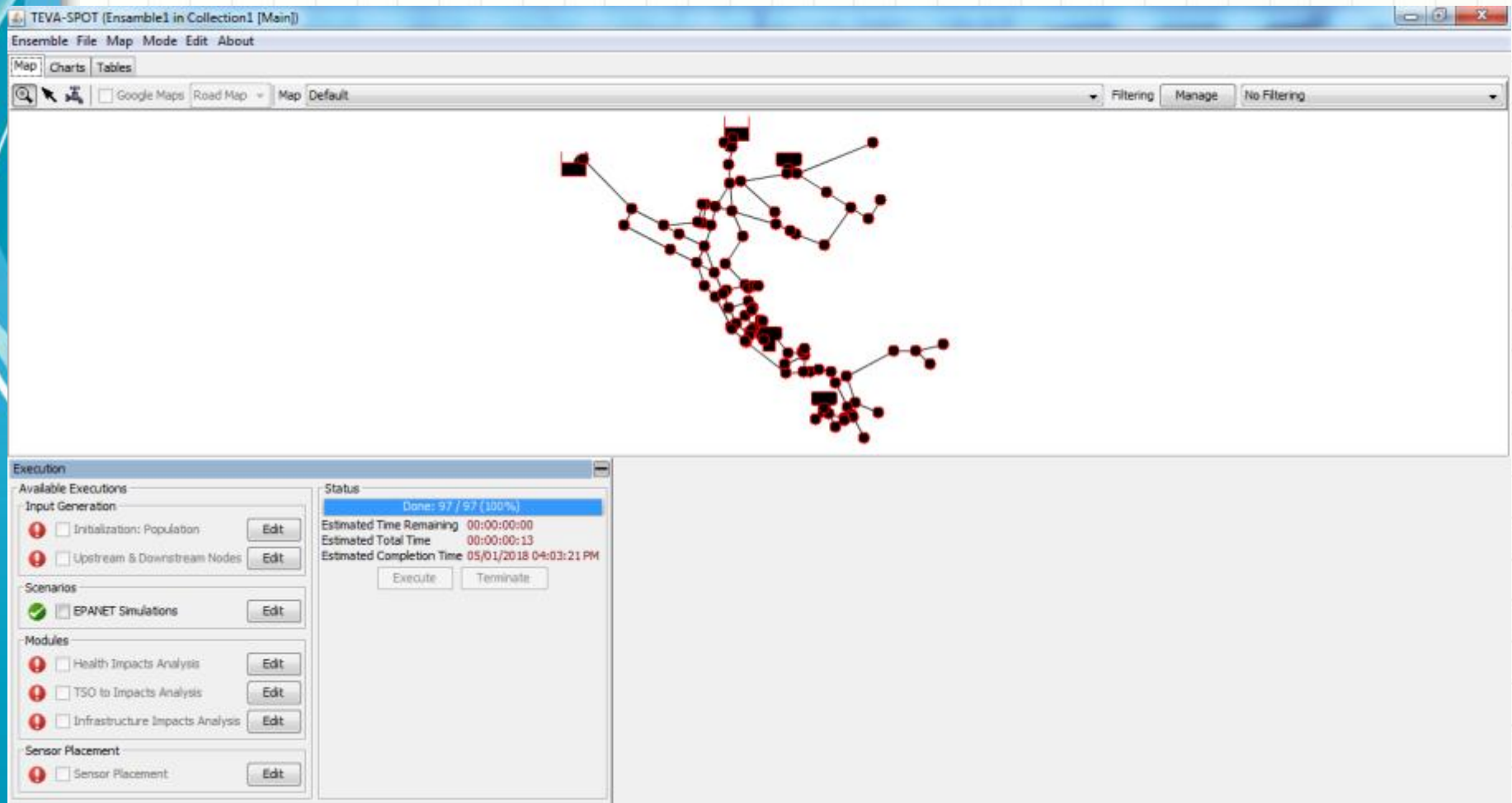
Injection: Toxic / Nodes: All Nodes (97)

97 Simulations

Remove New

OK Cancel

## 3.2.3 Example



## 3.2.4 Exemple, anàlisi

**Edit Health Impacts Analysis Parameters**

Contaminant  
Name  Type Select a contaminant type

**Ingestion** Inhalation - Showering Inhalation - Humidifier

☐ Calculate Ingestion ☒ Calculate Dose-Response

**Dose Calculation Parameters**  
Dose Calculation Method    
Ingestion Timing Model    
Ingestion Volume Model

**Threshholds**  
Dose     
Response

**Relative Contribution**  
☐ Include Relative Contribution Analysis  
Dose Thresholds     
Bins Num  
Relative Contribution

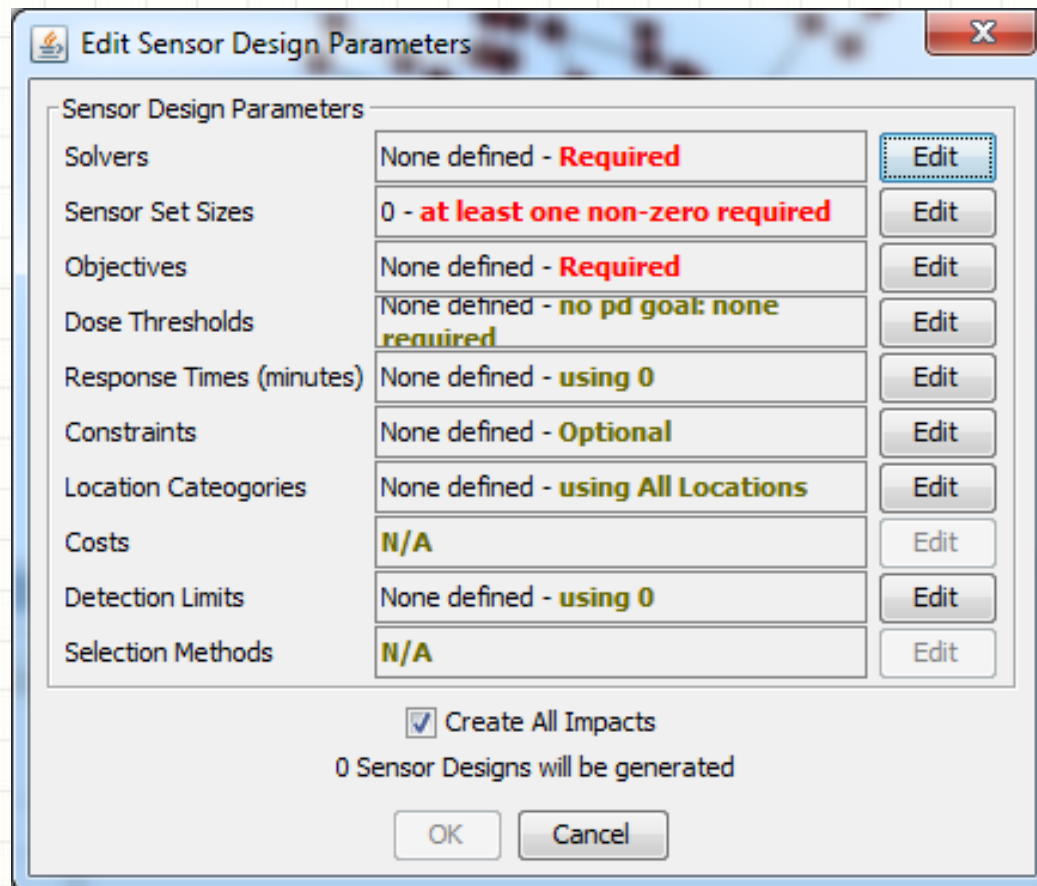
**Dose Response Method**  
Dose-Response calculation method    
LD50 / ID50    
Beta

**Disease Progression Parameters**  
Latency Time (hrs)    
Fatality Time (hrs)    
Fatality Rate

**Worst-case Results**  
Number of worst-case fatality scenarios to save    
Number of worst-case dosage scenarios to save

☐ Use one server per node

## 3.2.5 Exemple, sensors



**Edit Sensor Design Parameters**

Sensor Design Parameters		
Solvers	None defined - <b>Required</b>	<b>Edit</b>
Sensor Set Sizes	0 - <b>at least one non-zero required</b>	<b>Edit</b>
Objectives	None defined - <b>Required</b>	<b>Edit</b>
Dose Thresholds	None defined - <b>no pd goal: none required</b>	<b>Edit</b>
Response Times (minutes)	None defined - <b>using 0</b>	<b>Edit</b>
Constraints	None defined - <b>Optional</b>	<b>Edit</b>
Location Categories	None defined - <b>using All Locations</b>	<b>Edit</b>
Costs	<b>N/A</b>	<b>Edit</b>
Detection Limits	None defined - <b>using 0</b>	<b>Edit</b>
Selection Methods	<b>N/A</b>	<b>Edit</b>

☒ Create All Impacts

0 Sensor Designs will be generated

**OK** **Cancel**

## 4. Treball futur

Investigar i adaptar el codi TEVA-SPOT a les necessitats del projecte.



## 4. Treball futur, Acra



Conjunt de llibreries d'optimització i solvers que han estat desenvolupats per a problemes científics i d'enginyeria a gran escala.

Acro inclou optimitzadors individuals així com frameworks d'optimització que proporcionen interfícies per a una utilització simple i flexible.

Molts dels solvers que incorpora Acro poden ser executats en paral·lel per resoldre problemes d'optimització més ràpid.

# 4. Treball futur, adaptació

Descarregar el codi.

## 1. Obtenir Acra.

```
$ svn checkout -q https://software.sandia.gov/svn/public/acro/acro-pico/trunk acro-pico
```

## 2. Adaptació del codi

## 3. Configurar i construir acro

```
$ cd acro-pico
```

```
$ ./setup
```

```
$ autoreconf -i -f
```

```
$ ./configure make
```

# 4. Treball futur, adaptació

Descarregar el codi.

## 1. Obtenir TEVA-SPOT.

```
$ svn checkout -q https://software.sandia.gov/svn/teva/spot/spot/trunk spot
```

## 2. Adaptació del codi

## 3. Configurar i construir TEVA-SPOT

```
$ cd spot
```

```
$ ./setup
```

```
$ autoreconf -i -f
```

```
$ ./configure make
```

<https://software.sandia.gov/trac/spot/wiki/Example/Building/linux>



Gràcies!

Preguntes?