

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS

GRUPO GIR-TADRUS

TECNOLOGÍAS AVANZADAS PARA EL DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE



Uva

Tecnologías  
Avanzadas  
Desarrollo  
Rural  
Sostenible

# DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE CONTROLE PARA O MANEJO EFICIENTE DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS  
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

Avda. de Madrid 44, 34004 Palencia (ESPAÑA)

☎: +34-979-108360. 📠: +34-979-108302. Email: [lmnavas@iaf.uva.es](mailto:lmnavas@iaf.uva.es)

***Luis Manuel Navas Gracia***

**Dpto. Ingeniería Agrícola y Forestal  
ETS Ingenierías Agrarias  
Universidad de Valladolid  
Avda. de Madrid, 44  
34004-PALENCIA (ESPAÑA)**

**Tel.: +34 979 108 360**

**Fax: +34 979 108 302**

**E-mail: [lmnavas@iaf.uva.es](mailto:lmnavas@iaf.uva.es)**



***Luis Manuel Navas Gracia***

**Dpto. Ingeniería Agrícola y Forestal  
ETS Ingenierías Agrarias  
Universidad de Valladolid  
Avda. de Madrid, 44  
34004-PALENCIA (ESPAÑA)**



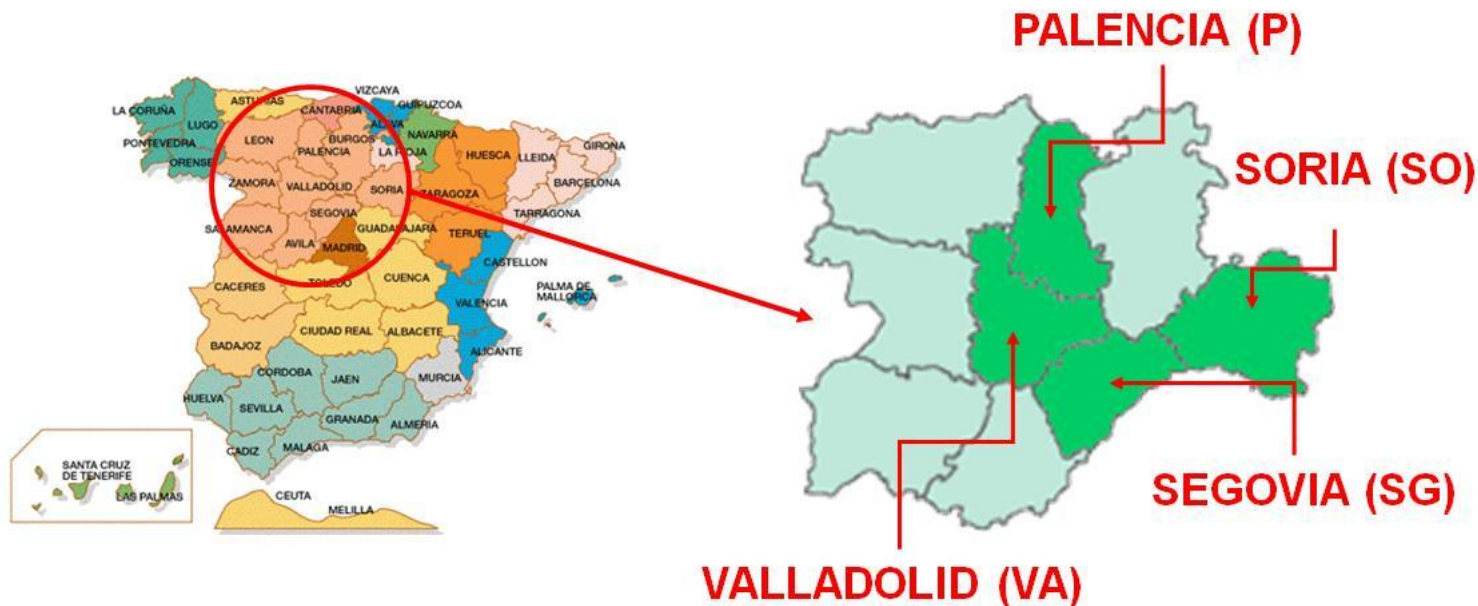
**UVa**

**Tecnologías  
Avanzadas  
Desarrollo  
RURAL  
Sostenible**

**Tel.: +34 979 108 360**

**Fax: +34 979 108 302**

**E-mail: [Imnavas@iaf.uva.es](mailto:Imnavas@iaf.uva.es)**





***Luis Manuel Navas Gracia***

**Dpto. Ingeniería Agrícola y Forestal  
ETS Ingenierías Agrarias  
Universidad de Valladolid  
Avda. de Madrid, 44  
34004-PALENCIA (ESPAÑA)**



**UVa**

**Tecnologías  
Avanzadas  
Desarrollo  
RURAL  
Sostenible**

**Tel.: +34 979 108 360**

**Fax: +34 979 108 302**

**E-mail: [lmnavas@iaf.uva.es](mailto:lmnavas@iaf.uva.es)**

**UNIVERSITATIS**

Primera Universidad de España



**PALENTINÆ**

VIII CENTENARIO DEL ESTUDIO GENERAL

**1212~2012**

***Luis Manuel Navas Gracia***

**Dpto. Ingeniería Agrícola y Forestal  
ETS Ingenierías Agrarias  
Universidad de Valladolid  
Avda. de Madrid, 44  
34004-PALENCIA (ESPAÑA)**



**UVa**

**Tecnologías  
Avanzadas  
Desarrollo  
RURAL  
Sostenible**

**Tel.: +34 979 108 360  
Fax: +34 979 108 302  
E-mail: [Imnavas@iaf.uva.es](mailto:Imnavas@iaf.uva.es)**



**REITORIA  
PALACIO DE SANTA CRUZ**

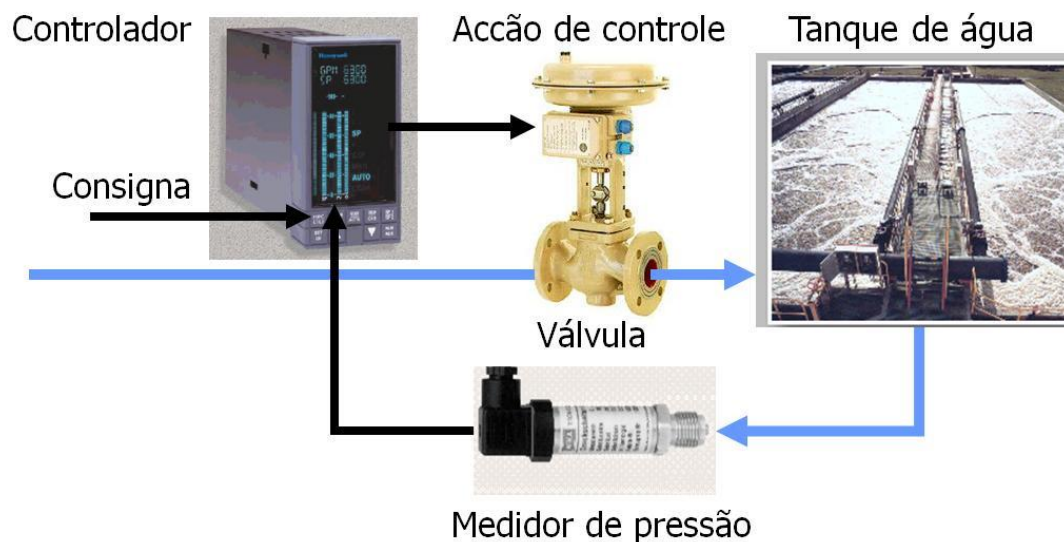


**PREDIO HISTÓRICO  
FACULTADE DE DEREITO**



# **SISTEMAS DE CONTROLE NA IRRIGAÇÃO**

# SISTEMA DE CONTROLE



## TRANSDUTORES

- **Parâmetros físicos:**
  - Nível de líquido e temperatura
  - Caudal, consumo total e pressão
- **Parâmetros químicos:**
  - pH, CE e eletrodos seletivos de íons
  - Turbidez, DQO e DBO

## ATUADORES

- Bombas
- Válvulas
- Solenoides
- Dosificadores

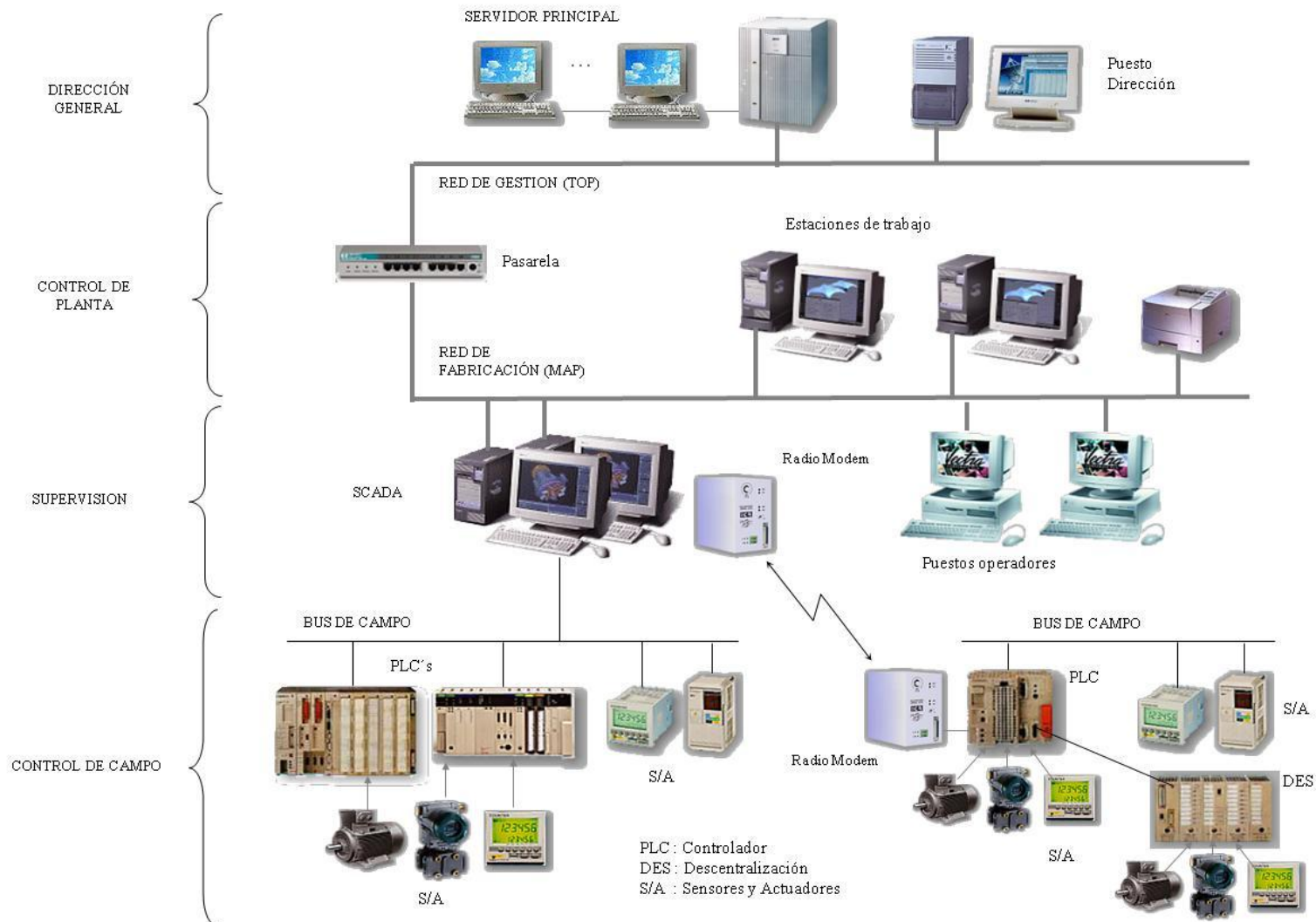


# TIPOS DE CONTROLADORES

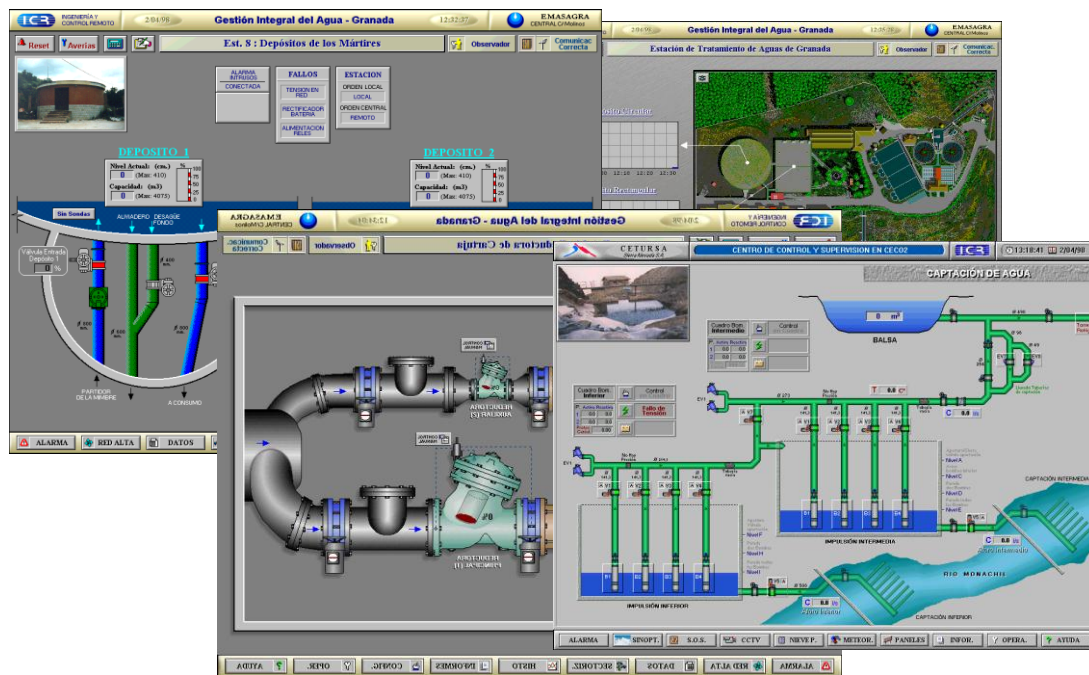




# SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO



# APLICAÇÕES SCADA



CONTROLE DE  
PROCESSOS

SINÓTICO

SUPERVISÃO  
VIA INTERNET

HISTÓRICOS

ALARMAS

RELATÓRIOS

MANUTENÇÃO  
PREVENTIVA





# **TELECONTROLE DA IRRIGAÇÃO PARA EXPLORAÇÕES INDIVIDUAIS**

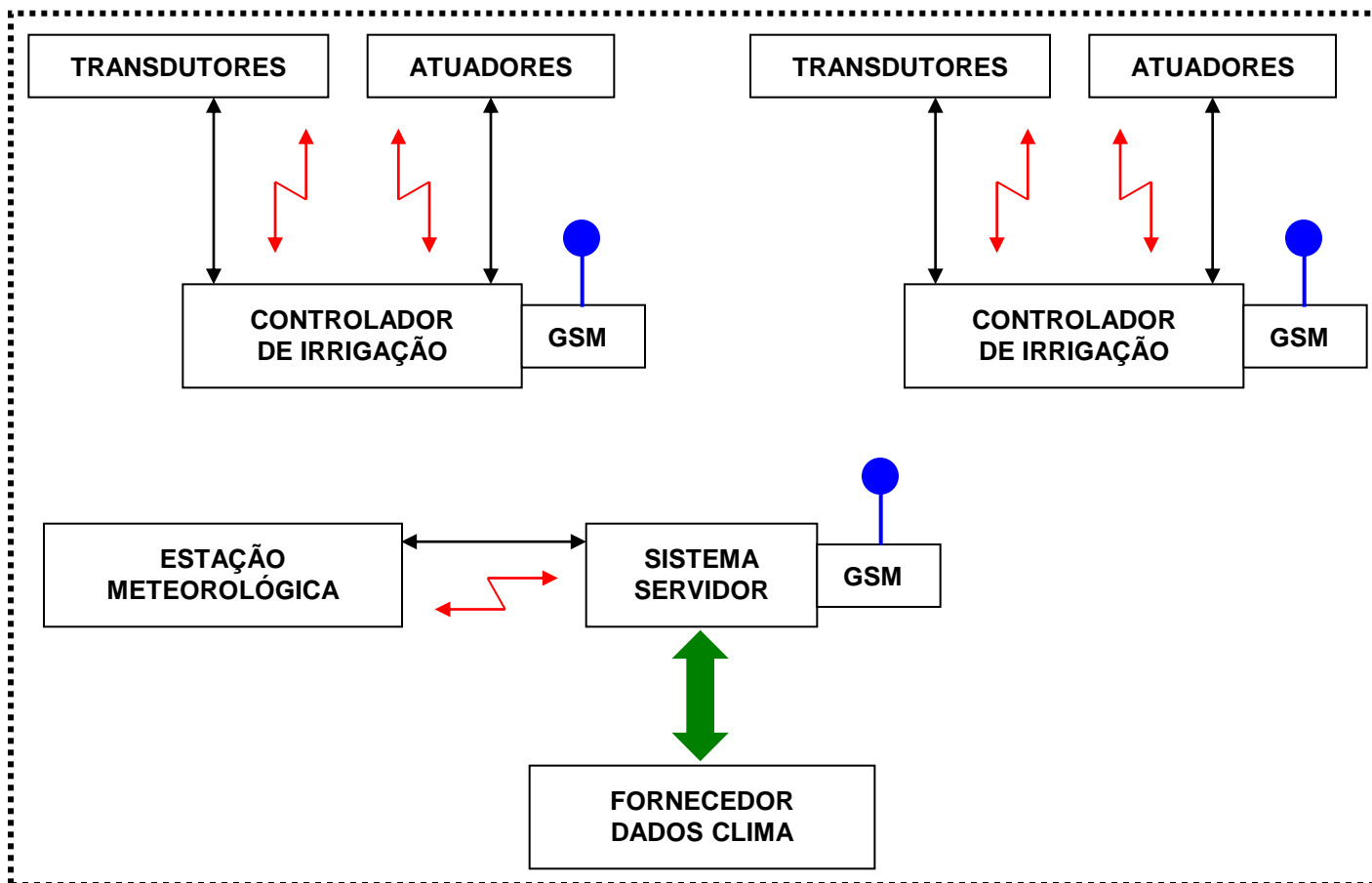


# IRRIGAÇÃO E TELECONTROLE

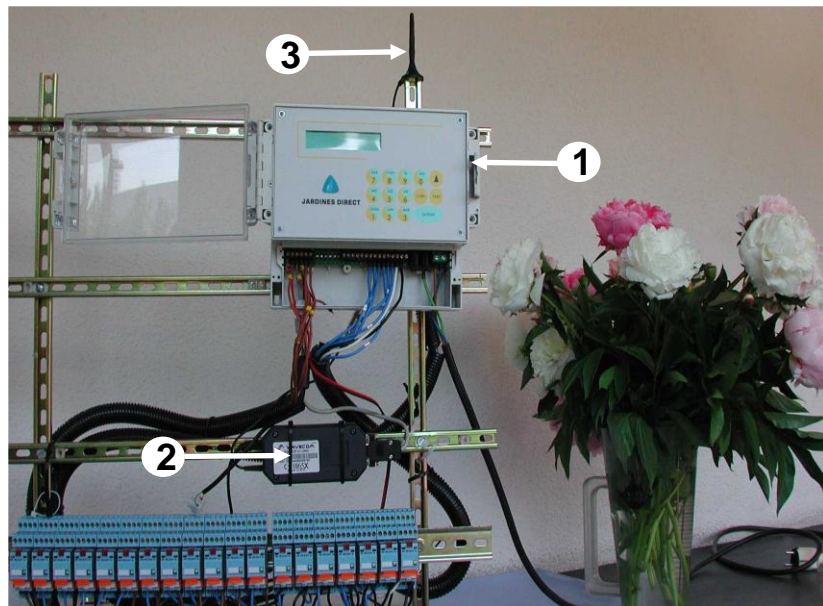
- O que é telecontrole?. Aplicações na agricultura → Irrigação
- Necessidades sociais:
  - Melhora da qualidade de vida do agricultor
  - Envelhecimento
  - Irrigação bem planejada
- Necessidades econômicas:
  - Melhor gestão da água
  - Maximização da produção
  - Melhor planejamento
  - Perímetros irrigados
- Condicionantes agronômicos e ambientais:
  - Escassez periódica de água
  - Elevado gasto de água utilizada na irrigação (80 %)
  - Uso de água de baixa qualidade e salinização dos solos
  - Uso de sistemas produtivos compatíveis com o meio ambiente



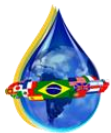
# ARQUITETURA



# COMPONENTES







# CARACTERÍSTICAS

## ■ Suporte físico:

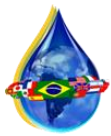
- Controladores remotos
- Estações meteorológicas
- Pluviômetros e caudalímetros auxiliares
- Módems GSM (protocolo baseado em comandos)

## ■ Suporte lógico:

- LabVIEW + Visual Basic + Access
- Módulos Gerais:
  - Cálculo de necessidades (ETP)
  - Teleassistências
  - Anomalias e Alarmes
  - Labores e informes

## ■ Programação diária (frequência e doses) de irrigação:

- Tipo e sistema de cultivo. Estado fenológico
- Hora do dia e época do ano
- Balanço hídrico do solo



# SISTEMA JD – SOFTWARE SCADA - I

**JARDINES DIRECT - [Datos de Usuario]**

Archivo Edición Ver Insertar Formato Registros Herramientas Ventana 2

Usuario: **Parque de Cataluña** 617330087 **Gestores de Alarmas**

Teleasistencia Alarmas Avisos Usuario Control Jardineros Mensajes Enviados Mensajes Recibidos Estaciones Clima  
Usuarios Configuración Controlador Informes Sectores Programación Remota Programación Local Acumulados

Código de cliente ..... 28100/01/000001  
N.I.F. .... 38541254K  
Modem del controlador ..... 617330087  
Nombre y apellidos ..... Parque de Cataluña  
Domicilio ..... Alcobendas  
Localidad ..... Alcobendas  
Provincia ..... Madrid  
Código postal ..... 28100  
Teléfono ..... 916623937  
Fax .....  
Correo electrónico ..... alcobendas@alcobendas.org  
Tipo de contrato ..... CB + AL + CJ  
Gestor de Alarmas .....  
Latitud ..... 40°25'N  
Longitud ..... 3°45'O  
Altitud ..... 650

Calculando ... NUM

**JARDINES DIRECT - [Datos de Usuario]**

Archivo Edición Ver Insertar Formato Registros Herramientas Ventana 2

Usuario: **Parque de Cataluña** 617330087 **Gestores de Alarmas**

Teleasistencia Alarmas Avisos Usuario Control Jardineros Mensajes Enviados Mensajes Recibidos Estaciones Clima  
Usuarios Configuración Controlador Informes Sectores Programación Remota Programación Local Acumulados

Fecha de alta ..... 4-dic-01  
Teléfono del centro de mensajería ..... 607 003 112  
Teléfono de envío de mensajes en la central ..... 670 447 854  
Teléfono de recepción de mensajes en la central ..... 600 807 652  
Fecha de alta de la tarjeta ..... 01-dic-01  
Modelo del controlador ..... P18  
Número de serie del controlador .....  
Fecha de la última comunicación de estado ..... 25-mar-02  
Días que deben transcurrir entre comunicaciones de estado ..... 5  
El controlador está arancado ..... ☒  
Fecha de la última configuración desde la central ..... 08-mar-02  
Modo de programación remota activado ..... ☒  
Fecha del último paso a modo de programación local del controlador .....  
Días de permanencia permitida en el modo de programación local ..... 5  
El Controlador actúa como estación para precipitación (tiene pluviómetro) ..... ☐  
Estación meteorológica para clima y ETP del jardín ..... Fitotecnía  
Estación o Modem para la precipitación del jardín ..... Jardín Cándido Crespo  
El Controlador envía acumulados de riego (si no se calcula desde la Central) ..... ☒  
**Avanzar / Parar**

Fecha de alta, a partir de la cual se inicia la prestación de los servicios contratados. NUM

**JARDINES DIRECT - [Datos de Usuario]**

Archivo Edición Ver Insertar Formato Registros Herramientas Ventana 2

Usuario: **Parque de Cataluña** 617330087 **Gestores de Alarmas**

Teleasistencia Alarmas Avisos Usuario Control Jardineros Mensajes Enviados Mensajes Recibidos Estaciones Clima  
Usuarios Configuración Controlador Informes Sectores Programación Remota Programación Local Acumulados

Nº de pulsos máximo en pluviómetro (mensaje a central y paro del riego) ..... 10  
Tipo de contrato ..... 3  
Días que deben transcurrir entre comunicaciones de estado ..... 5  
Código de acceso para el usuario ..... 000 000  
Hora de envío de acumulados pluviómetro y códigos jardinería a la central ..... 0  
Teléfono del centro de mensajería ..... 607 003 112  
Teléfono de envío de mensajes en la central ..... 670 447 854  
Teléfono de recepción de mensajes en la central ..... 600 807 652  
PIN del módem ..... 0000  
Código de acceso para el instalador ..... 0000  
Proteger los parámetros de programas ..... ☐  
Proteger los parámetros de fertilizante ..... ☐  
Proteger los parámetros de sector ..... ☐  
Proteger los parámetros de reloj ..... ☐  
Notificar a la central que la entrada IL está activada ..... ☐  
Notificar a la central el corte eléctrico ..... ☒  
Notificar a la central las averías de caudal ..... ☒  
Notificar a la central el resto de anomalías ..... ☒  
Paro de reloj cuando se produce corte eléctrico ..... ☐  
**Enviar Configuración Solicitar Configuración Programar Reloj**

El controlador tiene fertilizante. NUM

**JARDINES DIRECT - [Datos de Usuario]**

Archivo Edición Ver Insertar Formato Registros Herramientas Ventana 2

Usuario: **Parque de Cataluña** 617330087 **Gestores de Alarmas**

Teleasistencia Alarmas Avisos Usuario Control Jardineros Mensajes Enviados Mensajes Recibidos Estaciones Clima  
Usuarios Configuración Controlador Informes Sectores Programación Remota Programación Local Acumulados

Emitir informes para este usuario ..... ☒  
Informe de Configuración de Sectores ..... ☒  
Informe de Mensajes Gestionados ..... ☒  
Informe de Acumulados de Riego ..... ☒  
Informe de Programación Remota ..... ☒  
Informe de Gestión de Alarmas ..... ☒  
Informe de Teleasistencias ..... ☒  
Informe de Mensajes de Usuario ..... ☒  
Informe de Mensajes de Jardinería ..... ☒  
Periodo entre dos informes sucesivos ..... 31  
Fecha inicial para el informe en curso ..... 01-mar-03  
Fecha final para el informe en curso ..... 01-abr-03  
Tipo de contrato ..... CB + AL + CJ  
Correo electrónico ..... alcobendas@alcobendas.org  
**Emitir Informe Pasar Periodo Informe a todos**

Periodicidad en días para el envío de informes. NUM

# SISTEMA JD – SOFTWARE SCADA - II

JARDINES DIRECT - [Datos de Usuario]

Configuración del sector 1 del Controlador 617330087

Usuario: Parque de Cataluña

Definición | Planilla de riego | Configuración Riego

Telesistencia | A | Usuarios | Configu

Estaciones Clima | Acumulados

Sector

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

Definición

Planilla de riego

Configuración Riego

Tipo de sector: Riego

Nombre: Talud 1

Descripción: Aromáticas y tapizantes

Enviar configuración Sectores | Solicitar configuración Sectores | Reset Programas riego

Breve descripción de las instalaciones existentes.

FILT | NUM

JARDINES DIRECT - [Datos de Usuario]

Configuración del sector 1 del Controlador 617330087

Usuario: Parque de Cataluña

Definición | Planilla de riego | Configuración Riego

Telesistencia | A | Usuarios | Configu

Estaciones Clima | Acumulados

Sector

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

Definición

Planilla de riego

Configuración Riego

Horario

| Horario           | Porcentaje | Activación | Sector / Hora de inicio |
|-------------------|------------|------------|-------------------------|
| Madrugada (00-06) | 100        | Horario    | 3:00                    |
| Mañana (06-12)    | 0          | Horario    | 6:00                    |
| Tarde (12-18)     | 0          | Horario    | 12:00                   |
| Noche (18-24)     | 0          | Horario    | 18:00                   |

Enviar configuración Sectores | Solicitar configuración Sectores | Reset Programas riego

Modo de activación del sector "Secuencial" o por "Horario".

FILT | NUM

JARDINES DIRECT - [Datos de Usuario]

Configuración del sector 1 del Controlador 617330087

Usuario: Parque de Cataluña

Definición | Planilla de riego | Configuración Riego

Telesistencia | A | Usuarios | Configu

Estaciones Clima | Acumulados

Sector

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

Definición

Planilla de riego

Configuración Riego

Especie dominante: Césped

Superficie (m2): 100

Exposición al sol: Pleno sol

Exposición al viento: Protegida

Tipo de contenedor: Plano

Sustrato: Franco

Inclinación o pendiente del terreno: Pendiente suave

Sistema de riego: Aspersión

Número de emisores o elementos de distribución: 10

Gasto medio de un emisor de riego en (L/min): 8

Preferencia: Normal

Factor de corrección en %: 0

Caudalímetro asociado al sector: 1

Caudal instantáneo nominal (L/min): 45

Eficiencia del sistema de riego (%): 80

Excentricidad del terreno (%): 10

Límite de riego máximo (mm): 45

Reserva inicial mínima (mm): 15

Duración mínima del riego (min): 0

Porcentaje para límites de duración del riego: 20

Enviar configuración Sectores | Solicitar configuración Sectores | Reset Programas riego

Nombre de la especie dominante.

FILT | NUM

JARDINES DIRECT - [Datos de Usuario]

Configuración del sector 1 del Controlador 617330087

Usuario: Parque de Cataluña

Definición | Planilla de riego | Configuración Riego

Telesistencia | A | Usuarios | Configu

Estaciones Clima | Acumulados

Sector

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

Definición

Planilla de riego

Configuración Riego

Horario

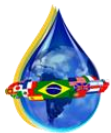
| Horario           | Porcentaje | Activación | Sector / Hora de inicio |
|-------------------|------------|------------|-------------------------|
| Madrugada (00-06) | 100        | Horario    | 3:00                    |
| Mañana (06-12)    | 0          | Horario    | 6:00                    |
| Tarde (12-18)     | 0          | Horario    | 12:00                   |
| Noche (18-24)     | 0          | Horario    | 18:00                   |

Enviar configuración Sectores | Solicitar configuración Sectores | Reset Programas riego

Modo de activación del sector "Secuencial" o por "Horario".

FILT | NUM





# SISTEMA JD – SOFTWARE SCADA - III

**JARDINES DIRECT - [Datos de Usuario]**

Archivo Edición Ver Insertar Formato Registros Herramientas Vespiana 2

Usuario: Parque de Cataluña 617330087 Gestores de Alarmas

Teleasistencia Alarmas Avisos Usuario Control Jardineros Mensajes Enviados Mensajes Recibidos Estaciones Clima

Usuarios Configuración Controlador Informes Sectores Programación Remota Programación Local Acumulados

| Entrada   | Programa | Sector | Inicio | Duración | Días   | Actualizado | Enviado          | Confirmado |
|-----------|----------|--------|--------|----------|--------|-------------|------------------|------------|
| 26-mar-02 | 23       | 1      | 3:00   | 10       | LMXJVS | 26-mar-02   | 26/03/02 0:04:48 |            |
| 26-mar-02 | 24       | 2      | 3:10   | 10       | LMXJVS | 26-mar-02   | 26/03/02 0:04:48 |            |
| 26-mar-02 | 25       | 3      | 3:20   | 10       | LMXJVS | 26-mar-02   | 26/03/02 0:04:48 |            |
| 26-mar-02 | 26       | 4      | 3:30   | 10       | LMXJVS | 26-mar-02   | 26/03/02 0:04:48 |            |
| 26-mar-02 | 27       | 5      | 3:40   | 10       | LMXJVS | 26-mar-02   | 26/03/02 0:04:48 |            |
| 26-mar-02 | 28       | 6      | 3:50   | 10       | LMXJVS | 26-mar-02   | 26/03/02 0:04:48 |            |
| 26-mar-02 | 29       | 7      | 4:00   | 10       | LMXJVS | 26-mar-02   | 26/03/02 0:04:48 |            |
| 26-mar-02 | 30       | 8      | 4:10   | 10       | LMXJVS | 26-mar-02   | 26/03/02 0:04:48 |            |
| 26-mar-02 | 31       | 9      | 4:20   | 10       | LMXJVS | 26-mar-02   | 26/03/02 0:04:48 |            |
| 26-mar-02 | 32       | 10     | 4:30   | 10       | LMXJVS | 26-mar-02   | 26/03/02 0:04:48 |            |
| 26-mar-02 | 33       | 11     | 4:40   | 10       | LMXJVS | 26-mar-02   | 26/03/02 0:04:48 |            |
| 26-mar-02 | 34       | 12     | 4:50   | 10       | LMXJVS | 26-mar-02   | 26/03/02 0:04:48 |            |
| 26-mar-02 | 35       | 13     | 5:00   | 10       | LMXJVS | 26-mar-02   | 26/03/02 0:04:48 |            |
| 26-mar-02 | 36       | 14     | 5:10   | 10       | LMXJVS | 26-mar-02   | 26/03/02 0:04:48 |            |
| 26-mar-02 | 37       | 15     | 5:20   | 10       | LMXJVS | 26-mar-02   | 26/03/02 0:04:48 |            |
| 26-mar-02 | 38       | 16     | 5:30   | 10       | LMXJVS | 26-mar-02   | 26/03/02 0:04:48 |            |
| 26-mar-02 | 39       | 17     | 5:40   | 10       | LMXJVS | 26-mar-02   | 26/03/02 0:04:48 |            |
| 26-mar-02 | 40       | 18     | 5:50   | 10       | LMXJVS | 26-mar-02   | 26/03/02 0:04:48 |            |

Programar Sectores Enviar Nuevos Programas Arranque manual Parar programa en curso

Identificador del sector. NUM

**JARDINES DIRECT - [Datos de Usuario]**

Archivo Edición Ver Insertar Formato Registros Herramientas Vespiana 2

Usuario: Parque de Cataluña 617330087 Gestores de Alarmas

Usuarios Configuración Controlador Informes Sectores Programación Remota Programación Local Acumulados

Teleasistencia Alarmas Avisos Usuario Control Jardineros Mensajes Enviados Mensajes Recibidos Estaciones Clima

| Fecha     | Orden | Mensaje         | Minutos | Enviado           | Confirmado |
|-----------|-------|-----------------|---------|-------------------|------------|
| 26-mar-02 | 1     | Podar los setos | 5       | 26/03/02 14:36:27 |            |
| 26-mar-02 | 2     | Segar césped    | 10      | 26/03/02 14:36:27 |            |
| 14-dic-01 | 3     |                 | 0       |                   |            |
| 14-dic-01 | 4     |                 | 0       |                   |            |
| 14-dic-01 | 5     |                 | 0       |                   |            |
| 14-dic-01 | 6     |                 | 0       |                   |            |
| 14-dic-01 | 7     |                 | 0       |                   |            |
| 14-dic-01 | 8     |                 | 0       |                   |            |
| 14-dic-01 | 9     |                 | 0       |                   |            |

Enviar Mensajes Borrar Controlador

Fecha de confirmación del mensaje. NUM

**JARDINES DIRECT - [Datos de Usuario]**

Archivo Edición Ver Insertar Formato Registros Herramientas Vespiana 2

Usuario: Parque de Cataluña 617330087 Gestores de Alarmas

Usuarios Configuración Controlador Informes Sectores Programación Remota Programación Local Acumulados

Teleasistencia Alarmas Avisos Usuario Control Jardineros Mensajes Enviados Mensajes Recibidos Estaciones Clima

| Fecha     | Alarma              | Descripción                          | Id. Alarma | Día       | Hora  |
|-----------|---------------------|--------------------------------------|------------|-----------|-------|
| 26-mar-02 | Avería fuga         | Caudal de fuga = 12                  | 5          | Martes    | 15:10 |
| 26-mar-02 | Corte eléctrico     | Hasta Martes 15:07                   | 4          | Martes    | 10:19 |
| 26-mar-02 | Avería fuga         | Caudal de fuga = 16                  | 3          | Lunes     | 19:33 |
| 26-mar-02 | Corte eléctrico     | Hasta Lunes 19:30                    | 2          | Lunes     | 18:56 |
| 26-mar-02 | Avería fuga         | Caudal de fuga = 12,2                | 0          | Lunes     | 12:55 |
| 26-mar-02 | Cambio programación | Paso a remoto                        | 0          | Viernes   | 15:22 |
| 26-mar-02 | Manual programas    | Programas manualmente desactivados   | 0          | Viernes   | 15:21 |
| 26-mar-02 | Manual programas    | Programas manualmente activados = 13 | 0          | Viernes   | 15:21 |
| 26-mar-02 | Avería fuga         | Caudal de fuga = 32                  | 9          | Miércoles | 10:59 |
| 26-mar-02 | Corte eléctrico     | Hasta Viernes 08:32                  | 8          | Jueves    | 18:27 |

Ver Códigos de Alarmas Borrar Alarmas del Controlador

Número de teléfono del módem al que se halla conectado el controlador. NUM

**JARDINES DIRECT - [Datos de Usuario]**

Archivo Edición Ver Insertar Formato Registros Herramientas Vespiana 2

Usuario: Parque de Cataluña 617330087 Gestores de Alarmas

Usuarios Configuración Controlador Informes Sectores Programación Remota Programación Local Acumulados

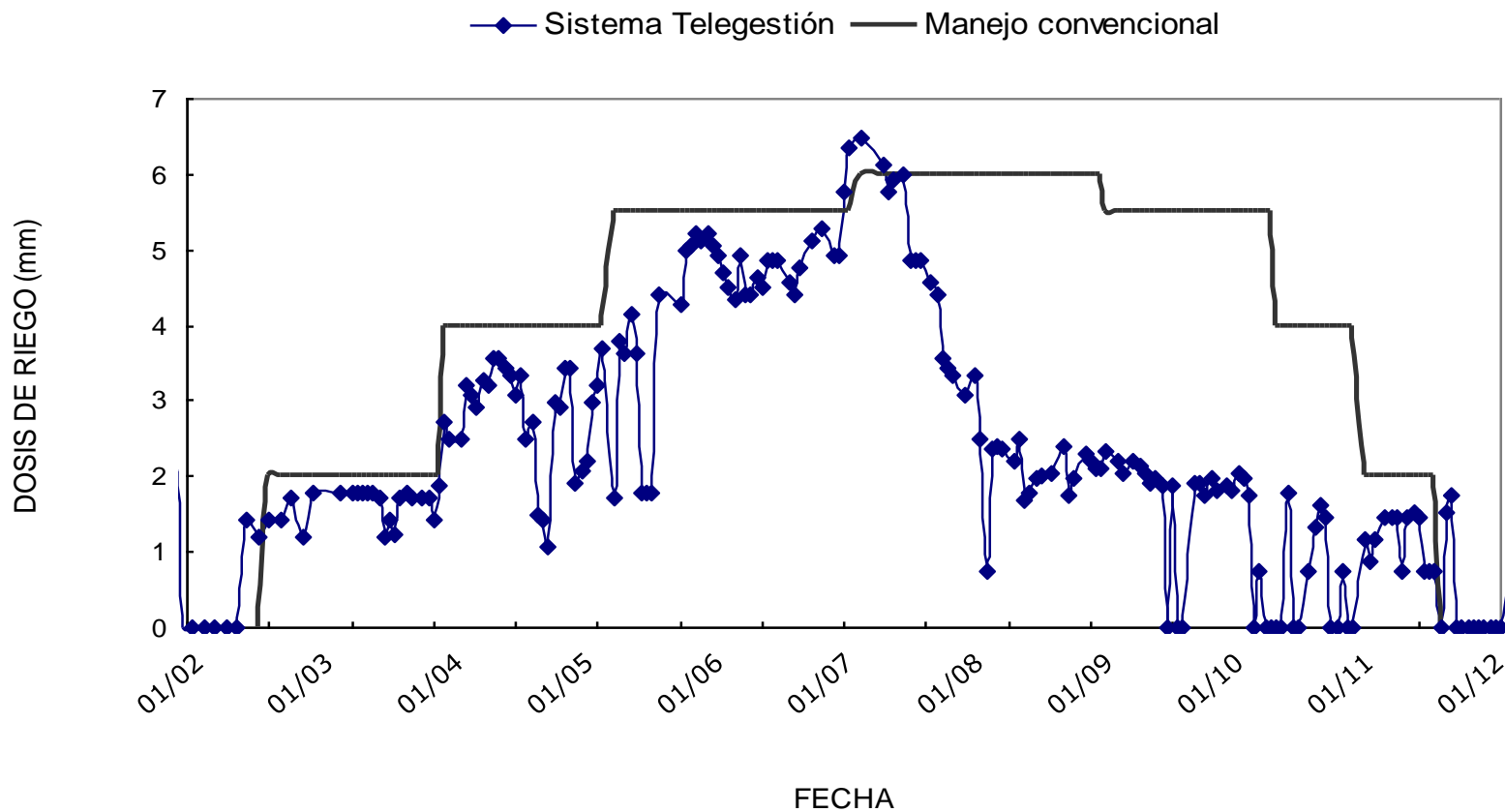
Teleasistencia Alarmas Avisos Usuario Control Jardineros Mensajes Enviados Mensajes Recibidos Estaciones Clima

| Fecha     | Mensaje                            | Hora  |
|-----------|------------------------------------|-------|
| 26-mar-02 | Disminuir el riego en el sector 12 | 14:42 |
| 26-mar-02 | Disminuir el riego en el sector 02 | 14:42 |
| 26-mar-02 | Disminuir el riego en el sector 15 | 14:42 |

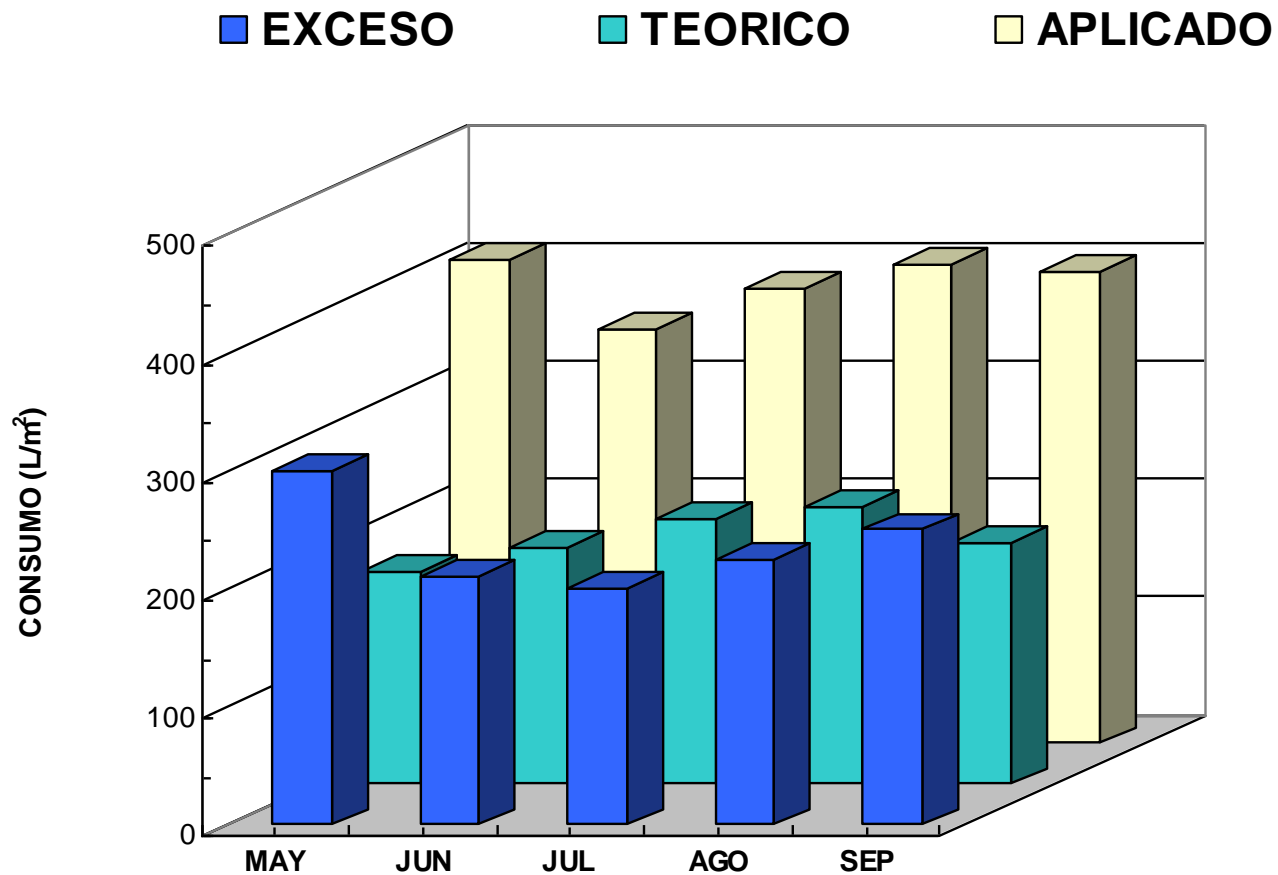
Códigos de Usuario

Acuse de recibo del aviso. NUM

# RESULTADOS – IRRIGAÇÃO ESPÉCIES ARBUSTIVAS



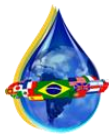
# RESULTADOS







# **SISTEMA DE CONTROLE PARA ELABORAÇÃO DE “ÁGUA OBJETO”**



# ÁGUA OBJETO PARA IRRIGAÇÃO

## ■ Definição de “água objeto” para irrigação:

- “A que o agricultor dispõe na quantidade adequada para otimizar a função cultivo-água-solo, para a qual deverá fabricar-la a sua medida, mezclando águas de diferentes origens para economizar energia e recursos”
- Elaboração da “água objeto” → Sistema de controle otimizado

## ■ Condicionantes do sistema de controle:

- Mezclar várias fontes de água, cada uma com umas características de qualidade e um preço
- Buscar a água objeto, com uma qualidade determinada pelo agricultor e ao menor preço possível
- Poder incorporar águas residuais tratadas

# LÓGICA DE CONTROLE DO SISTEMA

## ■ Algoritmo de programação linear (Simplex):

### ■ Função objetivo:

$$v_m \cdot p_m = \sum_{i=1}^5 v_i \cdot p_i$$

- $p_i$  preço de cada fonte de água (dado)
- $v_m$  volume da mistura (dado)
- $v_i$  volumes a aportar de cada fonte (variável calculada)
- $p_m$  preço da mistura (variável a minimizar)

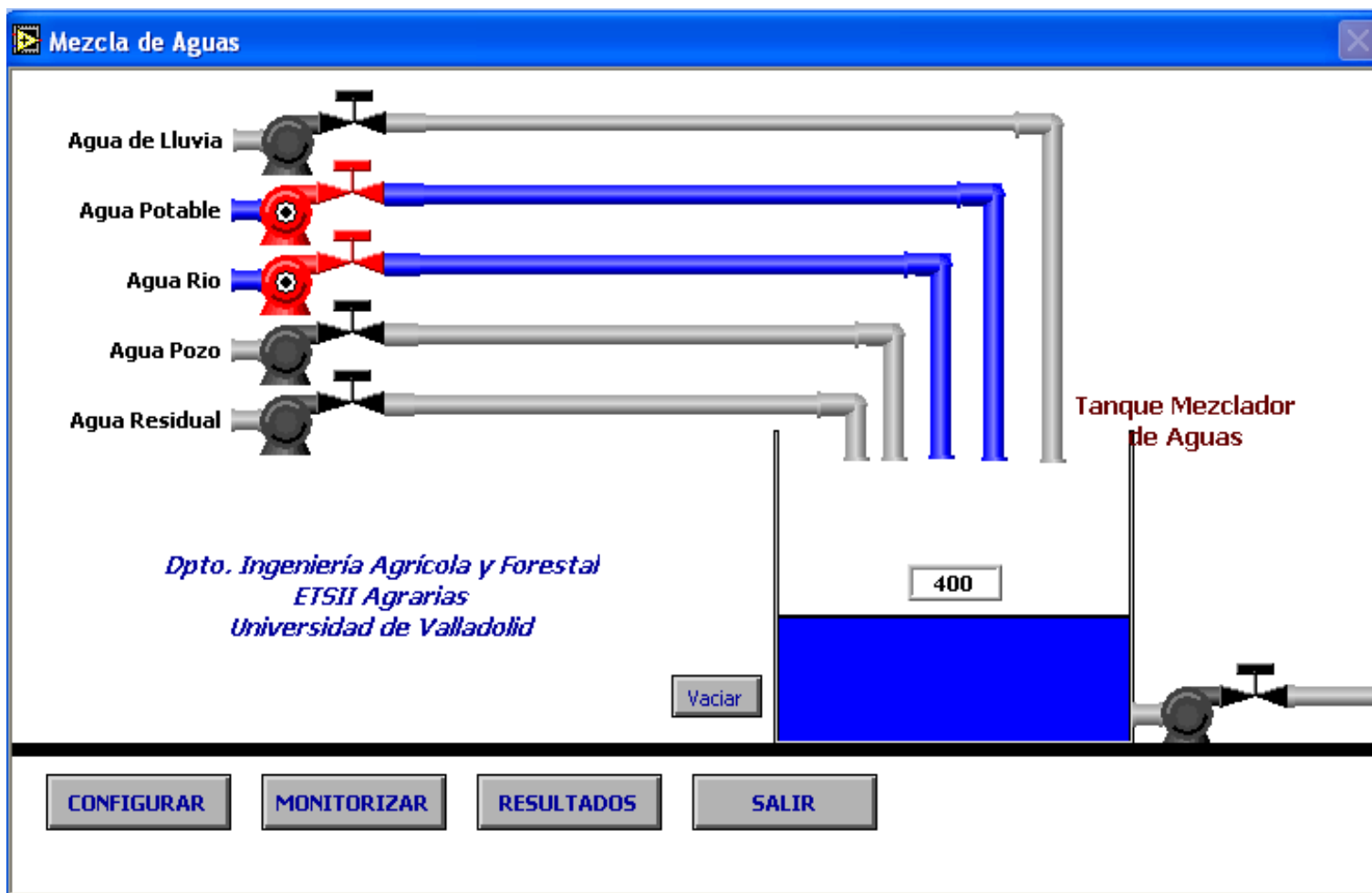
### ■ Restrições técnicas = parâmetros de qualidade da mistura:

$$v_m \cdot c_{mj} > \sum_{i=1}^5 v_i \cdot c_{ij} \quad ; \quad j = 1 \dots n$$

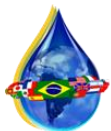
- $c_{ij}$  valor (concentração) do parâmetro de qualidade de cada fonte
- $c_{mj}$  valor (concentração) do parâmetro de qualidade requerido para mistura

### ■ Restrições lógicas: $v_i \geq 0 \quad ; \quad i = 1 \dots 5$

# VISUALIZACIÓN DO PROCESSO







# CONFIGURACIÓN SENSORES - I

Configuración de la Mezcla de Aguas

Sensores    Actuadores    Mezcla de Aguas    Calidad de Aguas

**Configurar Sensores**

| Agua 1             | Agua 2       | Agua 3       | Agua 4            | Agua 5            |
|--------------------|--------------|--------------|-------------------|-------------------|
| A1.pH              | D2.Sodio     | G3.Aluminio  | G4.Mercurio       | G5.Niquel         |
| B1.CE              | E2.Calcio    | G3.Arsénico  | G4.Niquel         | G5.Plomo          |
| B1.Sales disueltas | E2.Carbonato | G3.Boro      | G4.Plomo          | G5.Selenio        |
| C1.CE              | E2.Hierro    | G3.Cadmio    | G4.Selenio        | G5.Zinc           |
| C1.Sales disueltas | E2.Magnesio  | G3.Cobre     | G4.Zinc           | H5.Cloro residual |
| D1.Bicarbonato     | E2.Manganeso | G3.Cromo     | H4.Cloro residual | H5.Coliformes     |
| D1.Boro            | F2.Fósforo   | G3.Estaño    | H4.Coliformes     | H5.DB05           |
| D1.Cloruro         | F2.Nitrógeno | G3.Hierro    | H4.DB05           | H5.DQO            |
| D1.Fluoruro        | F2.Potasio   | G3.Manganeso | H4.DQO            | H5.Suspensión     |
| D1.Sodio           | G2.Aluminio  | G3.Mercurio  | H4.Suspensión     | H5.Virus          |

Mezcla

**Continuar**

# CONFIGURACIÓN SENSORES - II

Configuración de la Mezcla de Aguas

Sensores    Actuadores    Mezcla de Aguas    Calidad de Aguas

**Agua 1**

- A1.pH
- B1.CE
- B1.Sales di
- C1.CE
- C1.Sales di
- D1.Bicarbo
- D1.Boro
- D1.Cloruro
- D1.Fluoruro
- D1.Sodio

**Configuración sensor ...**

Tipo  Toxicidad

Sensor  Agua

**Información**

La conductividad eléctrica (CE) y la cantidad de sales disueltas que perjudican a los cultivos dependen del tipo de suelo y de la tolerancia de los cultivos a las sales.

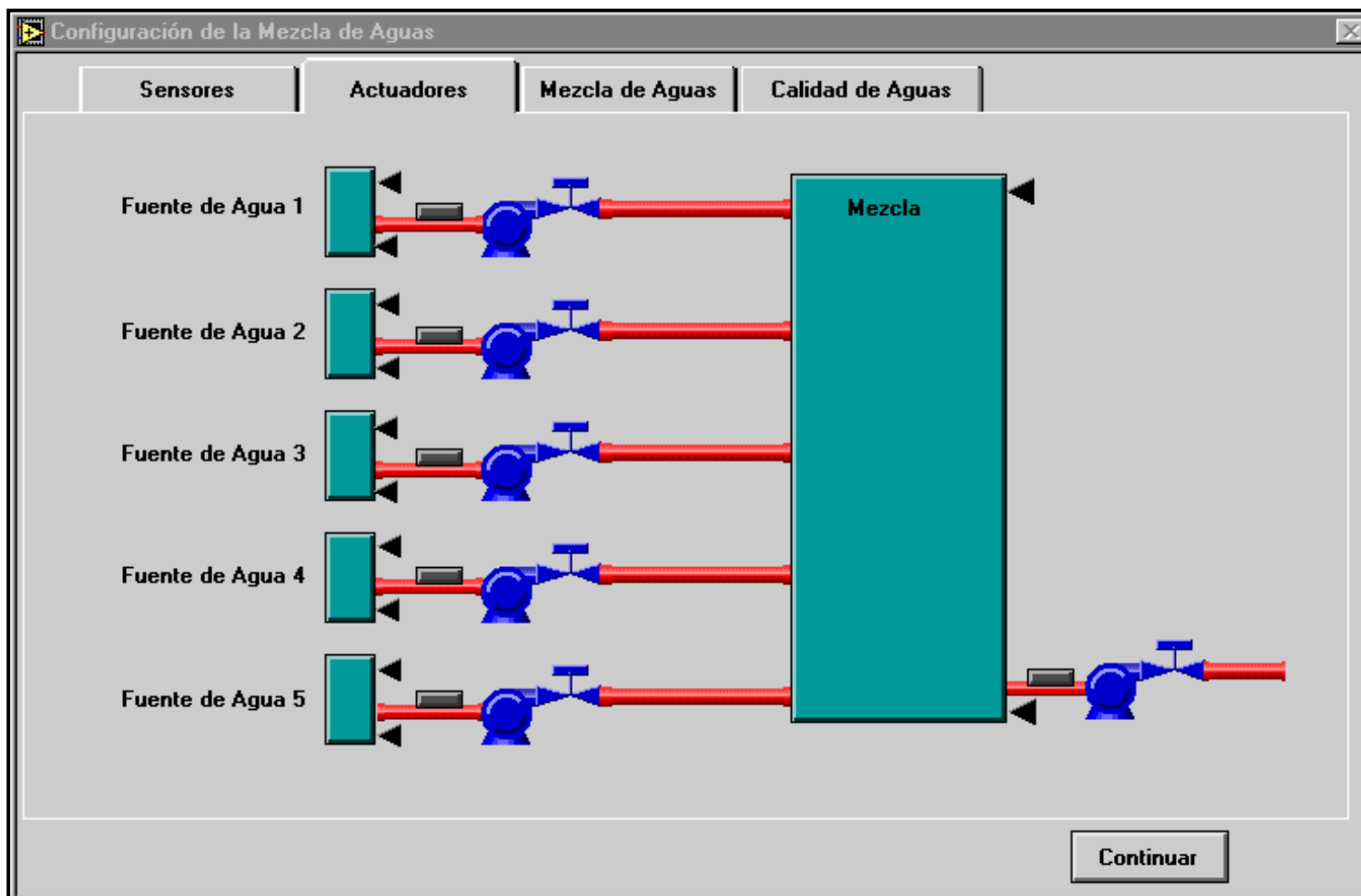
La cantidad de sodio tolerado depende de la sensibilidad del cultivo. Cultivos sensibles a niveles bajos de sodio son: Albaricoquero, Almendro, Aguacate, Apio, Ciruelo, Frambuesa, Fresón, Guisante, Judía, Manzano, Pepino, Peral, Plátano y Trebol.

Los efectos desfavorables del sodio (Na) y su compensación por calcio (Ca) y magnesio (Mg) en el agua de riego, pueden ser expresados por medio del SAR (Relación de Absorción de Sodio), calculado de la siguiente forma:

$$SAR = Na / \sqrt{\frac{1}{2}(Ca + Mg)}$$

Los daños por toxicidad al sodio son menos severos si el potasio (K) está presente.

# CONFIGURAÇÃO ATUADORES



# ASSESSORAMENTO TÉCNICO AO USUÁRIO - I

## ■ Parâmetros de qualidade da água de irrigação:

### ■ 44 parâmetros de qualidade agrupados em 8 categorias:

- Tipo A. Acidez
- Tipo B. Salinidade
- Tipo C. Parâmetros calculados usados como critérios de interpretação de qualidade
- Tipo D. Toxicidade
- Tipo E. Sedimentação e obstrução, principalmente em sistemas de irrigação por gotejamento
- Tipo F. Nutricional
- Tipo G. Elementos químicos em águas residuais industriais empregadas em irrigação
- Tipo H. Outras características de águas residuais de origem urbana ou similar

### ■ Limites de qualidade para cada parâmetro

### ■ Iões analisados normalmente em águas de irrigação:

- Cátions: cálcio, magnésio, sódio e potássio
- Aníons: cloro, bicarbonato, carbonato, sulfato e nitrato

### ■ Irrigação com águas residuais → metais pesados

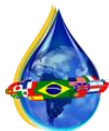
### ■ SAR → alcalinização do solo:

$$SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}{2}}}$$

### ■ Cálcio (dureza da água):

- Riscos de obstruções de ramais e emissores de irrigação
- Efeito neutralizador da alcalinização





# ASSESSORAMENTO TÉCNICO AO USUÁRIO - II

Configuración de la Mezcla de Aguas

Sensores    Actuadores    Mezcla de Aguas    Calidad de Aguas

|      |           |          | POSIBLES PROBLEMAS |            |         |
|------|-----------|----------|--------------------|------------|---------|
| Tipo | Parámetro | Unidades | Ninguno            | Crecientes | Severos |
| G    | Aluminio  | mg / L   | <5                 | 5-20       | >20     |
| G    | Arsénico  | mg / L   | <0.1               | 0.1-2.0    | >2.0    |
| G    | Berilio   | mg / L   | <0.1               | 0.1-0.5    | >0.5    |
| G    | Boro      | mg / L   | <0.75              | 0.75-2.00  | >2.00   |
| G    | Cadmio    | mg / L   | <0.01              | 0.01-0.05  | >0.05   |
| G    | Cobalto   | mg / L   | <0.05              | 0.05-5.00  | >5.00   |
| G    | Cobre     | mg / L   | <0.2               | 0.2-5.0    | >5.0    |
| G    | Cromo     | mg / L   | <0.1               | 0.1-1.0    | >1.0    |
| G    | Estaño    | mg / L   | <5                 | 5-10       | >10     |
| G    | Flúor     | mg / L   | <1                 | 1-15       | >15     |
| G    | Hierro    | mg / L   | <5                 | 5-20       | >20     |
| G    | Litio     | mg / L   | <0.75              | 0.75-2.50  | >2.50   |
| G    | Manganeso | mg / L   | <0.2               | 0.2-10.0   | >10.0   |
| G    | Mercurio  | mg / L   | <0.01              | 0.01-0.05  | >0.05   |
| G    | Molibdeno | mg / L   | <0.01              | 0.01-0.05  | >0.05   |
| G    | Niquel    | mg / L   | <0.2               | 0.2-2.0    | >2.0    |
| G    | Plomo     | mg / L   | <5                 | 5-10       | >10     |

Definir Calidad

Continuar

# ASSESSORAMENTO TÉCNICO AO USUÁRIO - III

Configuración de la Mezcla de Aguas

Sensores    Actuadores    Mezcla de Aguas    Calidad de Aguas

POSIBLES PROBLEMAS

| Tipo | Parámetro |
|------|-----------|
| G    | Aluminio  |
| G    | Arsénico  |
| G    | Berilio   |
| G    | Boro      |
| G    | Cadmio    |
| G    | Cobalto   |
| G    | Cobre     |
| G    | Cromo     |
| G    | Estañio   |
| G    | Flúor     |
| G    | Hierro    |
| G    | Litio     |
| G    | Manganeso |
| G    | Mercurio  |
| G    | Molibdeno |
| G    | Níquel    |
| G    | Plomo     |

**Posibles problemas ...**

Tipo: G    Sensor: Cadmio

**Ningún Problema**

0.00 Menor que 0.01

**Problemas Crecientes**

0.01 Rango 0.05

**Problemas Severos**

0.00 Mayor que 0.05

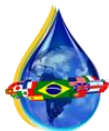
Continuar    Cancelar

Definir Calidad

Continuar

**Severos**

- >20
- >2.0
- >0.5
- >2.00
- >0.05
- >5.00
- >5.0
- >1.0
- >10
- >15
- >20
- >2.50
- >10.0
- >0.05
- >0.05
- >2.0
- >10



# CONFIGURAÇÃO PROCESSO DE MEZCLA

**Configuración de la Mezcla de Aguas**

**Sensores    Actuadores    Mezcla de Aguas    Calidad de Aguas**

**Agua de Lluvia**  
0,05 € / m3

**Agua Potable**  
0,10 € / m3

**Agua Rio**  
2,50 € / m3

**Agua Pozo**  
4,00 € / m3

**Agua Residual**  
1,00 € / m3

**Restricciones**

pH  $\geq$  6,50  
pH  $\leq$  7,70  
**CE  $\geq$  0,25**  
CE  $\leq$  0,75  
SAR  $\geq$  0,50  
SAR  $\leq$  7,15  
Nitrogeno  $\leq$  30,00  
Nitrogeno  $\geq$  7,00  
Calcio  $\leq$  100,00  
Fosforo  $\leq$  30,00  
Fosforo  $\geq$  1,00  
Potasio  $\geq$  5,00  
Potasio  $\leq$  30,00  
Sodio  $\leq$  9,00  
Sodio  $\geq$  3,00  
Bicarbonato  $\leq$  8,50  
Cloruro  $\geq$  4,00  
Cloruro  $\leq$  10,00  
Boro  $\leq$  3,00  
Boro  $\geq$  0,70  
DBO5  $\leq$  45,00  
Solidos suspensión  $\leq$  45,00  
Virus  $\leq$  2,00

**Agregar**

**Editar**

**Cambiar**

**Eliminar**

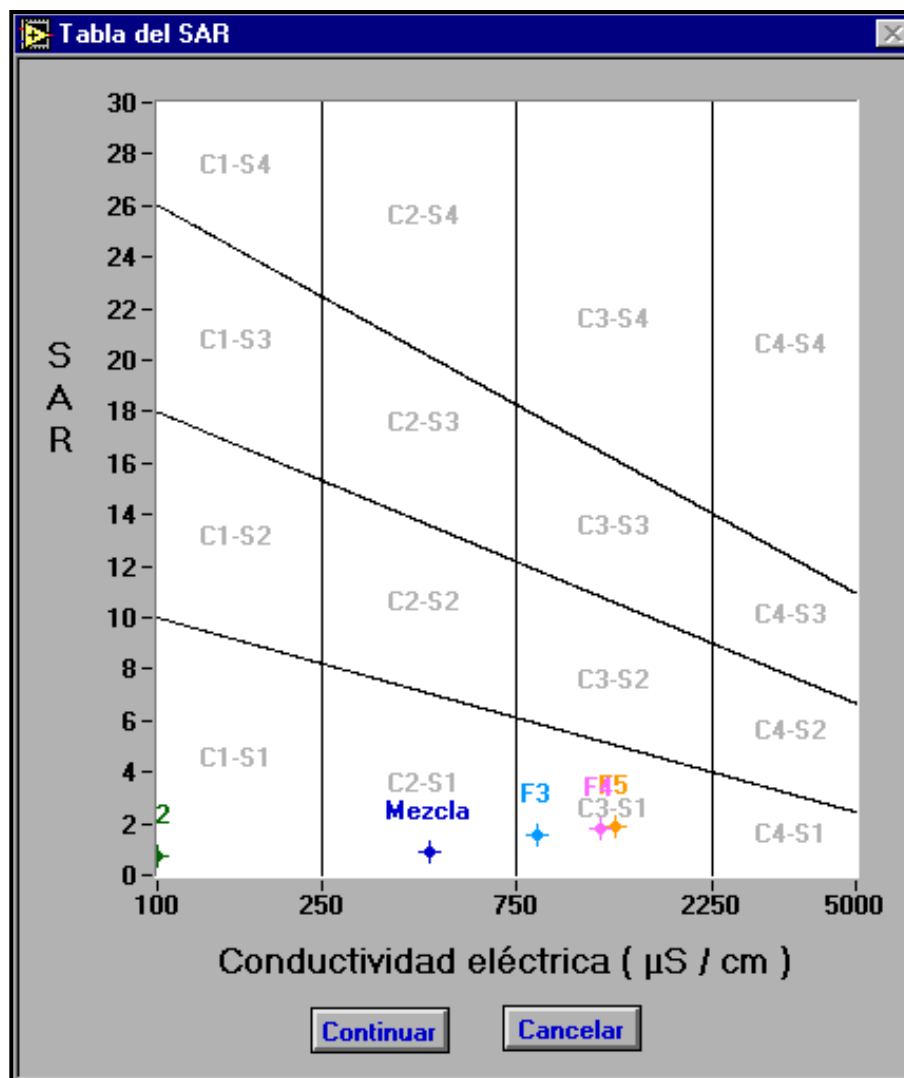
**SAR**

**Restricción**  
pH  
 $\geq$   
0,00

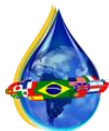
Litros de mezcla **1000**  
Nº Iteracciones **10**  
**Comprobar Restricciones**

**Continuar**

# RESTRIÇÃO DA QUALIDADE AGRONÔMICA







# COMPROVAÇÃO PROCESSO DE MEZCLA

Configuración de la Mezcla de Aguas

Sensores    Actuadores    Mezcla de Aguas    Calidad de Aguas

**Agua Lluvia**  
0.00 Pts / m3

**Restricciones**  
pH >= 6.30  
pH <= 7.70  
CE >= 0.25  
CE <= 0.75  
SAR >= 0.50

Agregar  
Editar

**Comprobación del algoritmo de mezcla**

| SOLUCION       | Agua 1 | Agua 2 | Agua 3 | Agua 4 | Agua 5 | Mezcla  |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Volumen (L)    | 654.74 | 0.00   | 130.39 | 3.84   | 211.03 | 1000.00 |
| Coste (Pts/m3) | 0.00   | 10.00  | 4.00   | 6.00   | 2.00   | 0.97    |

Solución encontrada cumpliéndose las 24 primeras condiciones

Continuar

**Agua Residual**  
2.00 Pts / m3

Mercurio <= 0.30  
Mercurio <= 0.01  
Coliformes <= 200.00  
DBO5 <= 45.00  
Solidos suspensión <= 45.00  
Virus <= 2.00

Litros de mezcla 1000  
Nº Iteracciones 5

Comprobar Restricciones

Continuar



# COMPROVAÇÃO DO PROCESSO DE MEZCLA

**Proceso de mezcla de aguas**

| Tipo                  | Parámetro       | 1      | 2     | 3      | 4      | 5      | M1     | M2     |
|-----------------------|-----------------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A                     | pH              | 6.00   | 6.20  | 6.80   | 7.50   | 6.90   |        | 6.30   |
| B                     | CE              | 0.01   | 0.10  | 0.84   | 1.20   | 1.30   |        | 0.40   |
| B                     | Sales disueltas | 6.40   | 64.00 | 537.60 | 768.00 | 832.00 |        | 252.82 |
| C                     | SAR             | 0.07   | 0.76  | 1.59   | 1.84   | 1.91   |        | 0.99   |
| C                     | Bicarbonato     | 6.00   | 36.00 | 156.00 | 36.00  | 58.00  |        | 36.65  |
| C                     | Boro            | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 0.00   | 0.38   |        | 0.08   |
| D                     | Cloruro         | 3.00   | 25.00 | 136.00 | 185.00 | 235.00 |        | 70.00  |
| D                     | Fluoruro        | 0.00   | 0.00  | 0.10   | 0.00   | 0.20   |        | 0.06   |
| D                     | Sodio           | 1.00   | 25.00 | 56.00  | 87.00  | 103.00 |        | 30.03  |
| D                     | Calcio          | 2.00   | 12.00 | 76.00  | 95.00  | 50.00  |        | 22.14  |
| D                     | Carbonato       | 0.00   | 0.00  | 0.50   | 0.10   | 0.01   |        | 0.07   |
| E                     | Hierro          | 0.00   | 0.00  | 0.10   | 0.50   | 1.13   |        | 0.25   |
| E                     | Magnesio        | 8.00   | 42.00 | 11.00  | 45.00  | 103.00 |        | 28.58  |
| E                     | Manganeso       | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 0.00   | 0.07   |        | 0.01   |
| E                     | Sulfuro         |        |       |        |        |        |        | 0.00   |
| E                     | Nitrógeno       | 1.00   | 4.00  | 16.00  | 10.00  | 20.00  |        | 7.00   |
| E                     | Fósforo         | 0.00   | 0.10  | 1.30   | 0.20   | 9.40   |        | 2.15   |
| <b>Volumen (L)</b>    |                 | 392.84 | 0.00  | 78.23  | 2.30   | 126.62 | 600.00 |        |
| <b>Coste (Pts/m3)</b> |                 | 0.00   | 10.00 | 4.00   | 6.00   | 2.00   | 0.97   |        |

1 = Agua Lluvia.  
 2 = Agua Potable.  
 3 = Agua Río.  
 4 = Agua Pozo.  
 5 = Agua Residual.  
 M1 = Datos medidos en mezcla.  
 M2 = Datos calculados en mezcla.

Ninguno    Crecientes    Severos  
         
 Posibles problemas

[Continuar](#)

# CONCLUSÃO

**Competitividade da agricultura**



**Novas tecnologias**



**Sistemas eficientes de controle**



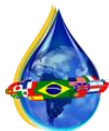
**Quantidade + Qualidade + Segurança + Meio ambiente**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

**MUITO OBRIGADO**





***Luis Manuel Navas Gracia***

**Dpto. Ingeniería Agrícola y Forestal  
ETS Ingenierías Agrarias  
Universidad de Valladolid  
Avda. de Madrid, 44  
34004-PALENCIA (ESPAÑA)**

**Tel.: +34 979 108 360**

**Fax: +34 979 108 302**

**E-mail: [lmnavas@iaf.uva.es](mailto:lmnavas@iaf.uva.es)**

