

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
AGRONÓMICA Y DEL MEDIO NATURAL



**EVALUACIÓN DEL MANEJO DEL JARDÍN DEL CAMPUS DE
VERA Y PROPUESTAS ALTERNATIVAS DE GESTIÓN PARA
MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD**

Máster Universitario en Ingeniería Agronómica

TRABAJO FIN DE MÁSTER:

Presentado por:

Íñigo Calvo Amor

Dirigido por:

Tutor: Juan Manzano Juárez

Cotutor: Alberto San Bautista Primo

Valencia, julio de 2017

Resumen

El presente trabajo pretende analizar la situación actual del manejo y de la gestión del Campus de Vera de la Universitat Politècnica de València, en lo referido a la eficiencia energética y la sostenibilidad.

Dicho trabajo tiene como objetivo el llevar a cabo una serie de prácticas que garanticen un ambiente más sostenible en los jardines del Campus de Vera. Para ello estas prácticas irán encaminadas a maximizar la eficiencia energética minimizando el consumo energético y optimizando todos los recursos disponibles.

Esta evaluación abarcará dos partes bien diferenciadas:

- Análisis actual de los tratamientos químicos sobre las plagas y enfermedades presentes en las especies botánicas del jardín del Campus de Vera. Se propondrán modos de actuación alternativos, que minimicen al máximo el impacto ambiental sobre los usuarios de los jardines, garantizando un ambiente dentro de las instalaciones de la Universidad sin residuos químicos, y apostando por un papel importante de los residuos derivados del mantenimiento de los jardines.
- Análisis actual del sistema de riego del Campus de Vera. Se describirá detalladamente el funcionamiento de este sistema con el fin de poder proponer una serie de medidas que garanticen una optimización de la eficiencia energética en el riego de las instalaciones de la Universidad: revisiones periódicas de los elementos que componen el sistema de riego, inventariar todo el material que participa en este sistema, auditorias periódicas que persigan la evaluación del sistema, etc.

Palabras clave

Jardinería, evaluación, gestión, sostenibilidad.

Abstract

The present work aims to analyze the current situation of the management of the Campus de Vera of the Univeritat Politècnica de València, in terms of energy efficiency and sustainability.

The main objective of this project is to implement methods to guarantee a sustainable environment in the gardens of the Campus de Vera. To achieve it, these methods will try to maximize energy efficiency minimizing the energy consumption and optimizing the available resources.

This evaluation will cover two different parts:

- Present analysis of the chemical treatments of pests and diseases present in the gardens of the Campus de Vera. Alternative modes of action will be proposed to minimize to the maximum the environmental impact on the users of the gardens, guaranteeing a free chemical residues environment in the University facilities.

- Present analysis of the irrigation system of the Campus de Vera. The system operation will be described in detail to be able to propose a series of measures to guarantee an optimization of the energy efficiency in the irrigation of the University facilities: regular reviews of the irrigation system components, inventory all the material involved, regular audits to evaluate the system, etc.

Keywords

Gardening, evaluation, management, sustainability.

Índice

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	3
2.1.	Antecedentes.....	3
2.2.	Objetivos	3
3.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	5
3.1.	Zona y modelo de Estudio	5
3.1.1.	Bases del sistema automatizado de gestión integrada	5
3.1.2.	Información para el sistema automatizado de gestión integrada de la UPV	6
3.1.3.	Función de los elementos del sistema hidráulico	8
3.1.4.	Herramientas de software para el desarrollo del sistema	11
3.2.	Elaboración del modelo hidráulico de la red.....	12
3.2.1.	Ajuste del modelo hidráulico de la red.....	13
3.2.2.	Aplicación práctica al modelo hidráulico de red.....	15
3.2.3.	Elaboración del modelo hidráulico de red	18
3.2.4.	Ajuste del modelo hidráulico de la red de la UPV	19
3.3.	Tratamientos sobre las especies botánicas en el campus Vera.....	22
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1.	Resultados modelo hidráulico	23
4.2.	Modo de acción sobre las diferentes problemáticas en las especies botánicas	24
5.	CONCLUSIONES	29
5.1.	Propuestas de mejora	29
6.	BIBLIOGRAFÍA	38

Índice de Tablas

Tabla 1: Parcelas objeto de estudio y elementos.....	17
Tabla 2: Programación de las electroválvulas.....	20
Tabla 3 Constantes de electroválvula y emisor calculadas.....	23
Tabla 4 Constantes de E_v extrapolados a otras parcelas del pozo 1.....	24

Índice de Figuras

Figura 1: Imagen aérea de la Universitat Politècnica de València	3
Figura 2: Diagrama de flujo de datos del sistema de gestión de riego.....	7
Figura 3: Diagrama de flujo de datos del módulo de inventario de equipamientos de comunicación y riego	8
Figura 4: Diagrama de flujo de datos del módulo de necesidades de riego	10
Figura 5: Diagrama de flujo de datos del módulo de gestión de programaciones.....	11
Figura 6: Distribución de las parcelas de riego en el campus de Vera de la UPV	16
Figura 7: Parcelas objeto de estudio	18
Figura 8: Ficha tubería en EPANET	19
Figura 9: Ficha electroválvula en EPANET.....	19
Figura 10: Electroválvula en parcela de riego y emisores	20
Figura 11: Data-logger	21
Figura 12: Transductor de presión y caudalímetro	21

1. INTRODUCCIÓN

El manejo de los jardines en los países mediterráneos está condicionado por la optimización de los recursos disponibles, especialmente el agua, este recurso renovable es cada vez más escaso, y un manejo adecuado del agua es imprescindible para la supervivencia de este tipo de jardines, de lo contrario los consumos energéticos son elevados, con lo que conlleva, elevados costes de mantenimientos de las zonas ajardinadas, sumado a un deterioro de la sostenibilidad, concepto que cada vez tiene más presencia en las zonas urbanas, entre ellas jardines y áreas verdes. El principal inconveniente de este tipo de jardines es que su composición está basada en un elevado número de especies botánicas diferentes, que requieren grandes cantidades de necesidades hídricas. Partiendo de información obtenida por el Instituto Nacional de Estadística en el año 2011, el 9% del agua consumida en España proviene del uso urbano, donde la jardinería pública ocupa un papel importante.

La Asociación Española de Parques y Jardines (Vicente, 2011) publicó que el consumo medio en época de máximas necesidades ronda la 6 l/m²/ día en instalaciones públicas, triplicándose este dato en el ámbito de la jardinería privada. Todos estos datos y razonamientos explican la creciente importancia de la optimización de los recursos energéticos que participan en el riego para mejorar la eficiencia del riego. No solo el manejo del agua es imprescindible para garantizar el éxito de un jardín, todas las actividades que se ejecuten en él tienen una influencia directa sobre el estado de estas zonas y el coste que conlleva su mantenimiento.

Los jardines se entienden como zonas de ocio y donde el usuario tiene un contacto directo con un ambiente donde predomina la biodiversidad, por ello cada vez es más importante que se garantice un entorno sin residuos químicos ni nocivos en el ambiente de estas zonas. Por ello cada vez, se reducen más el número de aplicaciones químicas para poder controlar las diferentes plagas y enfermedades que se encuentran en las especies botánicas que componen las zonas ajardinadas.

Por estos argumentos, se creó la DIRECTIVA 2009/128/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO del 21 de octubre del 2009, donde quedó definido un marco legal para promover un uso sostenible y respetuoso con el medio ambiente y que respetase la salud humana, haciendo referencia al carácter y uso de los plaguicidas, mediante la disminución de los riesgos y efectos de estos. También se incluyó un planteamiento de uso integrado de plagas y de sustituir los productos de origen químico por otros de origen biológico.

En el año 2012, en la misma línea que la DIRECTIVA anterior, se redactó el Real Decreto 1311/2012, de 14 de septiembre, por el que se establece un protocolo de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios. Aquí, en este documento se pueden observar las matizaciones de los posibles riesgos de los productos fitosanitarios, las aplicaciones de estos, la formación del personal aplicador, la gestión integrada de plagas, almacenamiento y transporte de productos fitosanitarios, entre otros muchos aspectos.

2. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

2.1. Antecedentes

La Universitat Politècnica de València (UPV) es una institución pública dedicada a la docencia y a la investigación, que se fundó en el año 1971. Actualmente cuenta con 42.000 miembros, entre los que se encuentran alumnos, profesores y personal de administración y servicios. Está formada por 11 escuelas técnicas y 2 facultades. La UPV abarca una superficie total de 462.848 m², de los cuales 106.000 m² componen las zonas verdes del recinto.

En la siguiente imagen se observa una vista aérea de la universidad, pudiéndose apreciar las diferentes zonas ajardinadas.



Figura 1: Imagen aérea de la Universitat Politècnica de València

2.2. Objetivos

Dicho trabajo tiene como objetivo el llevar a cabo una serie de prácticas que garanticen un ambiente más sostenible en los jardines del Campus de Vera. Para ello estas prácticas irán encaminadas a maximizar la eficiencia energética minimizando el consumo energético y optimizando todos los recursos disponibles.

Esta evaluación abarcará dos partes bien diferenciadas:

- Análisis actual de los tratamientos químicos sobre las plagas y enfermedades presentes en las especies botánicas del jardín del Campus de Vera. Se propondrán modos de actuación alternativos, que minimicen al máximo el impacto ambiental sobre los usuarios de los jardines, garantizando un ambiente dentro de las instalaciones de la Universidad sin residuos químicos, y apostando por un papel importante de los residuos derivados del mantenimiento de los jardines.

- Análisis actual del sistema de riego del Campus de Vera. Se describirá detalladamente el funcionamiento de este sistema con el fin de poder proponer una serie de medidas que garanticen una optimización de la eficiencia energética en el riego de las instalaciones de la Universidad: revisiones periódicas de los elementos que componen el sistema de riego, inventariar todo el material que participa en este sistema, auditorias periódicas que persigan la evaluación del sistema, etc.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Zona y modelo de Estudio

A continuación, se exponen las bases del desarrollo de la aplicación informática para la gestión y mantenimiento del riego de los jardines del campus de Vera de la Universitat Politècnica de València. El objetivo de esta aplicación es almacenar toda la información relativa al riego de los jardines, actualizarla constantemente, con el fin de poder optimizar al máximo los recursos que participan en la gestión del riego del campus. Todo este seguimiento, se realiza y queda almacenado en la aplicación web.

Dicho software informático, se ha desarrollado para la gestión de los jardines del campus de Vera de la Universitat Politècnica de València (UPV), localizada en: (39° 28'54" N, 0° 20'37" O, 7m sobre el nivel del mar). Las instalaciones del campus cuentan con un área ajardinada de 120.227m², donde se pueden encontrar más de 2300 árboles, de 190 especies botánicas diferentes, repartidas en árboles caducifolios, árboles perennifolios, arbustos, trepadoras, coníferas, especies semiperennifolias, especies cespitosas y otras especies (Esteras y Sanchis, 2012). El sistema de riego del jardín está dividido en dos redes, con independencia entre ellas, accionadas por dos unidades de bombeo (pozo 1 y pozo 2) distribuidas a lo largo de 22 kms de tuberías. Cada una de las redes citadas, cuenta con aproximadamente 16 tomas y 1400 emisores de riego, entre aspersores y difusores. En el presente, la red de riego se gestiona mediante un sistema de control remoto que permite establecer programaciones de riego por medio de la apertura y cierre de electroválvulas.

3.1.1. Bases del sistema automatizado de gestión integrada

El software informático se basa en las indicaciones del protocolo desarrollado por Martínez Gimeno (2014) para gestión eficiente de jardines desde el triple punto de vista agronómico, hidráulico y energético. La aplicación refleja las premisas que quedaron definidas para el riego eficiente de jardines:

- El cálculo de necesidades de riego mediante las indicaciones y recomendaciones de la FAO (Allen et al., 1998) y el método del Coeficiente de Jardín (Costelló et al., 2000) adaptado a los requerimientos de la xerojardinería y el riego deficitario. Para ello, se utilizaron una serie de coeficientes que ajustaban el cálculo de las necesidades de riego en base a las distintas hidrozonas que pueden existir en un jardín. De esta manera, se consigue que cada una de las electroválvulas aporte la dosis necesaria y ajustada, en base a los requerimientos de las especies que componen las hidrozonas, a

la densidad que estas presentan y al microclima, consiguiendo así una buena optimización del riego, evitando pérdidas o situaciones de escasez de agua en dichas zonas.

- La caracterización y el calibrado del modelo hidráulico de la red del campus de Vera y modelización del sistema mediante software informático EPANET (Rossman, 2000) con el fin de representar, de la manera más real posible, el funcionamiento de la red de riego. Toda la información partícipe del modelo fue recogida con anterioridad en el inventario de la instalación hidráulica.
- El ajuste de los turnos de riego basado en el tratamiento de datos bajo la herramienta de optimización mediante algoritmos genéticos. Este tipo de programación permite agrupar caudales en periodos de tiempo que supongan el mínimo consumo energético en los grupos de bombeo. Dicha herramienta de optimización se apoyaba en el módulo de EPANET, tomando una estructura de datos para el proceso de cálculo y resultado final (Jiménez Bello, 2008).

El modelo explicado, generó unos posibles ahorros que garantizaban una supuesta eficacia de la herramienta y justificaban la implantación de esta plataforma como software de gestión de riego en las instalaciones del campus de Vera de la Universitat Politècnica de València. Los resultados fueron calculados teniendo en cuenta los datos climáticos y de consumo del año 2013, por lo que, estos resultados podrían variar en el futuro, en base a las variaciones climáticas y de consumo que se produzcan en los siguientes años. A nivel de consumo de agua, se estimó un 43 % de ahorro de agua, respecto a los consumos que no habían tenido en cuenta las indicaciones del protocolo desarrollado. Por otro lado, en cuanto a los consumos energéticos derivados de los grupos de bombeo, con la reorganización por turnos, se estimó un ahorro aproximado del 27%.

3.1.2. Información para el sistema automatizado de gestión integrada de la UPV

Como se ha explicado en el punto anterior, el modelo, que tiene como objetivo minimizar el consumo de agua y energía y optimizar todos los recursos que participan en el riego, se basa en un sistema de información automatizado para gestionar toda la información relativa al riego del jardín. Dentro de toda la información que se maneja, son muchas las fuentes de datos con las que se trabaja, desde información meteorológica hasta información técnica de los elementos de riego participantes en el modelo. Además, en la gestión del modelo, participan diferentes usuarios, por ello es muy importante definir bien el tipo de información que se va a manejar en este sistema automatizado de gestión integrada.

- **Información meteorológica:** estos datos provienen directamente de los sensores de una estación meteorológica ubicada en una de las parcelas ajardinadas de la UPV, a pesar de que los sensores se encuentran físicamente en las diferentes zonas ajardinadas del campus, tienen un software propio, independiente, con lo que la gestión de esta información es autónoma y sirve como proveedor de datos información para la plataforma, pero sin estar integrada en ella.
- **Información ambiental:** se obtiene a partir del sistema de información para la gestión ambiental de la UPV, llamado OBERON. Esta base nos proporciona información acerca de contenidos relacionados con las infraestructuras propias del riego; pozos, contadores, también considera indicadores de evaluación ambiental, relacionados con el consumo de agua y la eficiencia energética.
- **Información geográfica:** es una base de datos propia de la UPV, es información obtenida de la base de datos georreferenciada y gestionada por el Servicio de Infraestructuras de la UPV, denominada COVES, en ella podemos encontrar ubicaciones geográficas, bases de entidades del campus, información del jardín (electroválvulas, concentradores, etc) y datos meteorológicos proporcionados por AEMET.
- **Información hidráulica:** proviene del software EPANET, aquí podemos observar cómo está descrito y desarrollado el modelo hidráulico de la red del campus de Vera. Este modelo está basado fundamentalmente en nudos, tuberías pozos, bombas y válvulas.

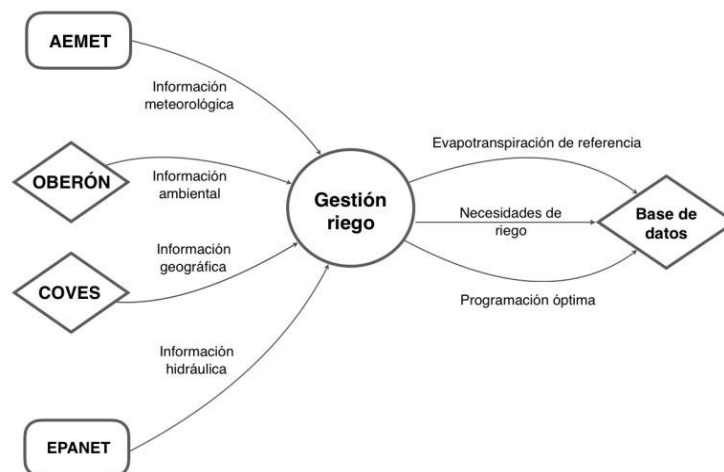


Figura 2: Diagrama de flujo de datos del sistema de gestión de riego

3.1.3. Función de los elementos del sistema hidráulico

Para poder alcanzar una óptima gestión del modelo de riego de las zonas ajardinadas del campus, es imprescindible registrar y actualizar la información previa sobre la entidad que gestiona las zonas ajardinadas, decir, la propia UPV. Dicha información tiene un carácter administrativo y geográfico, el sistema que gestiona todo lo relacionado con el riego de los jardines del campus tiene en consideración toda esta información y la toma directamente de la base COVES, una base de datos propia de la UPV.

El objeto de este estudio se basa en el campus de Vera, los otros tres campus universitarios con los que cuenta la UPV: Gandía y Alcoy, podrían incluirse en la misma plataforma del sistema y, gestionarse de manera independiente, siempre con las mismas bases y funcionamiento.

En el presente estudio del sistema desarrollado, encontramos diferentes módulos con sus correspondientes funciones asignadas:

-Módulo de inventario de equipamientos: Una posibilidad muy común es la de clasificar en dos grandes grupos los equipamientos dedicados al riego de un jardín: por un lado equipamientos propios del riego (emisores, bombas, tuberías, etc.) y por otro lado todo lo referente a los elementos de comunicación, donde la función principal es establecer conexiones entre los elementos de riego y el software de la plataforma de gestión. Los elementos que componen los equipos de comunicación se muestran en la figura 2, así como su disposición en la instalación del sistema.

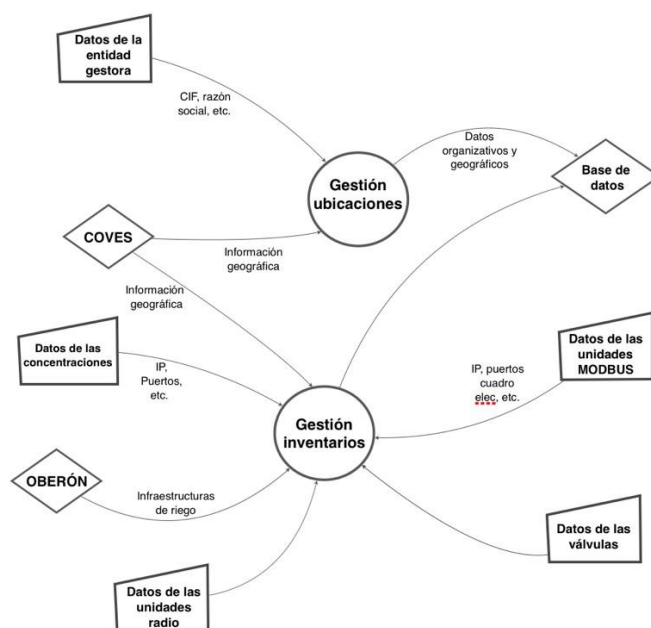


Figura 3: Diagrama de flujo de datos del módulo de inventario de equipamientos de comunicación y riego

Las funciones más destacadas de cada uno de los elementos del equipamiento de comunicación y de riego son las siguientes:

- **Electroválvulas:** son los dispositivos encargados de materializar el paso de agua para que se pueda regar el jardín, pueden encontrarse abiertas (se permite el paso de agua, es decir, se está regando) o cerradas (se inhibe el paso de agua, es decir no se está regando). Las electroválvulas cambian de un estado a otro atendiendo a la presencia o ausencia de corriente eléctrica.

- **Pozos:** concesiones de aguas subterráneas autorizadas por la Confederación Hidrográfica del Júcar que proporcionan el agua para el riego de los jardines. Actualmente son dos.

- **Concentradores:** son elementos de naturaleza electrónica, localizados en varias azoteas de diferentes edificios del campus de la Universidad, están asociados a un cuadro eléctrico. Estos elementos reciben información e instrucciones de manera directa desde el software de gestión y las redirigen a las unidades remota radio o a los módulos MODBUS.

- **Módulos MODBUS:** son dispositivos de carácter electrónico, tienen la capacidad de controlar el comportamiento (apertura - cierre) de las electroválvulas hasta las que llega físicamente un cable. Estos elementos están asociados a un cuadro eléctrico y disponen de una conexión vía cable, a través de la cual, reciben las instrucciones por parte de los concentradores. Tienen la capacidad de controlar hasta 16 electroválvulas.

- **Unidades remota:** son receptores radio, estos elementos se instalan para controlar las electroválvulas que no están conectadas a un cuadro eléctrico directamente con un cable. Disponen de una batería que les suministra energía para poder establecer comunicaciones con los concentradores y tienen la capacidad de poder controlar el estado cierre - apertura de hasta dos electroválvulas. Estas unidades reciben la información de la aplicación de gestión del riego directamente desde los concentradores.

- **Módulo de necesidades de riego:** el objetivo de este módulo es conseguir, en un primer momento, un cálculo de las necesidades de riego de cada parcela que compone las zonas ajardinadas del campus de la Universidad y, en un segundo paso, una programación, que corresponda a un tiempo de apertura de la electroválvula que permita garantizar a la zona afectada por ella la cantidad de agua que requiere. El sistema reconoce en cada una de las electroválvulas las características hidráulicas de la subunidad a la que abastece.

Para llegar a esta información, se tienen en consideración los datos que proporcionan los sensores meteorológicos relativos a los parámetros de temperatura, velocidad y dirección del viento, humedad, radiación solar y precipitación. Después de recopilar estos datos, se sigue el

protocolo de cálculo desarrollado por Martínez Gimeno (2014). Tanto los valores de evapotranspiración de referencia obtenidos en el cálculo, como la dosis óptima de riego, se almacenan en el sistema para poder analizar y evaluar el comportamiento de mismo con todo detalle.

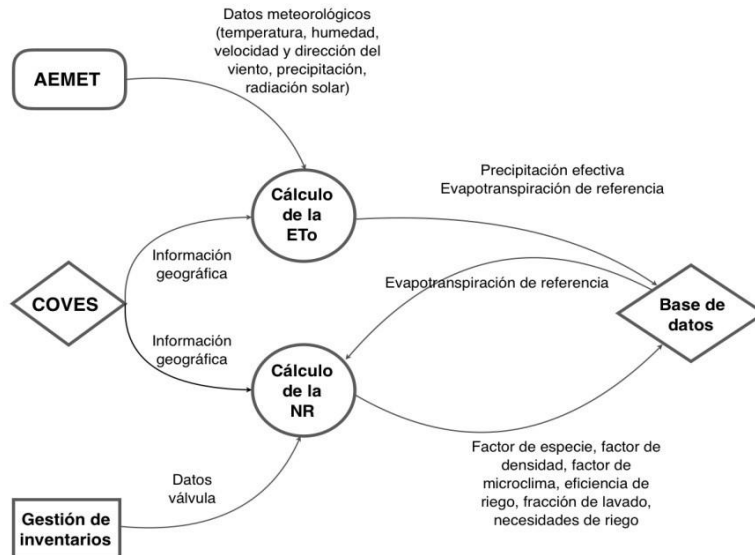


Figura 4: Diagrama de flujo de datos del módulo de necesidades de riego

- **Modulo de gestión de programaciones:** El objetivo del módulo de gestión de programaciones es obtener una secuencia de apertura y cierre de electroválvulas que, basada en el cálculo de las necesidades óptimas de agua calculadas en el módulo anterior, minimice al máximo el consumo de energía de las unidades de los grupos de bombeo. A esta programación se ha llegado empleando los datos proporcionados por el SOFTWARE EPANET sobre el modelo de la red y las secuencias obtenidas mediante la optimización de turnos.

El resultado es una secuencia de apertura y cierre de las electroválvulas con una frecuencia determinada a lo largo de un periodo de riego. Toda esta información se almacena en el sistema de la aplicación de gestión, con el objetivo de poder realizar un análisis a posteriori cuando se conozca el consumo de agua.

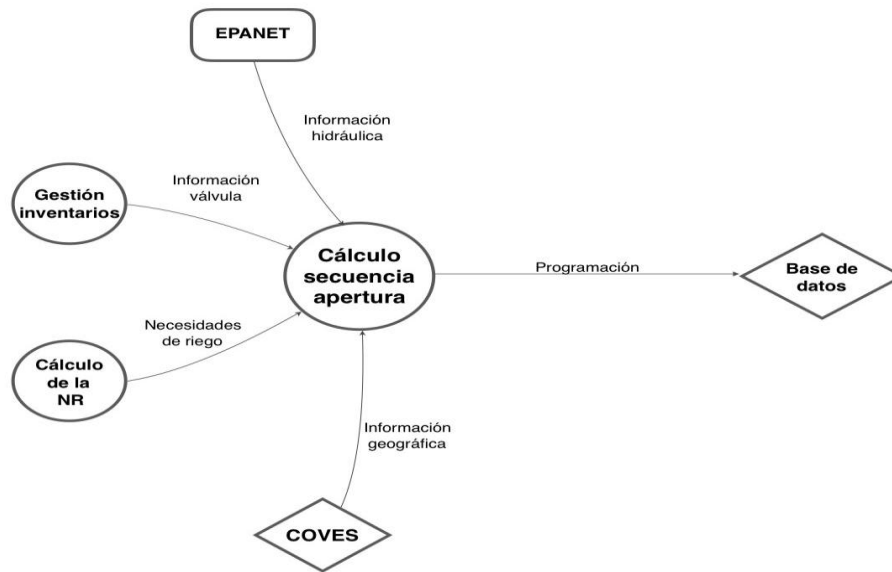


Figura 5: Diagrama de flujo de datos del módulo de gestión de programaciones

3.1.4. Herramientas de software para el desarrollo del sistema

El software para la gestión óptima del riego se encuentra en los servidores de la propia universidad. Este software se ha basado y ha tenido en cuenta las directrices del Área de Sistemas de Información y Comunicaciones de la UPV en cuanto a software de gestión de datos y estándares de programación. Sus características más destacadas son las siguientes:

- El sistema de gestión de base de datos utilizado para la implementación del modelo de datos ha sido ORACLE, pero cualquier sistema de gestión de datos relacionales, comercial o no, sería apto y adecuado.
- El lenguaje utilizado para la creación de la matriz de datos, la manipulación de datos y el control de las transacciones es SQL.
- Los estándares de programación empleados para la gestión y presentación de información han sido XML, HTML y CSS, lo que permite acceder a la información desde cualquier dispositivo que sea capaz de ejecutar un navegador web, independizando la plataforma de gestión del sistema operativo utilizado por el dispositivo. Adicionalmente se combina el HTML y CSS con JavaScript, JQuery y JqPlot para hacer más visual la presentación del software.
- El acceso a las partes restringidas de la plataforma se lleva a cabo mediante el sistema de acreditación utilizado por la UPV para el acceso a su intranet, con lo que queda protegido de accesos no autorizados.

En resumen, el sistema desarrollado para la gestión óptima y eficiente del riego parte de una serie de datos que, a través de módulos de programación, permiten conocer los volúmenes de

riego a aplicar en cada parcela sobre una programación de turnos de riego optimizada. La gestión de la plataforma puede llevarse a cabo desde diferentes dispositivos (ordenador, tablet, smartpone) con una interfaz accesible para el usuario.

La plataforma informática para la gestión del riego de jardines forma parte de la gestión del riego y es, como cualquier otro sistema de información, una herramienta de gestión que se compone de acciones que generan y emplean datos, cuya interpretación y aplicación de los mismos permite obtener información valiosa para la toma de decisiones. Este tipo de sistemas maneja y tiene en consideración grandes cantidades de datos cuya gestión, para lograr la óptima eficiencia de los recursos hídricos y energéticos, debe estar directamente ligada con la automatización de los mismos.

A partir de la total puesta en marcha de la plataforma, el seguimiento y evaluación de la misma, en cuanto a consumo de agua y por tanto de energía, se realiza mediante el mencionado sistema de gestión ambiental OBERÓN, ya que la plataforma está integrada en este sistema. OBERÓN almacena gran cantidad de datos, lo que permite poder realizar una comparación de las necesidades de riego calculadas con programaciones establecidas en función de los consumos, así como de los distintos indicadores ambientales. Este es uno de los puntos más destacados de sistema, ya que permite controlar los resultados parciales y totales de consumos a lo largo del tiempo, así como de las posible anomalías producidas por las modificaciones no consensuadas por los gestores del riego.

Debido a la propia evolución del jardín y sus elementos de trabajo, la plataforma requiere de una actualización continua de los datos para poder ajustar la gestión del riego

3.2. Elaboración del modelo hidráulico de la red

Una de las herramientas más eficaces para evaluar el funcionamiento hidráulico de un sistema es la realización de un modelo/aplicación informática que represente de la manera más real posible el funcionamiento de la red de riego, de esta forma se consigue una simulación de la red hidráulica del sistema.

Para poder realizar este modelo/aplicación se ha de introducir toda la información que previamente se ha recogido en los elementos que componen los equipos de riego de la instalación y utilizar un programa que realice las simulaciones previamente citadas.

En el estudio de este caso práctico se ha empleado el programa EPANET, en este programa se permite realizar un seguimiento minucioso de la evolución de los caudales en las tuberías y las presiones en los nudos, a lo largo de periodos de tiempo con múltiples secuencias que dan

lugar a las simulaciones del sistema. EPANET contiene un simulador hidráulico muy avanzado que ofrece y garantiza las siguientes prestaciones (Rossman, 2000):

- El tamaño de la red que se quiera procesar no tiene límites.
- Las pérdidas de carga pueden calcularse mediante las fórmulas de Hazen – Williams, de Darcy – Weisbach o de Chezy-Manning.
- Tienen en consideración las pérdidas menores en codos, accesorios, etc.
- Admite bombas tanto, de velocidad fija, como de velocidad variable.
- Determina el consumo energético y sus costes.
- Permite considerar varios tipos de válvulas, tales como válvulas de corte, de retención y reguladoras de presión o caudal.
- Admite depósitos de distinta geometría.
- Permite considerar diferentes tipos de demanda en los nudos, cada uno con su propia curva de modelación en el tiempo.
- Permite modelar tomas de agua cuyo caudal dependa de la presión.
- Admite leyes de control simples, y leyes de control más complejas basadas en reglas lógicas.

3.2.1. Ajuste del modelo hidráulico de la red.

Una vez se tiene el modelo hidráulico elaborado y definido, el siguiente paso es comprobar la calidad del mismo y comprobar su proximidad a la realidad. Para poder hacer uso del modelo como una herramienta de análisis del funcionamiento y calidad de la red ante situaciones diferentes, se debe verificar que las respuestas del mismo sean lo más parecidas posible a la que sucedería en la realidad. Este ajuste tiene en consideración varias comprobaciones.

Primero, se ha de verificar los valores de presión que simula el programa con las lecturas registradas por el transductor de presión, este instrumento es colocado en diferentes puntos de la red del sistema, Así, se puede asegurar que se conocen las variaciones de presión observadas entre el transductor, que es lo que sucede en la realidad, y, las del programa de simulación, pudiendo realizar las correcciones en base a los parámetros del modelo. Esta medida se ha de realizar mediante transductores de presión asociados a una data – logger que almacena información secuenciada en los diferentes intervalos señalados previamente. El lugar donde se realiza la conexión de la data – logger debe tener una rosca hembra de ½”, por ejemplo, en un manómetro.

A continuación, considerando que los aspersores y difusores constituyen los emisores más significativos en zonas ajardinadas de carácter urbano, se debe realizar un ajuste en los

coeficientes de los emisores de la red. Las características que poseen los emisores que se encuentran en cada nudo van cambiando con el tiempo, no son fijos, a causa de diferentes alteraciones y cambios que se producen en la red del sistema, como variaciones en la ejecución respecto al proyecto previamente diseñado, estado de los emisores y de las boquillas, cambios en el recorrido de la subunidad, modificaciones en el dimensionado, como pueden ser cambios de diámetro, roturas y diferentes averías. Por todo ello es complicado conocer el valor de la constante K_i , que define su curva caudal – presión ($Q_i.P_i$). Es importante señalar que, en estos sistemas de riego, el caudal está estrechamente relacionado con la presión recibida, por lo que cualquier variación, por mínima que sea, dará lugar a variaciones en la dosis de aplicación, alcance y tamaño de la gota de agua que aportan los emisores, todas estas consideraciones provocan que la importancia de conocer K_i , a lo largo del tiempo, aumente.

A continuación, se detalla el procedimiento para conocer el valor de los coeficientes.

El método que se va a emplear es el más recomendable para zonas ajardinadas con una gran cantidad de diferencias en la tipología de los emisores que participan en el riego. La constante del emisor se puede alcanzar a través de dos vías distintas, de esta manera en sistemas de riego considerables minimizamos las actividades de medida, la metodología empleada es la siguiente:

- A) Se obtienen de manera experimental la constante de los nudos que recogen diversos emisores mediante la medición directa sobre el propio sistema de riego. Para alcanzar esta medida, se tiene que utilizar un transductor de presión y un caudalímetro de ultrasonidos para determinar las presiones (P_r) y los caudales (Q_r) de funcionamiento en los distintos puntos de consumo de la red. El valor de la constante en derivación experimental se calcula con la siguiente expresión, siendo $\alpha = 0.5$ (Montalvo, 2007

$$Q_r = k_r P_r^\alpha \rightarrow k_r = \frac{Q_r}{P_r^\alpha}$$

Donde el significado de cada parámetro es:

Q_r Caudal real de derivación en parcela ($m^3 s^{-1}$)

K_r Constante real derivación en parcela ($m^{5/2} s^{-1}$)

P_r Presión real derivada en parcela (m)

α Exponente del emisor (0.5)

De esta manera se obtienen de forma directa las constantes reales de derivación en parcela, para que su fiabilidad sea lo más alta posible, es muy importante realizarla en puntos

característicos del jardín, que sean representativos de la zona de estudio, zonas uniformes, sin irregularidades, etc., de esta forma la garantía de éxito será mayor en las siguientes simplificaciones. También es importante realizar el ensayo indicando de manera clara los sistemas de riego existentes, si son aspersores, o si son difusores.

- B) Obtención de las constantes en los nudos que recogen diversos emisores a través del cálculo de una constante que promedia los valores obtenidos en los puntos ensayados, Este cálculo es un indicador de aproximación que permitirá simplificar la carga de trabajo asociada a las medidas directas. Midiendo en unas zonas de trabajo, se puede realizar una extrapolación a zonas de características similares. El valor de la constante simplificada en derivación se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$K_1/n_1, K_2/n_2, \dots, K_m/n_m = \frac{567896}{n} \dots$$

Quedando para cada nudo $K_m = K_g m$

Donde el significado de cada parámetro es:

K_r Constante real de la derivación en parcela ($m^{5/2} s^{-1}$)

K_g Constante simplificada derivación en parcela media ($m^{5/2} s^{-1}$)

K_g Constante simplificada derivación en parcela media ($m^{5/2} s^{-1}$)

n, m Número de emisores asociados a un nudo (-

3.2.2. Aplicación práctica al modelo hidráulico de red

Los diferentes protocolos y metodologías explicadas anteriormente han sido aplicadas en las zonas ajardinadas del campus de Vera de la Universitat Politècnica de València (UPV), ubicados en la zona Norte de la ciudad de Valencia, próxima a la autovía V-21.

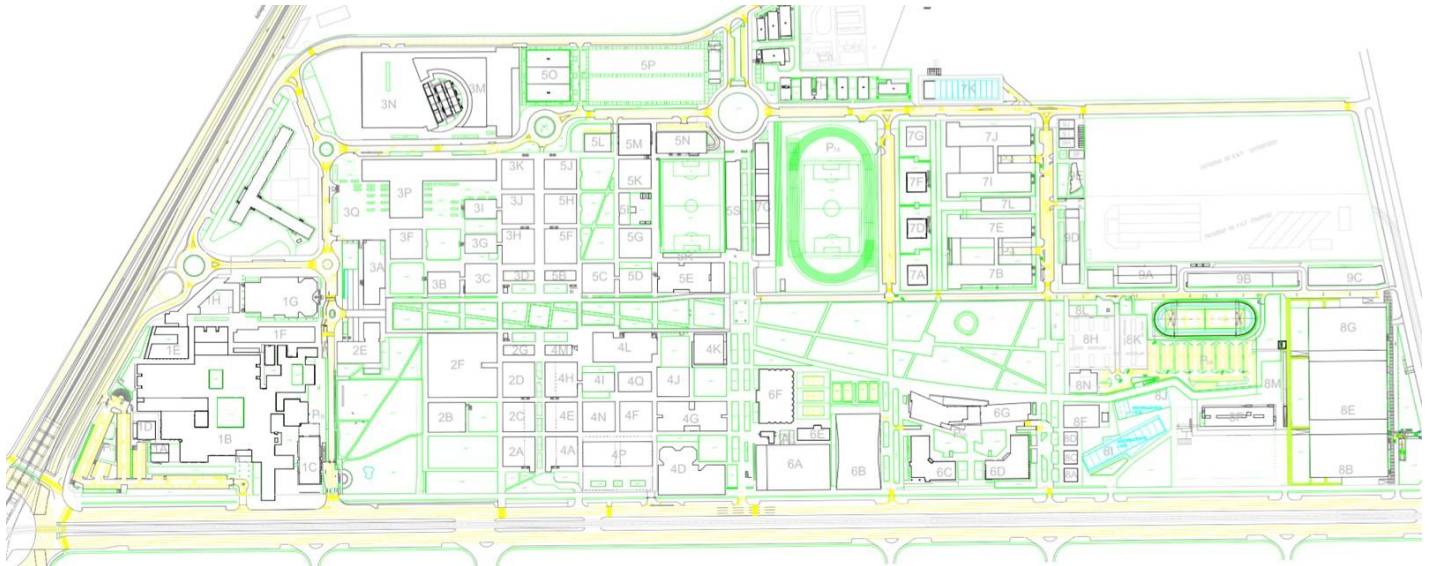


Figura 6: Distribución de las parcelas de riego en el campus de Vera de la UPV

En el caso concreto de este estudio, la evaluación de los resultados se ha realizado en la sub red correspondiente al pozo 1, realizando las medidas que se detallarán a continuación en las parcelas de riego que son contenidas por dicho pozo.

El principal motivo por el que se ha seleccionado esta zona del Campus es porque anteriormente se han realizado estudios y evaluaciones de los mismos parámetros en las parcelas de riego controladas por el pozo 1 (Martínez, 2014), este trabajo ha servido de base para el desarrollo de este estudio.

A continuación, se detallan las parcelas objeto de estudio, en las que se realizaron las distintas medidas, y la relación que tienen con los distintos elementos que participan en modelo de riego del Campus.

Tabla 1: Parcelas objeto de estudio y elementos

EV	CONCENTRADOR	REMOTA	SALIDA	PARCELA	ÁREA (m ²)	N EMISORES
PAm201p1	3	8	2	V.J2.0.003	54,45	8
PAm201p1	3	8	2	V.J2.0.002	54	
PAm202p1	3	9	1	V.J2.0.001	49,04	8
PAm204p1	3	15	1	V.J2.0.006	131,02	19
PAm204p1	3	15	1	V.J2.0.005	137,14	
PAm205p1	3	16	2	V.J2.0.011	558,76	23
PAm205p1	3	16	2	V.J2.0.012	138,26	
PAm206p1	3	15	2	V.J2.0.008	578,32	32
PAm206p1	3	15	2	V.J2.0.007	345,90	
PAm207p1	3	17	1	V.J2.0.015	14,85	19
PAm207p1	3	17	1	V.J2.0.014	547,93	
PAm209p1	3	16	1	V.J2.0.010	377,83	26
PAm209p1	3	16	1	V.J2.0.009	554,10	
PAm401p1	3	19	2	V.J4.0.011	11,53	17
PAm401p1	3	19	2	V.J4.0.010	54,45	
PAm401p1	3	19	2	V.J4.0.009	24,52	
PAm402p1	3	18	1	V.J4.0.004	362,92	24
PAm402p1	3	18	1	V.J4.0.003	423,81	
PAm403p1	3	18	2	V.J4.0.006	321,82	10
PAm403p1	3	18	2	V.J4.0.005	634,80	
PAm404p1	1	30	1	V.J4.0.012	904,84	18
PAm404p1	1	30	1	V.J4.0.013	31,99	
PAm405p1	3	17	2	V.J4.0.002	36,45	15
PAm405p1	3	17	2	V.J4.0.001	174,154129	
PAm405p1	3	17	2	V.J2.0.013	11,37639046	
PAm406p1	3	19	1	V.J4.0.008	112,2235718	18
PAm406p1	3	19	1	V.J4.0.007	871,208313	

En la tabla se puede observar las electroválvulas que participan en el estudio, con su nomenclatura (PA: Pradera Ágora, p1: abastecidas por el pozo 1), de que concentrador reciben la información (hay 4 concentradores en todo el campus de Vera), la salida, la parcela o parcelas de riego a las que abastece, con su propia nomenclatura (V. J.: Vera Jardín) y, por último, el número de emisores asociados a cada electroválvula. En resumen, en este estudio concreto han participado 13 electroválvulas, 3 concentradores distintos, 27 parcelas de riego y 237 emisores de riego.



Figura 7: Parcelas objeto de estudio

3.2.3. Elaboración del modelo hidráulico de red

El modelo hidráulico de la red del campus de Vera con el que se ha trabajado en el presente estudio se ha basado en el modelo de EPANET, en este programa se han introducido las redes que participan en este estudio, y toda la información que alberga las zonas donde se han realizado las medidas.

En el modelo de red con el que se ha trabajado se han tenido en cuenta los siguientes elementos del sistema de riego:

- Nudos: en la red se pueden ver representados tanto nudos que consumen caudal conocidos, como nudos de servicio, se han caracterizado por su cota y su demanda base.
- Tuberías: el trazado de la red ha sido proporcionado por el Vicerrectorado de Infraestructuras de la UPV. Las características de las tuberías (diámetro, material, etc) han sido facilitadas y comprobadas junto al personal responsable de la empresa de mantenimiento del riego de la UPV.

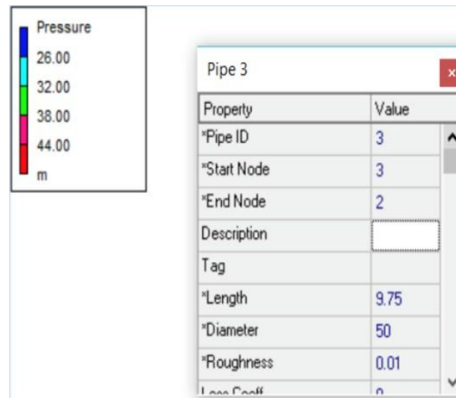


Figura 8: Ficha tubería en EPANET

- Pozos: se consideran como si fueran un embalse, en este caso solo ha participado uno de los dos pozos que participan en el riego del campus, Pozo 1
- Electroválvulas: se han introducido todas aquellas electroválvulas que controlan la apertura y cierre de los grupos de aspersores, difusores y goteos que se encontraban dentro de las parcelas objetos del estudio. Los datos de caudal base introducidos fueron los recogidos en los equipos de medición que se detallan a continuación.

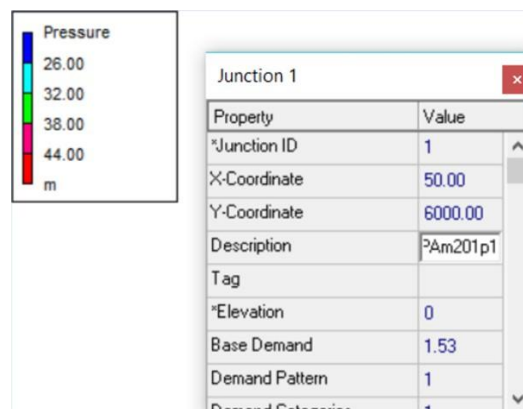


Figura 9: Ficha electroválvula en EPANET

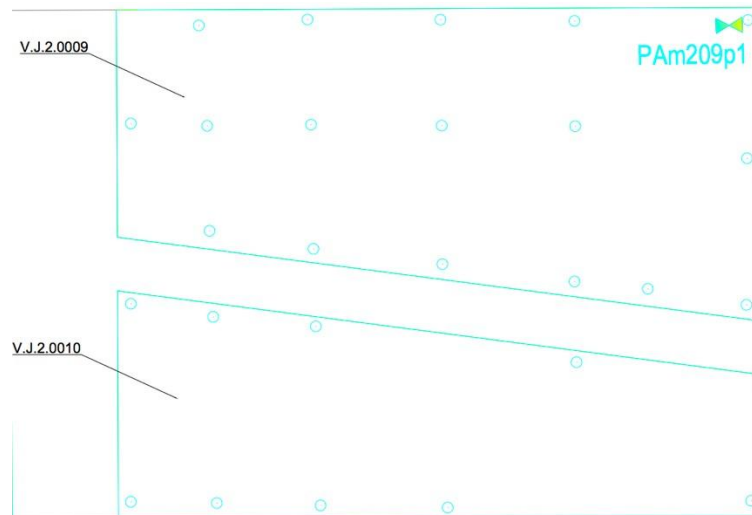
3.2.4. Ajuste del modelo hidráulico de la red de la UPV

Como se ha explicado con anterioridad, la obtención de los coeficientes se ha realizado de manera directa a través de mediciones en campo. El procedimiento que se ha empleado fue el siguiente:

1. Se seleccionaron las parcelas que se consideraron más representativas de la zona de estudio del jardín, eligiéndose de esta forma, la pradera conocida como del Ágora, la cual tiene una gran importancia debido a su gran afluencia de usuarios diarios.

Figura 10:
Electroválvula en
riego y emisores

2. Se
un riego
apertura



parcela de

programó
con la

secuencial de cada una de las electroválvulas de estudio. Este riego, ideado para la calibración, quedaba totalmente aislado de otras demandas asociadas a la red que pudieran interferir las mediciones. En la siguiente tabla se puede comprobar la programación de dichas electroválvulas.

Tabla 2: Programación de las electroválvulas

CONCENTRADOR	REMOTA	SALIDA	NOMBRE	HM1	HP1
1	30	1	PAr404p1	1:30	2:00
3	15	1	PAm204p1	2:00	2:30
3	15	2	PAm206p1	2:30	3:00
3	16	1	PAm209p1	3:00	3:30
3	16	2	PAm205p1	3:30	4:00
3	17	1	PAm207p1	4:00	4:30
3	17	2	PAm405p1	4:30	5:00
3	18	1	PAm402p1	5:00	5:30
3	18	2	PAm403p1	5:30	6:00
3	19	1	PAm406p1	6:00	6:30
3	8	2	PAm201p1	20:00	20:10
3	9	1	PAm202p1	20:10	20:20
3	19	2	PAm401p1	20:20	20:30

3. Se instaló, en el punto de la red de abastecimiento que se supuso como más representativo y de mejor acceso, un caudalímetro de ultrasonidos y un transductor de presión que registraron el caudal (Q_r) y la presión (P_r) demandados por cada uno de los nudos de consumo de las parcelas.



Figura 11: Data-logger



Figura 12: Transductor de presión y caudalímetro

4. Con las medidas obtenidas vía los equipos de medición y teniendo en cuenta la ecuación $Q_r = k_r P_r^\alpha$ se obtuvo el valor de la constante K_r para cada grupo de emisores controlados por una electroválvula. De esta manera, conociendo el número de emisores dentro de cada electroválvula se obtuvo un K_i individual de cada emisor, con el fin de promediar y extrapolar este valor al de otras parcelas regadas por sus electroválvulas correspondientes.

3.3. Tratamientos sobre las especies botánicas en el campus Vera

En el campus de Vera de la UPV conviven un gran número de especies botánicas diferentes originarias de los cinco continentes, con más de 2300 árboles y plantas de casi más de 200 especies diferentes. Toda esta información está agrupada en la Guía Botánica de la Universidad Politécnica de Valencia (Esteras y Sanchis, 2012).

En el caso práctico de este estudio se accedió a los cuadernos de campo, propiedad de los técnicos rrsponsables del jardín del campus, dichos técnicos eran personal de la empresa de mantenimiento de las zonas ajardinadas del campus, se realizó un seguimiento de las plagas, enfermedades, carencias nutricionales, que presentaban las especies botánicas del jardín. Se analizaron las aplicaciones realizadas, basadas mayoritariamente y se propuso una serie de alternativas con el fin de sustituir los tratamientos químicos. Las propuestas fueron realizadas a partir de casos prácticos en los que ya se está estableciendo una alternativa a productos de síntesis químicas como pueden ser ayuntamientos que gestionan sus zonas verdes urbanas, recintos deportivos privados y diferentes ámbitos de la jardinería privada.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados modelo hidráulico

A continuación, en la siguiente tabla se presentan las medidas obtenidas con los equipos de medición que se han descrito anteriormente.

Tabla 3 Constantes de electroválvula y emisor calculadas.

EV	EMISORES	PARCELAS	P(m.c.a)	Q(l/min)	Kr	Ki
PAm201p1	8	V.J2.0.002/3	44,9	69	10,29	1,29
PAm202p1	8	V.J2.0.001	44,9	91,8	13,70	1,71
PAm204p1	19	V.J2.0.005/6	44,85	211,2	31,54	1,66
PAm205p1	23	V.J2.0.011/12	41,99	235,8	36,39	1,58
PAm206p1	32	V.J2.0.007/8	37,96	268,2	43,53	1,36
PAm207p1	19	V.J2.0.014/15	-	-	0,46	-
PAm209p1	26	V.J2.0.009/10	42,77	264,6	40,46	1,56
PAm401p1	17	V.J4.0.009/10/11	44,98	109,8	16,37	0,96
PAm402p1	24	V.J4.0.003/4	-	-	0,58	-
PAm403p1	10	V.J4.0.005/6	-	-	0,24	-
PAm404p1	18	V.J4.0.012/13	-	-	0,43	-
PAm405p1	15	V.J4.0.001/2/J2.13	-	-	0,36	-
PAm406p1	18	V.J4.0.007/8	-	-	0,43	-

La obtención de los coeficientes Kr y Ki, se han obtenido a partir de los datos de Q obtenidos por el caudalímetro, medida directa, y los datos de P han sido los obtenidos mediante el programa simulador EPANET. Se ha obtenido el coeficiente individual del emisor Ki, con el fin de obtener valores en otras parcelas, extrapolando valores, ajenas al estudio práctico.

Como se puede apreciar, en la electroválvulas PAmP1 402, 403, 404, 405, 406, 207, no se ha podido calcular el coeficiente Kr mediante medida directa, esto se ha debido a que lo programación en el tiempo no se ha cumplido, no está actualizada y no ha habido caudal en dichas electroválvulas a las horas establecidas en la aplicación informática. Estas electroválvulas, además, se encuentran agrupadas, están distribuidas de manera continua en el jardín.

A partir de estos valores, mediante el Ki, se extrapolaron valores para obtener el coeficiente Kr en electroválvulas responsables de parcelas con características parecidas a las objeto del estudio, estas parcelas, además se sitúan próximas en el espacio y de esta manera se intenta conocer los valores de todas las parcelas de riego controladas por el pozo P1.

Tabla 4 Constantes de Ev extrapolados a otras parcelas del pozo 1

EV	EMISORES	PARCELAS	Kr
PEm210p1	18	V.J2.0.017	25,92
PEm211p1	12	V.J2.0.019/21	17,28
PEm212p1	6	V.J2.0.022	8,64
PEm213p1	12	V.J2.0.021	17,28
PEm214p1	7	V.J2.0.021	10,08
PEm216p1	12	V.J2.0.022	17,28
PEm217p1	9	V.J2.0.024	12,96
PEm221p1	13	V.J2.0.026	18,72
PEm224p1	8	V.J2.0.026	11,52
PEm225p1	10	V.J2.0.026	14,4
PEm315p1	12	V.J3.0.002	17,28

De esta manera conociendo estos valores, se tiene un valor de las parcelas de riego más representativas que son controladas por el pozo 1, y se va ampliando el número de valores registrados y referencias dentro de la gestión del riego del campus de Vera en la UPV.

4.2. Modo de acción sobre las diferentes problemáticas en las especies botánicas

Consultando y contrastando la información facilitada por los servicios técnicos de jardinería y mantenimiento de la UPV, se puede decir, que actualmente en las zonas ajardinadas de la UPV, podemos encontrar diferentes problemas en las distintas especies botánicas:

Especie botánica: *Cynodon dactylon*, *Stenotaphum secundatum*, *Pennisetum clandestinum*, *Poa annua* (todas estas especies componen las praderas y céspedes de las zonas verdes).
Familia: poáceas (= gramíneas).

- **Plaga:** *Spodoptera littoralis* (rosquilla, gusano de pradera). Familia: noctuidos.
- **Síntomas y daños:** Áreas desnudas en las praderas recién sembradas, provocando una difícil recuperación, en praderas ya establecidas y con especies de la familia gramínea no supone un gran problema.
- **Localización:** Todas las praderas y céspedes de las zonas ajardinadas del recinto.
- **Modo actuación:** se aplica clorpirifus granulado cuando se observa la plaga, no se realizan tratamientos preventivos.
- **Época tratamiento:** junio - julio, septiembre -octubre.
- **Propuesta ALTERNATIVA:** aplicación preventiva de la bacteria *Bacillus thuringiensis*. La aplicación se realizaría a la salida del invierno, previo al periodo crítico. Método

aplicado actualmente en numerosos campos de golf, fútbol y jardines de ámbito privado y público.

- **Propuesta ALTERNATIVA II:** aplicación de nematodos, *Steinernema carpocapsae*. Se aplicaría, cuando se observa la plaga, meses de junio - julio, septiembre -octubre. Método aplicado actualmente en numerosos campos de golf, fútbol y jardines de ámbito privado y público.

Especie botánica: *Ulmus pulmila* (olmo de Siberia), *Ulmus`Resista'* (olmo Resista). Familia: Ulmáceas.

- **Plaga:** *Xanthogaleruca luteola* (galeruca de los olmos) . Familia: crisomélido
- **Síntomas y daños:** Perforaciones y daños en las hojas del árbol, los estados adultos bajan del árbol, introduciéndose en los edificios y ocasionando problemas en los usuarios, las perforaciones son vía de entrada de otros patógenos, ocasionando problemas de melazas mayoritariamente.
- **Localización:** árboles situados entre las escuelas de Ingeniería de Telecomunicaciones e Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Edificio 2B mayoritariamente.
- **Modo actuación:** se aplica alfa cipermetrina al observar la presencia de los individuos más jóvenes, no se realizan tratamientos preventivos.
- **Época tratamiento:** antes del verano: mayo - junio, y en pleno otoño: octubre-noviembre.
- **Propuesta ALTERNATIVA:** aplicación de nematodos, *Heterorhabditis bacteriophora*, la aplicación se realizaría previa a los periodos críticos: a la salida del invierno: marzo, y a la salida del verano:septiembre.
- **Propuesta ALTERNATIVA II:** aplicación de jabones potásicos, para eliminar los restos de melaza que ocasionen problemas estéticos alrededor de los edificios más cercanos al árbol, edificio 2B principalmente. Este método se aplica actualmente en el ámbito de la jardinería, ayuntamientos están trabajando con este sistema en diferentes zonas públicas ajardinadas.

Especie botánica: *Phoenix canariensis* (palmera canaria), *Phoenix dactylifera* (palmera dactilífera). Familia: arecáceas.

- **Plaga:** *Rhynchophorus ferrugineus* (picudo rojo). Familia: coleópteros.
- **Síntomas y daños:** decaimiento de las hojas, limitación del crecimiento, galerías que recorren todo el árbol, muerte de algunos ejemplares. Es la plaga más importante debido al elevado coste de estas especies.

- **Localización:** árboles situados entre las escuelas de Ingeniería de Telecomunicaciones e Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Edificio 2B mayoritariamente. dos ejemplares de *Phoenix dactylifera*, uno entre el 5K y 3J, está muerto pero se mantiene el árbol, otro entre el 5E y 7C, muy debilitado, y ejemplares de *Phoenix canadiensis*, en el 1B, 2B Y 5J.
 - **Modo actuación:** en esta plaga se sigue un protocolo de actuación, todos los meses se realiza un tratamiento preventivo en todos los ejemplares del recinto, aplicación de imidacloprid. Los ejemplares que sufren la plaga reciben un tratamiento de cirugía, se analiza la yema apical para observar el grado de intensidad, y en función de este, se intensifica el tratamiento y se eliminan individuos.
 - **Época tratamiento:** Todos los meses, último martes de cada mes.
 - **Propuesta ALTERNATIVA:** aplicación de la bacteria *Bacillus thuringensis* de manera preventiva, una aplicación mensual. Este método actualmente se está aplicando con éxito tanto en palmeras urbanas como en el ámbito de jardinería privada.
 - **Propuesta ALTERNATIVA II:** inundar el cogollo de la palmera con nematodos, este sistema se realizaría en los ejemplares claramente afectados, los nematodos serían en este caso de la especie *Steinernema carpocapsae*. Este método actualmente se está aplicando con éxito tanto en palmeras urbanas como en el ámbito de jardinería privada.
- **Especie botánica:** *Ficus microcarpa* (laurel de las indias). Familia: Moráceas.
- **Plaga:** *Macrohomonota gladiata*. Familia: psila. *Planococcus citri* (cochinilla algodonosa).
 - **Síntomas y daños:** secreciones lanosas y hojas enrolladas.
 - **Localización:** entrada de la universidad, 2A y 4A.
 - **Modo actuación:** jabón potásico.
 - **Época tratamiento:** meses de junio-julio, cuando las secreciones son abundantes.
 - **Propuesta ALTERNATIVA:** el jabón potásico empleado cumple el manejo sostenible y ecológico.
- **Especie botánica:** *Platycaudus orientalis* (tuya). Familia: cupresácea.
- **Plaga :** *Myzus persicae* (pulgón verde). Familia: áfidos. *Planococcus citri* (cochinilla algodonosa). Familia: cóccidos.
 - **Síntomas y daños:** melazas, manchas en zonas transitadas.
 - **Localización:** alineación de tuyas que abarca 3B, 3C, 3D, 5B, 5C, 5D.

- **Modo actuación:** aplicación de clorpirifus.
- **Época tratamiento:** cuando la intensidad es muy elevada, normalmente mes de mayo
- **Propuesta ALTERNATIVA:** jabones potásicos combinados con extracto botánico (*Sophora japonica*, *Plukenetia volubilis*, *Pongamia pinata*), esta aplicación sería cuando el pulgón y la cochinilla crean problemas importantes, normalmente meses de mayo-junio. Este método actualmente se está utilizando con éxito en jardinería urbana, son varios los ayuntamientos que está trabajando con este sistema.
- **Propuesta ALTERNATIVAII:** lucha biológica: combinación de especies de coccinélidos, cecidómidos, himenópteros y crisopas. La aplicación de este manejo se podría realizar de manera preventiva, soltando las diferentes especies en plena primavera, o realizando la suelta en el momento que aparecen las plagas, esto dependerá del grado de control que queramos realizar sobre las plagas.
- **Enfermedad:** Problemas fúngicos de *Phytophthora* y *Seiridium*.
- **Síntomas y daños:** manchas necróticas, defoliación, penetración de otros organismos.
- **Modo actuación:** aplicación del fungicida fosetyl -al.
- **Época tratamiento:** cuando el hongo presenta problemas serios, meses de abril y mayo normalmente.
- **Propuesta ALTERNATIVA:** combinación de compuestos cúpricos, extracto de mimosa y corteza de roble, y bioestimulantes.

Además de los diferentes problemas descritos, actualmente se realizan diferentes tratamientos en todo el recinto (márgenes y bordes de las zonas ajardinadas, zonas pavimentadas, de solar o descampado) para eliminar los problemas de malas hierbas

- **Materias activas empleadas:** linuron, glufosinato de amonio.
- **Propuesta ALTERNATIVA:** la principal alternativa al uso de herbicidas, sería la reutilización de los residuos de trabajo de jardinería, ya sea en forma de triturado o de compost. En el caso del triturado, se utiliza como almohadillado en los parterres con plantaciones de arbustos y espacios vivaces, de esta forma conseguimos evitar la evaporación del agua y se realiza una tarea preventiva para eliminar la emergencia de malas hierbas. Esta opción está siendo utilizada con éxito por varios ayuntamientos para controlar las malas hierbas en la jardinería urbana.
- **Propuesta ALTERNATIVA II:** intensificar los pases de maquinaria por los márgenes de los caminos del recinto.

- **Propuesta ALTERNATIVA III:** realizar la siembra o trasplante de especies que cubrirían los márgenes y evitarían la emergencia de malas hierbas. Ejemplo: tomillo, romero, menta.

A continuación se muestra una imagen de la distribución de las distintas edificaciones de la UPV para poder ubicar los diferentes problemas descritos.



Ilustración 1 Distribución de los diferentes edificios de la UPV

5. CONCLUSIONES

Las conclusiones más destacadas del presente estudio se describen a continuación:

- Los valores de las constantes K_r y K_i se aceptan como válidos para su extrapolación para el modelo, que debe estar sujeta a verificación y validación experimental.
- Los caudales obtenidos experimentalmente mediante los equipos de medición seleccionados están dentro de los rangos que cabrían esperar, se consideran valores correctos.
- La obtención de valores mediante medición directa ha servido para detectar anomalías en alguno de los elementos de riego que forman parte del sistema de riego y no estaban siendo detectados.
- Es posible eliminar los tratamientos que generan residuos químicos de síntesis sobre las especies botánicas del campus de Vera de la UPV, sustituyéndolos por modos de control que no generan ningún tipo de residuo, garantizando un ambiente más sostenible al actual en las zonas ajardinadas del campus de Vera.

También se presenta una lista de propuestas de mejora en el apartado de la gestión del riego del campus de Vera, con el fin de optimizar los recursos disponibles.

5.1. Propuestas de mejora

A partir del desarrollo de la plataforma informática para la gestión integrada de redes de riego en los jardines de la UPV, desarrollada por Martínez en el año 2014, se plantean distintas propuestas.

En la gestión de dicha plataforma son varios los usuarios que participan en su desarrollo y mantenimiento:

- Área de Medio Ambiente de la UPV
- Vicerrectorado de los Campus e Infraestructuras
- Empresa desarrolladora de las aplicaciones informáticas
- Área de Sistemas de Información y Comunicaciones
- Empresa encargada del mantenimiento del campus de la UPV

A partir de las funciones desempeñadas por cada uno de ellos, y después de realizar varias evaluaciones del sistema, se han realizado diferentes informes basados en propuestas de mejora para poder minimizar los errores o fallos de gestión en el sistema de riego de la universidad.

A continuación, se describen algunos de los problemas encontrados en algunos de los diferentes elementos que participan en el sistema de gestión.

Electroválvulas

- Pese a existir una utilidad para modificar los datos de una electroválvula, no es posible introducir electroválvulas nuevas ni eliminar alguna de las existentes.
- Aunque se ofrece un listado de electroválvulas cuando se accede a cada uno de los parques, no es posible obtener ese listado atendiendo a criterios de ordenación personalizados.
- Incluso las electroválvulas ModBus, que no se comunican a través de una remota, necesitan tener remotas ficticias asignadas para que la aplicación pueda funcionar con ellas.
- A la hora de modificar los datos descriptivos de las electroválvulas no es posible introducir o modificar los valores asociados al tipo de vegetación que se riega o al sistema de riego que está asociado a la electroválvula.
- La aplicación solo contempla como sistemas de riego para una electroválvula la aspersión y el goteo, pero no la difusión. Tampoco contempla la posibilidad de que una electroválvula pueda tener asociado más de un sistema de riego, esto no debería ocurrir, pero se encuentran electroválvulas en el jardín que levantan aspersores como difusores o incluso difusores y goteo.
- No hay ninguna utilidad para buscar electroválvulas.
- Aunque la secuencia concentrador - remota - salida configuran un código que identifica unívocamente cada electroválvula, el nombre mnemotécnico asignado a cada electroválvula también debería ser único y, sin embargo, se repite.
- No es posible saber qué parcela riega cada electroválvula, ni tampoco es posible introducir esa información.

Remotas

- No es posible introducir ni modificar datos asociados a las remotas.
- No es posible saber donde están ubicadas todas las unidades remotas.
- Aunque es posible consultar las remotas existentes clasificadas por concentrador, no es posible visualizar la información de las remotas por ningún otro criterio de ordenación ni es posible buscar una unidad remota.
- Entre los datos que se muestran para cada EV aparecen datos relacionados con las entradas analógicas y digitales para los que se desconoce su funcionalidad.

- Es necesario dar de alta remotas ficticias para poder asociarles las EV que funcionan con módulos ModBus.

Módulos ModBus

- No es posible visualizar en la aplicación ninguna información sobre los módulos ModBus aunque sí hay información en la base de datos.
- No es posible introducir, actualizar o eliminar módulos ModBus.
- No es posible saber dónde están ubicados los módulos ModBus.
- No es posible saber qué EV están asociadas a cada módulo ModBus ni en qué salida del módulo se encuentran.

Concentradores

- Aunque es posible modificar y eliminar concentradores, no es posible añadir nuevos concentradores.
- No es posible saber dónde están ubicados todos los concentradores.
- Algunos de los datos que aparecen cuando se visualizan datos de un concentrador no están directamente relacionados con el concentrador sino con otros dispositivos.

Pozos

La aplicación no muestra ninguna información sobre los pozos ni los tiene en cuenta para nada. Únicamente en el nombre asignado a cada EV se especifica de qué pozo toma el agua. La información disponible sobre los pozos en otras bases de datos corporativas sería suficiente pero la aplicación no puede tenerla en cuenta ni puede mostrar un desplegable para que se elija el pozo del que toma el agua la EV en el momento de darla de alta.

Utilidades para la programación de riegos

En la elaboración de las programaciones del riego se han observado las siguientes anomalías:

- No es posible introducir una programación futura de riegos
- No es posible visualizar regímenes de riego aplicados en el pasado.
- No es posible obtener un listado de EV ni de grupos de EV atendiendo a los días que riegan.
- No es posible realizar búsquedas de EV por día de riego.
- Cuando se aplican múltiples riegos en un mismo día en una programación por grupos las programaciones no entran correctamente en el sistema.

Datos meteorológicos

La aplicación se diseñó para que pudiera tener en cuenta parámetros meteorológicos a la hora de decidir si se debe regar y cuanto. Pese a esto, se encuentran los siguientes problemas:

- La aplicación no es capaz de obtener datos de precipitación acumulada con lo que no se detiene el riego en caso de lluvias intensas.
- Los datos obtenidos sobre la precipitación en el momento de regar son a menudo erróneos debido a que el pluviómetro se encuentra embozado. Esto es un problema de mantenimiento.

Comunicaciones

Las comunicaciones deben garantizar que las indicaciones dadas por el operador para la planificación y el control de los riegos se transmiten correctamente al resto de dispositivos instalados o, en caso contrario, indicar lo que ha ocurrido. En este caso se observan las siguientes deficiencias:

- La utilidad encargada de transmitir los datos, instalada en el servidor vtcriego no se inicia correctamente cuando el equipo en el que está instalada se reinicia.
- No es posible visualizar desde la aplicación si las comunicaciones están funcionando correctamente o no.
- No se muestra en ningún lugar de la aplicación si las comunicaciones se han visto interrumpidas en algún momento.
- La arquitectura de la solución implantada no permite el control del riego vía web.

Sistemas de alarmas

El sistema de alarmas en general resulta ineficaz ya que emite alarmas muy continuas de muy poca importancia y es incapaz de emitir alarmas sobre cuestiones más determinantes:

- Las alarmas de sustitución de batería no funcionan correctamente
- Las alarmas de batería baja son innecesarias.
- Las paradas del riego por viento o por lluvia no deberían considerarse alarmas sino que entrarían dentro del registro de sucesos acontecidos durante el riego.
- No es posible saber si una instrucción de apertura o cierre ha llegado realmente a una electroválvula, ni siquiera si ha llegado a la remota o al módulo ModBus que la controla.
- Tampoco es posible saber si una orden de apertura o cierre de una EV ha abierto o cerrado realmente la EV.

No solamente se realizaron propuestas de mejora en los elementos que componen los equipos de gestión del riego, sino que también desde el Área de Medio Ambiente de la UPV se propuso un sistema de gestión, Sistema de Gestión Ambiental de la Universitat Politècnica de València (SGA UPV). El objetivo de este sistema era definir las funciones de los usuarios que participaban en la gestión de la plataforma, con el fin de establecer las actividades necesarias para mantener actualizada la información sobre el funcionamiento de instalaciones y equipamientos del jardín del campus de Vera de la UPV.

A continuación, se describen dichas actividades a realizar por parte de cada servicio/empresa/área.

Área de medio ambiente

- Registrar la cantidad de agua consumida para riego durante el año.
- Calcular los indicadores que permitan representar el comportamiento del consumo de agua para riego.
- Evaluar el resultado de los indicadores y controlar las incidencias que se hayan producido y que puedan explicar los valores anómalos.
- Coordinar la implantación de los objetivos de minimización que se establezcan en los diferentes planes ambientales.
- Realizar auditorías periódicas que permitan acreditar el buen funcionamiento de las metodologías de control.
- Documentar las posibles desviaciones que se produzcan en la puesta en práctica de la metodología de control del consumo y coordinar la solución de las mismas.
- Facilitar el acceso a los auditores externos a la información relacionada con la gestión del consumo de agua para riego.
- Comunicar al Servicio de Mantenimiento cualquier necesidad de mantenimiento correctivo que pueda detectar la empresa regadora.
- Comunicar al Servicio de Infraestructuras cualquier modificación que realice la empresa regadora en las instalaciones del riego.

Empresa mantenedora del jardín

- Revisar periódicamente las instalaciones del jardín y su funcionamiento (electroválvulas, aspersores, difusores, goteo, etc.). Para ello se establecen unas hojas de trabajo que se facilitan periódicamente al Área de Medioambiente en las que se deje constancia de:
 - Fecha de la revisión.

- Persona que la revisa.
 - Electroválvula revisada.
 - Verificación del funcionamiento del mecanismo de puesta en marcha y parada desde la aplicación de riego.
 - Verificación de las parcelas que se riegan y composición de cada parcela (césped, árboles, arbustos, etc.)
 - Tipo de riego (aspersión, difusión, goteo...) y cantidad de aspersores / difusores que se levantan.
 - Incidencias detectadas en los aspersores / difusores / goteo.
 - Incidencias detectadas en las remotas.
- Mantener al menos una reunión al final de cada estación para evaluar el comportamiento del riego durante la estación pasada y planificar los riegos para la estación siguiente.
 - Comunicar al Área de Medio Ambiente cualquier anomalía o fallo que se produzca en el sistema de riego, especialmente las fugas y cualquier circunstancia que pueda implicar un mal funcionamiento de la aplicación informática para la gestión del riego.
 - Comunicar al Área de Medio Ambiente cualquier cambio que se produzca en las instalaciones y equipamientos para el riego, sobre todo cambios en la ubicación o el número de las electroválvulas.
 - Comunicar al Área de Medio Ambiente cualquier circunstancia que requiera reprogramación del riego (podas, trasplantes, obras, etc.)

Servicio de mantenimiento.

- Coordinación del mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones del jardín.
- Facilitar al Área de Medio Ambiente la lectura registrada por los equipos de medida del consumo de agua.
- Comunicar al Área de Medio Ambiente las actuaciones que se vayan a producir y que supongan una alteración de los riegos planificados.

Servicio de infraestructuras

- Mantener actualizados los planos con el trazado de la red de riego.
- Comunicar al Área de Medio Ambiente cualquier circunstancia que pueda suponer una alteración en la programación del riego.

- Comunicación al Área de Medio Ambiente cualquier actuación que pueda suponer modificaciones en el trazado de la red o en la ubicación de las instalaciones de la misma.

Por último, al realizar la revisión de la aplicación de gestión del riego y el funcionamiento de las electroválvulas se han detectado deficiencias en las instalaciones del jardín del campus de Vera, por ello se realizó un informe desde el Área de Medio Ambiente, con el siguiente objetivo: describir las incidencias detectadas en el riego de jardines en el campus de Vera. La descripción se realizó en base a las deficiencias detectadas en cada una de las manzanas que se distribuyen a lo largo del campus, a continuación, se describen las incidencias y anomalías detectadas.

Manzana 1

- En el aparcamiento de Ingeniería de la Edificación, en la intersección de la Avda. De los Naranjos y la Avda. Cataluña (parcelas V.J1.0.001 y VJ1.0.002) conviven el antiguo riego por difusión y el actual riego por goteo. Aunque cada sistema de riego está controlado por una EV se incurre en un doble riego. Además, la tubería de goteo presenta deficiencias que producen escapes de agua.
- La parcela de aromáticas que rodea la entrada al aparcamiento subterráneo (parcela V.J1.0.011) tiene un riego por goteo que parece ponerse en marcha todos los días independientemente de la programación que tenga. Además, la tubería de goteo de esta parcela presenta deficiencias produciéndose varios escapes a lo largo de la misma.
- La cobertura Wi-Fi en la zona es bastante deficitaria por lo que cabe esperar problemas en la comunicación radio entre las remotas y los concentradores en esta zona.

Manzana 2

- La ubicación de los aspersores en la pradera escultórica (frente al edificio de rectorado) no cubre convenientemente toda la superficie cespitosa.
- Una parte del suelo junto a la fuente de los peces carece de césped. Parece ser que los árboles impiden su crecimiento porque le dan una sombra permanente.
- La ubicación y el recorrido de los aspersores de la parcela de césped entre los edificios 2B y 2C (V.J2.0.028) no cubre adecuadamente la superficie cespitosa.
- Las EV de los primeros tramos de la pradera del Ágora (parcelas V.J2.0.005, V.J2.0.006, V.J2.0.007, V.J2.0.008, V.J2.0.009 y V.J2.0.010) no funcionan correctamente.

- La EV de la parcela V.J2.0.011 en la pradera del Ágora sigue sin funcionar correctamente.
- Las tuberías de goteo de las parcelas del vial que separa la manzana 2 de la 4 presentan deficiencias graves, produciéndose escapes de agua que llegan incluso a proyectarse hacia arriba.

Manzana 3

- Las EV que ponen en marcha el riego por goteo de los maceteros entre el 3P y el 3I no funcionan correctamente.
- La cobertura Wi-Fi en esta zona es deficitaria por lo que cabría esperar problemas en la comunicación radio entre remotas y concentradores.

Manzana 4

- Las parcelas delante del 4P no tienen gestión automatizada del riego.
- La distribución y recorrido de los aspersores de la parcela de césped en la parte de atrás de la Casa del Alumno (parcela V.J4.0.019) no cubre adecuadamente toda la superficie cespitosa.
- Algunas parcelas del vial de deportes en esta manzana tienen instalado un sistema de goteo para regar el césped.

Manzana 5

- Parece que el sustrato y las características de sombra de las parcelas entre el 5Fy el 5G impide el correcto drenaje del agua sobrante.
- Algunas de las parcelas del vial de deportes entre esta manzana y la manzana 7 presentan un sistema de riego por goteo para el césped.

Manzana 6

- La distribución y el recorrido de los aspersores de la pradera central no cubre convenientemente la superficie cespitosa de la pradera.
- En las parcelas V.J6.0.028 y V.J6.0.030 delante de las cafeterías del Galileo (Mio Bio e italiana) presentan cierto desnivel. La ubicación del sistema de riego provoca encharcamientos en la parte baja y sequedad en la parte alta.
- Las parcelas de la parte trasera del edificio 6C (V.J6.0033 y V.J6.0.034 y V.J6.0.035) presenta un doble sistema de riego (difusión y goteo) en una sola EV.
- Una de las EV de la plaza del Nexus se encuentra en un garaje en un punto de complicado acceso.

Manzana 7

- El talud del aparcamiento bajo el campo de rugby en el que hay plantadas rastreras no parece tener asignada ninguna pauta de riego.
- La parcela interior de la ETSID (parcela V.J7.0.019) presenta una distribución y recorrido de los aspersores que no cubre convenientemente la superficie cespitosa.
- El talud del aparcamiento subterráneo del 7B (parcela V.J7.A.004) no se riega porque la tubería que llevaba el agua quedó cortada con la obra del hangar y no se ha reparado.

Manzana 8

- Las EV que ponen en marcha el riego de la rocalla de endemismos están ubicadas en un lugar propenso a las inundaciones lo cual limita su funcionamiento.
- La pradera de la CPI (parcela V.J8.0.027) presenta una distribución y recorrido de los aspersores que no cubre convenientemente la superficie cespitosa.
- Una parte de la pradera de la CPI (parcela V.J8.0.027) está ubicada sobre unas chimeneas que disipan una gran cantidad de calor, sobre todo en verano lo que afecta negativamente al riego.
- La parcela de césped junto al 8P (parcela V.J8.0.030) no tiene riego automatizado.

Manzana 9

- Las parcelas de césped alrededor del edificio 9E (Fundación CEDAT), parcelas V.J9.0.003 y V.J9.0.004 no tienen riego automatizado

6. BIBLIOGRAFÍA

- Corominas, J. 2010. Agua y energía en el riego en la época de la sostenibilidad. I Jornadas Ingeniería Agua. Madrid. España.
- Costello, L.R., Jones, K.S., Matheny, N.P., y Clark, J.R., 2000. A guide to estimating irrigation water needs of landscape plantings in California. The landscape coefficient method & WUCOLS III. University of California Cooperative Extension, California Department of Water Resources, U.S. Bureau of Reclamation California.
- Cremades, R., 2010. Ampliación y mejora de las instalaciones de riego del campus de Vera de la Universidad Politécnica de Valencia. Proyecto final de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.
- Esteras, F. J., Sanchis, E. 2012. Campus Botànic UPV. Vera. Universidad Politécnica de Valencia.
- Garcia Asín, S. Paño, J., Aliod, R., Faci, E. 2012. Telegestar: integración de herramientas de simulación hidráulica y ahorro energético para redes de riego a presión en los sistemas de riego a presión. XXX Congreso Nacional de Riegos. Albacete.
- Instituto Nacional de Estadística. Encuesta sobre el suministro y saneamiento del agua. Año 2011.
- Manzano, J., García-Serra, J., Palau, C. V., Cremades, R., Morente, J. 2011. Análisis y mejoras de la instalación de riego del Campus de la UPV. II Jornadas de Ingeniería del Agua. Barcelona.
- Montalvo, T. Riego localizado. Diseño de instalaciones. 2ª Edición. Ediciones V.J. ISBN: 978-84-96741-88.
- Vicente, J. 2001. Xerojardinería y utilización de aguas no potables para riego de parques y jardines. Jornadas Internacionales de Xerojardinería mediterránea. Madrid.