

## Anejo 24.- TELEGESTIÓN

---

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>OBJETO DEL ANEJO .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>DEFINICIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE TELEGESTIÓN.....</b>	<b>3</b>
	4.1.- Programa de gestión avanzada de riegos.....	3
	4.2.- Tabla de intercambio universal .....	4
	4.3.- Frontal de comunicaciones.....	4
	4.4.- Terminal remoto.....	4
	4.5.- Sistema de comunicaciones.....	5
<b>5</b>	<b>FUNCIONALIDAD Y ARQUITECTURA DEL SISTEMA.....</b>	<b>6</b>
	5.1.- Programa de gestión avanzada del riego .....	8
	5.1.1.- Características del programa de gestión avanzada de riego .....	9
	5.2.- Tabla de Intercambio Universal .....	13
	5.2.1.- Instrucciones de la tabla de intercambio .....	14
	5.2.2.- Prioridades .....	14
	5.3.- Frontal de Comunicaciones.....	16
	5.4.- Terminales Remotos .....	17
	5.4.1.- Características.....	17
	5.4.2.- Funcionamiento .....	20
	5.5.- Comunicaciones .....	22
<b>6</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....</b>	<b>22</b>
	6.1.- Red Hidráulica .....	22
	6.2.- Terminales Remotos y Centro de Control.....	23
<b>7</b>	<b>PROGRAMACIÓN AUTOMÁTICA DE RIEGOS BASADO EN EL BALANCE DE AGUA EN EL SUELO.....</b>	<b>24</b>
	7.1.- Descripción .....	24
	7.2.- Datos empleados en el balance de agua .....	26

## **1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto consiste en la instalación de un sistema de telegestión para el control y gestión del Sector II y Sector III de la C.R. de la Margen Izquierda del Porma situada en la provincia de León. El Sector II tiene un total de 205 hidrantes y 71 tomas. El Sector III tiene 293 hidrantes y 72 tomas.

## **2 OBJETO DEL ANEJO**

El objetivo de este proyecto es poder dotar a la comunidad de regantes de las infraestructuras necesarias para que pueda realizarse una óptima explotación agrícola de las distintas parcelas.

Se instalará un sistema de gestión que basado en la microinformática y la telegestión dote a la instalación de un sistema de explotación moderno, eficaz, ampliable y evolutivo.

El sistema de gestión tiene como misión principal optimizar el riego de las distintas parcelas permitiéndolo en distintas modalidades, así como la programación de riegos de manera automática a través de cálculo de evapotranspiración. Otra misión del sistema de gestión es realizar la facturación de los costes derivados del riego de cada parcela al regante que le corresponda.

Esta gestión se realizará a través del programa de gestión del riego. Dicho programa almacenará toda la información en una base de datos relacional y comunicará a través de una tabla de intercambio de órdenes a un frontal de comunicaciones las órdenes a ejecutar por los distintos hidrantes, y recogerá la información enviada por éstos.

Cada uno de los hidrantes estará equipado con un sistema de telegestión que permita acceder a distancia a las informaciones necesarias para que el programa de gestión pueda realizar el análisis de los datos.

El sistema de gestión tiene que ser simple, fiable y robusto, de forma que su instalación y utilización deben simplificar y mejorar la gestión del sistema de forma notable. De igual forma se persigue especialmente que la intervención de personal especializado para el mantenimiento del sistema una vez esté en fase de explotación sea mínima.

### **3 ANTECEDENTES**

El Sector II cuenta con una superficie de riego de 2089,09 ha y el Sector III cuenta con una superficie de 2666,59 ha

El número total de hidrantes entre los dos sectores es de 498, cada uno con una única salida; y constituido por una válvula de compuerta, un filtro cazapiedras, una válvula hidráulica con posicionador de estado, un contador con emisor de pulsos, un detector de paso de agua, un presostato y un detector de intrusión, alojados en caseta prefabricada de hormigón.

### **4 DEFINICIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE TELEGESTIÓN**

Los principales elementos del sistema de telegestión están desarrollados en los siguientes subapartados.

#### **4.1.- Programa de gestión avanzada de riegos**

*Software* encargado de gestionar la comunidad de regantes. Este software va a permitir controlar toda la comunidad de una manera universal, independientemente del tipo de terminal remoto elegido. Necesariamente estará basado en un entorno SIG permitiendo una interacción fácil e intuitiva.

El programa de gestión permite:

- Gestión de los comuneros
- Optimización de la red hidráulica
- Planificación de riegos automáticamente mediante cálculos de evapotranspiración
- Gestión de turnos de riego
- Facturación automática
- Acceso WEB de los usuarios de la comunidad
- Aviso telefónico a los usuarios
- Visualización mediante SIG
- etc

#### **4.2.- Tabla de intercambio universal**

Tabla de intercambio de información entre el programa de gestión y los sistemas de telecontrol propiamente dichos. La tabla está basada en órdenes universales de forma que cualquier equipo de telecontrol pueda entenderlas.

La tabla de intercambio posibilitará una gestión íntegra de la comunidad de regantes debido a que el software de gestión únicamente accederá a ella independientemente de los terminales remotos situados en campo.

#### **4.3.- Frontal de comunicaciones**

Encargado de adaptar la información contenida en la tabla de intercambio al formato específico de cada tarjeta y viceversa. Además, será capaz de gestionar las comunicaciones con los terminales remotos vía GPRS y SMS.

#### **4.4.- Terminal remoto**

El terminal remoto tendrá un funcionamiento autónomo, será inteligente para ejecutar programas de riego almacenados en memoria y almacenar datos en su memoria. Será robusto, con un consumo mínimo de energía y provocando el menor impacto ambiental posible.

En los hidrantes se instalarán Estaciones Remotas con capacidad para controlar:

- 8 válvulas hidráulicas comandadas por electroválvula *latch*, con posibilidad de ampliación hasta un mínimo de 12 válvulas, bien con el mismo equipo remoto o bien mediante la adición de un módulo complementario al mismo
- 8 indicadores de estado de válvulas
- 2 contadores emisores de pulsos
- 2 detectores de flujo de agua
- 1 detector de intrusión
- 1 presostato
- 2 entradas analógicas internas para alimentación y módem
- 2 entradas analógicas para transductor de presión

**ANEJO 24.- TELEGESTIÓN**

Además, gestionará:

- Ejecución de programas de riego
- Comunicaciones
- Alarmas y eventos
- Almacenamiento de históricos

Y será configurable remotamente en todos sus parámetros variables.

Por lo tanto, el número de entradas y salidas será:

Unidades	Dispositivo	Entradas digitales		Salidas		Entradas analógicas
			TOTAL		TOTAL	
8	Válvulas	1	8	1	8*	0
2	Contador	1	2	0	0	0
1	Presostato	1	1	0	0	0
2	Detector de flujo	1	2	0	0	0
2	Transductor presión	0	0	0	0	2
1	Intrusión	1	1	0	0	0
2	Alimentación y módem	0	0	0	0	2
<b>Total</b>			<b>14</b>		<b>8*</b>	<b>4</b>

\*4 salidas más ampliables

#### **4.5.- Sistema de comunicaciones**

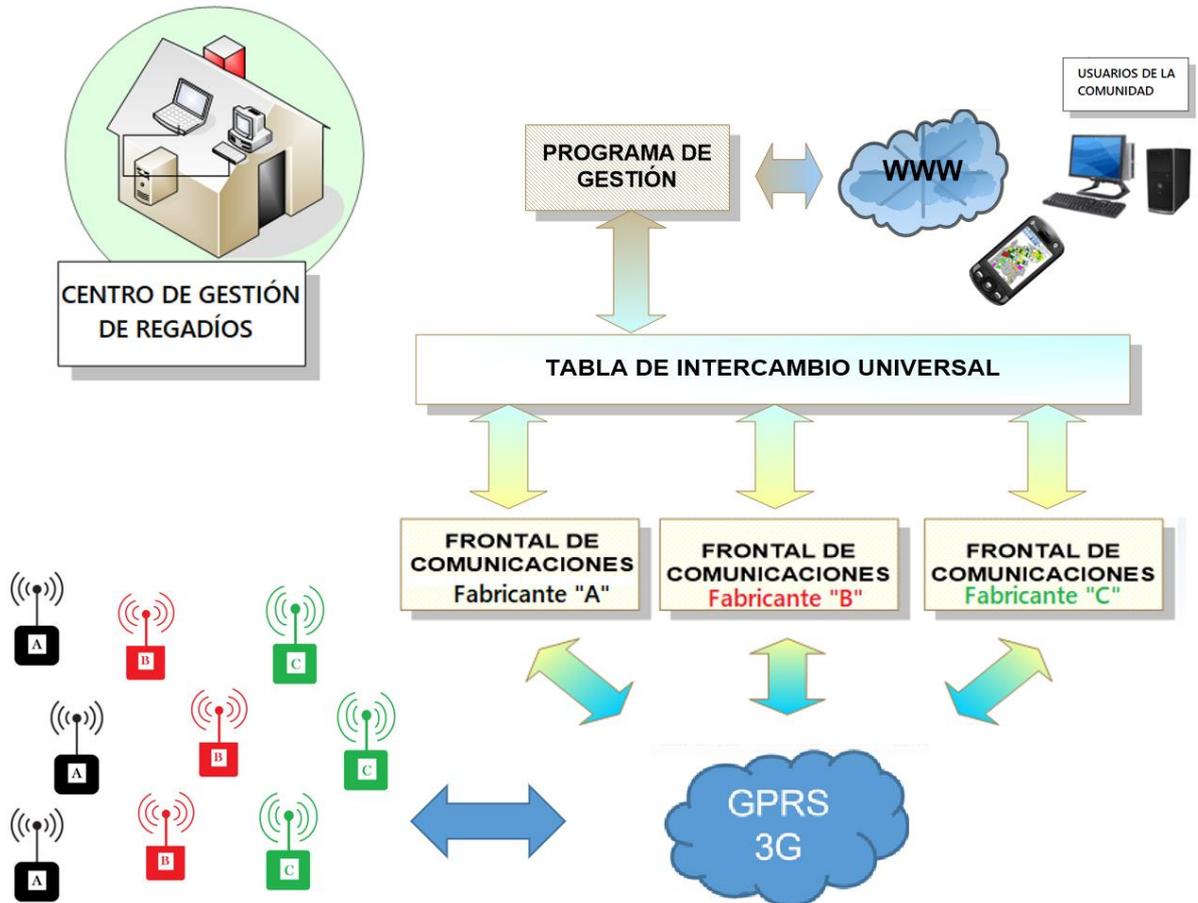
El sistema de comunicación permite el intercambio de información entre el frontal de comunicaciones y los terminales remotos situados en el campo. Esta comunicación se realizará por medio de enlace GPRS y mensajes SMS.

A fin de evitar la falta de comunicación en aquellos terminales en los que no exista cobertura GSM (GPRS) debido a la orografía del terreno, habrá terminales que se comuniquen

**ANEJO 24.- TELEGESTIÓN**

vía radio con otro terminal cercano, con cobertura GSM (GPRS), que será el encargado de enviar la información mediante este tipo de enlace.

**5 FUNCIONALIDAD Y ARQUITECTURA DEL SISTEMA**



**Figura 5.1. Arquitectura del sistema**

El sistema se gestionará desde las oficinas de la comunidad de regantes allí donde estuvieren. Todo el envío y recepción de información se realizará desde esta ubicación por lo que se hace necesario la utilización de un tipo de comunicación vía telefonía inalámbrica.

Desde las oficinas se gestionarán las comunicaciones con los terminales remotos ubicados en cada hidrante vía GPRS / SMS. El intercambio de información estará basado en:

- Envío de ordenes de riego
- Envío de configuraciones
- Recepción de históricos

---

**ANEJO 24.- TELEGESTIÓN**

- Recepción de eventos y alarmas

A su vez, desde las oficinas de la comunidad, se gestionará el envío de información vía mensajería (SMS, Apps...) a teléfono móvil. A los usuarios de la comunidad se les enviará información referente a sus parcelas, como los riegos realizados o nivel de agua útil en el suelo de sus parcelas. Además, se le podrá mandar toda aquella información que la comunidad estime oportuna como convocatorias a reuniones o posibles subvenciones a las que puede acceder. Al gestor de la comunidad se le enviará toda aquella información que para él sea necesaria como posibles alarmas y eventos que estén ocurriendo en el sistema. El envío de este tipo de mensajes será totalmente configurable desde el programa de gestión.

La comunidad poseerá una pagina WEB que será accesible por todos los usuarios de la comunidad por medio de *login-password* donde podrán ver el estado de sus parcelas y toda la información con ellas relacionada. Por otro lado, el gestor de la comunidad poseerá un acceso especial donde podrá visualizar el estado de todo el sistema y actuar remotamente sobre él.

En las oficinas de la comunidad de regantes se tiene la siguiente estructura (figura 5.1):

- Programa de gestión avanzada del riego
- Tabla de Intercambio Universal
- Frontal de comunicaciones

El programa de gestión generará instrucciones para los terminales remotos, estas instrucciones se depositarán en la Tabla de Intercambio Universal indicando a quién van dirigidas. A su vez, el programa de gestión se encargará de analizar los datos provenientes del campo a través de la tabla de intercambio universal y de informar tanto a los usuarios de la comunidad en sus parcelas y al gestor de posibles incidencias en el sistema.

El frontal de comunicaciones es el encargado de la comunicación con los terminales remotos mediante conexión 2G/3G. El frontal de comunicaciones leerá todas las instrucciones de la tabla de intercambio dirigidas a él y se encargará de administrar todos los datos para enviárselos a los terminales remotos cuando proceda. Otra misión del frontal es transformar los datos que vienen del campo (históricos, configuraciones y alarmas) al formato de tabla de intercambio.

---

***ANEJO 24.- TELEGESTIÓN***

La tabla de intercambio va a ser un “contenedor” de instrucciones con un formato fijo entendible tanto por el programa de gestión como por el frontal de comunicaciones. Permitirá el acceso simultáneo de cuantos frontales haya en el sistema y del programa de gestión.

La arquitectura planteada para el sistema de telegestión va a permitir instalar cualquier sistema de telecontrol cuyos terminales remotos se adapten a las instrucciones de la tabla de intercambio universal y cuyo frontal de comunicaciones sea capaz de “entender” el formato de esas órdenes en dicha tabla. De esta manera se independiza el *software* de gestión de la comunidad de regantes del resto del sistema.

### **5.1.- Programa de gestión avanzada del riego**

Para permitir una gestión completa de la comunidad de regantes se realizará un programa de gestión avanzada del riego. Este otorgará al gestor de la comunidad todas las herramientas necesarias para una gestión sencilla e integral.

Para una visualización sencilla e intuitiva de toda la información se usará un entorno SIG que nos proporciona los siguientes beneficios:

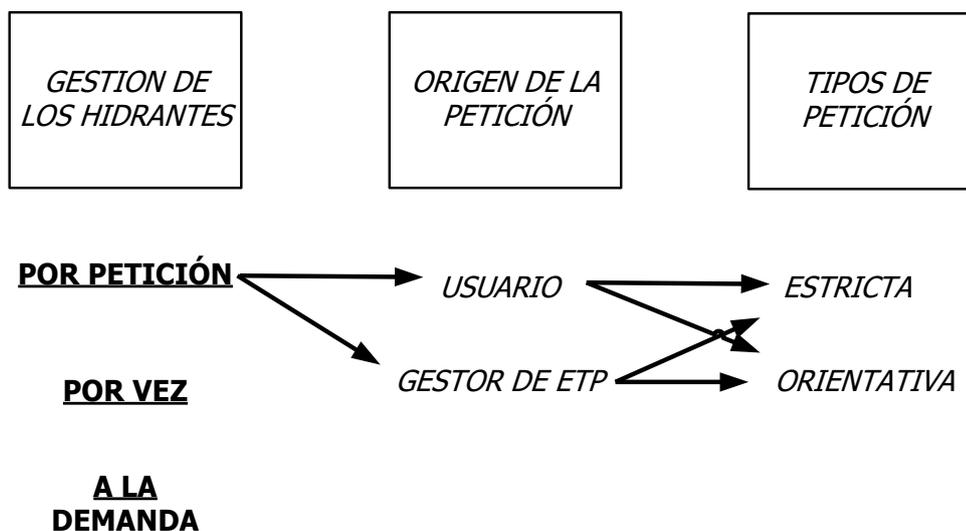
- El trabajo con mapas acelera la gestión
- El entorno gráfico simplifica las localizaciones
- Simplifica las tareas de supervisión y control
- Permite una toma de decisiones eficientes y rápidas
- Visualización de las conductas evolutivas del terreno
- Eficiente publicación de datos e informes
- Modificaciones sencillas en la estructura de la red de riego

Esta aplicación va a ser accesible vía web a todos los usuarios de la comunidad de regantes permitiendo la visualización del estado de sus parcelas de riego o de la información que la comunidad estime oportuna.

5.1.1.- Características del programa de gestión avanzada de riego

5.1.1.1.- Modalidades de gestión del riego

El programa de gestión abarcará todas las modalidades de gestión del riego que existen, además de una modalidad optimizada. La solicitud del riego podrá venir por tres fuentes distintas, por parte de un usuario, por el gestor de ETP o por el turno en que se encuentre la unidad de riego. Las relaciones entre las modalidades de gestión del riego y el posible solicitante se muestran en el siguiente cuadro:



Toda petición de riego tendrá asociada una concesión de riego para que tal petición sea aceptada. La concesión de riego se analizará según el tipo al que este asociada la unidad de riego sobre la que se quiera realizar la petición. Los tiempos de concesión de riego son:

- **POR RESERVAS:** Se concede la petición en función de la saturación de la red por reservas anteriores. Si la petición fue a fecha estricta se concede si no existe saturación en ninguno de los ramales de la red. Caso de existir saturación se deniega y se muestran las fechas próximas sin saturación para orientar la nueva petición. Si fue a fecha orientativa entra en funcionamiento el gestor de reservas que busca el periodo de riego óptimo que no produzca saturación en ningún tramo de la red. Un ramal puede estar por turnos y otro por reservas, siempre que sean ramales completos.

**ANEJO 24.- TELEGESTIÓN**

- **POR TURNOS:** Se concede la petición en función del turno asignado a la unidad. Si la petición fue a fecha estricta se concede si está dentro del turno y se deniega en caso contrario. Si fue a fecha orientativa entra en funcionamiento el **gestor de peticiones-turno** que busca el periodo de riego óptimo dentro del turno asignado a la unidad de riego.

La gestión de los hidrantes se realizará con tres modalidades distintas que podrán ser aplicadas o bien a ramales o bien al sector de riego completo según el caso. Esta gestión podrá ser:

- **POR PETICIÓN:** La apertura y cierre de electroválvulas se efectúa por concesión de riego tras la aceptación de una petición. Se factura a la unidad de riego que hizo la petición. Afecta a ramal completo.
- **POR VEZ:** La gestión de las electroválvulas consiste en abrirlas y cerrarlas al comienzo y fin del turno asignado al hidrante. Puede realizarse la facturación del consumo en función de la hora en que se produce utilizando turnos asignados a las distintas unidades de riego. Afecta a ramal completo.
- **A LA DEMANDA:** No se gestionan las electroválvulas, solo se controlan los consumos por lectura directa de contador. Puede realizarse la facturación del consumo en función de la hora en que se produce utilizando turnos asignados a las distintas unidades de riego. Afecta a todo el sector.

La petición de riego podrá venir por dos fuentes diferentes, el gestor de ETP y por el usuario:

- **USUARIO:** Puede hacerla tanto a fecha estricta como orientativa a través de Internet, teléfono, etc.
- **GESTOR DE ETP:** Siempre por fecha orientativa.

El tipo de petición indica cuál va a ser la gestión que se haga sobre esa petición y esta podrá ser:

- **FECHA ESTRICTA:** El peticionario indica el periodo de riego y se concede o no en función de los condicionantes a los que se vea sometidos.

---

**ANEJO 24.- TELEGESTIÓN**

- **FECHA ORIENTATIVA:** El peticionario indica la fecha óptima de riego y se busca el periodo de riego óptimo en función de los condicionantes.

5.1.1.2.- Gestor de ETP

Se proporciona un gestor de ETP que diariamente calculará los niveles de agua útil en suelo de las unidades de riego a partir de datos de evapotranspiración del terreno, permitiendo planificar riegos de una manera manual (el regante a partir de los datos obtenidos planifica su riego) o automática (sin la intervención del regante).

Para realizar esos cálculos se tendrán en cuenta datos relativos al terreno y datos relativos al tipo de cultivo. Con estos datos y los procedentes de estaciones meteorológicas, adquiridos diariamente vía Internet, se realizarán cálculos de evapotranspiración generando peticiones, en el caso que sea necesario, y generando posibles alarmas de escasez o exceso de agua.

5.1.1.3.- Gestor de reservas de riego

Se encarga de optimizar la red hidráulica ubicando los riegos solicitados en momentos idóneos teniendo en cuenta criterios de nivel de saturación de la tubería y de tarifas de agua según unas fórmulas matemáticas.

Cuando se realiza una solicitud de riego en esta modalidad entra en funcionamiento un gestor que se encargará de optimizar el momento de realizar el riego haciendo un análisis de todas las reservas realizadas para los lapsos de tiempo y los tramos de tubería que abarca la solicitud.

5.1.1.4.- Gestor de eventos y alarmas

Se encargará de gestionar cualquier tipo de suceso que venga tanto de los terminales remotos (intrusión, presión baja, ...) como alarmas propias del programa de gestión (escasez de agua en unidad de riego, imposible ubicar riego...).

Cuando se produzca un evento o una alarma se desencadenarán unos protocolos de actuación que serán totalmente configurables por el gestor de la comunidad, así como modificables en tiempo real. Hay que tener en cuenta que ante un mismo tipo de alarma o evento se podrán tener procedimientos de actuación diferentes ya que alarmas en unidades de riego distintas no tienen por qué comportarse de la misma manera.

---

**ANEJO 24.- TELEGESTIÓN**

5.1.1.5.- Gestor de facturación

Encargado de la facturación de todo aquello que sea imputable tanto al regante como al propietario de la comunidad de regantes.

La aplicación generará la facturación de cada regante según los consumos que haya realizado. Además, permitirá la gestión de cualquier otro coste imputable a los regantes como reparaciones, mantenimiento, etc.

Se permite distintas herramientas como comparativas de tarifas ante unos consumos dados, informes y graficas, creación de archivos compatibles con bancos, etc.

5.1.1.6.- Gestor de datos

Gestionará toda la información del sistema, desde riegos realizados hasta cambios en la estructura de la red hidráulica. Permitirá:

- Históricos, diagramas, estadísticas, etc.
- Simulaciones de lo que va a ocurrir según peticiones realizadas.
- Simulaciones de lo ocurrido durante la campaña.
- Análisis de las producciones con datos reales.

5.1.1.7.- Gestor de mantenimiento

Debido a la importancia que tiene el mantenimiento en este tipo de instalaciones se realizará un gestor de mantenimiento que proporcionará:

- Control de todos los elementos de campo desde su llegada a la instalación.
- Histórico de incidencias.
- Mantenimiento preventivo, predictivo, correctivo e incidencias.
- Comparativas entre elementos de campo.
- Informes de mantenimiento actualizados.

## **5.2.- Tabla de Intercambio Universal**

La tabla de intercambio universal va a permitir el intercambio de información entre el *software* de control y los distintos frontales de comunicación instalados en el sistema. No ejerce ninguna acción, únicamente es el “contenedor” donde se deposita toda la información que fluye tanto del programa de gestión hacia los frontales de comunicaciones como al revés, de los frontales al programa de gestión.

Tendrá un formato fijo que permitirá el acceso de todo aquel que quiera instalar un frontal de comunicaciones en el sistema. El formato de la tabla de intercambio será el siguiente:

- **IdRegistro.** Identificador único del registro
- **FechaCreacion.** Fecha y hora de creación de ese registro
- **Prioridad.** Prioridad de la instrucción y forma de envío
- **TimeOut.** Caducidad del registro
- **Sistema.** A quien va dirigida la instrucción
- **TipoDispositivo.** Contador, detector de flujo, ... al que la instrucción va dirigida.
- **Tarjetas.** Tarjeta a las que va dirigida la instrucción.
- **Puertos.** Puerto o puertos a los que la instrucción va dirigida.
- **Código.** Código de la instrucción.
- **Datos.** Datos de la instrucción.
- **Ack.** Indicación del estado de evolución de la instrucción.

Con este formato queda completamente definido a quién va dirigida la instrucción y cuál es la acción a ejecutar.

Se define un *idRegistro* que será el que identifique unívocamente esa entrada en la tabla de intercambio. Se informa de la fecha y hora de creación del registro (*FechaCreación*) así como la de su borrado de la tabla (*TimeOut*). Cada entrada llevará asociada una *prioridad*

---

**ANEJO 24.- TELEGESTIÓN**

que indicará el nivel de importancia que se le asigna y en consecuencia, la forma de envío de esa instrucción.

Hasta ahora hemos indicado datos referentes a la instrucción. A partir de ahora indicaremos datos del elemento a quien va dirigida la instrucción. El **sistema** indicará el frontal de comunicaciones que comanda la **tarjeta** o tarjetas a la que va dirigida la instrucción. A continuación, se indicará el tipo de dispositivo (**TipoDispositivo**) al que la instrucción hace referencia. Una vez que tenemos el tipo de dispositivo y cuál es la tarjeta sobre la que se pretende actuar habrá que indicar cuál es el dispositivo en cuestión, es decir, la entrada o salida a la que esta asociado, o el **puerto** o puertos sobre los que se actuará.

Queda indicar qué es lo que se va a hacer sobre el elemento asociado al puerto, que podrá ser una configuración, una actuación o una lectura. Para ello tenemos el campo **Código** donde se indicará el tipo de actuación. Asociado a este campo tenemos el campo **Datos** donde se contienen los datos adicionales que habrá que indicar para una determinada instrucción.

Para hacer un seguimiento de la evolución de la instrucción tenemos el campo **Ack**, que nos indicará si la instrucción ha sido recibida, si está siendo tramitada, si está ejecutada, si tenía un formato incorrecto, si ha habido un error...

#### 5.2.1.- Instrucciones de la tabla de intercambio

En la tabla de intercambio se recogerán todas las instrucciones que el terminal remoto será capaz de ejecutar. Estas instrucciones van desde acciones a ejecutar hasta configuraciones de alarmas y elementos de control pasando por lecturas de valores de dichos elementos de control y comunicaciones con el centro de gestión de la comunidad. Por otro lado, las instrucciones referidas al sistema serán lecturas de históricos y peticiones de lecturas de configuraciones o programas de riego.

Las instrucciones tendrán unos datos, colocados en unas posiciones fijas, separados por el carácter '#'. Los parámetros y su orden serán conocidos por el frontal para poder descifrar el conjunto de datos referidos a la instrucción.

#### 5.2.2.- Prioridades

Se gestionarán las órdenes según una determinada prioridad indicada en uno de los campos de la tabla de intercambio.

**ANEJO 24.- TELEGESTIÓN**

Dependiendo de la prioridad el sistema podrá gestionar de una manera u otra el envío de datos en ambos sentidos de la comunicación.

Sentido Sistema-Campo

El campo **prioridad** de la tabla de intercambio se rellenará con un nivel de prioridad que indicará el grado de importancia en el envío de esa información. Este campo se rellenará por parte del programa de gestión y será analizado por el frontal para el envío organizado de información.

El envío podrá ser con los siguientes niveles de prioridad:

PRIORIDAD	DESCRIPCIÓN	INTERVALO
0	Envío cuando exista conexión	0 al 4
5	Envío de datos almacenados en el frontal	5 al 9
20	Forzar comunicación inmediata y envío en esa conexión	20 al 29
60	Llamada directa	60 al 69

El campo prioridad, que se rellenará por parte del programa de gestión, será analizado por el frontal para el envío organizado de información.

El nivel de prioridad se organiza de esta forma para posibles ampliaciones de prioridades de envío.

A continuación, son detallados los distintos niveles básicos de prioridad de envío:

- 0.Envío cuando exista conexión

Cuando la prioridad es 0 las entradas en la tabla de intercambio se almacenarán, por parte del frontal, esperando a que se produzca una comunicación de la remota con el centro de control.

---

**ANEJO 24.- TELEGESTIÓN**

- 5. Envío de datos almacenados en el frontal

Para un valor de prioridad 5 el dato será procesado por el frontal, respondiendo con la última información que éste ha registrado de la remota.

Bajo esta prioridad el frontal responderá únicamente a peticiones de lecturas, para el caso del resto de órdenes éstas serán gestionadas como si se tratara de un envío con prioridad 0.

- 20. Forzar comunicación inmediata y envío en esa conexión

Si la prioridad se establece con un valor 20 se mandará un mensaje SMS para que en el momento en que lo reciba la remota se ponga en contacto con el centro de control. Cuando se produzca esta comunicación se hará el intercambio de información.

- 60. Llamada directa

Si la prioridad es 60 se transferirá la orden directamente del centro de control a la remota para hacer el intercambio de la información por parte de ambos. Para este tipo de prioridades tendrá que haber un estado de comunicación continua por parte de la remota. En caso de no encontrarse el equipo en comunicación continua dicha prioridad se comportará como la prioridad 0 (envío cuando exista conexión).

Los espacios intermedios entre estas prioridades, valores entre 0 y 5 y sucesivos, se podrán utilizar y se entenderán con la misma descripción que la de cabecera, teniendo que ordenarlos de menor a mayor a la hora de mandar los códigos a las remotas.

Cualquier información pendiente deberá enviarse a las remotas en la siguiente comunicación, tenga la prioridad que tenga, salvo que se haya superado el tiempo del timeout.

*Sentido Campo- Sistema*

En el caso de una alarma u evento, la prioridad vendrá fijada en el campo datos de la instrucción.

**5.3.- Frontal de Comunicaciones**

El frontal de comunicaciones es el encargado de gestionar todas las comunicaciones con los terminales remotos.

Su misión se divide en dos dependiendo de la dirección del flujo de información:

Programa de gestión → Terminal remoto

El frontal de comunicaciones deberá adaptar la información, dirigida a él, que lee de la tabla de intercambio universal, al formato propio de sus terminales remotos. Dependiendo de la prioridad otorgada a la instrucción deberá dar un tratamiento a la información recopilada. Este tratamiento podrá ser desde el envío inmediato hasta el almacenamiento de la información para su transmisión en el momento en que se produzca la conexión (ver 5.2.2.)

Por otro lado, deberá escribir en el campo Ack indicando cómo está la evolución de la instrucción.

Terminal remoto → Programa de gestión

De la misma manera, el frontal de comunicaciones adaptará la información recibida de los terminales remotos al formato de la tabla de intercambio.

#### **5.4.- Terminales Remotos**

Los terminales remotos son los encargados de hacer la gestión de los detectores, sensores y captadores colocados en cada hidrante. Supervisarán el correcto funcionamiento de los hidrantes mediante la lectura de las distintas señales aportadas por los elementos de control, ejecutarán los riegos que tengan almacenados y mantendrán históricos del estado de los elementos de control. Debido a la falta de energía eléctrica en el lugar donde el hidrante estará ubicado se hace necesario que el consumo de energía sea mínimo en condiciones de funcionamiento normales y se evitará todo aquello que provoque un impacto ambiental.

Para asegurar que los datos relativos al hidrante no se pierdan, los terminales remotos tendrán capacidad para actuar con completa autonomía, independientemente de que la comunicación esté o no establecida, almacenando datos con fecha y hora y ejecutando programas de riego que tendrán almacenados en su memoria.

##### **5.4.1.- Características**

Funcionamiento autónomo

Las tarjetas deberán tener capacidad para actuar con completa autonomía, independientemente de que la comunicación esté o no establecida, almacenando datos con fecha y hora y ejecutando programas de riego que estén programados. Esta autonomía debe llevar al punto de poder tener almacenada en su memoria la programación de riegos de toda una

---

**ANEJO 24.- TELEGESTIÓN**

campana y ejecutarla, almacenando datos de consumos y comprobando alarmas, sin necesidad, si se diese el caso, de establecer comunicación con el centro de control.

**Reloj en tiempo real**

Debe tener necesariamente un reloj en tiempo real que le permita ejecutar los programas de riego y almacenar históricos, ya que todo histórico sin reseña de fecha y hora no tiene sentido. Este reloj debe ser actualizable.

**Gestión de programas de riego**

Como se ha indicado antes, la tarjeta debe ser capaz de almacenar programas de riego y de ejecutarlos cuando llegue la hora. Los programas de riego podrán ser fijos, con una fecha y una hora o cíclicos en el tiempo.

**Almacenamiento de datos**

Todo lo que se almacene tiene que tener necesariamente un marcado de fecha y hora

**Suficientes entradas-salidas**

Se debe prever un número de entradas y salidas a la tarjeta suficientes para el control del hidrante y además una reserva de ellas para posibles ampliaciones a nivel de la unidad de riego. El número mínimo de entradas y salidas será:

- 8 salidas para actuación sobre **electroválvula**, ampliables hasta un mínimo de 12.
- 8 ED para control de **detector de posición** de válvula
- 2 entradas de **contador**
- 2 entradas para **detector de flujo**
- 1 ED para control de **presostato**
- 2 EA para control de **transductor de presión**
- 1 ED para detección de intrusión
- 2 EA internas para alimentación y módem.

*Gestión de alarmas*

Para llevar una gestión eficiente del funcionamiento del sistema es necesaria la colocación de unos elementos de control que nos permitan la detección de anomalías. Esta gestión de las alarmas hay que basarla en la relación entre los distintos elementos de control presentes, de tal manera que si uno de ellos falla sea demostrable por el funcionamiento correcto de otros.

Dentro de la gestión de las alarmas hay que tener claro que llevará una configuración de tal manera que se pueda definir lo que es alarma y lo que no ya que lo que en un punto es una alarma podría ser que en otro no lo fuera. No es lo mismo que se detecte que la válvula manual exterior a la arqueta de riego esté cerrada en el caso de un riego a la demanda, cosa que sería normal y no originaría alarma, que en el caso de un riego optimizado por evapotranspiración, ya que en éste se estaría llevando una gestión del riego de una manera más eficiente y el no regar en ese momento podría llevar a una escasez de agua.

Para conseguir un seguimiento desde el centro de control de las alarmas es necesario dar el mismo tratamiento a los finales de alarma.

*Configuración remota*

Dado que se pretende que la tarjeta sea configurable en todos sus parámetros variables se hace necesaria la posibilidad de una configuración de una manera remota. Esto evitaría desplazamientos innecesarios que conllevan tiempo y dinero.

*Bajo consumo*

Inevitablemente y dado el campo en el que nos movemos, donde no se dispone de energía accesible, todos los componentes de las tarjetas deben ser de bajo consumo.

Además de esto se hace necesario el ahorro máximo de energía por parte del resto de componentes que estamos usando en el sistema y dentro de todos el que más energía consume son los equipos de comunicación. Para ello, y dado que no es necesario un equipo de escucha permanente (son más las pérdidas que los beneficios) se abre la posibilidad de una reducción de consumo importante en la limitación de los tiempos de escucha de los terminales. Sería lógico jugar con unas ventanas temporales de tiempos de escucha totalmente configurables en duración en la tarjeta. Esta solución supone una reducción drástica de los consumos.

Conexión con equipo externo: PDA, portátil

La falta de comunicaciones nos puede llevar a, necesariamente, tener que desplazarnos hasta el punto de riego a establecer una conexión local con el equipo. También esta conexión es utilizable para labores de mantenimiento en campo y para configuraciones in situ de las tarjetas. Para ello es necesaria la colocación de una conexión física para cable o inalámbrica, tipo bluetooth o similar, para una PDA, tablet o smartphone.

Caja y conectores

Para la protección de la tarjeta de las inclemencias y demás agentes ambientales es necesario colocar una caja que aporte por lo menos un grado de protección IP 67. Además, esta caja se deberá abrir las menos veces posibles ya que la continua apertura acaba ensuciando y deteriorando la tarjeta. Para ello se colocarán conectores normalizados tipo M12 exteriores a la caja de protección ubicados en el frontal de ésta asegurándose la IP del conjunto. De esta manera, además de no tener la necesidad de abrir la caja, se evita la conexión de los elementos de control a pequeñas regletas donde con el poco espacio disponible es difícil conectar.

Las baterías irán en una caja aparte ya que su acceso será más habitual.

**5.4.2.- Funcionamiento**

El terminal remoto se comunicará con el puesto central mediante conexión GPRS, mensaje SMS. Se intercambiarán programas de riego, configuraciones de elementos de control y datos almacenados en memoria. Se transmitirán los funcionamientos anómalos del hidrante y se gestionarán en el centro de control.

Las características básicas de funcionamiento serán:

Programas de riego

Se encargará de almacenarlos y ejecutarlos cuando llegue la hora de inicio de ese riego. Los programas de riego quedarán completamente definidos indicando la fecha - hora de inicio, la fecha - hora de fin y el consumo máximo de ese programa de riego siempre que tenga un contador asociado. Se tendrá la posibilidad de programar riegos cíclicos definiendo la fecha - hora de inicio, la duración de ese riego y la cadencia de repetición.

También cabe la posibilidad de programar riegos inmediatos indicando la fecha - hora de fin del riego y el consumo que tendrá.

---

***ANEJO 24.- TELEGESTIÓN***

Se gestionará el borrado de los programas de riego pudiendo ser este individual o de todos los programas de riego.

*Configuraciones de los elementos de control del hidrante*

Se podrán modificar todos aquellos parámetros que pudieran ser variables de los elementos de control.

Cuando llegue una configuración debe reemplazar la configuración anterior por la nueva y empezar a gestionar esos elementos con esos nuevos parámetros. Los parámetros se referirán a tiempos de lecturas, tiempos de actuación, señal activa, tiempo de acumulación de pulsos, tiempos de estabilización de señales, etc.

*Alarmas y eventos*

Cuando se produzca una alarma o evento tendrá que actuar según esté configurado, pudiendo enviar la alarma o no y pudiendo almacenarla o no. En las configuraciones de las alarmas se fijarán parámetros de tiempo para considerar alarma, tiempo entre lecturas en caso de alarma, valor para dar alarma, etc.

*Comunicaciones*

La estrategia de comunicación es también configurable y quedará definida con los distintos tiempos de actividad e inactividad del módem, así como la hora de comunicación con el centro de gestión.

*Lecturas*

Responderá a la solicitud de lecturas por parte del centro de gestión.

El terminal remoto estará chequeando los elementos de control con la periodicidad indicada en su configuración. Dependiendo de si el terminal está regando o no tendrá que analizar la posibilidad de algún comportamiento anómalo del sistema en cuyo caso comprobará, en la configuración de esa alarma o evento, cual es la decisión a tomar en cuanto a si se envía o no.

En intervalos de tiempo el módem GSM (GPRS) se encenderá durante un determinado período esperando la recepción de alguna instrucción. Cuando el tiempo de encendido se pase el terminal volverá a desconectar el módem GSM (GPRS) y se quedará aislado de cualquier tipo de comunicación.

---

**ANEJO 24.- TELEGESTIÓN**

Una vez al día, el terminal tendrá configurada una hora de comunicación con el centro de gestión, esta comunicación se llevará a cabo solo si es necesario comunicar un histórico de consumos, es decir, si se ha producido un riego desde la última comunicación. También se producirá esta comunicación si alguno de los históricos ha superado el tiempo de almacenamiento máximo

### **5.5.- Comunicaciones**

Las comunicaciones serán vía GPRS y SMS.

Se podrá implementar cualquier estrategia en lo referente al número de comunicaciones a realizar diarias. Toda estrategia dependerá de los costes asociados a las conexiones, del consumo energético del equipo y de la propia necesidad del usuario del sistema.

El terminal remoto tendrá una serie de parámetros modificables remotamente relativos a tiempos en conexión. El tiempo de conexión se refiere a la hora en que la remota establecerá comunicación con el centro de control o a la duración en que el móvil está preparado para recibir un mensaje SMS. El resto del tiempo el terminal estará sin posibilidad de conexión. Es decir, la comunicación se hará por cuadros horarios.

Por otra parte, se definirá un tiempo de comunicación con el centro de gestión supeditado siempre a que tenga algo que mandar o a que el tiempo máximo de almacenamiento de alguno de sus históricos se haya superado.

## **6 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN**

### **6.1.- Red Hidráulica**

La red de riego está formada por un total de **205 hidrantes en el Sector II y 293 hidrantes en el Sector III**, constituidos por una válvula hidráulica, contador con emisor de pulsos, detector de posición de válvula, detector de flujo y detector de intrusión, alojados en caseta prefabricada de hormigón.

El número total de cada elemento de control será:

- 498 contadores de impulsos
- 498 electroválvulas
- 498 detectores de posición de válvula

**ANEJO 24.- TELEGESTIÓN**

- 498 detectores de flujo
- 996 transductores de presión
- 498 Detectores de intrusión

**6.2.- Terminales Remotos y Centro de Control**

En la red de riego se van a instalar:

- 498 terminales remotos GPRS
- 99 terminales de ampliación de mínimo 4 válvulas

El número de terminales remotos es de 498 unidades, tantos como hidrantes de riego.

Previo a la instalación de los equipos se ejecutará un estudio de coberturas de la zona, a fin de decidir si existe la necesidad de disponer de alguna remota con comunicación vía radio para cubrir las necesidades de comunicaciones en el total de puntos.

La electrónica propia del telecontrol de los hidrantes estará instalada en la arqueta del hidrante. La electrónica de los terminales remotos se instalará en una caja IP67 y la alimentación irá alojada en otra caja con IP67 situada al lado izquierdo de la anterior.

La antena de la remota de telecontrol se instalará en el exterior de la arqueta, sobre mástil de tres metros de longitud, a fin de mejorar la cobertura; dicha antena, la cuál será de alta ganancia, deberá ir debidamente fijada a la base superior del mástil, a fin de evitar desprendimientos o hurtos. La longitud del mástil podrá verse acortada en casos puntuales donde su instalación se vea comprometida.

Cada batería de cada equipo dispondrá de alimentación de recarga mediante panel solar fijado a la losa de la arqueta. Así mismo, se instalará un regulador de tensión, el cual se albergará en la propia caja de batería del equipo de telecontrol.

## **7 PROGRAMACIÓN AUTOMÁTICA DE RIEGOS BASADO EN EL BALANCE DE AGUA EN EL SUELO**

### **7.1.- Descripción**

Tal y como se ha indicado en el apartado de Software, el Programa de gestión avanzada de riegos deberá ser capaz de programar los riegos basándose en el balance de agua en el suelo por cálculos de evapotranspiración.

Actualmente en la C.R. de la Margen Izquierda del Porma se está llevando a cabo una modalidad complementaria a la tradicional gestión de riegos a la demanda, aplicando un método de programación automática basada en el balance de agua en el suelo, la cual será desarrollada en los sectores II y III una vez se concluya el proyecto de modernización del regadío como medio para fomentar el ahorro de agua.

Hay que señalar que esta modalidad de programación no tiene coste económico adicional, ya que está integrado en el módulo que dispone la Comunidad de Regantes.

Este método de programación de riegos basado en el balance de agua en el suelo, está reflejado como medida de eficiencia y ahorro de agua en el Estudio de impacto ambiental del proyecto.

La implantación de este método en la C.R. ha sido posible debido a que ya se cuenta con un sistema de riego modernizado con telegestión en ocho de los sectores que forman la C.R. Toda la superficie abarcada por estos sectores modernizados se riega con sistemas de riego por aspersión, tanto estacionarios como móviles.

El objetivo de este método automático de programación de riegos es optimizar el uso del agua aplicada a partir del establecimiento del momento óptimo de riego para evitar que se generen pérdidas por percolación y escorrentía superficial. Se plantea como una alternativa al método de petición del riego a la demanda, en la que es el regante quien ha de solicitar el momento y la cantidad de agua a aplicar para cada uno de los riegos efectuados durante toda la campaña.

Hay que tener en cuenta, que el punto de partida de una campaña de riego viene condicionada por una serie de factores o indicadores que hace necesario el control del agua, por

**ANEJO 24.- TELEGESTIÓN**

lo que el cálculo de necesidades hídricas no se establece solamente con la granularidad de la parcela, zonas de manejo o unidades de riego, sino de forma holística, contando con el total de las parcelas y a nivel de explotación de regante. Este primer condicionante es la cuota de agua asignada por superficie (normalmente asignada en metros cúbicos por hectárea) que propone Confederación Hidrográfica del Duero (CHD) en función de sus parámetros de agua disponible en los pantanos y su propia capacidad de desembalse anual. En otras palabras, hay que ajustar el balance de agua al máximo disponible para cumplir con la campaña de riego.

En base a lo anterior, las dosis netas de riego se estiman para necesidades semanales en función del cultivo, estimando para completar su campaña de riego una dotación máxima de litros por metro cuadro y semana que sean necesarios, repartidos en tantos riegos como sea posible en función de lo pactado el propio regante con la comunidad de regantes y su propio sistema de riego y morfología de sus parcelas.

Una vez aplicados todos estos condicionantes, la metodología ya se transforma en conceptos puramente agronómicos, basados en calcular a un futuro cercano de 7 días el balance necesario para mantener el nivel de agua en el suelo (NAS) a base de reponer la evapotranspiración (ET) acumulada desde el momento de aplicación del último riego, utilizando para el cálculo, todas las variables predictivas necesarias, como las estimaciones de precipitación proporcionadas por AEMET en este caso.

Se establece la programación del riego aplicando la siguiente ecuación de balance de agua:

$$NAS_T = NAS_{T-1} + R_E + P_E - ET$$

Siendo:

- $NAS_T$ : Nivel de agua en el suelo para el día t
- $NAS_{T-1}$ : Nivel de agua en el suelo del día anterior
- $R_E$ : Riego efectivo
- $P_E$ : Precipitación efectiva
- $ET$ : Evapotranspiración

La aplicación de esta ecuación se realiza con una revisión diaria, para poder afinar el cálculo de necesidades hídricas. Una vez obtenido dicho balance hídrico más preciso y a 48 horas de su aplicación, se transforma el volumen de riego asignado a tiempo de riego efectivo para hacer la programación automática de los equipos de telecontrol. Esto es posible, debido a

**ANEJO 24.- TELEGESTIÓN**

que se conoce, gracias al propio telecontrol, el caudal real de cada una de unidades de riego gestionadas.

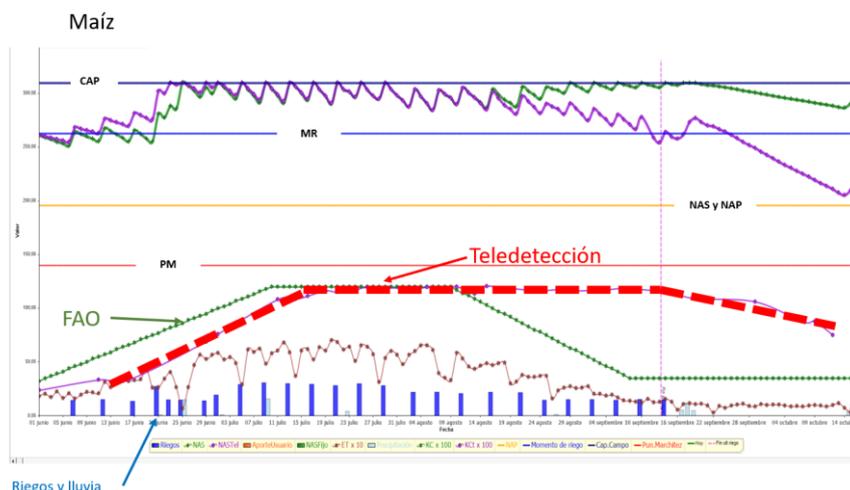
En resumen, el cálculo de balance hídrico se estima por unidad de riego, pero es necesario hacer un encaje dentro del propio sistema de riego, disponibilidad de agua, capacidad de la red para proporcionar el riego en su momento, condicionantes eléctricos, capacidad de bombeo, etc. La aplicación de estas técnicas agronómicas viene en muchos casos muy condicionadas, pero el diseño que se ha desarrollado en la Comunidad de Regantes de la Margen Izquierda del Porma, garantiza la combinación de todos los escenarios: que se cumplan los condicionantes administrativos, los físicos y los agronómicos.

**7.2.- Datos empleados en el balance de agua**

Resumiendo el proceso de cálculo, en la programación automática se establece el momento de aplicar un riego (MR) cuando el Nivel de Agua en el Suelo (NAS) obtenido de la ecuación de balance de entradas y salidas de agua es inferior a la Dosis de Riego Neta ( $DR_N$ ) multiplicada por un Margen de Riego ( $MG_R$ ) que impide que se supere la Capacidad de Campo (CC) en el suelo y se produzcan pérdidas por percolación y escorrentía.

Todos los parámetros de la ecuación de balance son dependientes del tipo de suelo, del clima característico de la zona y del tipo de cultivo que se implante en cada parcela, digitalizando para ello todos los componentes y variables necesarias.

Como se puede ver a continuación en la imagen, el método automático consiste en mantener estable el momento de riego calculado (MR) entre la Capacidad de Campo o Punto de Escorrentía (CAP) y el Nivel de Agotamiento Permissible (NAP):



**Datos edafológicos**

La clase textural determina la capacidad que tiene un suelo para retener el agua, condicionando su disponibilidad para las plantas. En el momento inicial de la campaña de riego, cada regante que se acoge a esta modalidad de riego automatizado ha de proporcionar al equipo de gestión el tipo de suelo predominante en su parcela, a fin de contemplar este dato en el proceso de cálculo del momento de riego (MR). Para obtener esta información, el regante aporta todos los datos de captura. En caso de no obtener datos a través del regante, se incorpora al sistema los datos aportados por las fuentes públicas y oficiales de texturas de suelo a través de sistemas de información geográfica, ajustando cada terreno a esta condición. El propio sistema contiene los ajustes necesarios para regular estos parámetros.

Los parámetros de cálculo relacionados con los datos edafológicos del suelo que intervienen en el proceso y que han de calcularse son los siguientes:

- **Límite superior de contenido de agua en el suelo ( $\theta_{ls}$ )**, equivale a la Capacidad de Campo (CC), es el contenido de agua en el que se estabiliza un suelo después de haber drenado. Cada vez que se aporta un riego, el contenido de agua en el suelo debe encontrarse lo más próximo a este nivel.
- **Límite inferior de contenido de agua en el suelo ( $\theta_{li}$ )**, equivale al Punto de Marchitez Permanente (PM). Es el contenido por debajo del cual las raíces son incapaces de extraer agua. Este nivel es el que se estima cercano al que tiene el suelo cuando se realiza la siembra y el primer valor del balance de agua en el suelo. Es dificultoso determinar si se está en este punto en el momento de siembra, pero si es adecuado para el sistema utilizarlo como punto de partida de referencia, junto con el primer riego y la dosis aplicada, para determinar que, entre el límite inferior y dicho primer riego, nos empezamos a situar en la línea de Momento de Riego (MR). Cabe recordar que el sistema está integrado en todo el despliegue de gestión de riegos, por lo que se puede contar con todos estos datos. Es en los momentos de los primeros riegos cuando el regante indica cómo se encuentra el nivel de agua en el suelo, también si la dosis es adecuada, y supervisa de manera exhaustiva los datos del sistema.
- **Intervalo de humedad disponible (IHD)**, es la diferencia entre los límites superior e inferior.

$$\text{IHD} = \theta_{ls} - \theta_{li} = \text{CC} - \text{PM}$$

**ANEJO 24.- TELEGESTIÓN**

- **Nivel de Agotamiento Permisible (NAP)**, es un porcentaje del IHD y representa la fracción de agua retenida por el suelo que es utilizable por la planta sin que se reduzca la ET. Este porcentaje depende de la fase de desarrollo del cultivo, del suelo y de la demanda evaporativa. El valor más utilizado es 0,65, aproximadamente 2/3 de la CC.
- **Dosis de Riego ( $DR_N$ )**, es la cantidad de agua que se aporta en cada riego como Dosis de Riego Bruta ( $DR_B$ ) multiplicada por el valor de Eficiencia de Riego (ER) característico del sistema de riego en parcela que se emplea.

$$DR_N = DR_B \cdot ER$$

- **Déficit Permisible (DP)**, es la cantidad de agua total que puede extraer el cultivo del suelo sin que se reduzca la ET. Ha de ser aproximadamente igual al valor de la Dosis de Riego Neta ( $DR_N$ ), y se calcula multiplicando los valores de IHD, NAP y ZR (profundidad radicular del cultivo):

$$DP = ZR \cdot IHD \cdot NAP$$

A modo de aclaración, el NAP es un porcentaje, mientras que el DP es el IHD corregido por el % NAP, que tiene en cuenta además la profundidad radicular de la planta. Se toma la profundidad radicular máxima de cada cultivo. Cuando el DP calculado sea inferior a la dosis de riego neta propuesta por el regante, se tomará esta dosis de riego como DP.

- **Margen de Riego ( $MG_R$ )**, Se expresa como un porcentaje sobre el Déficit Permisible (DP) que se establece para aumentar el valor que determina el Momento de Riego (MR) de tal forma que no se programe un riego que haga que se supere la Capacidad de Campo (CC) del suelo generando pérdidas por percolación y escorrentía. Se estima en un valor cercano al 10%
- **Momento de Riego (MR)**, se determina el momento de aplicar un riego cuando el Nivel de Agua en el Suelo (NAS) se encuentra por debajo del valor definido por:

$$NAS < (CC - DR_N) - (DR_N \cdot MG_R)$$

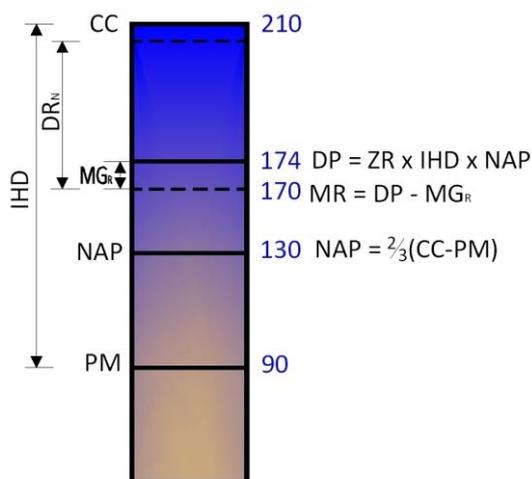
a la vez que se comprueba que el número de días transcurridos desde el último riego es superior al promedio de días entre riegos menos un día:

$$(DR_N/ET)-1$$

**ANEJO 24.- TELEGESTIÓN**

condición que se exige para evitar que cuando el nivel de agua en el suelo esté entre el déficit permisible (DP) y el nivel de agotamiento permisible (NAP) se concedan dos riegos seguidos.

En el siguiente gráfico se muestra de forma visual todos los parámetros citados:



**Datos climáticos**

Los datos climáticos que hay que tener en cuenta en el balance de agua son:

- **Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>)**, el dato se recoge a través de los observatorios de la red de estación oficial del ITACyL en la zona, ubicada en la localidad de Cubillas de los Oteros, así como de las estaciones meteorológicas propiedad de la C.R. que se encuentran instaladas en cada una de las ocho estaciones de bombeo de los sectores ya modernizados.

Estas estaciones aplican la fórmula de Penman-Monteith en función de las variables climáticas: radiación, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento.

Para estimar la ET<sub>o</sub> a un futuro de 7 días, se emplean los datos de predicción diarios incorporados de AEMET, aplicando todas las variables necesarias, como velocidad de viento, temperatura, precipitación, etc. Este valor de ET<sub>o</sub> a futuro, se calcula mediante el procedimiento descrito en “FAO 56 Evapotranspiración del cultivo”, procedimiento de cálculo en caso de datos faltantes.

**ANEJO 24.- TELEGESTIÓN**

- **Evapotranspiración del cultivo (ET)**, es la evapotranspiración del cultivo y se obtiene de multiplicar la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) por el coeficiente K<sub>c</sub> del cultivo.

$$ET = ET_o \times K_c$$

- **Precipitación efectiva (PE)**, es la precipitación que alcanza y se retiene en el suelo y no se pierde por escorrentía o percolación.

A la precipitación que miden las estaciones meteorológicas se les aplica una fórmula desarrollada por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de los Estados Unidos. En la que se tiene en cuenta la evapotranspiración del cultivo y el déficit de agua en el suelo antes de regar, donde DAS es el déficit medio de agua (mm) en el suelo antes de regar. El valor del coeficiente 1,9 aplicado a la PE ajusta el valor obtenido por el SCS al proporcionado por las estaciones meteorológicas del ITACyL en la zona.

$$PE = 1,9 [f(DAS) [1,25 P^{0,824} - 2,93] 10^{0,000955 ET}]$$

$$f(DAS) = 0,53 + 0,0116 DAS - 8,94 \cdot 10^{-5} DAS^2 + 2,32 \cdot 10^{-7} DAS^3$$

**Datos del cultivo**

En relación con los propios cultivos es necesario conocer los siguientes datos:

- **Profundidad radicular (ZR)**, este dato permite saber el volumen de suelo del que la planta puede aprovechar el agua. Esta profundidad es constante para cultivos permanentes y variable para cultivos anuales. Se establece un valor característico para cada tipo de cultivo.

- **Coefficiente del cultivo (K<sub>c</sub>)**, es un factor que incluye los efectos propios del cultivo sobre la ET, como puede ser el área foliar, la altura, el porcentaje de suelo cubierto o la evaporación que ocurre en el suelo.

A medida que el cultivo se va desarrollando, el coeficiente de cultivo K<sub>c</sub> también varía, pudiendo determinarse la curva generalizada del K<sub>c</sub> definida por tres coeficientes parciales K<sub>c</sub> inicial, K<sub>c</sub> medio y K<sub>c</sub> final, así como por el número de días que transcurren entre cada etapa.

En los estados iniciales de aplicación del método de programación del riego automático se tomaban como referencia los valores de K<sub>c</sub> propuestos por la FAO.

**ANEJO 24.- TELEGESTIÓN**

En la actualidad desde la gestión de riegos se realiza un ajuste del  $K_c$  a través de la aplicación de la teledetección a nivel local a través de los valores del **Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada o NVDI**, lo que permite establecer un modelo de cálculo de la ET particularizado y más próximo a la realidad de la zona. En los momentos de saturación de los índices por teledetección, se emplea un método combinado de NDVI simplificado y el modelo desarrollado por el Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA) de SAVI MINARET, que presenta ligeras variaciones respecto del modelo anterior, teniendo en cuenta además los términos de estrés hídrico del cultivo ( $K_s$ ) y coeficiente de evaporación del suelo ( $K_e$ ). En este modelo el coeficiente de cultivo se genera a partir de los índices SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) obtenidos de las imágenes de satélite de la campaña. (Mateos et al, 2013)

El  $K_c$  local se obtiene a través del método simplificado desarrollado por la Universidad de Castilla La Mancha como:

$$K_c = 1,25 \cdot NVDI + 0,1$$

El  $K_c$  local basado en el método MINARET se obtiene a través de la fórmula:

$$K_c = K_{cb} \times K_s + K_e$$

Dónde  $K_s$  corresponde al estrés hídrico del cultivo y  $K_e$  al coeficiente de evaporación del suelo.

Con todos los datos edafológicos, climáticos y de los cultivos que se han definido, se aplica la ecuación de balance de agua obteniéndose el momento en el que es necesario aplicar un riego para mantener el nivel de agua en el suelo con un consumo eficiente y optimizado.