



ugr

Universidad
de Granada

Memoria Práctica 2:

Riego Automático de Cultivos y Plantas

Ingeniería del Conocimiento

Alumno: Christian Vigil Zamora

DNI: [REDACTED]

3º - Grupo 2

Índice

1. Resumen de cómo funciona el Sistema Experto	2
2. Descripción del proceso seguido	3
a. Procedimiento seguido para el desarrollo de la base de conocimiento	
b. Procedimiento de validación y verificación del Sistema	
3. Descripción del Sistema	13
a. Variables de entrada del problema y cómo se representan	
b. Variables de salida del problema y cómo se representan	
c. Conocimiento global del Sistema	
d. Especificación de los módulos se han desarrollado	
e. Los hechos y las reglas de cada módulo	
4. Breve manual de uso del Sistema	20

1. RESUMEN DE CÓMO FUNCIONA EL SISTEMA EXPERTO

Nos encontramos ante un Sistema Basado en el Conocimiento cuyo funcionamiento va a ser gestionar el riego automático de un pequeño cultivo. Primeramente, contamos con un cultivo formado por 3 plantas, cada una situada en un tiesto y cada una con unas condiciones diferentes. Es decir, cada planta va a tener un rango de humedad específico, una temperatura máxima, así como un nivel de luminosidad máximo que va a soportar.

El SBC para gestionar el riego de manera eficiente va a hacer uso de varios sensores:

- El primero de ellos va a ser un sensor de humedad, para conocer cómo de seco está el suelo de cada planta.
- Un sensor de temperatura para conocer a qué temperatura se están exponiendo las plantas.
- Un sensor de luminosidad que permite determinar la luminosidad exterior y por tanto, la luminosidad a la que se encuentra cada planta.
- Por último, se consulta la información meteorológica para la próximas 6 horas durante un sensor de lluvia.

Con la información que el SBC va obteniendo de los diferentes sensores sobre cada tiesto, va determinando la forma en la que llevar a cabo el riego, además de considerar factores como el momento del día en el que se encuentre, que determinarán en parte la intensidad del riego.

En cuanto a la frecuencia de riego, una vez se activa el riego de un determinado tiesto, la humedad irá aumentando de 50 en 5 cada 5 segundos. Por otra parte, cuando se activen los vaporizadores, el descenso de temperatura será constante de 2 grados en 2 grados.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO SEGUIDO

a. Procedimiento seguido para el desarrollo de la base de conocimiento

1. Lo primero ha sido plantearse la representación de los diferentes tiestos, así como la posibilidad de que la humedad ideal de cada planta va a estar delimitada por un intervalo. Puesto que el SBC necesita información de los sensores, he definido las reglas **RegistrarValor, UltimoRegistro y BorraUltimo** para introducir en la base de conocimiento la información proporcionada por los sensores. De forma que cada vez que un sensor devuelve un valor, RegistrarValor introduce un hecho en la base de conocimiento indicando de qué sensor se trata el valor. Las dos reglas siguientes se encargan de gestionar cuál ha sido el último registro de cada sensor, así como de borrar los anteriores para que sólo permanezca en la base de conocimiento el más reciente.

2. Para activar el riego de cada tiesto independientemente de cuándo cada tiesto lo necesito se lleva a cabo mediante reglas que serán comentadas en apartados posteriores, pero en lo que respecta a la base de conocimiento, se almacena el hecho **accion riego ?tiesto encender**, para dejar constancia de que se activa el riego del tiesto indicado.

3. De forma contraria al apartado anterior, el SBC gestionará desactivar el riego mediante el hecho **accion riego ?tiesto apagar**. Previamente, debe asegurarse de que existe el hecho de encender el riego, sino no podría llevarse a cabo. Al igual que en el apartado anterior, he definido una serie de reglas que serán comentadas más adelante.

4. En éste apartado, para llevar a cabo un riego más inteligente en función del momento del día, he definido reglas tanto para el riego por la mañana, como para el riego por la tarde y para el riego por la noche. Las reglas creadas han sido **ActivaRiegoManiana, ActivaRiegoTarde, ActivaRiegoNoche**. En éstas reglas se consultarán los hechos almacenados en la base de conocimiento por parte de los sensores para determinar si activar el riego o no. También para decidir en qué momento del día se encuentra el sistema y en función de ello activar una regla u otra, se consultan el hecho que almacena la hora del sistema actualizada, **HoraActualizada** y comprueba entre que intervalo se encuentra dicha hora para decidir. El intervalo de los momentos del día ha sido incluido por mí, pero será comentado en otro apartado. Por último, si decide activar el riego, a parte de meter en la base de conocimiento el hecho del apartado 2, introduce el hecho **momento_riego ?momento**, en función de si riega por la mañana, tarde o noche. Con respecto a desactivar el riego, he definido las reglas **DesactivaRiegoManiana, DesactivaRiegoTarde, DesactivaRiegoNoche**. En éstas reglas, se consulta que en la base de conocimiento se encuentre un hecho de la forma **momento_riego ?momento**, para activarse una u otra. Además consultan los hechos de los sensores de humedad para saber cuándo desactivar

el riego. Si el riego se está produciendo por la mañana, he decidido regar más para poder combatir la posible evaporización, de forma que el riego no se desactiva hasta que la humedad tenga un valor entre el límite inferior del intervalo de humedad para ese tiesto y el mismo límite de humedad más 50. Si el riego se produce por la tarde, si no es posible evitarse debido al nivel de humedad, se desactivará el riego cuando la humedad baje del límite superior, pero no más de 50. De ésta forma se riega el tiesto si es por la tarde lo justo para que la humedad no sea muy seca. Por último, si el riego se produce a últimas horas de la tarde, que ya se considera noche o durante la noche propia, se llevará a cabo un riego algo más intenso que durante la tarde, ampliando en 50 más el valor de humedad comentado para por la tarde.

5. Para satisfacer éste apartado, se consultan los hechos almacenados en la base de conocimiento tanto por parte de los sensores de temperatura como de los sensores de luminosidad. En las reglas de activar el riego, se comprobarán éstos hechos para posponer el riego de un tiesto en caso de que esté expuesto a alta temperatura y alta luminosidad. El riego podrá posponerse siempre y cuando el nivel de humedad no sea críticamente bajo. Yo he considerado que un nivel de humedad es críticamente bajo si superar el límite superior de humedad por un valor de 150.

6. En cuánto a los vaporizadores, se han definido las reglas **ActivaVaporizadores y DesactivaVaporizadores**. En la primera se comprueba el último registro de temperatura registrado en la base de conocimiento y si dicho valor es igual o mayor al límite de un tiesto, se encienden los vaporizadores. En la base de conocimiento esa acción se representa mediante el hecho **accion vaporizar ?tiesto encender**. De igual forma, en la regla para desactivar se hace uso del último hecho de temperatura registrado, además de comprobar de que existe un hecho en la base de conocimiento que indique que el vaporizador está encendido. Si la temperatura ya es inferior a la máxima soportada por ese tiesto, se desactiva mediante el hecho **accion vaporizar ?tiesto apagar**.

7. Éste apartado lo he considerado como un caso estricto, en el que la temperatura es bastante superior al límite fijado por cada tiesto. Personalmente he considerado que si la temperatura se encuentra 12 grados por encima del máximo de un cultivo, estamos ante un caso estricto. Para ello, he definido la regla **ActivaCasoEstricto** en la que se comprueba de la base de conocimiento el último hecho registrado de temperatura y si su valor es superior en 12 grados al límite de temperatura de un tiesto, se meten en la base de conocimiento un hecho para activar los vaporizadores y otro para activar el riego, independientemente de los valores de humedad que presente el tiesto. También he definido la regla **DesactivarCasoEstricto** en la que controlo cuándo apagar los vaporizadores y el riego. Concretamente hasta que la temperatura no sea inferior al máximo y el nivel de humedad no sea inferior al límite superior, no se desactivan los vaporizadores y el riego.

8. Para el último apartado entra en juego la posibilidad de lluvia. De la base de conocimiento se van a consultar los hechos que proporciona el sensor de lluvia con la predicción de las 6 siguientes horas. Los hechos de éste sensor contienen un valor en mm/h que indican la intensidad de lluvia. Para gestionar las diversas posibilidades he definido 3 rangos de intensidad de lluvia que serán explicados en otro apartado. De forma que a la hora de activar el riego, se comprueba la predicción meteorológica con respecto a la lluvia que nos aporta el sensor y en función de en qué rango se encuentre dicha precisión se riega con más o menos intensidad. Si la predicción de lluvia indica una lluvia **Fuerte** no se regará, dado que con la lluvia va a ser más que suficiente, siempre y cuando el nivel de humedad no sea crítico. En caso de ser crítico, se regará usando la intensidad definida cuándo se riega por la tarde. Si la intensidad de lluvia va a ser **Ligera**, rango que engloba desde no llover hasta una lluvia floja, se regará usando la intensidad definida cuándo se riega por la mañana. Por último, si la intensidad de lluvia va a ser **Moderada**, la intensidad de riego será la definida cuándo se riega por la noche. El hecho de utilizar las intensidades del momento del día ha sido porque considero que se pueden reutilizar en éste caso. Resumen cuándo se corta el riego según lluvia, siendo h el valor de humedad, lim_inf el límite inferior de humedad del tiesto y lim_sup el límite superior de humedad :

LIGERA	MODERADA	FUERTE
$h \in [lim_inf, limit_inf+50]$	$h \in [lim_sup-100, limit_sup]$	$h \in [lim_sup-50, limit_sup]$

b. Procedimiento de validación y verificación del sistema

En lo que respecta al procedimiento de **validación**, no he tenido la oportunidad de consultar con ningún experto en persona de éste tema, pero de lo que sí me he ocupado es de buscar los rangos de humedad de ciertos cultivos y aproximarlos a la práctica. También he consultado como se comportan dichos cultivos ante las diferentes temperaturas. Por otra parte, me he informado del funcionamiento real de los sensores para poder llevar a cabo las acciones con más precisión, así como documentarme leyendo páginas web's en las que se informa acerca de cómo llevar a cabo un sistema de riego eficiente, de forma que se beneficie tanto al cultivo como al ahorro de agua en éste caso.

Para el procedimiento de **verificación**, vamos a ir comprobando de forma escalonada el funcionamiento del sistema conforme incrementamos el nivel de exigencia. Para ello, vamos a hacer pruebas de cada uno de los apartados que se nos pide.

- **CASO 1:** Representación de los tiestos y de los diferentes rangos de humedad:

```
f-1      (Tiesto T1)
f-2      (Tiesto T2)
f-3      (Tiesto T3)
f-4      (Rango T1 600 800)
f-5      (Rango T2 500 700)
f-6      (Rango T3 200 400)
```

- **CASO 2:** Comprobar que el riego de cada tiesto puede ser activado:

Para ésta comprobación simplemente se ha definido un valor de humedad de T1 superior a su límite para que se active el riego. Posteriormente, se ha modificado el nivel humedad de T2 y T3 para que supere su límite y se active también.

```
10:0:1: sensor humedad T1 810
10:0:1: sensor humedad T2 550
10:0:1: sensor humedad T3 300
10:0:2: sensor temperatura T1 30
10:0:2: sensor temperatura T2 25
10:0:2: sensor temperatura T3 25
10:0:3: sensor luminosidad T1 300
10:0:3: sensor luminosidad T2 200
10:0:3: sensor luminosidad T3 100
SISTEMA DECIDE ENCENDER RIEGO DE T1
10:0:3: sensor estadoriego T1 on
10:0:5: sensor humedad T2 700
SISTEMA DECIDE ENCENDER RIEGO DE T2
10:0:5: sensor estadoriego T2 on
10:0:10: sensor humedad T3 500
SISTEMA DECIDE ENCENDER RIEGO DE T3
10:0:10: sensor estadoriego T3 on
```

- **CASO 3:** Comprobar que el riego de cada tiesto puede ser desactivado:

En éste caso, he mantenido las activaciones de riego anteriores y he ido descendiendo el nivel de humedad hasta llegar al punto de que el sistema decide desactivar el riego.

```
SISTEMA DECIDE ENCENDER RIEGO DE T1
10:0:3: sensor estadoriego T1 on
10:0:4: sensor humedad T1 760
10:0:5: sensor humedad T1 710
10:0:6: sensor humedad T1 660
10:0:7: sensor humedad T1 610
SISTEMA DECIDE APAGAR RIEGO DE T1
10:0:7: sensor estadoriego T1 off
10:0:10: sensor humedad T2 700
SISTEMA DECIDE ENCENDER RIEGO DE T2
10:0:10: sensor estadoriego T2 on
10:0:11: sensor humedad T2 650
10:0:12: sensor humedad T2 600
10:0:13: sensor humedad T2 550
SISTEMA DECIDE APAGAR RIEGO DE T2
10:0:13: sensor estadoriego T2 off
10:0:15: sensor humedad T3 400
SISTEMA DECIDE ENCENDER RIEGO DE T3
10:0:15: sensor estadoriego T3 on
10:0:16: sensor humedad T3 350
10:0:17: sensor humedad T3 300
10:0:18: sensor humedad T3 250
SISTEMA DECIDE APAGAR RIEGO DE T3
10:0:18: sensor estadoriego T3 off
```


- **CASO 4:** Comprobar que se realiza un riego inteligente en función del día:

El sistema toma su inicio por la mañana, por lo tanto comprobar un caso en el que intervenga mañana, tarde y noche sería una espera demasiado larga. En éste caso he considerado que el momento del día por tanto es la mañana, en la que se debe realizar un riego de mayor intensidad para combatir la evaporación. Concretamente no se debe desactivar el riego hasta que el nivel de humedad se encuentre entre el límite inferior y el límite inferior más 50. En el ejemplo que voy a mostrar el tiesto T1 es regado y se desactiva su riego en cuánto satisface el nivel de humedad mientras que el tiesto T2 no llega a alcanzar el nivel de humedad deseado por estar en el momento mañana y no se apaga el riego.

```
SISTEMA DECIDE ENCENDER RIEGO DE T1
10:0:3: sensor estadoriego T1 on
10:0:4: sensor humedad T1 760
10:0:5: sensor humedad T1 710
10:0:6: sensor humedad T1 660
10:0:7: sensor humedad T1 610
SISTEMA DECIDE APAGAR RIEGO DE T1
10:0:7: sensor estadoriego T1 off
10:0:10: sensor humedad T2 700
SISTEMA DECIDE ENCENDER RIEGO DE T2
10:0:10: sensor estadoriego T2 on
10:0:11: sensor humedad T2 650
```

- **CASO 5:** Comprobar si el riego se evita en situaciones de altas temperaturas y comprobar si el riego no se evita aunque haya alta temperatura en caso de que el valor de humedad sea críticamente bajo:

La primera captura muestra como si la temperatura y la luminosidad superan el límite se evita regar siempre y cuando el nivel de humedad no sea crítico. En éste ejemplo el nivel de humedad de T1 supera su límite pero no de forma crítica, por lo tanto no se riega.

```
10:0:0: sensor lluvia T1 1000
10:0:0: sensor lluvia T2 1000
10:0:0: sensor lluvia T3 1000
10:0:1: sensor humedad T1 810
10:0:1: sensor humedad T2 550
10:0:1: sensor humedad T3 300
10:0:2: sensor temperatura T1 35
10:0:2: sensor temperatura T2 33
10:0:2: sensor temperatura T3 29
10:0:3: sensor luminosidad T1 600
10:0:3: sensor luminosidad T2 500
10:0:3: sensor luminosidad T3 300
10:0:10: sensor humedad T2 700
Guardamos los hechos del sistema en Situacionfinal.txt
```

Para el segundo ejemplo vamos a comprobar la opción en la que pese a que la temperatura y la luminosidad es superior al máximo de T1, NO se evita regar ya que el nivel de humedad en ésta ocasión de T1 es crítico, es decir superar el límite superior en mínimo 150.

```
10:0:0: sensor lluvia T1 1000
10:0:0: sensor lluvia T2 1000
10:0:0: sensor lluvia T3 1000
10:0:1: sensor humedad T1 950
10:0:1: sensor humedad T2 550
10:0:1: sensor humedad T3 300
10:0:2: sensor temperatura T1 35
10:0:2: sensor temperatura T2 33
10:0:2: sensor temperatura T3 29
10:0:3: sensor luminosidad T1 600
10:0:3: sensor luminosidad T2 500
10:0:3: sensor luminosidad T3 300
SISTEMA DECIDE ENCENDER RIEGO DE T1
10:0:3: sensor estadoriego T1 on
10:0:4: sensor humedad T1 900
10:0:5: sensor humedad T1 850
10:0:6: sensor humedad T1 800
SISTEMA DECIDE APAGAR RIEGO DE T1
10:0:6: sensor estadoriego T1 off
10:0:10: sensor humedad T2 700
Guardamos los hechos del sistema en Situacionfinal.txt
```

- **CASO 6:** Comprobar que ante altas temperaturas, el sistema activa los vaporizadores y observar cómo desciende la temperatura.

En éste ejemplo de primeras la única temperatura alta que se establece es la de T1. Posteriormente se incrementa la temperatura de T2 y T3 para que se activen esos vaporizadores también. Como se puede ver, los vaporizadores van bajando automáticamente la temperatura de 2 en 2 grados de forma que no se desactivan hasta que el valor de temperatura no es estrictamente inferior al máximo de ese tiesto.

```
10:0:2: sensor temperatura T1 35
10:0:2: sensor temperatura T2 30
10:0:2: sensor temperatura T3 27
SISTEMA DECIDE ENCENDER VAPORIZADOR DE T1
10:0:2: sensor estadovaporizador T1 on
10:0:2: sensor temperatura T1 33
SISTEMA DECIDE APAGAR VAPORIZADOR DE T1
10:0:2: sensor estadovaporizador T1 off
10:0:3: sensor luminosidad T1 600
10:0:3: sensor luminosidad T2 500
10:0:3: sensor luminosidad T3 300
10:0:10: sensor temperatura T2 36
SISTEMA DECIDE ENCENDER VAPORIZADOR DE T2
10:0:10: sensor estadovaporizador T2 on
10:0:10: sensor temperatura T2 34
10:0:10: sensor temperatura T2 32
10:0:10: sensor temperatura T2 30
SISTEMA DECIDE APAGAR VAPORIZADOR DE T2
10:0:10: sensor estadovaporizador T2 off
10:0:15: sensor temperatura T3 33
SISTEMA DECIDE ENCENDER VAPORIZADOR DE T3
10:0:15: sensor estadovaporizador T3 on
10:0:15: sensor temperatura T3 31
10:0:15: sensor temperatura T3 29
10:0:15: sensor temperatura T3 27
SISTEMA DECIDE APAGAR VAPORIZADOR DE T3
10:0:15: sensor estadovaporizador T3 off
Guardamos los hechos del sistema en Situacionfinal.txt
```

- **CASO 7:** Comprobar que cuando el sistema detecta un caso estricto, es decir que la temperatura de un tiesto supera en mínimo 12 grados la temperatura máxima que soporta, se activa tanto el riego como los vaporizadores:

Como se puede ver en la captura, la humedad de T1 inicialmente se encuentra dentro del rango de humedad, por lo que no es necesario regar ese tiesto. En cuanto se recibe el conocimiento de que el valor de temperatura de T1 superar en 12 grados la máxima, la máxima temperatura que soporta T1 es 34 y la temperatura en éste caso está a 46 grados, se activa el caso estricto, es decir, sin importar el nivel de humedad del tiesto se activa tanto el riego como los vaporizadores. Como vemos, el vaporizador va decrementando la temperatura hasta el punto de que baja del máximo. En ese momento se desactiva el vaporizador y se desactiva el riego, que cumplía la condición de nivel de humedad pues antes de activarse el caso estricto ya se encontraba dentro del rango.

```
10:0:1: sensor humedad T1 750
10:0:1: sensor humedad T2 550
10:0:1: sensor humedad T3 300
10:0:1: sensor luminosidad T1 600
10:0:1: sensor luminosidad T2 500
10:0:1: sensor luminosidad T3 300
10:0:2: sensor temperatura T1 46
10:0:2: sensor temperatura T2 30
10:0:2: sensor temperatura T3 27
SISTEMA DECIDE ENCENDER RIEGO DE T1
SISTEMA DECIDE ENCENDER VAPORIZADOR DE T1
10:0:2: sensor estadovaporizador T1 on
10:0:2: sensor estadoriego T1 on
10:0:2: sensor temperatura T1 44
10:0:2: sensor temperatura T1 42
10:0:2: sensor temperatura T1 40
10:0:2: sensor temperatura T1 38
10:0:2: sensor temperatura T1 36
10:0:2: sensor temperatura T1 34
10:0:2: sensor temperatura T1 32
SISTEMA DECIDE APAGAR VAPORIZADOR DE T1
10:0:2: sensor estadovaporizador T1 off
SISTEMA DECIDE APAGAR RIEGO DE T1
10:0:2: sensor estadoriego T1 off
Guardamos los hechos del sistema en Situacionfinal.txt
```

- **CASO 8:** Se comprueba un funcionamiento del sistema genérico, haciendo incapie en la novedad de contar con la predicción de lluvia:

En éste ejemplo los 3 tiestos se encuentran a una temperatura y luminosidad dentro de su límite. T2 y T3 se encuentran a un nivel de humedad dentro de su rango, mientras que T1 no. T1 debería por tanto regarse dado que cumple las condiciones, pero el riego no se efectúa porque la intensidad de lluvia sobre T1 es 200, cantidad que se encuentra dentro del rango de Intensidad de lluvia fuerte y por tanto T1 no será regada ya que no se encuentra a un nivel crítico de humedad. Posteriormente, el nivel de humedad de T2 será de 750, por lo que realizará un riego cuya intensidad está marcada por la predicción de lluvia, ligera en éste caso. Por último, T3 observa que su temperatura aumenta a 43 grados, dando lugar a un caso estricto.

```

10:0:1: sensor temperatura T1 33
10:0:1: sensor temperatura T2 30
10:0:1: sensor temperatura T3 27
10:0:1: sensor humedad T1 900
10:0:1: sensor humedad T2 550
10:0:1: sensor humedad T3 300
10:0:1: sensor lluvia T1 200
10:0:1: sensor lluvia T2 2
10:0:1: sensor lluvia T3 20
10:0:1: sensor luminosidad T1 600
10:0:1: sensor luminosidad T2 500
10:0:1: sensor luminosidad T3 300
10:0:5: sensor humedad T2 750
SISTEMA DECIDE ENCENDER RIEGO DE T2
10:0:5: sensor estadoriego T2 on
10:0:15: sensor humedad T2 700
10:0:25: sensor humedad T2 650
10:0:35: sensor humedad T2 600
10:0:40: sensor temperatura T3 42
SISTEMA DECIDE ENCENDER RIEGO DE T3
SISTEMA DECIDE ENCENDER VAPORIZADOR DE T3
10:0:40: sensor estadvaporizador T3 on
10:0:40: sensor estadoriego T3 on
10:0:40: sensor temperatura T3 40
10:0:40: sensor temperatura T3 38
10:0:40: sensor temperatura T3 36
10:0:40: sensor temperatura T3 34
10:0:40: sensor temperatura T3 32
10:0:40: sensor temperatura T3 30
10:0:40: sensor temperatura T3 28
10:0:40: sensor temperatura T3 26
SISTEMA DECIDE APAGAR VAPORIZADOR DE T3
10:0:40: sensor estadvaporizador T3 off
SISTEMA DECIDE APAGAR RIEGO DE T3
10:0:40: sensor estadoriego T3 off
Guardamos los hechos del sistema en Situacionfinal.txt

```

Evidentemente, durante el desarrollo del SBC se han realizado muchísimos más casos de verificación de que el sistema funciona como debe funcionar. Para la memoria simplemente he hecho a medida 8 casos que representan los apartados de la práctica y con una dimensión breve para no alargar la memoria excesivamente con las capturas.

3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

a. Variables de entrada del problema y cómo se representan

Dentro de las variables de entrada se encuentra la información respectiva a los sensores. Como ya he comentado, en éste SBC se usan 4 sensores diferentes. Su representación es la siguiente: **valor ?tipo ?tiesto ?h**. La variable tipo hace referencia al tipo de sensor, pudiendo ser de **temperatura**, de **luminosidad**, de **humedad** o de **lluvia**. La variable ?tiesto se refiere al tiesto sobre el que estamos recibiendo la información, pudiendo ser **T1, T2 Y T3**. Y la variable ?h indica un valor, en el caso de la temperatura indica los grados, en el caso de la humedad el nivel de humedad, en el caso de la lluvia la intensidad de ella y en el caso de la luminosidad, la cantidad de lux. Otra variable de entrada sería **?t**. La variable ?t contiene la hora actual del sistema en segundos, por lo tanto sería una variable de entrada también pues la consideramos para almacenar los hechos en la base de conocimiento. Volviendo a la representación **valor ?tipo ?tiesto ?h**, también es variable de entrada el estado inicial del riego y de los vaporizadores. De ésta forma, ?tipo puede ser también **estadoriego** u **estadovaporizador**. Y ?h en éste caso tomará los valores **on** u **off**, según el estado del que inicien.

b. Variables de salida del problema y cómo se representan

En el caso de las reglas destinadas a activar el riego, se usan 2 variables de salida: **accion riego ?tiesto encender** con la que se está indicando que el riego debe ser activado y **momento_riego ?x** con la que se indica el momento en el que se va a llevar a cabo el riego, aunque lo que significa realmente es la intensidad con la que se va a regar. La variable ?x puede ser mañana, tarde o noche.

En las reglas destinadas a desactivar el riego, tiene: **accion riego ?tiesto apagar**, con la que se da constancia de que el sistema ha decidido desactivar el riego de un tiesto. De igual forma pasa con los vaporizadores, tanto activar como desactivar un vaporizador de un tiesto se representan así respectivamente: **accion vaporizar ?tiesto encender**, **accion vaporizar ?tiesto apagar**.

c. Conocimiento global del sistema

El sistema conoce de forma global el rango de humedad definido para cada tiesto. En el rango, el valor del límite inferior indica un nivel de humedad adecuado y el límite superior un nivel de humedad escaso. Su representación es:

```
(deffacts RangoHumedad
  (Rango T1 600 800)
  (Rango T2 500 700)
  (Rango T3 200 400)
)
```

También conoce el rango definido para identificar el momento del día en el que se encuentra el sistema. Los posibles valores son Maniana, Tarde y Noche, cada uno con su respectivo horario, considerando mañana de 6:00 a 13:00, tarde de 13:01 a 21:00 y noche de 21:01 a 5:99. Su representación es:

```
(deffacts MomentoDia
  (Momento Maniana 21600 46800)
  (Momento Tarde 46801 75600)
  (Momento Noche 75601 21599)
)
```

El sistema conoce también la máxima temperatura y la máxima luminosidad soportada por cada tiesto. Su representación es:

```
(deffacts MaximaTemperatura
  (Temperatura T1 34)
  (Temperatura T2 32)
  (Temperatura T3 28)
)
```

```
(deffacts MaximaLuminosidad
  (Luminosidad T1 500)
  (Luminosidad T2 400)
  (Luminosidad T3 250)
)
```

Por último, el sistema cuenta también el rango que define la intensidad de la lluvia en mm/h, cuya representación es:

```
(deffacts IntensidadLluvia
  (Intensidad Ligera 0 6.5)
  (Intensidad Moderada 6.5 15)
  (Intensidad Fuerte 15 10000)
)
```

d. Especificación de los módulos que se han desarrollado

Antes de comenzar con la descripción de los diferentes módulos usados, debo comentar que las 3 encargadas de gestionar los valores de los sensores se encuentran fuera de cualquier módulo. Esas reglas son RegistrarValor, UltimoRegistro y BorraUltimo. Ahora sí, procedo con la especificación de los módulos:

- **MÓDULO ACTIVAR-RIEGO**

Éste módulo, como su nombre bien indica es el encargado de determinar si activar el riego o no. Por lo tanto su objetivo es decidir en base a los valores obtenidos por los diferentes sensores empleados y en función del momento del día y la predicción de lluvia, si es necesario activar el riego y en qué intensidad. El conocimiento que es utilizado en éste módulo viene a ser básicamente todo el de la base de conocimiento, ya que es el módulo que más información requiere. Por un lado, utiliza conocimiento tanto del último registro de temperatura como de luminosidad como de humedad como de lluvia. También utiliza el conocimiento global del sistema que define la temperatura y luminosidad máxima de cada tiesto, así como el rango de valores de humedad aceptados. También utiliza la hora actual del sistema para determinar en qué momento del día se encuentra el sistema en base al rango de horas que conoce ya. Por último, el conocimiento que deduce vendría a ser el momento del día en que se encuentra el sistema, así como la decisión de activar o no el riego y con que intensidad.

- **MÓDULO DESACTIVAR-RIEGO**

El objetivo de éste módulo principalmente es decidir si debe desactivar el riego de un tiesto o no. Para ello, utiliza conocimiento para asegurar que el riego está activado, pues no podría desactivar el riego si no estuviera activado. A continuación usa conocimiento para conocer en qué momento del día se está regando, ya que ese detalle va a determinar la intensidad que va a exigir para desactivar el riego. Una vez conoce eso, utiliza el conocimiento por parte de los sensores de humedad para comprobar si la humedad del tiesto que está siendo regado satisface la condición para desactivar el riego. Llegados a éste punto, éste módulo deduce conocimiento en forma de que decide desactivar el riego o dejarlo activo.

- **MÓDULO VAPORIZADOR**

Éste módulo tiene como objetivo activar o desactivar los vaporizadores sobre un tiesto en función de la temperatura a la que se encuentren. Utiliza conocimiento por parte del sensor de temperatura para comprobar si la temperatura de un tiesto es igual o mayor al límite que soporta ese tiesto. También utiliza esa misma información para determinar si la temperatura ya ha bajado del límite máximo,

en caso de estar activados los vaporizadores. Usaría también el conocimiento global sobre los máximos de temperatura de cada tiesto, además de comprobar a la hora de poder desactivarlos de que haya alguno activo. Por lo tanto, el conocimiento que se deduce en éste módulo es la decisión de activar un vaporizador en caso de que la temperatura de un tiesto sea mayor a la máxima ó la decisión de apagar un vaporizador una vez se haya alcanzado una temperatura que no supera el máximo.

- **MÓDULO CASO-ESTRICTO**

El objetivo de éste módulo es salvar el cultivo de un tiesto en caso de temperatura excesivamente alta. Para llevar a cabo su objetivo, utiliza conocimiento por parte del sensor de temperatura para comprobar si la temperatura de un tiesto supera por 12 grados el máximo que soporta ese tiesto. Una vez esté activado el caso estricto, utiliza conocimiento del sensor de temperatura de nuevo y del sensor de humedad para comprobar que si ya están por debajo del límite máximo, se desactive el caso estricto. Usa conocimiento global también para conocer la temperatura máxima de ese tiesto, así como el rango de humedad del mismo. Por tanto, el conocimiento que se deduce en éste módulo sería activar el riego y el vaporizador de un determinado tiesto. Y en caso de haberlos activado ya, deducir si debe desactivar tanto el riego como el vaporizador de ese riego en base a la temperatura y humedad que tengan.

e. Los hechos y las reglas de cada módulo

- **FUERA DE MÓDULO**

- **RegistrarValor:** Regla encargada de transformar los valores que recibe por parte de los sensores tanto del estado del riego y los vaporizadores y los transforma a **valor_registrado** dentro de la base de conocimiento.

- **UltimoRegistro:** Regla encargada de almacenar en la base de conocimiento cuál ha sido el último valor_registrado de cada tipo. Su sintaxis: **ultimo_registro**.

- **BorraUltimo:** Regla encargada de mantener siempre un sólo último registro de cada tiempo, de forma que el que se queda en la base de conocimiento es el que cuyo tiempo sea más reciente.

- **MÓDULO ACTIVAR-RIEGO**

- **borraApagar:** Ésta regla se encarga de eliminar de la base de conocimiento los hechos de tipo: accion riego ?tiesto apagar. El motivo es para permitir que se pueda repetir el riego en un mismo tiesto varias veces. Pese a que uso el simulador, no lo he modificado para que vaya actualizando esos hechos, de ahí el motivo de ésta regla.

- **ActivaRiegoManiana:** En ésta regla se decide si se lleva a cabo el riego o no durante el momento del día mañana. Para ello utiliza el conocimiento ya comentado en el apartado anterior. Para que el riego se lleve a cabo éste método cuenta con múltiples condiciones: Si la temperatura y la luminosidad de un tiesto están por debajo de su máximo y su nivel de humedad está por encima del límite superior se riega, ó si el nivel de humedad está por encima del límite superior en más de 150 se riega, ó si el tipo de lluvia es Fuerte pero el nivel de humedad supera el límite superior se riega. También comprueba mediante la hora actualizada del sistema si se encuentra entre el intervalo delimitado como momento del día mañana. En el consecuente, mediante una serie de If's, se determina cuál va a ser la intensidad de riego deseada en función de la predicción de lluvia obtenida e inserta el hecho de activar riego en la base de conocimiento.

- **ActivaRiegoTarde:** En ésta regla se decide si se lleva a cabo el riego o no durante el momento del día tarde. Para ello utiliza el conocimiento ya comentado en el apartado anterior. Para que el riego se lleve a cabo éste método cuenta con múltiples condiciones: Si la temperatura y la luminosidad de un tiesto están por debajo de su máximo y su nivel de humedad está por encima del límite superior se riega, ó si el nivel de humedad está por encima del límite superior en más de 150 se riega, ó si el tipo de lluvia es Fuerte pero el nivel de humedad supera el límite superior se riega. También comprueba mediante la hora actualizada del sistema si se encuentra entre el intervalo delimitado como momento del día tarde. En el consecuente, mediante una serie de If's, se determina cuál va a ser la intensidad de riego deseada en función de la predicción de lluvia obtenida e inserta el hecho de activar riego en la base de conocimiento.

- **ActivaRiegoNoche:** En ésta regla se decide si se lleva a cabo el riego o no durante el momento del día noche. Para ello utiliza el conocimiento ya comentado en el apartado anterior. Para que el riego se lleve a cabo éste método cuenta con múltiples condiciones: Si la temperatura y la luminosidad de un tiesto están por debajo de su máximo y su nivel de humedad está por encima del límite superior se riega, ó si el nivel de humedad está por encima del límite superior en más de 150 se riega, ó si el tipo de lluvia es Fuerte pero el nivel de humedad supera el límite superior se riega. También comprueba mediante la hora actualizada del sistema si se encuentra entre el intervalo delimitado como momento del día noche. En el consecuente, mediante una serie de If's, se determina cuál va a ser la intensidad de riego deseada en función de la predicción de lluvia obtenida e inserta el hecho de activar riego en la base de conocimiento.

- **MÓDULO DESACTIVAR-RIEGO**

- **moduloDesactivar:** Ésta regla se encarga de introducir en la base de conocimiento el hecho **modulo desactivar-riego**, que se utiliza como llave para poder usar las reglas de éste módulo. La única precondition es que exista un hecho de la forma **momento_riego ?x**, ya que los métodos de riego en función de la intensidad que establezcan insertarán un hecho momento_riego maniana ó momento_riego tarde ó momento_riego noche.

- **borraEncender:** Ésta regla se encarga de eliminar de la base de conocimiento los hechos de tipo: accion riego ?tiesto encender. El motivo es para permitir que se pueda repetir el riego en un mismo tiesto varias veces. Pese a que uso el simulador, no lo he modificado para que vaya actualizando esos hechos, de ahí el motivo de ésta regla.

- **DesactivaRiegoManiana:** En ésta regla se decide cuándo desactivar el riego cuya intensidad se corresponde con la del momento del día de la mañana. Recuerdo que para el apartado 8, se han reutilizado las intensidad del momento del día para la intensidad de la lluvia, de forma que en función de la intensidad de lluvia que se haya predicho, se inserta en la base de conocimiento momento_riego maniana ó momento_riego tarde ó momento_riego noche. En primer lugar comprueba que exista el hecho que activa éste módulo, **modulo desactivar-riego** y comprueba que exista un hecho momento_riego. A continuación comprueba el nivel de humedad del tiesto y si satisface la condición ya comentada en otros apartado se desactiva el riego. Por tanto en el consecuente, se inserta el hecho de desactivar riego y se borra de la base de conocimiento tanto el hecho que ejerce como llave del módulo como el hecho momento_riego.

- **DesactivaRiegoTarde:** En ésta regla se decide cuándo desactivar el riego cuya intensidad se corresponde con la del momento del día de la mañana. En primer lugar comprueba que exista el hecho que activa éste módulo, **modulo desactivar-riego** y comprueba que exista un hecho momento_riego. A continuación comprueba el nivel de humedad del tiesto y si satisface la condición ya comentada en otros apartado se desactiva el riego. Por tanto en el consecuente, se inserta el hecho de desactivar riego y se borra de la base de conocimiento tanto el hecho que ejerce como llave del módulo como el hecho momento_riego.

- **DesactivaRiegoNoche:** En ésta regla se decide cuándo desactivar el riego cuya intensidad se corresponde con la del momento del día de la mañana. En primer lugar comprueba que exista el hecho que activa éste módulo, **modulo desactivar-riego** y comprueba que exista un hecho momento_riego. A continuación comprueba el nivel de humedad del tiesto y si satisface la condición ya comentada en otros apartado se desactiva el riego. Por tanto en el consecuente, se inserta el hecho de desactivar riego y se borra de la base de

conocimiento tanto el hecho que ejerce como llave del módulo como el hecho momento_riego.

- **MÓDULO VAPORIZADOR**

- **moduloVaporizadores:** Ésta regla se usa para crear el hecho que activa éste módulo. Por lo que si el último registro de temperatura es superior al máximo de un tiesto, se inserta en la base de conocimiento el hecho **modulo vaporizador**.

- **ActivaVaporizadores:** Se decide si se deben activar o no los vaporizadores. Lo primero que comprueba es que exista el hecho **modulo vaporizador**, sino no se ejecuta. A continuación utiliza el conocimiento sobre el último registro de temperatura de un tiesto y comprueba si ese valor en grados es mayor que el límite superior de dicho tiesto. En ese caso, en el consecuente se inserta el hecho de accion vaporizar ?tiesto encender.

- **DesactivaVaporizadores:** De nuevo comprueba que exista el hecho **modulo vaporizador**, para poder ejecutarse. Consulta también el conocimiento para comprobar que hay algún vaporizador activo y consulta el último registro de temperatura del tiesto sobre el que esté actuando el vaporizador. Si los grados que indican ese registro están por debajo ya de la temperatura máxima que soporta ese tiesto, en el consecuente se inserta el hecho para desactivar el vaporizador y se borra de la base de conocimiento el hecho del módulo.

- **MÓDULO CASO-ESTRICTO**

- **moduloCasoEstricto:** Usando el conocimiento, comprueba si la temperatura de un tiesto es 12 grados superior al límite que soporta. Si ocurre eso, inserta en la base de conocimiento el hecho **modulo caso-estricto** para poder dar acceso a las reglas de éste método.

- **ActivaCasoEstricto:** Para decidir si el sistema se encuentra ante un caso estricto, lo primero que comprueba es que exista el hecho **modulo caso-estricto**. A continuación utiliza el conocimiento sobre el último registro de temperatura de un tiesto y comprueba si los grados de ese tiesto son mayores o iguales que la temperatura máxima que soporta más 12 grados. En ese caso, el sistema deduce que está ante un caso estricto y en el consecuente inserta tanto la acción de activar riego como los vaporizadores.

- **DesactivaCasoEstricto:** Primeramente, comprueba que exista el hecho **modulo caso-estricto**. Tras ello, lo siguiente que comprueba es que tanto el riego como un vaporizador estén activados sobre un tiesto. A continuación procede a utilizar conocimiento sobre el último registro de temperatura y humedad. Para que el antecedente sea cierto, tanto la temperatura como la humedad del tiesto sobre el

que se está actuando deben estar ya por debajo del límite superior de dicho tiesto. En ese caso, en el consecuente se desactiva el riego y el vaporizador y se borra de la base de conocimiento el hecho propio de éste módulo.

4. BREVE MANUAL DE USO DEL SISTEMA

ACLARACIÓN: Para la ejecución de la práctica, he usado el simulador de la práctica anterior, configurado por defecto para el manejo inteligente de las luces. Las únicas modificaciones que he realizado en el simulador han sido para añadir que el simulador muestre por pantalla un mensaje cuando se activa/desactiva el riego y los vaporizadores. También he añadido una regla para que cuándo se active un vaporizador, el simulador vaya decrementando la temperatura automáticamente de 2 en 2 grados. Por lo demás, no he modificado nada, de forma que los sensores usados por éste SBC no escanean cada X segundos, así que todo se debe introducir a mano en el fichero **DatosSimulados.txt**. A la hora de probar el simulador, el archivo CasaInteligente.clp contiene el mismo contenido que el archivo SistemaRiego.clp. El motivo de usar CasaInteligente.clp es porque el simulador usa ese fichero por defecto.

CONTENIDO DEL .ZIP

- **PFINAL-IC.pdf:** Memoria sobre la práctica.
- **SistemaRiego.clp:** archivo .clp con la implementación del Sistema, tanto módulos como hechos como reglas.
- **Simuladorv0.3:** Carpeta con todo lo requerido para probar el simulador. Útil:
 - **CasaInteligente.clp:** Contiene el contenido del archivo SistemaRiego.clp.
 - **DatosSimulados.txt:** Contiene una simulación que yo he definido.

Para usar el Sistema hay que seguir los siguientes pasos:

- Abrir CLIPS
- Clickar en la pestaña **File**
- Clickar en **Load Batch**
- Acceder a la carpeta **Simuladorv03** y seleccionar el archivo por lotes **simulacion**
- Indicar los segundos que va a hacer el bucle. **Recomendación:** 200 segundos