

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Grado en Ing. Sist. de Telecom., Sonido e Imagen

---



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA  
SUPERIOR DE GANDIA

# “AUTOMATIZACIÓN Y TELECONTROL DE SISTEMAS DE RIEGO”

**TRABAJO FINAL DE GRADO**

Autor/a:  
**FERNANDO ESCAMILLA MARTÍNEZ**

Tutor/a:  
**MARIA CONSUELO PART ESCRIVÁ**

**GANDIA, 2016**

## Resumen

---

La elaboración de este trabajo surge de la necesidad de plantear soluciones, para optimizar el uso de agua para riego en plantaciones hortofrutícolas, considerando que es también una herramienta útil para el aprovechamiento de los recursos hídricos que día a día son más escasos, y con ello aumentar los niveles de producción y la calidad del producto obtenido mediante estas técnicas. Así mismo, facilita la labor agrícola mediante el control del riego desde una estación central.

Este trabajo también se introducirá en el mundo de los microprocesadores, tratando conceptos de electrónica, programación y transmisión de señales muy presentes en el mundo de las telecomunicaciones, la adquisición de estos conocimientos es fundamental para realizar un sistema de automatización y telecontrol de sistemas autónomos, pudiendo servir como punto de partida para posteriores estudios, sobre las técnicas de monitorización y telecontrol de este tipo de redes.

## Summary

---

The making of this work arises from the need to propose solutions to optimize the use of water for irrigation in horticulture plantations, considering it is also a useful tool for the ecological use of water resources that every passing day are more limited, and thereby increase production levels and product quality obtained by these techniques. It also facilitates agricultural work through irrigation control from a central station.

This work will also be introduced in the world of microprocessors, performing concepts of electronics, programming and signals transmission, current in the world of telecommunications acquiring this knowledge is critical for system automation and remote control of autonomous systems and remote monitoring techniques can serve as a starting point for further studies of this kind of network.

## Resum

---

L'elaboració d'aquest treball sorgix de la necessitat de plantejar solucions, per a optimitzar l'ús d'aigua per a regadiu en plantacions hortofrutícoles, considerant que és també una ferramenta útil per a l'aprofitament dels recursos hídrics que dia a dia són més escassos, i amb això augmentar els nivells de producció i la qualitat del producte obtingut per mitjà d'estes tècniques. Així mateix, facilita la labor agrícola per mitjà del control del reg des d'una estació central. Este treball també s'introduirà en el món dels microprocessadors, tractant conceptes d'electrònica, programació i transmissió de senyals molt presents en el món de les telecomunicacions, l'adquisició d'estos coneixements és fonamental per a realitzar un sistema d'automatització i telecontrol de sistemes autònoms, podent servir com a punt de partida per a posteriors estudis, sobre les tècniques de monitorització i telecontrol d'este tipus de xarxes.

# CONTENIDO

---

<b>CAPÍTULO 0. Prólogo</b>	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO 1. Estudio Previo</b>	<b>6</b>
<b>ESTUDIO DEL TERRENO</b>	<b>6</b>
TERRENO DESTINADO A INVERNADERO	7
TERRENO DESTINADO A VIÑEDO	8
<b>ESTUDIO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS</b>	<b>9</b>
NECESIDADES HÍDRICAS DEL INVERNADERO	9
NECESIDADES HÍDRICAS DEL VIÑEDO	10
<b>ESTUDIO RADIOELÉCTRICO</b>	<b>14</b>
CALCULO DE LA POTENCIA DE TRANSMISIÓN	14
CALCULO DE COBERTURAS CON RADIOMOBILE	15
<b>CAPÍTULO 2. Tecnología</b>	<b>16</b>
<b>ARDUINO</b>	<b>16</b>
PLACA ARDUINO UNO	17
OTROS TIPOS DE PLACA ARDUINO	18
¿POR QUÉ ELEGIR ARDUINO?	18
<b>CAPÍTULO 3. Desarrollo del sistema</b>	<b>19</b>
<b>RED DE SENSORES/ACTUADORES DEL INVERNADERO</b>	<b>20</b>
<b>SENSORES</b>	<b>20</b>
<i>SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA DHT11</i>	20
<b>ACTUADORES</b>	<b>20</b>
<i>HUMIDIFICADOR MEDISANA 60065 UHW</i>	20
<i>ELECTROVÁLVULA RAINBIRD DV DE CAUDAL BAJO</i>	21
<b>OTROS DISPOSITIVOS ADICIONALES</b>	<b>21</b>
<i>TRANSFORMADOR 230V-24V</i>	21
<i>RELÉ</i>	22
<b>ESQUEMA DE CONEXIONES</b>	<b>23</b>

<b>RED DE SENSORES/ACTUADORES DEL VIÑEDO</b>	<b>24</b>
SENSORES	24
<i>SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA DHT22</i>	24
<i>PLUVIÓMETRO CON REED SWITCH</i>	25
ACTUADORES	25
<i>ELECTROVÁLVULA RAINBIRD DV DE CAUDAL BAJO</i>	25
ESQUEMA DE CONEXIONES	26
<b>TELEALARMA VÍA GSM EN EL INVERNADERO</b>	<b>27</b>
EQUIPOS UTILIZADOS	27
<i>SENSOR MAGNÉTICO</i>	27
<i>PLACA ARDUINO UNO</i>	27
<i>MÓDULO SIM900 GSM/GPRS</i>	28
CONFIGURACIÓN Y CONEXIONADO	29
<b>TELEMANDO VÍA RADIO EN EL VIÑEDO</b>	<b>30</b>
EQUIPOS UTILIZADOS	30
<i>UNIDAD TRANSMISORA</i>	30
<i>UNIDAD RECEPTORA</i>	31
<i>ANTENA</i>	31
OTROS DISPOSITIVOS	32
<i>TELEMANDO</i>	32
VENTAJAS DEL SISTEMA VÍA RADIO	32
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA COMUNICACIÓN	32
CONFIGURACIÓN Y CONEXIONADO	33
<b>CAPÍTULO 4. Trámites administrativos</b>	<b>34</b>
<hr/>	
<b>SOLICITUD DE TITULO HABILITANTE</b>	<b>34</b>
FORMULARIO CUMPLIMENTADO	35
<b>APÉNDICE A. Código Arduino Invernadero</b>	<b>41</b>
<hr/>	
CÓDIGO INVERNADERO.INO	41
<i>CÓDIGO SENSOR DHT11</i>	42
<i>CÓDIGO ELECTROVÁLVULA</i>	43
CÓDIGO TELEALARMA.INO	44
<b>APÉNDICE B. Código Arduino Viñedo</b>	<b>45</b>
<hr/>	
CODIGO VIÑEDO.INO	45



El agua es un bien escaso, y las futuras predicciones de consumo y disponibilidad no son nada favorables. En el año 2030 se espera que la población mundial llegue a ser de 8.100 millones de personas (casi 700 millones más que en la actualidad), por tanto la demanda de alimentos, aumentará aproximadamente en un 50% respecto a la actualidad. Por otra parte el 70% del agua es utilizada para la producción y elaboración de alimentos, llegando esta cifra en algunos países a ser del 95%. A estos datos hay sumarles las previsiones sobre el cambio climático que prevén que aumente la desertización a nivel mundial, y que conllevará un incremento de los días cálidos por año.

Por estos factores que se nos presentan, uno de los mayores desafíos mundiales del siglo actual, será el del uso sostenible y equilibrado del agua.

Tal y como se ha planteado previamente entre el 70% - 95% del agua es utilizada para producción de alimentos. Necesitaremos crear mecanismos de telecontrol y automatización de sistemas de riego, para un uso eficiente del agua, por medio de la creación de redes que permitan realizar estas acciones.

En el presente proyecto se investigará un campo que se prevé creciente en los próximos años tratando de buscar soluciones a dicho problema, por medio de la implantación de sistemas de telecontrol en redes de distribución hidráulicas, de forma que mediante un centro de operaciones remoto podamos realizar acciones sobre válvulas, compuertas, etc.

---

# CAPÍTULO 1

## Estudio Previo

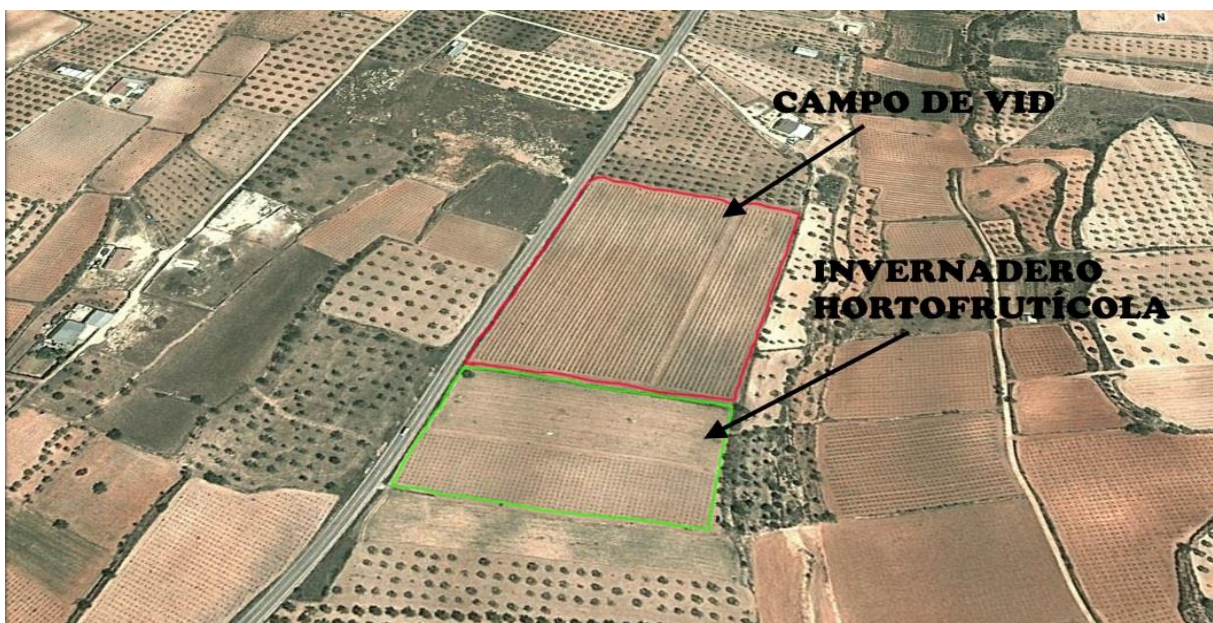
---

Antes de la implantación de la red de sensores, debemos de realizar una serie de medidas, tales como analizar las características del terreno donde implantaremos los sensores de nuestra red de riego automático, estudiar las necesidades hídricas y condiciones climáticas de las plantaciones que queremos producir para garantizar un uso eficiente del agua, y en última instancia realizar un estudio radioeléctrico de la zona donde vamos a implantar nuestra red.

### ESTUDIO DEL TERRENO

---

La superficie del terreno que nos va a servir para la implantación de este sistema de riego, está situada en el municipio de Utiel provincia de Valencia, y constará de dos zonas bien diferenciadas, una primera y más extensa vid, y otra consistente en un invernadero en el que cultivaremos variedad de productos. El terreno se encuentra en el kilómetro 1 de la carretera CV-390 en la localidad de Utiel, provincia de Valencia, la superficie total del campo donde queremos instalar nuestra red de telecontrol de riego es de 36507 m<sup>2</sup> o 3.65 hectáreas, de las cuales 2.33 hectáreas se van a destinar a la producción de uva, y en las 1.32 hectáreas restantes vamos a crear un invernadero para la producción de diversos alimentos.



*Figura 1: Terreno de trabajo*

## TERRENO DESTINADO A INVERNADERO



Figura 2: Foto del terreno destinado a invernadero

Como se ha dicho antes el invernadero tiene una superficie total de 1.32 hectáreas donde cultivaremos diferentes productos, hortalizas como pimientos, berenjenas y tomates, y frutas como fresas melones y sandías. Además habilitaremos una zona para los sensores de humedad y temperatura para controlar que el invernadero funcione en las condiciones óptimas.

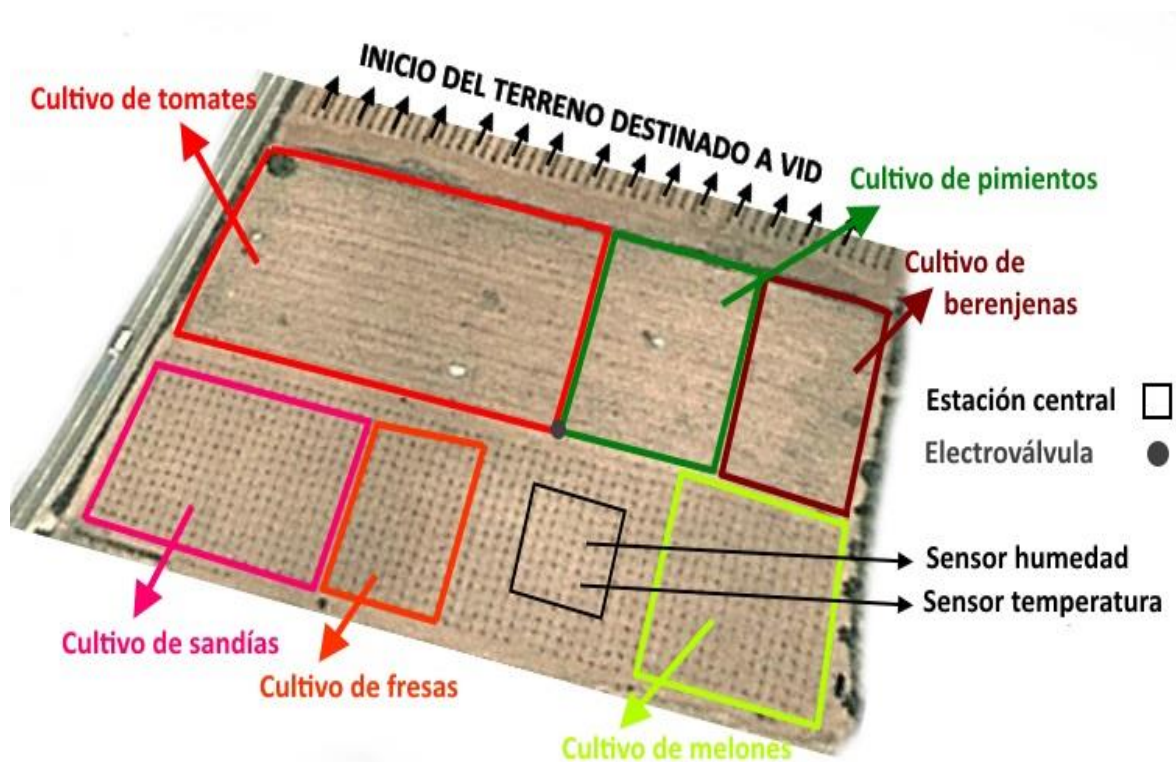


Figura 3: Disposición del terreno destinado al invernadero

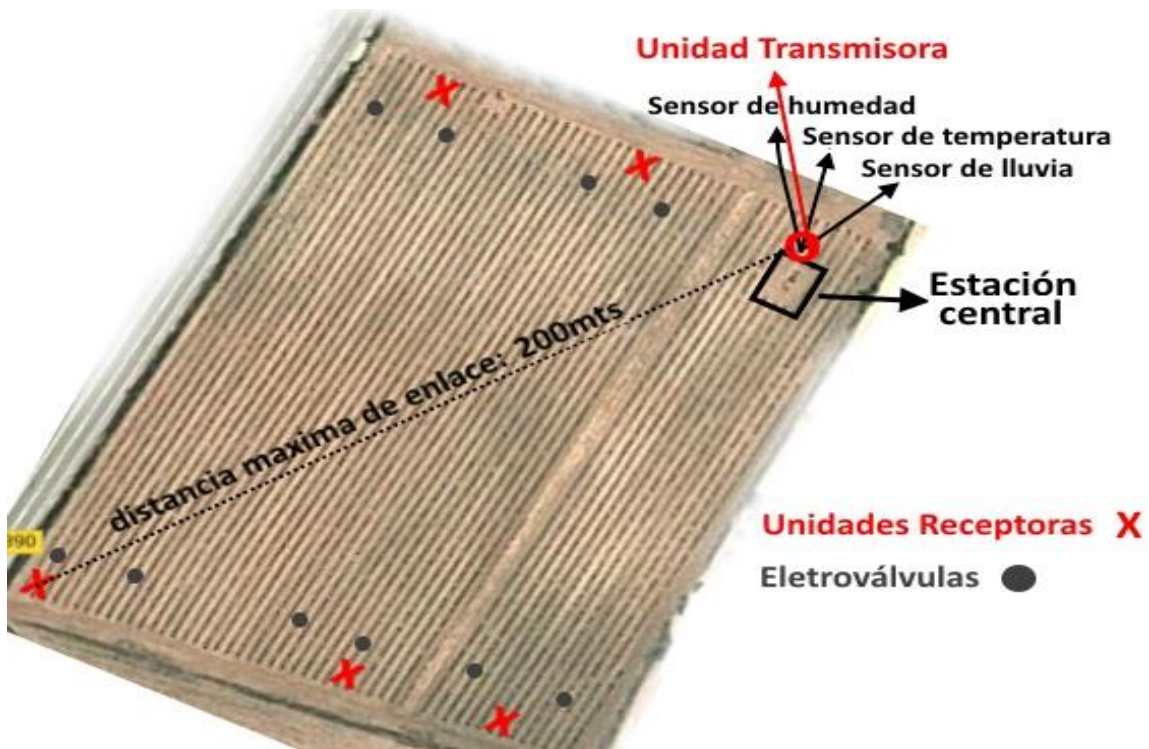


## TERRENO DESTINADO A VIÑEDO



*Figura 4: Foto del terreno destinado a viñedo*

El viñedo tiene una superficie total de 2'33 hectáreas cubiertas de vides. Normalmente, una densidad media adecuada para plantaciones de vid en España es de 3.000 cepas por hectárea, por tanto aproximadamente tendremos unas 6.000 cepas, en el terreno habrá una pequeña edificación que nos servirá de estación central donde tendremos una unidad transmisora que en función de los sensores enviará vía radio una señal la unidad receptora en que abrirá o cerrará las válvulas. La disposición del terreno será la siguiente.



*Figura 5: Disposición del terreno destinado al viñedo*

# ESTUDIO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS

---

Una vez se ha realizado un estudio previo del terreno, hay que estudiar como deberá actuar el sistema, ante el tipo de plantación en particular sobre la que se van a aplicar estas técnicas de telecontrol encaminadas a un uso más eficiente de los recursos hídricos.

Las necesidades hídricas no serán las mismas para el invernadero (el cual produce todo tipo de frutas y hortalizas), que se encuentra impermeable ante la posibilidad de lluvia, que el viñedo exterior expuesto a condiciones cambiantes. Por tanto estudiaremos las necesidades hídricas en ambas zonas por separado.

## NECESIDADES HÍDRICAS DEL INVERNADERO

En el invernadero se producirán tanto hortalizas como tomates, pimientos y berenjenas como frutas como fresas melones y sandías. La temperatura óptima de funcionamiento de todos estos cultivos oscila entre 13-21 °C siendo la más baja para los tomates y la más alta para las frutas, (por norma general la temperatura óptima será de unos tres grados menor por la noche que por el día), por lo que nos convendrá monitorizar a tiempo real la temperatura del invernadero y que nos envíe avisos cuando ésta decaiga por debajo de esos umbrales para que podamos aumentarla de forma manual, para prevenir posibles heladas, u olas de calor que afecten negativamente a los cultivos del invernadero.

En cuanto a la humedad relativa del invernadero deberá estar entre 50%-70%, si la humedad no está entre estos valores se enviará un aviso, por lo que sería conveniente variarla. De modo que si la humedad es alta podríamos abrir las ventanas (de modo manual o con un sistema domótico que podríamos implementar muy sencillo), y si la humedad relativa recogida por nuestro sensor es baja, activaremos los sistemas de humidificación.

Al encontrarnos en un espacio cubierto, en el que podremos controlar tanto temperatura como humedad del recinto, podremos programar previamente las dosis de riego que solicitemos y en el instante que queramos preocupándonos de que humedad y temperatura no se salga de los umbrales que hemos establecido.

En el microprocesador cargaremos un programa donde definiremos la hora exacta a la que queramos activar las electroválvulas y durante el tiempo que consideremos. En este proyecto se ha elegido el momento de riego todos los días a las 19:00 de la tarde y durante 10 minutos, en los que se regará todo el invernadero.

## NECESIDADES HÍDRICAS DEL VIÑEDO

En España tenemos 1.2 millones de hectáreas de terreno cultivado por viñedos y en ciertas regiones constituye la principal fuente de ingresos.

El cultivo de la vid a nivel mundial se mantiene estable, la producción de vino aumenta ligeramente, el consumo de vinos comunes disminuye, sin embargo estamos experimentando un gran aumento de las exportaciones internacionales de vino, sobre todo los vinos de calidad.

Diversos estudios han demostrado que el riego tiene un papel fundamental en las exigencias del vino, existen estudios que apuntan que es un factor clave para el control de calidad de la uva (este proyecto ha tomado como referencia el libro “Fundamentos, aplicación y consecuencias del riego en la vid” – de Editorial Agrícola S.A) , por tanto la vid requerirá de un aporte hídrico adecuado para mantener un equilibrio adecuado cantidad-calidad, y eso lo conseguiremos más fácilmente mediante un sistema autónomo de telecontrol y monitorización del riego.

Antes de elegir los sensores que vamos a implantar, que nos permitirán monitorizar el estado de la vid y abrirán o cerrarán las bombas en función de su estado, debemos determinar qué parámetros deberemos controlar con nuestro sistema. El libro “Fundamentos, aplicación y consecuencias del riego en la vid” – de Editorial Agrícola S.A nos indica que podemos aplicar técnicas de riego en base a valores climáticos (ETP) o edáficos (humedad del suelo) y en función del estado fisiológico de la planta.

Siguiendo el criterio del libro mencionado antes, uno de los parámetros que deberemos controlar será la evapotranspiración, que sirve para calcular la necesidad de riego que tiene la planta en cuestión que se traduce como la cantidad de agua que habrá que aplicarle, la necesidad de riego será diferente para cada mes, ya que entre otros, el valor de evapotranspiración no será el mismo por lo que se deberá implementar un programa que controle esta situación por medio de un microprocesador. También necesitaremos enviar la señal de apertura y cierre de las válvulas desde la estación central donde se instalará el microprocesador hacia todas las electroválvulas (como observamos en la figura 5). La electroválvula más alejada se encuentra a 200m de la estación central donde se encuentran los sensores y el microprocesador, por tanto es necesario que la comunicación con las electroválvulas sea vía radio, por lo que deberemos buscar equipos capaces de realizarla.

Resumiendo, para monitorizar y calcular la evapotranspiración necesitamos un sensor de humedad y temperatura, un pluviómetro y un microprocesador. Para activar las electroválvulas será necesario un sistema unidireccional de emisor-receptores que envíe la orden a las electroválvulas de regar en función de los valores de evapotranspiración y necesidad de riego. A continuación se detallarán estos valores y se explicarán las estrategias de riego, que posteriormente se implementarán en el programa que cargaremos en el microprocesador.

Las necesidades de riego las calcularemos para cada mes y aplicaremos diariamente el valor establecido por la fórmula.

$$NR(mm) = \frac{ET_o * Kc}{c_e} - (Pe)$$

Ce: Eficiencia de Riego. Por las características de nuestro sistema la eficiencia de riego la determinaremos con un valor constante de 0.85

Pt: Lluvia total mensual. La calcularemos con un sensor pluviómetro que nos arrojará los datos en mm de la lluvia de cada mes.

Pe: Precipitación efectiva mensual. Una vez obtenido la lluvia total mensual calcularemos la precipitación efectiva mensual por media de la fórmula:

$$Pe = 0,75 \cdot (Pt - 5 \text{ mm})$$

Kc: Constante de cultivo. Este valor será una constante que elegiremos nosotros según los resultados que queramos obtener con nuestra cosecha. El libro antes mencionado "Fundamentos, aplicación y consecuencias del riego en la vid" determina los siguientes valores de Kc para vid.

ESTRATEGIA DE RIEGO PARA MAXIMIZAR LA PRODUCCIÓN												
MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
KC	0	0	0.3	0.3	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.45	0	0

ESTRATEGIA DE RIEGO PARA OPTIMIZAR LA CALIDAD DE LA VENDIMIA												
MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
KC	0	0	0	0.25	0.3	0.35	0.40	0.40	0.40	0.15	0	0

*Figura 6: Estrategias de riego*

La posibilidad de dotar a nuestro sistema de poder elegir las estrategias de riego en función de los resultados que queramos obtener, dota a nuestro sistema de gran versatilidad ya que al principio de la cosecha podemos dirigir el producto final en un sentido u otro.

Si se nos exige calidad en nuestro producto elegiremos los valores de Kc cada mes que nos marca la segunda tabla de la figura 6. Si por el contrario nos marcamos como objetivo recoger un número concreto de toneladas de uva sin importar tanto la calidad, elegiremos los valores de Kc que aparecen en la primera tabla.

Todos estos valores serán calculados matemáticamente por el programa que ejecutaremos en el microprocesador, que podremos consultar siempre que queramos ya que quedarán registrados en el historial del programa.

Para calcular la Evapotranspiración usaré la fórmula de Hargreaves y Samani 1985 que únicamente requiere los datos de temperaturas mínimas, máximas y medias (que obtendremos directamente de los sensores) y de la radiación solar extraterrestre que se encuentra tabulado.

$$ET_o = 0,0135(t_{med} + 17,78)R_s$$

ET<sub>o</sub>: Evapotranspiración.

T<sub>med</sub>: temperatura media

R<sub>s</sub>: radiación solar incidente

$$R_s = R_o * K_T * (t_{máx} - t_{mín})^{0,5}$$

R<sub>o</sub>: radiación solar extraterrestre (tabulado)

K<sub>T</sub>: coeficiente

El valor de K<sub>T</sub> es un coeficiente empírico, sin embargo Hargreaves recomienda un valor K<sub>T</sub>=0,162 para regiones de interior y un valor de 0,19 para regiones costeras. En este proyecto se tomará un valor de K<sub>T</sub>=0,162.

Para obtener la R<sub>o</sub> hay que observar unas tablas que te proporcionan dicho valor en función de la localización ( ° latitud norte) en la que queramos realizar los cálculos. Dicho esto se han buscado la coordenadas correspondientes al terreno donde vamos a instalar la red de sensores, que como se puede apreciar en la figura 7 son de 39° 60' 16" Norte y 1° 17' 98" Oeste.

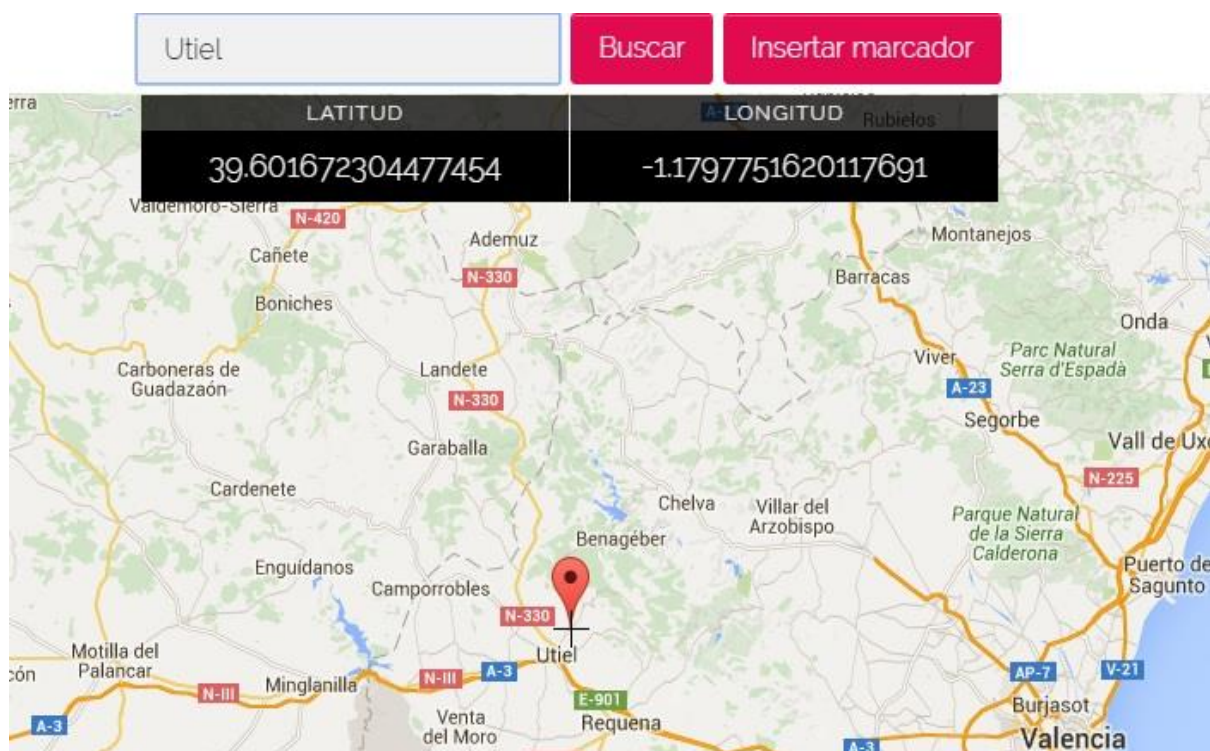


Figura 7: Coordenadas del terreno

**TABLA: RADIACIÓN SOLAR EXTRATERRESTRE**

Lat °	HEMISFERIO NORTE Ra en MJ ·m <sup>-2</sup> ·día <sup>-1</sup>											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Norte												
0.0	36.1	37.6	38.0	36.8	34.8	33.4	33.8	35.5	37.1	37.4	36.5	35.7
2.0	35.3	37.1	37.9	37.1	35.4	34.2	34.5	36.0	37.2	37.1	35.8	34.8
4.0	34.5	36.6	37.7	37.4	36.0	34.9	35.2	36.4	37.3	36.8	35.1	33.9
6.0	33.6	36.0	37.5	37.6	36.6	35.6	35.8	36.8	37.3	36.4	34.3	33.0
8.0	32.7	35.4	37.3	37.8	37.1	36.3	36.4	37.2	37.2	35.9	33.5	32.1
10.0	31.8	34.7	37.0	38.0	37.5	36.9	37.0	37.5	37.1	35.4	32.7	31.1
12.0	30.9	34.0	36.7	38.0	38.0	37.5	37.6	37.8	37.0	34.9	31.8	30.1
14.0	29.9	33.3	36.3	38.1	38.4	38.1	38.0	38.0	36.8	34.3	30.9	29.0
16.0	28.9	32.5	35.8	38.1	38.7	38.6	38.5	38.2	36.6	33.7	30.0	27.9
18.0	27.8	31.7	35.4	38.1	39.0	39.1	38.9	38.3	36.4	33.0	29.1	26.9
20.0	26.7	30.8	34.8	38.0	39.3	39.5	39.3	38.4	36.0	32.3	28.1	25.7
22.0	25.6	29.9	34.3	37.8	39.5	39.9	39.6	38.4	35.7	31.6	27.0	24.6
24.0	24.5	29.0	33.7	37.7	39.7	40.3	39.9	38.5	35.3	30.8	26.0	23.4
26.0	23.4	28.1	33.0	37.4	39.8	40.6	40.2	38.4	34.9	30.0	24.9	22.3
28.0	22.2	27.1	32.4	37.2	39.9	40.9	40.4	38.3	34.4	29.2	23.8	21.1
30.0	21.1	26.1	31.6	36.9	40.0	41.1	40.6	38.2	33.9	28.3	22.7	19.8
32.0	19.9	25.0	30.9	36.5	40.0	41.3	40.7	38.1	33.3	27.4	21.6	18.6
34.0	18.7	24.0	30.1	36.1	39.9	41.5	40.8	37.9	32.7	26.4	20.4	17.4
36.0	17.4	22.9	29.3	35.7	39.9	41.7	40.9	37.6	32.0	25.5	19.2	16.2
37.0	16.8	22.3	28.8	35.4	39.8	41.7	40.9	37.5	31.7	25.0	18.7	15.5
38.0	16.2	21.7	28.4	35.2	39.8	41.7	40.9	37.3	31.4	24.5	18.1	14.9
39.0	15.6	21.2	27.9	34.9	39.7	41.8	40.9	37.2	31.0	24.0	17.5	14.3
40.0	15.0	20.6	27.5	34.7	39.6	41.8	40.9	37.0	30.6	23.4	16.9	13.7
41.0	14.4	20.0	27.0	34.4	39.5	41.8	40.9	36.8	30.3	22.9	16.3	13.1
42.0	13.8	19.5	26.6	34.1	39.4	41.8	40.8	36.6	29.9	22.4	15.7	12.4
43.0	13.2	18.9	26.1	33.8	39.3	41.8	40.8	36.4	29.5	21.9	15.1	11.8
45.0	11.9	17.7	25.1	33.2	39.1	41.8	40.7	36.0	28.7	20.8	13.8	10.6
46.0	11.3	17.1	24.6	32.9	39.0	41.8	40.6	35.8	28.3	20.2	13.2	10.0
47.0	10.7	16.5	24.1	32.6	38.8	41.8	40.6	35.6	27.8	19.6	12.6	9.4
48.0	10.1	15.9	23.6	32.2	38.7	41.8	40.5	35.3	27.4	19.1	12.0	8.8
49.0	9.5	15.3	23.0	31.9	38.5	41.7	40.4	35.1	27.0	18.5	11.4	8.2
50.0	8.9	14.7	22.5	31.5	38.4	41.7	40.3	34.8	26.5	17.9	10.8	7.6
60.0	3.3	8.5	16.8	27.5	36.5	41.2	39.3	31.9	21.6	12.0	4.9	2.2

*Figura 8: Tabla de Ro (radiación solar extraterrestre)*

La tabla de la figura 8 está en MJulio/m<sup>2</sup> /día, para pasar a mm/día (de agua evaporada) hay que multiplicar los valores por 0,408. Por tanto junto con los datos que recojamos del pluviómetro, más la evapotranspiración (ETo) obtenida mediante la fórmula que contiene Rs (que a su vez contiene Ro) y tmed (temperatura media) recogida el sensor de temperatura, determinaremos la cantidad de agua que necesitamos aplicarle a nuestras vides con la fórmula ya mencionada.

$$NR(mm) = \frac{ETo * Kc}{C_e} - (Pe)$$

# ESTUDIO RADIOELÉCTRICO

En el caso de España, la atribución de bandas de frecuencia a los respectivos servicios radioeléctricos, así como las características técnicas que deben cumplir éstos en cuanto a potencias de emisión o asignación de canales, se recogen en el CNAF (Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias). El CNAF es el instrumento legal, dependiente del Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España Y se compone básicamente de notas de utilización nacional (UN) que describen el uso que debe hacerse de las distintas bandas de frecuencia desde 8.3 kHz hasta 3000 GHz por cada uno de los servicios de radiocomunicación, con indicación a su vez de las canalizaciones a emplear para evitar interferencias.

En este proyecto como queremos implantar una red de telemando para riego deberemos estudiar las notas de utilización nacional (UN) para servicios de banda estrecha a las frecuencias con las que trabajan nuestros equipos de TX-RX (las especificaciones técnicas de los equipos empleados en este trabajo se encuentran en la página 30) que corresponden a la banda de frecuencias de 418-429 MHz con un alcance de 6 Km (pero necesaria licencia) o en la banda ICM de 433 MHz (sin necesidad de licencia) a un alcance de 2Km. Según las notas de utilización nacional. UN-31 Banda 406-470 se destina para servicios fijos de banda estrecha y la UN-32 Banda ICM 433 MHz se destina para aplicaciones industriales, científicas y médicas. Los servicios de radiocomunicaciones que funcionen en esta banda, bajo la consideración de uso común, deberán aceptar la interferencia perjudicial resultante de dichas aplicaciones.

## CALCULO DE LA POTENCIA DE TRANSMISIÓN

Para el estudio radioeléctrico de nuestra red de telemando vía radio, vamos a utilizar una herramienta muy útil para el cálculo de radioenlaces llamada RadioMobile.

Primero haremos uso de la ecuación de transmisión para saber con cuanta potencia debería emitir nuestra antena transmisora para garantizar la comunicación con la unidad receptora, para ello observamos en las especificaciones técnicas de los equipos que la sensibilidad de la unidad receptora es de 100mW a una frecuencia de 433Mhz.

$$P_r = P_t G_t G_r \left( \frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 \quad \lambda = \frac{v}{f}$$

DATOS					
Pot. Rx	Gt	Gr	Freqz	Long. Onda	Distancia
100mW	1 (0dB)	1 (0dB)	433MHz	0.6928m	0.2Km

Figura 9: Tabla del radioenlace de Telemando

Si sustituimos los datos y resolvemos la ecuación tenemos que la potencia de transmisión que tenemos que usar para garantizar el correcto funcionamiento del radioenlace es: **Pt = 1.32 W**

## CALCULO DE COBERTURAS CON RADIOMOBILE

Una vez sepamos la potencia que necesitamos para transmitir y la frecuencia, vamos a calcular la cobertura que tendrá nuestra unidad transmisora. Para ello utilizaremos Radio Mobile una aplicación muy útil para este tipo de cálculos.

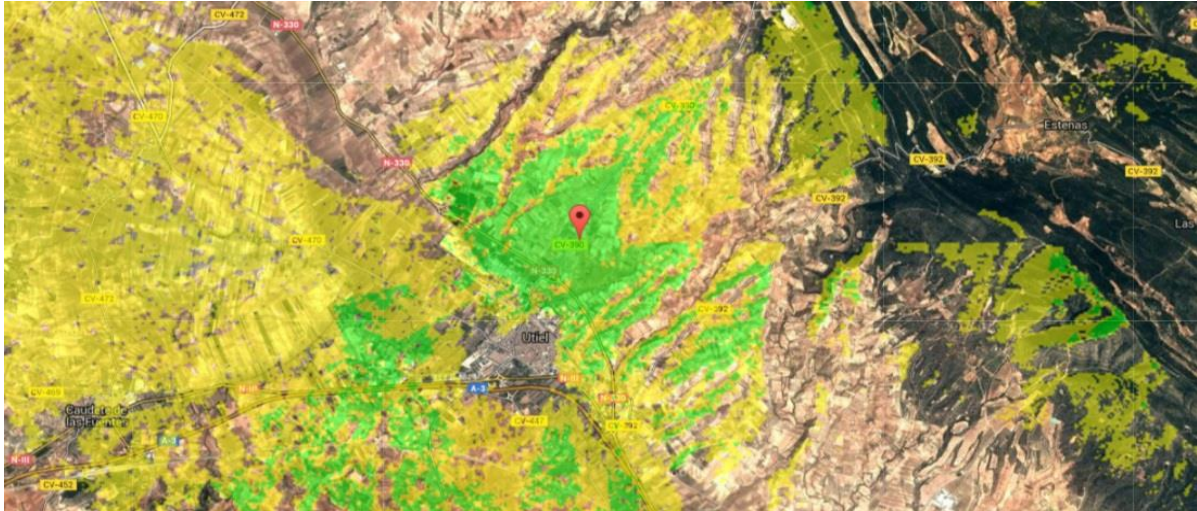


Figura 10: Cobertura de la unidad transmisora del Telemando

Desde: UNIDAD TRANSMISORA 433 MHz*****		
Posición central	UNIDAD TRANSMISORA	
Altura de antena (m sobre suelo)	2	
Tipo de antena	Omni	→ Usaremos una antena omnidireccional para que emita en todas las direcciones y sea captada por todos los receptores
Azimuth de la antena (°)	0	
Tilt de la antena (°)	0	
Ganancia de la antena (dBi)	2.15	→ La ganancia la indica el fabricante
Altura de la antena móvil (m)	2	
Ganancia de la antena móvil (dBi)	2	
Descripción		
Frecuencia (MHz)	433	→ Frecuencia que usaremos
Potencia Tx (Watts)	1.32	→ Potencia mínima necesaria para que la señal llegue correctamente a todas las unidades receptoras (obtenida aplicando la ec. de transmisión)
Pérdida de la línea Tx (dB)	3	
Pérdida de la línea Rx (dB)	0.5	
Umbral Rx (µV)	0.5	
Fiabilidad necesaria (%)	99	
Margen de señal fuerte (dB)	10	
Color de señal fuerte	00FF00	El resto de parámetros se toman por defecto
Color de señal débil	FFFF00	
Opacidad (%)	50	
Rango máximo (km)	10	
Renderizando	Baja Resolución (Rápido)	

Figura 11: Parámetros del enlace de la unidad de Telemando



---

## CAPÍTULO 2

# Tecnología

---

Para la monitorización de todos los parámetros necesitaremos un ordenador que ejecute todas las operaciones que requiramos y en el que programemos en función de unas entradas a las que conectaremos nuestros sensores, el instante de riego y la cantidad de riego a aplicar, este programa lo volcaremos en un microcontrolador, en este proyecto se trabajará con el microcontrolador Arduino.

Un microcontrolador es un circuito integrado o “chip”, que en su interior tiene tres elementos básicos.

- CPU: la unidad central de proceso es la parte encargada de ejecutar y controlar las instrucciones que por lo general hacen uso de datos de entrada y generan como resultado datos de salida.
- Memoria: existen dos tipos de memorias, las que almacenan información de modo permanente pese a apagar el dispositivo y las volátiles que al dejar de recibir alimentación pierden su contenido. Son las encargadas de almacenar las instrucciones y los datos que necesitan para que esté siempre disponible para la CPU.
- Entradas/Salidas: su función es poner en contacto el microcontrolador con el exterior, en las patillas de entrada del sensor conectaremos los sensores que nos darán datos que monitorizar y con los que trabajar y en las salidas conectaremos actuadores como las electroválvulas o el humidificador.

## ARDUINO

---

Arduino es una placa de hardware que incorpora un microcontrolador que podemos reprogramar tantas veces como sea necesario y tiene una serie de pines analógicos y digitales que podemos definir como entradas o salidas según el uso que queramos darle al microcontrolador. Arduino es a la vez un entorno de desarrollo gratis, libre y multiplataforma que podemos tener instalado en nuestro ordenador, y desde el que programar las instrucciones que queramos enviar por el puerto serie de nuestro ordenador a Arduino para que este las ejecute.

Podemos realizar proyectos autónomos con Arduino, conectando una batería externa a la placa, ya que una vez que programemos Arduino, no necesitaremos tenerlo conectado al ordenador.

## PLACA ARDUINO UNO

Para el proyecto se va a trabajar sobre una placa de Arduino UNO que es el modelo “estándar” de placa y el más utilizado en la actualidad, no obstante es necesario conocer el resto de placas ya que ocasionalmente podemos utilizar otra placa (en el siguiente punto del proyecto se enumerarán otros tipos de placa Arduino y sus características más importantes respecto la placa Arduino UNO).

**MICROCONTROLADOR:** el microcontrolador que lleva Arduino es el ATmega328P de arquitectura AVR<sub>x</sub>.

**MEMORIA FLASH:** almacena el programa que se ha subido al microcontrolador.

**MEMORIA SRAM:** memoria volátil donde se almacenan los datos que el programa tiene que manipular.

**MEMORIA EEPROM:** memoria no volátil que almacena los datos que no queramos perder incluso después de apagar el microcontrolador.

**ALIMENTACIÓN A 5V:** el voltaje de funcionamiento es de 5V y esto lo podemos conseguir mediante fuente de alimentación externa (que bien puede ser una pila) o mediante la conexión directa por cable USB.

**PINES A/D:** tiene 14 pines digitales y 6 pines analógicos de entradas o salidas según necesitemos numeradas, donde conectaremos nuestros sensores.

**RESET:** permite mediante el envío de un 0 lógico volver a arrancar el microcontrolador.

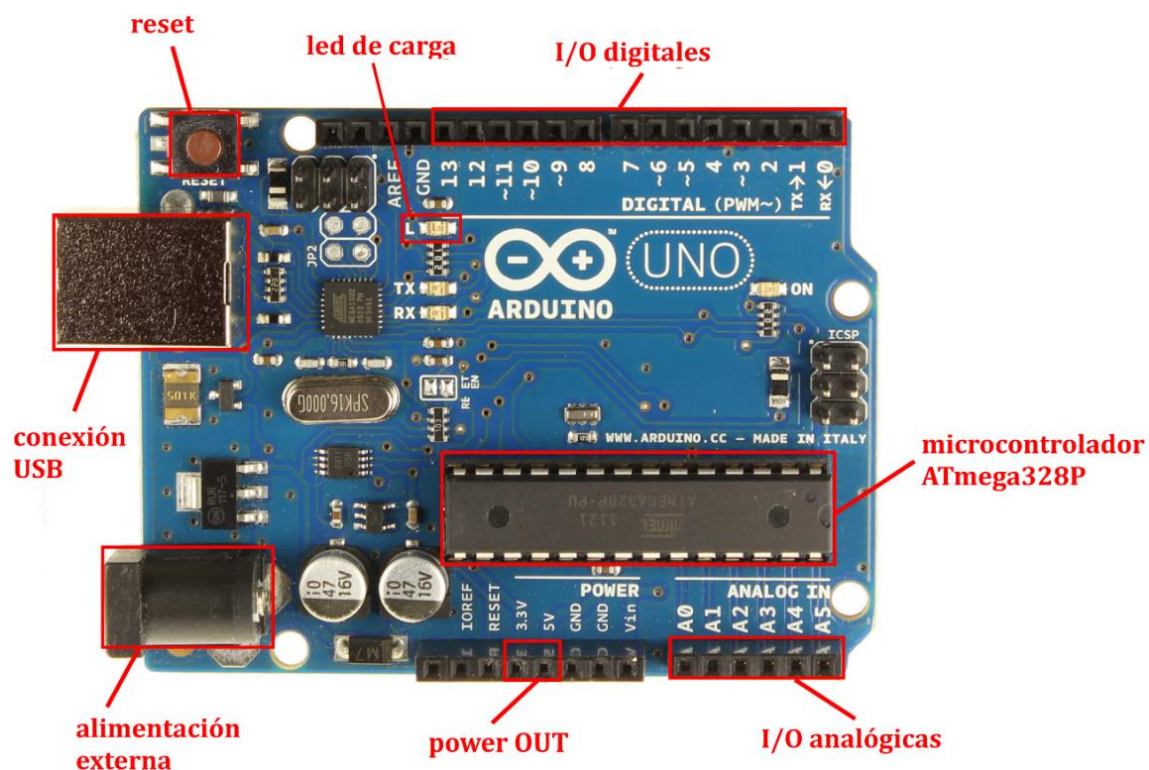
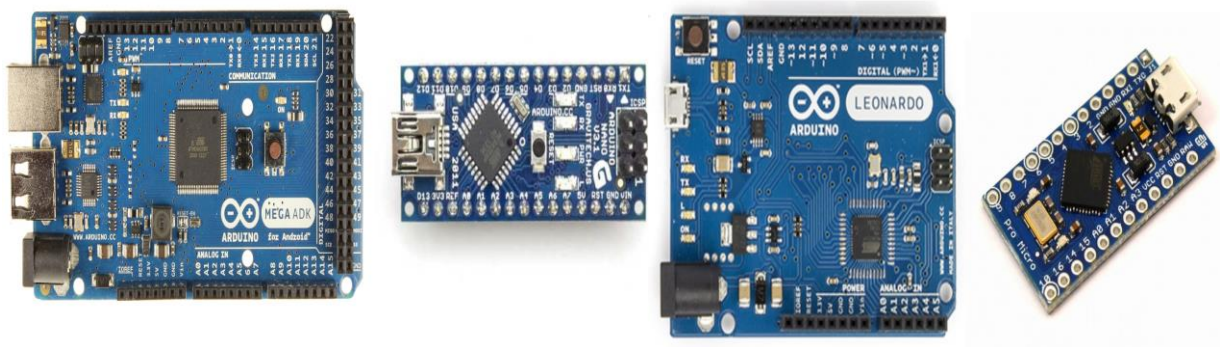


Figura 12: Características de la placa Arduino UNO

## OTROS TIPOS DE PLACA ARDUINO

- Arduino Mega: placa basada en el microcontrolador ATmega2560 y que tiene 54 pines de entrada/salida digitales (16 de los cuales podemos usar como salidas analógicas), 16 entradas analógicas, memoria Flash de 256 KB, SRAM de 8 KB y EEPROM de 4 KB.
- Arduino Nano: de reducido tamaño, pero con la misma funcionalidad que Arduino UNO.
- Arduino Leonardo: incorpora el microcontrolador ATmega32U4 que tiene misma funcionalidad que el ATmega328P pero incorpora 0'5 KB más de memoria SRAM, soporta comunicaciones USB directamente y 6 entradas analógicas más que Arduino UNO.
- Arduino Micro: misma funcionalidad que la placa Leonardo pero con tamaño reducido.



*Figura 13: de izq a derecha. Arduino Mega. Arduino Nano. Arduino Leonardo. Arduino Micro*

## ¿POR QUÉ ELEGIR ARDUINO?

- Precio económico: la placa Arduino UNO posee un precio de 20 euros.
- Reutilizables y versátiles: podemos utilizar la misma placa para diversos proyectos y podemos capturar información de sensores y enviar señales a actuadores de diferentes formas.
- Hardware libre: es posible mejorar tanto el diseño de las placas, como el software, que permite que existan numerosas variantes de placas y librerías no oficiales.
- Entorno de programación sencillo: es fácil de aprender y de utilizar.
- Entorno multiplataforma: se puede instalar en Windows, Linux y Mac.
- Comunidad: tiene una comunidad que está en constante intercambio de conocimiento lo que permite adquirir un mayor grado de especialización para realizar proyectos de todo tipo.

## Desarrollo del sistema

---

Para la adquisición de datos y monitorización del estado de nuestra red necesitaremos implantar una serie de sensores y actuadores que conectados a nuestro Arduino, serán programados para actuar conforme nosotros digamos. La conexión de Arduino a nuestro PC se realizará por puerto USB, para poder cargar el código programado con el PC y subirlo a Arduino, mientras que la alimentación de la placa podrá ser por USB o bien por medio de baterías de 5V.

Cuando Arduino establece la comunicación con el PC utiliza los PINES “0” y “1” (TX y RX), estos pines los deberemos utilizar como entradas/salidas de nuestro circuito.

Una vez comprendido el funcionamiento de la placa Arduino, se procede a instalar el IDE (entorno de desarrollo integrado) en nuestro ordenador. El IDE de Arduino que nos permite escribir nuestro programa, editarlo y comprobar que no existe ningún error se llama “sketch”.

Para instalar el IDE de Arduino iremos a la web oficial de descargas: <http://arduino.cc/en/Main/Software> que en el apartado descargas podremos obtener el ejecutable “arduino.exe” que instalaremos en nuestro PC.

Con el programa instalado, conectaremos el cable USB del Arduino al PC y deberemos comprobar que el LED de carga de la figura 12 se enciende, abriremos el entorno de programación y comenzaremos a escribir el código. Para que podamos desarrollar nuestro proyecto sin problemas deberemos indicarle al IDE el tipo de placa Arduino que estamos utilizando (UNO, Nano, Leonardo, etc) y el puerto serie de nuestro ordenador que ha de utilizarse para comunicarse vía USB con la placa.



Figura 14: Carga de datos a la placa Arduino

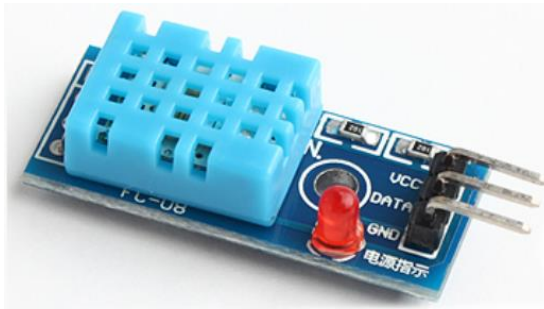
## RED DE SENSORES/ACTUADORES DEL INVERNADERO

En el invernadero instalaremos sensores de temperatura y humedad, ya que necesitaremos monitorizar permanentemente estos valores para que según lo valorado en el estudio previo no se salgan estos valores de los óptimos, pudiendo así instalar unos humidificadores que actúen si estos valores superan los valores máximos establecidos.

### SENSORES

#### SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA DHT11

Éste sensor lo utilizaremos para calcular la temperatura y humedad del invernadero y lo conectaremos al pin analógico A0 del Arduino que definiremos como entrada de datos para que tome valores.



PRECIO	2 euros
ALIMENTACIÓN	3,3-5 V
RESOLUCIÓN	1%
RANGO TEMP.	0-50 °C
RANGO HUMED.	20%-80%

Figura 15: Sensor de humedad y temperatura DHT11

### ACTUADORES

#### HUMIDIFICADOR MEDISANA 60065 UHW

El humidificador que conectaremos al pin digital D10 y que definiremos como salida, nos servirá para aumentar la humedad del invernadero cuando el sensor DHT11 marque que la humedad de la sala esté por debajo del valor óptimo



PRECIO	40 euros
ALIMENTACIÓN	220 V
DEPÓSITO	4,5 litros
MÁX NEBULIZ.	230 ml/h
TIPO	Ultrasónico

Figura 16: Humidificador Medisana

## ELECTROVÁLVULA RAINBIRD DV DE CAUDAL BAJO

Utilizaremos una electroválvula programada con Arduino para que diariamente y automáticamente riegue nuestros cultivos, a una hora concreta y con una duración determinada, conectaremos la electroválvula al pin digital D9, que definiremos como salida, el cual valdrá 1 cuando queramos regar los cultivos.



PRECIO	25 euros
ALIMENTACIÓN	24 Vac
CAUDAL	0,23-6,8m/h
PRESIÓN	1-10,4 bar
TAMAÑO	3/4 "

Figura 17: Electroválvula Rainbird

## OTROS DISPOSITIVOS ADICIONALES

### TRANSFORMADOR 230V-24V

Para hacer funcionar la electroválvula necesitamos de una fuente de tensión adicional ya que con los 5 voltios que proporciona la placa Arduino no es suficiente ya que ésta precisa de 24V para funcionar, por tanto haremos uso de un transformador que conectamos a la corriente eléctrica, que nos transforme de 230V-24V como el que aparece en la figura 18 que es el que hemos elegido.



PRECIO	21,95 euros
TIPO	Enchufe
VOLTAJE	230/24V
CORRIENTE	0,8A
PESO	720g

Figura 18: Transformador 230V-24

## RELÉ

Un relé es un interruptor que se activa por medio de una señal eléctrica, tiene dos posiciones; la de conectado y la de desconectado. Por medio de una bobina y un electroimán se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos independientes.

La función principal es que son capaces de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada por lo que, lo podríamos considerar como un amplificador de señal, en la práctica lo conectaremos a la electroválvula y al Arduino pudiendo así trabajar con los dos circuitos que presentan diferentes voltajes

El electroimán hace girar la armadura verticalmente al ser alimentada por nuestra placa Arduino cerrando los contactos, cerrando los contactos dependiendo de si es NA ó NC (normalmente abierto o normalmente cerrado), en este proyecto hemos pasado el cable por el contacto normalmente abierto. Un contacto NA permanecerá abierto mientras no se energice el Relé y se cerrará cuando el Relé se energice, y por el contrario, un contacto NC permanecerá cerrado mientras no se energice el Relé y se abrirá cuando el Relé se energice. Cuando en la entrada ponemos un estado “LOW”, el relé se activará mientras que si ponemos un estado “HIGH” el relé se desactivará, por tanto si se le aplica un voltaje a la bobina se genera un campo magnético, que provoca que los contactos hagan una conexión. Estos contactos pueden ser considerados como el interruptor, que permite que la corriente fluya entre los dos puntos que cerraron el circuito.



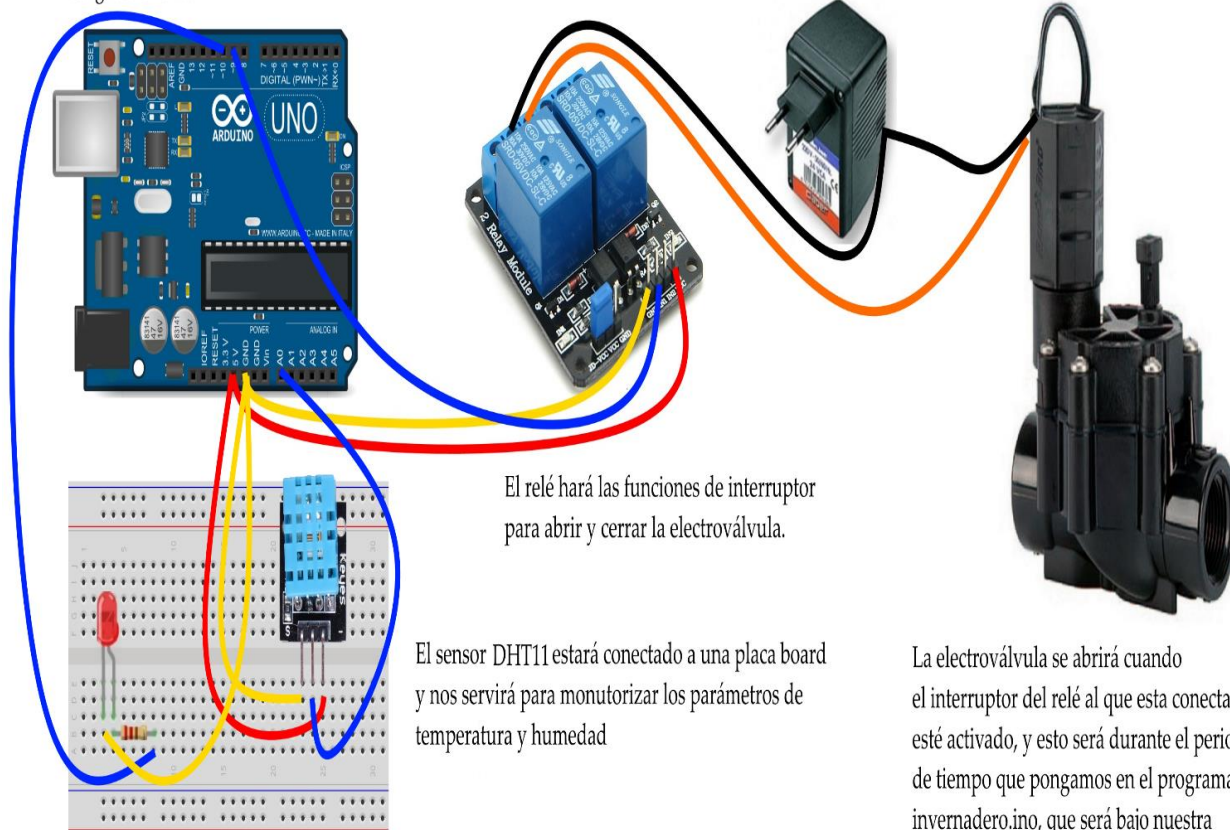
PRECIO	2,97 euros
VOLTAJE	5V
CANALES	2 canales
TAMAÑO	5,4x3,5 cm
PESO	229 g

Figura 19: Relé

## ESQUEMA DE CONEXIONES

La placa habrá sido programada previamente, y el programa `invernadero.ino` habrá sido cargado en ella.

El transformador tiene la función de convertir los 230V que ofrece la red eléctrica en los 24V a los que funciona la electroválvula.



El led simulará el encendido/apagado del humidificador que se activará cuando la humedad sea menor del 50%

La electroválvula se abrirá cuando el interruptor del relé al que esta conectada esté activado, y esto será durante el periodo de tiempo que pongamos en el programa `invernadero.ino`, que será bajo nuestra elección.

<sup>1</sup> **nota:** El código utilizado para desarrollar éste sistema y su explicación se encuentra en el Anexo1.



## RED DE SENSORES/ACTUADORES DEL VIÑEDO

En el viñedo instalaremos un sensor de temperatura y de humedad, y un pluviómetro, el programa que se encuentra en el Anexo 2, se encargará mediante los datos recogidos de los sensores de hacer todas las operaciones necesarias para calcular los valores de evapotranspiración y necesidad de riego, introduciremos antes de lanzar el programa un valor de Kc por mes como vimos en la figura 6, para ajustar nuestros resultados, según queramos obtener mucha producción, o alta calidad en la producción.

Sacaremos un nivel HIGH por la salida digitales D7 de Arduino que conectaremos directamente a la unidad transmisora de la figura 27 que enviará vía radio hacia las unidades receptoras de la figura 28 que estarán conectadas a las electroválvulas.

### SENSORES

#### SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA DHT22

Para el exterior se ha creído conveniente utilizar el sensor DHT22 se comporta exactamente igual que el DHT11 utilizado en el invernadero, tanto a la hora de programar como las conexiones electrónicas. No obstante tiene algunas características que lo diferencian del DHT11 que hacen que nos hayamos decantado por este sensor en vez del DHT11 para el viñedo exterior.

Debido a que necesitaremos gran precisión de valores de Temperatura máximos y mínimos para calcular con mayor precisión la evapotranspiración y la necesidad de riego usaremos el DHT22, además debido a la localización del proyecto, que registrará temperaturas bajo cero en algunas épocas del año necesitaremos el DHT22 ya que tiene un mayor rango de valores.

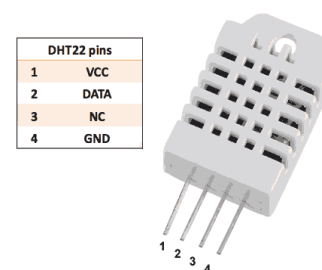


Figura 20: Sensor DHT22

SENSOR	DHT22	DHT11
Rango de humedad	0-100 % HR	20-90 % HR
Rango de temperatura	-40 hasta 80 °C	0 hasta 50 °C
Resolución humedad	0.5% °C	2% °C
Resolución temperatura	2% HR	5% HR

Figura 21: Diferencias entre DHT11 y DHT22

## PLUVIÓMETRO CON REED SWITCH

Para calcular la lluvia que cae mensualmente utilizaremos un pluviómetro de balancín, y un interruptor magnético que conectado a una resistencia pull down podrá contar pulsos. Mide de forma precisa la cantidad de lluvia caída mediante un balancín que se vacía de manera automática, tiene un interruptor magnético que se cierra cada vez que el agua hace que el balancín cambie su posición entrando en contacto con un imán, esto produce un pulso que es contabilizado por el Arduino una vez implementemos el código.

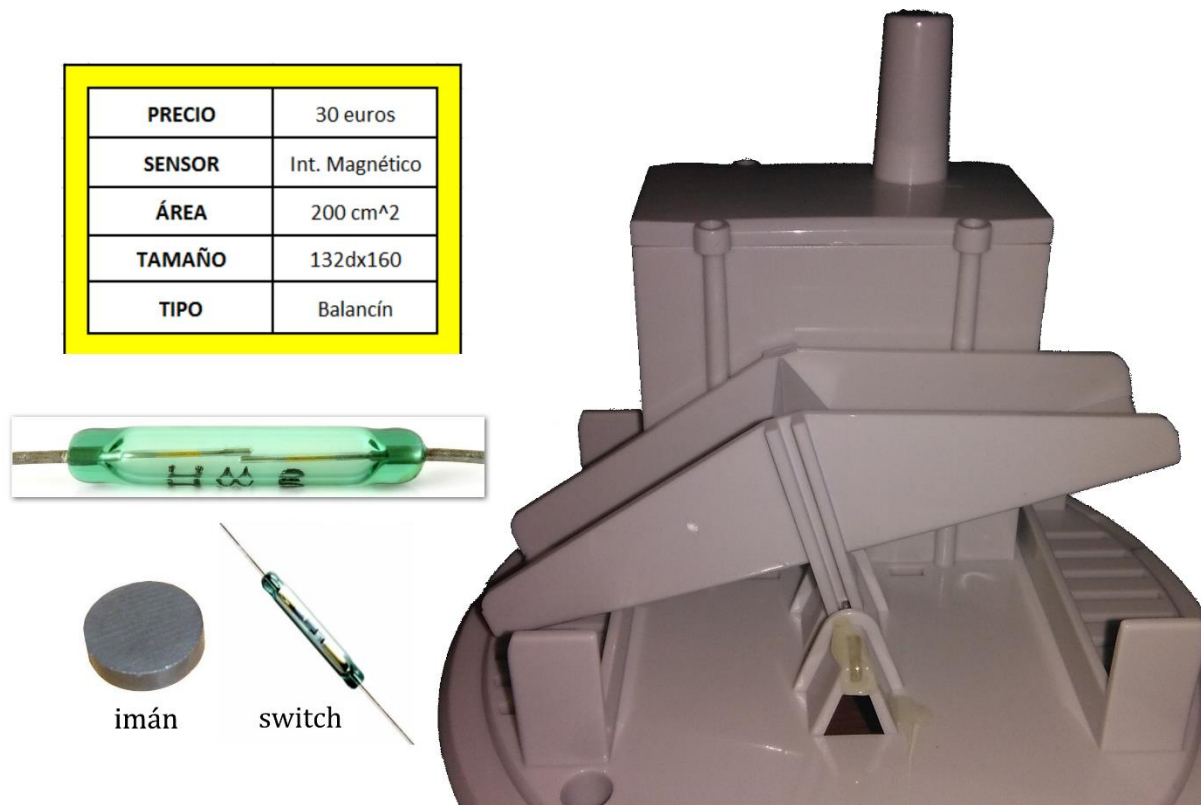


Figura 22: Pluviómetro de balancín con reed switch

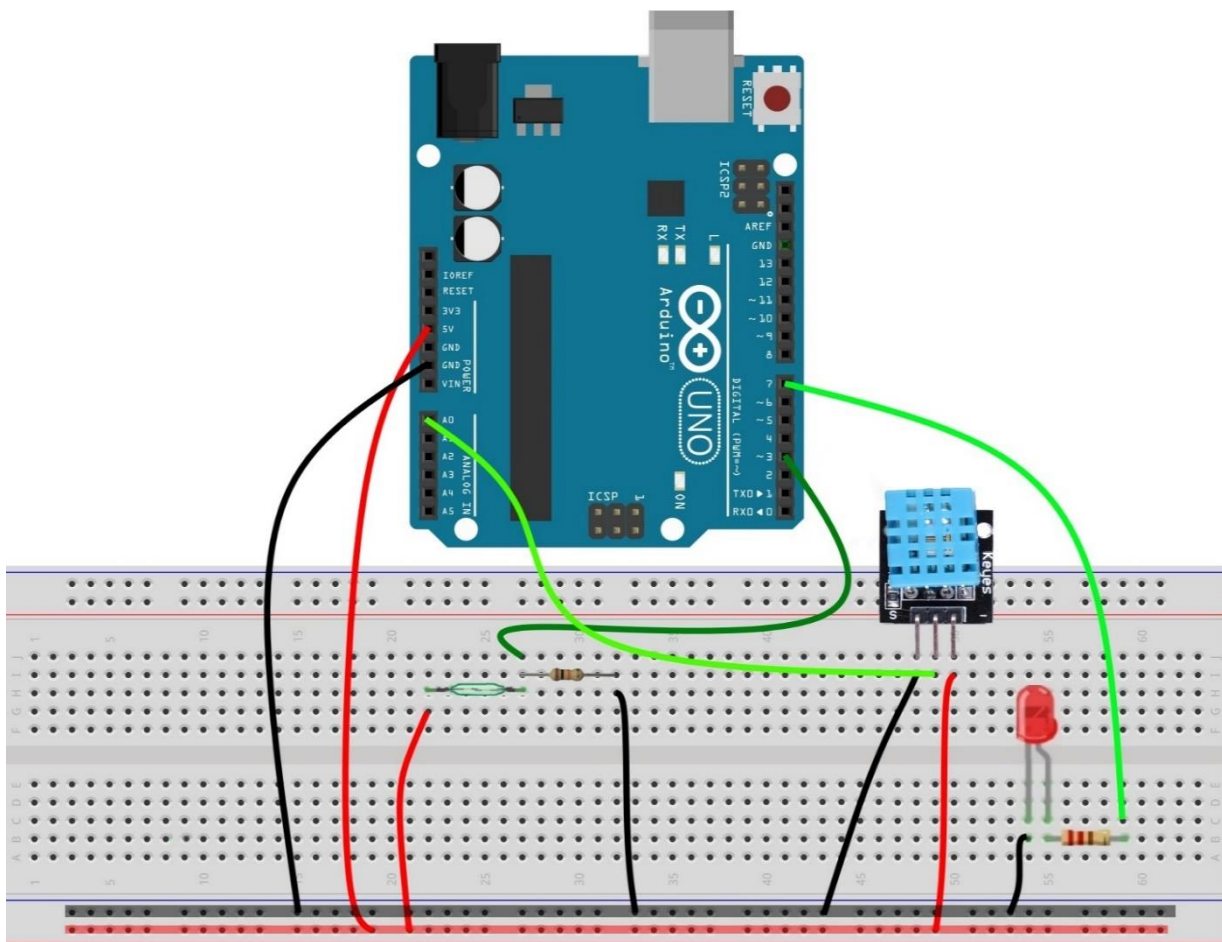
## ACTUADORES

### ELECTROVÁLVULA RAINBIRD DV DE CAUDAL BAJO

Usaremos la misma electroválvula que la utilizada en el invernadero, pero debido a las características de la red no ejecutaremos ningún código en nuestro Arduino programando su momento de riego, sino como se ha detallado antes, la activación o desactivación de la válvula la haremos en función de las necesidades de riego, contempladas en el estudio previo del proyecto y los valores obtenidos por los sensores, que conectados directamente a una unidad transmisora enviarán vía radio una señal nivel alto a la unidad receptora que estará conectada directamente a la válvula que activará el riego.

## ESQUEMA DE CONEXIONES

Con el código Arduino y una única placa podemos controlar toda nuestra red usaremos 3 sensores, el sensor de temperatura y humedad, el pluviómetro y un led (que simulará el envío de un 1 digital cuando se encienda, hacia la unidad transmisora al principio de cada día durante el tiempo establecido por la necesidad de riego). La salida que enciende el led realmente estará conectada a una unidad transmisora que enviará su valor vía radio hacia las unidades receptoras (el led simulará que efectivamente estará saliendo un uno digital cuando queramos abrir la electroválvula, el sistema global implementado en el viñedo se completará en el punto llamado “telemando vía radio”.



*Figura 23: Esquema de conexiones de los sensores del viñedo a Arduino*

<sup>ii</sup> **nota:** El código utilizado para desarrollar éste sistema y su explicación se encuentra en el Anexo2.

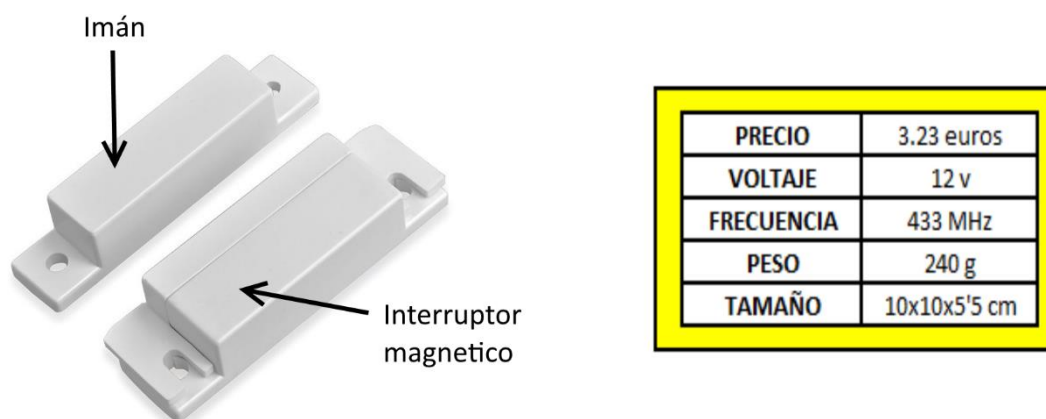
## TELEALARMA VÍA GSM EN EL INVERNADERO

En el invernadero aprovechando las posibilidades que nos ofrece Arduino vamos a implantar un sistema de alarma, que estará compuesto por un interruptor magnético, una placa Arduino UNO y un módulo SIM900.

### EQUIPOS UTILIZADOS

#### SENSOR MAGNÉTICO

Lo instalaremos en la puerta del invernadero y nos indicará cuando la puerta está abierta y cuando está cerrada, este sensor consta que de dos partes: un interruptor magnético que irá atornillado en el marco de la puerta y un imán que lo atornillaremos en la puerta, de modo que al juntarse ambas partes el sensor enviará un “1” lógico a Arduino que éste traducirá como “puerta abierta” mientras que si se abre la puerta se separarán ambas partes enviando un 0 lógico a Arduino que este traducirá como “puerta cerrada”.



*Figura 24: Sensor magnético instalado en la puerta del invernadero*

#### PLACA ARDUINO UNO

Usaremos la misma placa Arduino que venimos utilizando a lo largo del proyecto, siendo posible reutilizar la placa que hemos empleado en el invernadero para la red de sensores y actuadores del invernadero y la apertura/cierre de las electroválvulas.

<sup>iii</sup> **nota:** aunque usaremos sensores y actuadores igual que en la red de riego, hemos creído conveniente separar la red de monitorización de riego automático de la red de telealarma vía GSM.

## MÓDULO SIM900 GSM/GPRS

Este dispositivo nos servirá para comunicarnos con el Arduino por medio de mensajes de texto (SMS) y voz. Al módulo deberemos incorporarle una tarjeta SIM de una compañía telefónica para que sea posible la comunicación desde un terminal móvil por medio de la tecnología GSM/GPRS.

Para alimentar la tarjeta SIM necesitaremos alimentación auxiliar, ya que el puerto USB no es capaz de proporcionar los 2A que precisa el módulo.

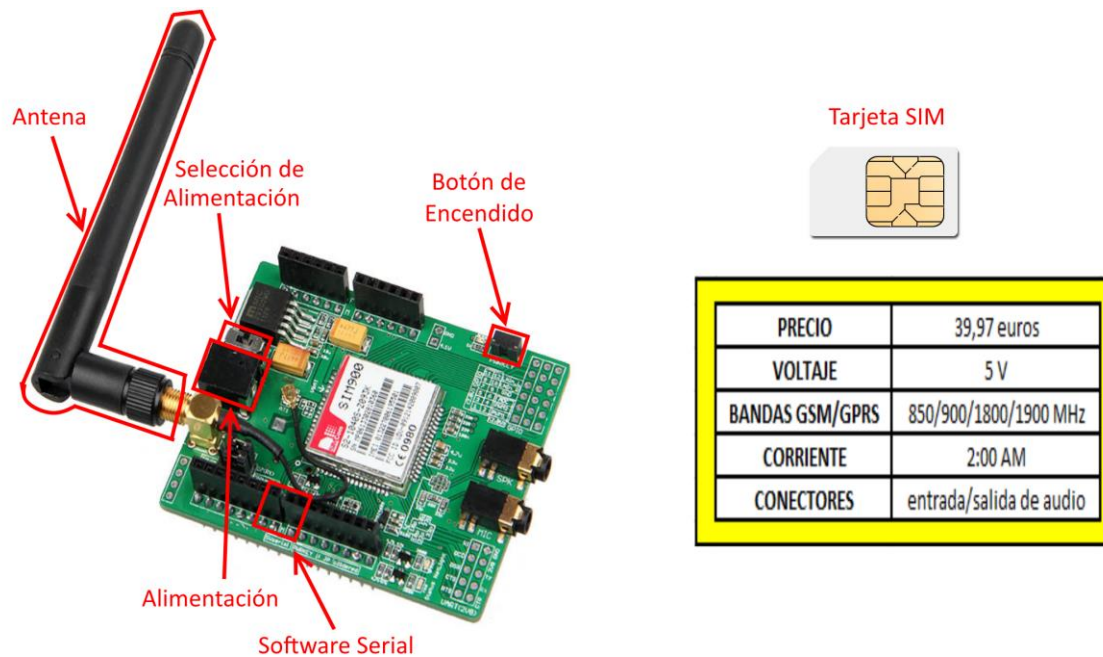


Figura 25: Módulo GSM900 para el sistema de telealarma

Pese a que el módulo GSM900 de Arduino en este proyecto sólo se ha utilizado para el sistema de telealarma, sería posible usarlo para comunicar por GSM el sistema de riego del viñedo o del invernadero con un terminal móvil donde podríamos recibir datos constantemente del estado de los sensores

<sup>iv</sup> **nota:** el código utilizado para el sistema de telealarma vía radio se encuentra en el Anexo3

## CONFIGURACIÓN Y CONEXIONADO

La configuración del sistema es muy sencilla, primero deberemos instalar nuestro sensor en la puerta del invernadero, de modo que el interruptor magnético se encontrará normalmente cerrado, (ya que la posición inicial con la puerta cerrada el interruptor y el imán permanecen juntos). Conectaremos el cable positivo del sensor al pin digital 2 de Arduino por lo que por esa entrada de datos nuestra placa Arduino sabrá si la puerta está cerrada o abierta y el cable negativo lo conectaremos a GND, de modo que cuando la puerta se abra, el interruptor magnético se abrirá y enviaremos un 0 a Arduino que significará “puerta abierta”.

Una vez tengamos el sensor conectado a Arduino vamos a conectar la SIM900 con la placa Arduino, previamente insertaremos la tarjeta SIM con el código PIN desbloqueado en la SIM900. Para la transmisión de datos entre la SIM900 y Arduino se utilizan los pines 7, 8 y los comandos AT (lenguaje de comunicación entre el hombre y el terminal modem, adoptado como estándar por la telefonía GSM). El sistema funcionará de modo que si la puerta se abre Arduino detectará un 0, lo que mediante comandos AT programados y ejecutados por Arduino realizará una llamada y un mensaje de texto a un terminal móvil.

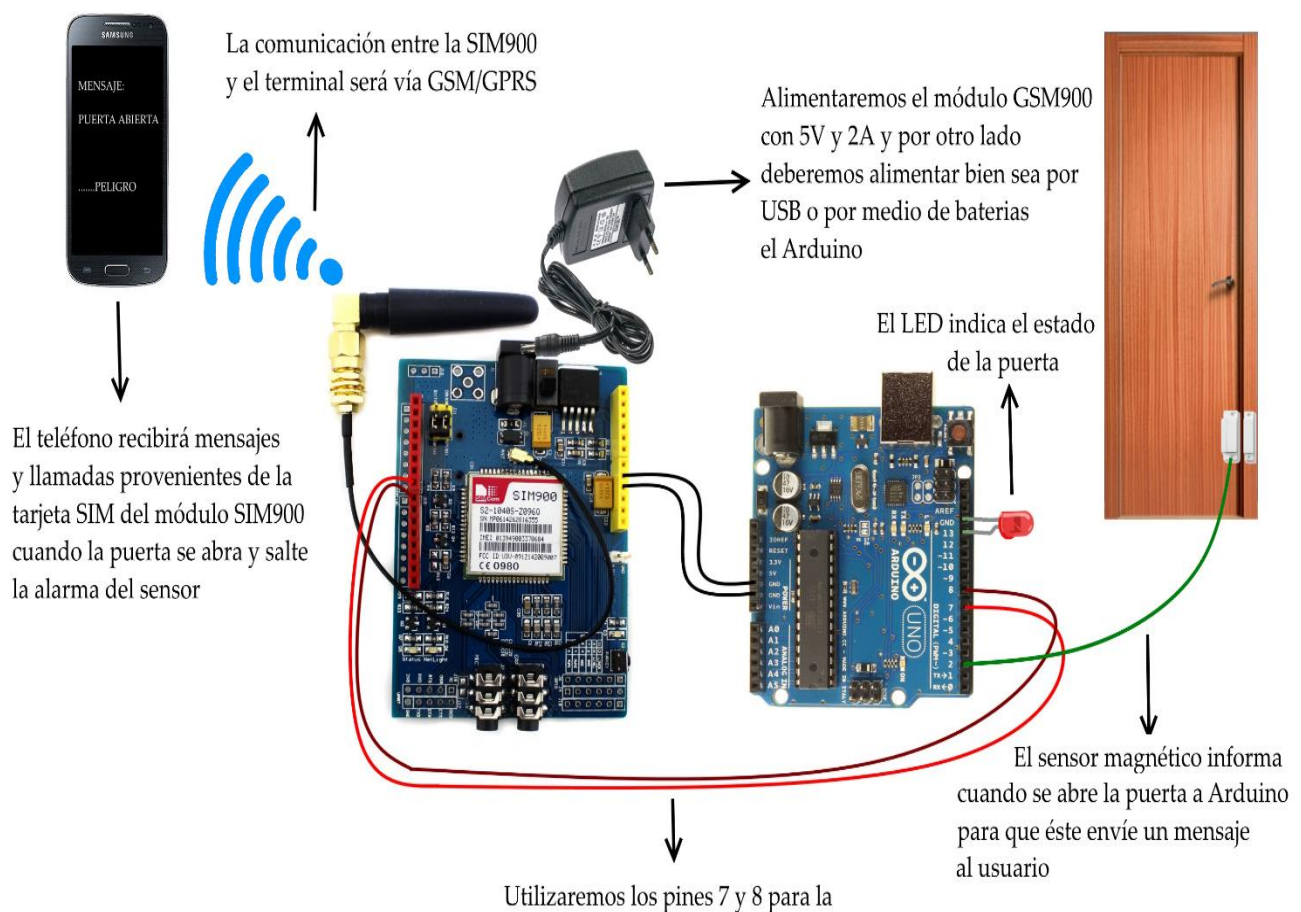


Figura 26: Conexiones del sistema de telealarma

## TELEMANDO VÍA RADIO EN EL VIÑEDO

El sistema vía radio estará formado por una unidad transmisora, (que dispondrá de 4 entradas digitales que funcionarán en modo abierto o cerrado y una analógica), y 5 unidades receptoras.

En el apartado anterior cuando queramos abrir las electroválvulas por la salida digital D7 se enviará un 1, esta salida estará conectada directamente a la unidad transmisora que realizara el envío por radio para activar las electroválvulas.

Es decir dentro del programa viñedo.ino que instalaremos en Arduino haremos que uno de los pines digitales valga 1 (abierto) durante los minutos que sea necesario en función de la necesidad de riego que registre para ese día nuestro Arduino (cuando no queramos regar la entrada digital valdrá 0), mientras valga 1 la unidad transmisora mandará vía radio una señal con el valor que la entrada digital D7=1, por tanto la salida S1 de la unidad receptora valdrá 1, haciendo que la electroválvula se abra y comience a regar nuestras vides durante el tiempo que la unidad transmisora envíe vía radio a 433 MHz (que es la frecuencia a la que trabajan nuestros equipos), que la entrada D1 es 1.

### EQUIPOS UTILIZADOS

#### UNIDAD TRANSMISORA

La unidad transmisora la instalaremos en el lugar donde tengamos los sensores que vamos a utilizar, monitorizará el valor de las entradas y enviará su valor periódicamente con una frecuencia que nosotros programaremos su valor vía radio hacia las unidades receptoras.



ENTRADAS	Tiene 4 entradas digitales y 1 analógica
CONEXIÓN DE SENSORES	Admite sensores con salida de tensión de 3, 5 ó 12V
ALIMENTACIÓN	Baterías de litio
AUTONOMÍA	Hasta 3 años funcionamiento ininterrumpido
DIMENSIONES	145x75x72mm

Figura 27: Unidad transmisora

## UNIDAD RECEPTORA

La unidad receptora se encontrará relativamente cerca de las electroválvulas y actuará sobre sus salidas en función del valor de las entradas que recibe de la unidad transmisora, el usuario determinará las condiciones de parada o funcionamiento de estas salidas.



<b>SALIDAS</b>	Tiene 2 salidas
<b>CONEXIÓN DE SENSORES</b>	Contactos libres de tensión
<b>ALIMENTACIÓN</b>	Baterías de litio o directamente de la red
<b>AUTONOMÍA</b>	Hasta 3 años funcionamiento ininterrumpido las baterías
<b>DIMENSIONES</b>	135x169x83

Figura 28: Unidad Receptora

## ANTENA

Usaremos una antena para la unidad transmisora y otra para la unidad receptora que trabajara a 433 MHz que es la frecuencia a la que trabajan las unidades emisora y receptora.



<b>TIPO DE ANTENA</b>	Dipolo (radiación omnidireccional)
<b>RANGO DE FRECUENCIAS</b>	400-470 MHz
<b>IMPEDANCIA</b>	52 Ohms
<b>POTENCIA MÁXIMA</b>	100W
<b>GANANCIA</b>	0 dBd
<b>CARGA AL VIENTO</b>	150 Kms/h
<b>ANCHO DE BANDA</b>	3MHz
<b>DIÁMETRO</b>	30/50mm

Figura 29: Antena utilizado para comunicar la unidad transmisora con las unidades receptoras



## OTROS DISPOSITIVOS

### TELEMANDO

Opcionalmente podríamos usar un telemando para controlar de modo remoto el sistema, priorizando las órdenes que las unidades transmisora y receptora recibieran del telemando. Éste telemando trabajaría a una frecuencia de 433MHz y podría ser implementado por la empresa de la que adquirimos las unidades transmisora y receptoras (que en éste caso no dispone de ninguno en catálogo), siempre y cuando la comunicación no estuviera cifrada, o fuera compatible con estas unidades.



Figura 30: telemando

### VENTAJAS DEL SISTEMA VÍA RADIO

- Eliminación del cableado entre los puntos a controlar
- Equipos más baratos y en menor número
- Sencilla y rápida instalación del sistema
- Comunicación robusta y segura

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA COMUNICACIÓN

ALCANCE	2 Km 433 MHz UHF o 6 Km 418-429 MHz
FRECUENCIA DE TRABAJO	Banda ICM 433MHz UHF o 418-429 MHz (NECESARIA LICENCIA)
POTENCIA	100mW (a 433 MHz) o 500mW (418-429 MHz)
PARÁMETROS CONFIGURABLES	Número de telemando, número de red, frecuencia de com.radio
SEGURIDAD	Comunicación digital codificada
CANALES	Hasta 160

Figura 31: Especificaciones técnicas de la comunicacion vía radio

## CONFIGURACIÓN Y CONEXIONADO

La salida del pin D7 de Arduino está directamente conectada con la entrada D1 de la unidad transmisora que enviará su valor vía radio hacia las unidades receptoras. Si este valor es 1, todas las salidas de las unidades receptoras valdrán 1, activando así las electroválvulas

El Arduino controlará la salida D7 en función de una serie de operaciones detalladas en el código `viñedo.ino` cuyas variables vendrán determinadas por las lecturas que tome el microcontrolador de los sensores

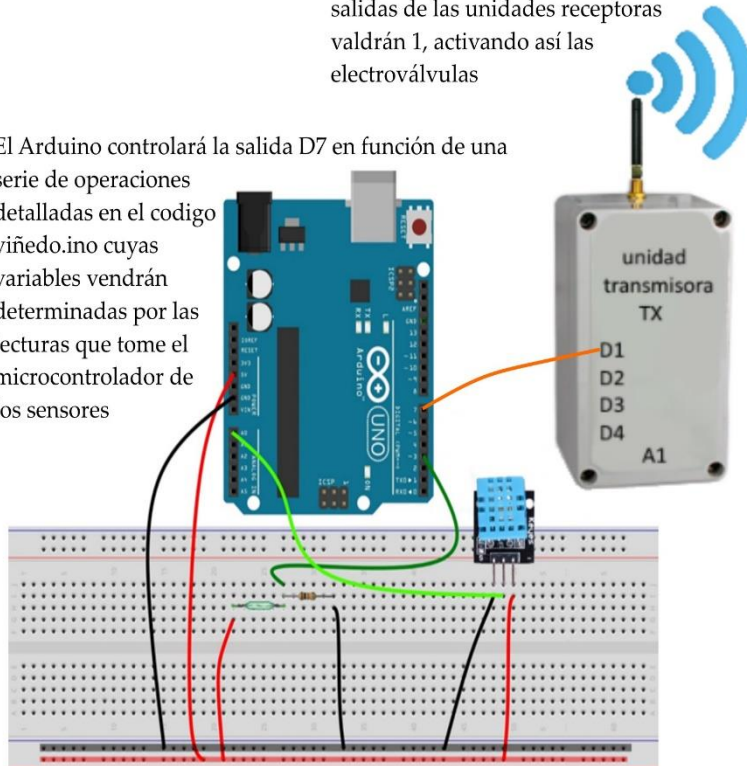


Figura 32: Conexión de la red de telemando vía radio del viñedo

# Trámites administrativos

---

Necesitaremos una antena que trabaje en el margen de frecuencias de nuestros equipos, y debido a las dimensiones de nuestro viñedo sería suficiente con un sistema de Tx-Rx con un alcance máximo de 2Km por lo que no habría que realizar la solicitud de ninguna licencia, sin embargo para realizar un estudio más en profundidad de las posibilidades que tenemos al implantar un sistema de riego automatizado, en este proyecto se va a estudiar la solicitud que habría que cumplimentar para transmitir en la banda de 418-429 MHz que precisa de licencia para transmitir.

## SOLICITUD DE TITULO HABILITANTE

---

El espacio radioeléctrico es finito, es un recurso compartido y está considerado un bien público y, por ello, está sujeto a concesión administrativa.

La titularidad del Estado sobre el espacio radioeléctrico está justificada por razones de seguridad y de control (para evitar que unos servicios radioeléctricos interfieran con otros).

Se cede a los propietarios de redes de telemando por radiofrecuencia la explotación en régimen de concesión administrativa: el concesionario de una determinada frecuencia no es el propietario de dicha frecuencia, sino que la pone en explotación.

La concesión administrativa asigna una frecuencia, un área de cobertura y una potencia determinada para la emisora.

La Dirección General de Promoción Institucional elaborará la propuesta de Adjudicación Definitiva que otorgará el Gobierno Valenciano. La adjudicación se formalizará en el plazo de un mes y se inscribirá la concesión en el Registro de Concesiones del servicio público de radiodifusión sonora de la Comunidad Valenciana.

Para solicitar el título habilitante habrá que cumplimentar el formulario de las figuras 33,34,35 y 36.

**^ nota:** aunque durante el proyecto estamos utilizando una frecuencia de 433 MHz para la comunicación vía radio que no precisa de solicitud de licencia, vamos explicar los trámites que habría que rellenar en caso de que transmiéramos en la banda 418-429 MHz

## FORMULARIO CUMPLIMENTADO



Código REF.  
(A rellenar por la Administración)

Código de Actividad  
(A rellenar por la Administración)

### 1. Datos identificativos de la persona, física o jurídica, para quien se solicita el título habilitante.

Nombre / denominación social: **FERNANDO ESCAMILLA MARTÍNEZ** N.I.F. / C.I.F.: **44879829-K**  
 domicilio a efectos de notificaciones en: **VALENCIA** calle: **AV.REINO DE VALENCIA** nº: **X** planta: **X**  
 Puerta: **X** provincia: **VALENCIA** C.P.: **46005** nacionalidad: **ESPAÑA**

### 2. Datos identificativos del representante (\*):

Nombre (\*\*): ..... N.I.F.: .....  
 con domicilio en: ..... calle: ..... nº: ..... planta: .....  
 puerta: ..... provincia: ..... C.P.: ..... nacionalidad: .....  
 nº de teléfono: ..... correo electrónico: .....

(\* Quienes firmen la solicitud en nombre de otro deberán aportar documentación que acredite su capacidad legal de representación.

(\*\*) Doy mi consentimiento para que mis datos de Identidad Personal puedan ser consultados mediante el Sistema de Verificación de Datos de Identidad Personal, a los efectos de iniciación de este procedimiento, de conformidad con lo establecido en la Orden PRE/3949/2006, de 26 de diciembre. **SI**  **NO**  aportando en caso negativo fotocopia autenticada del DNI o tarjeta de identidad equivalente

### 3. Modalidad de título habilitante que se solicita:

Autorización  Concesión  Afectación

(La autoprestación de servicios por el titular de los derechos de uso del dominio público radioeléctrico requerirá una autorización, salvo en el caso de Administraciones Públicas que requerirá una afectación. Los derechos de uso destinados a redes públicas (prestación de servicios a terceros) se otorgarán por concesión y el titular deberá ostentar la condición de operador).

### 4. Condiciones impuestas al titular del título habilitante:

El titular de los derechos de uso asume formalmente el cumplimiento de las condiciones establecidas en la Ley General de Telecomunicaciones, y su normativa de desarrollo que le sea de aplicación. Asimismo, tratándose de extranjeros, declara su sometimiento a la jurisdicción de los Juzgados y Tribunales españoles de cualquier orden para todas las incidencias que de modo directo o indirecto, pudieran surgir del título concedido, con renuncia, en su caso, al fuero jurisdiccional extranjero que pudiera corresponderle, asimismo, deberá designar una persona responsable, a efectos de notificaciones, domiciliada en España.

En **VALENCIA** a **X** de **JUNIO** de **2016**

(firma del representante y sello de la entidad)

SR. SECRETARIO DE ESTADO DE TELECOMUNICACIONES Y PARA LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN

Figura 33: Solicitud de título habilitante (pag1)

**Código REF**  
(A rellenar por la Administración)

**Código TASA**  
(A rellenar por la Administración)

**1. Características generales de la red que se pretende instalar:**

1.1. Banda de frecuencia solicitada: \_\_\_\_\_

1.2. Número mínimo de frecuencias necesarias: \_\_\_\_\_

1.3. Naturaleza de la radiocomunicación (indíquese con una X):

Telefonía .....	<input type="checkbox"/>	Unidireccionales .....	<input checked="" type="checkbox"/>
Radiobúsqueda.....	<input type="checkbox"/>	Bidireccionales .....	<input type="checkbox"/>
Telemedida .....	<input type="checkbox"/>		
Telemando.....	<input checked="" type="checkbox"/>		
Datos .....	<input type="checkbox"/>		
Telealarmas .....	<input type="checkbox"/>		

**Denominación de la emisión:**  
Unidireccional ya que tenemos una unidad transmisora que recibe datos de unos sensores que mandarán datos a unas unidades receptoras que se encargarán en función de estos valores de abrir o cerrar las electrovalvulas.

Los telemando posibilitan el encendido o apagado automatico de aplicaciones deslocalizadas sin necesidad de cables con un sistema via radio

**2. Tipos de servicio y número de estaciones necesarias.**

2.1. Servicio Fijo de banda estrecha: Estaciones fijas.....**1**.....  I (-)  A (+)

2.2. Servicios Móviles (Terrestre, Aeronáutico y Marítimo):

Estaciones base.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Estaciones repetidoras.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Estaciones a bordo de vehiculos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Estaciones portátiles .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

\* I=Red inicial; A= Ampliación o reducción (-) del número de estaciones (en su caso). Para modificaciones (cambios de emplazamiento, frecuencias, enlaces, etc.), utilizar exclusivamente el apartado 3 siguiente.

2.3. Otros tipos de Servicios radioeléctricos (utilizar la terminología del Reglamento de Radiocomunicaciones).

3. Describir el destino de le red, las ampliaciones y/o modificaciones que, en su caso, se pretenden efectuar en redes ya instaladas y en general cualquier otro aspecto que deba ser considerado en la resolución de la solicitud.

Nueva instalación       Ampliación       Modificación

Figura 34:: Solicitud de título habilitante (pag2)

4. Características de las estaciones cuyo emplazamiento es fijo. Indíquese con una X el recuadro que corresponda. Las coordenadas geográficas se expresarán en el sistema ETRS89 (para ubicaciones en las Islas Canarias se utilizará el sistema REGCAN95) (\*).

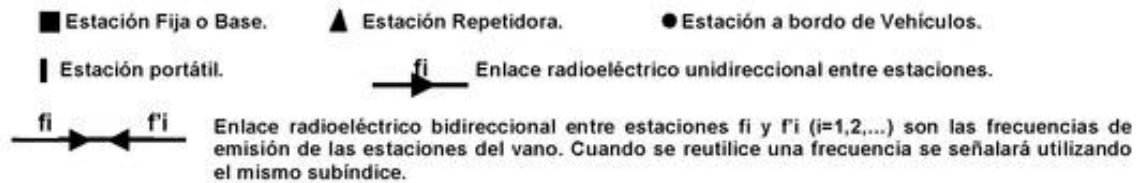
TIPO DE ESTACIÓN	DATOS UBICACIÓN	DATOS INSTALACIÓN																
<p><b>A</b> <input type="checkbox"/> (**)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Fija</p> <p><input type="checkbox"/> Base</p> <p><input type="checkbox"/> Repetidora</p> <p><input type="checkbox"/> Costera</p> <p><input type="checkbox"/> Aeronáutica</p> <p><input type="checkbox"/> Otras</p>	<p>Situación: <b>Km 1 carretera CV-390</b> (calle, plaza o lugar geográfico)</p> <p>Población: <b>Utiel</b></p> <p>Término Municipal: <b>Utiel</b></p> <p>Provincia: <b>Valencia</b></p> <p>Coordenadas geográficas:.....</p> <table border="1"> <tr> <td colspan="2">E/W</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>W</td> <td>11</td> <td>53,8</td> <td>39</td> <td>N</td> <td>34</td> <td>54,5</td> </tr> </table> <p>(grados, minutos, segundos)</p> <p>Cota terreno s/nivel del mar (m): <b>720m</b></p> <p>Altura antena sobre terreno (m): <b>721m</b></p>	E/W								1	W	11	53,8	39	N	34	54,5	<p>Tipo de antena:</p> <p>Omnidireccional <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Directiva <input type="checkbox"/></p> <p>Ganancia (Gd en dBd): <b>0</b></p> <p>Acimut máxima radiación: .....</p> <p>Abertura del Haz (puntos a -3dB): .....</p> <p>Potencia radiada aparente (W): <b>1.32W</b> <b>Este valor lo hemos calculado antes</b></p> <p>Referido en particular a esta estación:</p> <p>Radio de cobertura, o, para enlaces punto a punto o punto a multipunto, máxima distancia emisor - receptor (km): <b>0,2</b> <b>200mts es la distancia máxima tx-rx</b></p>
E/W																		
1	W	11	53,8	39	N	34	54,5											
<p><b>B</b> <input type="checkbox"/> (**)</p> <p><input type="checkbox"/> Fija</p> <p><input type="checkbox"/> Base</p> <p><input type="checkbox"/> Repetidora</p> <p><input type="checkbox"/> Costera</p> <p><input type="checkbox"/> Aeronáutica</p> <p><input type="checkbox"/> Otras</p>	<p>Situación: .....</p> <p>(calle, plaza o lugar geográfico)</p> <p>Población: .....</p> <p>Término Municipal: .....</p> <p>Provincia: .....</p> <p>Coordenadas geográficas:.....</p> <table border="1"> <tr> <td colspan="2">E/W</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>N</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>(grados, minutos, segundos)</p> <p>Cota terreno s/nivel del mar (m): .....</p> <p>Altura antena sobre terreno (m): .....</p>	E/W													N			<p>Tipo de antena:</p> <p>Omnidireccional <input type="checkbox"/></p> <p>Directiva <input type="checkbox"/></p> <p>Ganancia (Gd en dBd): .....</p> <p>Acimut máxima radiación: .....</p> <p>Abertura del Haz (puntos a -3dB): .....</p> <p>Potencia radiada aparente (W): .....</p> <p>Referido en particular a esta estación:</p> <p>Radio de cobertura, o, para enlaces punto a punto o punto a multipunto, máxima distancia emisor - receptor (km): .....</p>
E/W																		
					N													
<p><b>C</b> <input type="checkbox"/> (**)</p> <p><input type="checkbox"/> Fija</p> <p><input type="checkbox"/> Base</p> <p><input type="checkbox"/> Repetidora</p> <p><input type="checkbox"/> Costera</p> <p><input type="checkbox"/> Aeronáutica</p> <p><input type="checkbox"/> Otras</p>	<p>Situación: .....</p> <p>(calle, plaza o lugar geográfico)</p> <p>Población: .....</p> <p>Término Municipal: .....</p> <p>Provincia: .....</p> <p>Coordenadas geográficas:.....</p> <table border="1"> <tr> <td colspan="2">E/W</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>N</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>(grados, minutos, segundos)</p> <p>Cota terreno s/nivel del mar (m): .....</p> <p>Altura antena sobre terreno (m): .....</p>	E/W													N			<p>Tipo de antena:</p> <p>Omnidireccional <input type="checkbox"/></p> <p>Directiva <input type="checkbox"/></p> <p>Ganancia (Gd en dBd): .....</p> <p>Acimut máxima radiación: .....</p> <p>Abertura del Haz (puntos a -3dB): .....</p> <p>Potencia radiada aparente (W): .....</p> <p>Referido en particular a esta estación:</p> <p>Radio de cobertura, o, para enlaces punto a punto o punto a multipunto, máxima distancia emisor - receptor (km): .....</p>
E/W																		
					N													

(\*) Transitoriamente, hasta el 01/11/2013 podrá ser utilizado el sistema ED50 (para ubicaciones en las Islas Canarias se utilizará el sistema WGS84), indicándolo tras el epígrafe "Coordenadas geográficas".

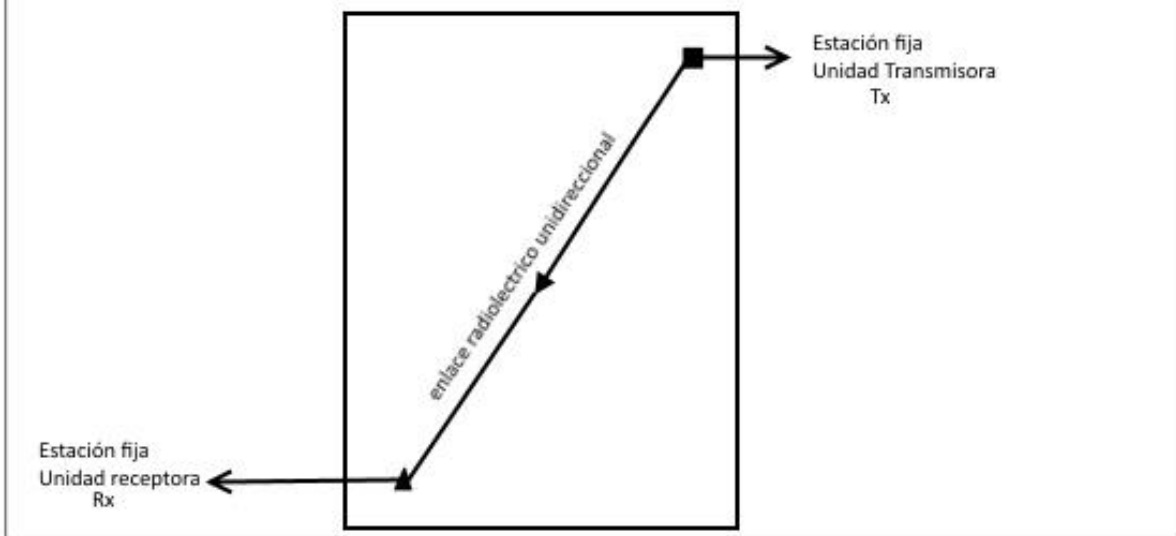
(\*\*) Indicar I, M ó A, según se trate de estaciones correspondientes a la red inicial, modificada o ampliada.

Figura 35: Solicitud de título habilitante (pag3)

5. Estructura general de la red, indicando las diferentes estaciones y los enlaces entre ellas, utilizando los símbolos siguientes:



Dibújese el esquema completo de la red identificando cada estación por la letra asignada en el apartado 4 de esta propuesta e indicando claramente, en su caso, la parte que se amplía o modifica.



6. Superficie de la zona de servicio:

0 , 0 2 3 3 km<sup>2</sup>

→ 2.33 hectáreas tiene nuestro viñedo

7. En el caso de redes del Servicio Móvil, indicar el valor de campo mediano necesario utilizado para el cálculo de la cobertura de la red (para el 90% de los emplazamientos y el 90% del tiempo):  dB $\mu$ V/m.

8. Adjuntar plano topográfico de escala 1:200.000 o valor adecuado o imágenes de resolución adecuada en las que se señalen los emplazamientos de las estaciones fijas de que conste la red, con indicación marginal de coordenadas geográficas conforme a lo indicado en el apartado 4 anterior, así como, para el caso de Servicios Móviles, el contorno de la zona de servicio. Estas imágenes se obtendrán de las cartografías oficiales puestas a disposición de los ciudadanos por cualquier organismo público.

**Deberíamos anexar un mapa topográfico de la zona donde queremos trabajar**

9. Datos identificativos del técnico competente autor de la propuesta técnica:

Nombre: FERNANDO FRANCISCO ESCAMILLA MARTÍNEZ  
 Titulación: GRADUADO EN INGENIERA DE TELECOMUNICACIONES  
 Teléfono de contacto: 697XXX964  
 Dirección de correo electrónico: feresmar41@gmail.com

N.I.F.: 44879829-K

(sello y firma)

*Fernando Escamilla*

Figura 36: Solicitud de título habilitante (pag4)

ELEMENTO	UDDS	PRECIO UDD	TOTAL
UNIDAD TRANSMISORA	1		
UNIDAD RECEPTORA	5		
ANTENA YTD DIPOLO	1	30,49 €	30,49 €
PLACA ARDUINO UNO	3	20,21 €	60,63 €
SENSOR PLUVIÓMETRO	1	23,08 €	23,08 €
SENSOR DHT11	1	2,61 €	2,61 €
SENSOR DHT22	1	3,43 €	3,43 €
ELECTROVÁLVULA RAINBIRD	11	25,01 €	275,11 €
HUMIDIFICADOR MEDISANA	1	39,78 €	39,78 €
TRANSFORMADOR 240V-24V	1	21,95 €	21,95 €
MODULO RELÉ	1	2,97 €	2,97 €
MULTIMETRO DIGITAL	1	10,88 €	10,88 €
CAJA ESTANCA	2	4,22 €	8,44 €
ORDENADOR	1	251,45 €	251,45 €
<b>730,82 €</b>			

Figura 37: Presupuesto del proyecto



- [1] Óscar Torrente Artero. (2013). *Arduino curso práctico de formación. Madrid*. RC Libros.
- [2] Juan Bisquert, Germá García Belmonte, Francisco Fabregat Santiago. (2008). *Sensor de humedad de la tierra para el control de riego*. Castellón. Athenea.
- [3] Antonio Ruiz Canales, José Miguel Molina Martínez. (2010). *Automatización y telecontrol de sistemas de riego (1er ed.)*. Barcelona. Marcombo S.A.
- [4] Pilar Baeza Trujillo, José Ramón Lissarrague, Patricia Sánchez de Miguel. (2007). *Fundamentos aplicación y consecuencias del riego en la vid*. Rivas Vaciamadrid. Editorial Agrícola Española S.A.
- [5] Aquilino Rodríguez Penin. (2011). *Sistemas SCADA (2da ed.)*. Barcelona. Marcombo S.A.

# Código Arduino Invernadero

---

## CÓDIGO INVERNADERO.INO

En este punto se adjunta el código que cargaremos en Arduino correspondiente al sensor de temperatura y humedad y el del control de la electroválvula que funcionará de manera automática. Preferiblemente lo tendremos unido todo en un mismo código que llamaremos invernadero.ino pero por simplificación y su correcta comprensión en este proyecto lo muestro por separado.

Usaremos el PIN Analógico 0 como entrada de datos del sensor DHT11

Usaremos el PIN Digital 9 como salida para abrir y cerrar la electroválvula.

Usaremos el PIN Digital 10 para activar el humidificador.

Cargaremos la librería de DHT11 y la librería Time.h, que se encuentran predefinidas ya, aunque es necesario que nos las descarguemos porque no vienen incluidas por defecto en el Arduino (una de las ventajas de ser hardware libre es como ya comenté antes que existen librerías no oficiales que mejoran el Arduino).

Avisos de temperatura y humedad no serán ni más ni menos, que mensajes que recibiremos con el valor de estos parámetros en cada lectura, en función de los umbrales de [Tmáx-Tmín] y [HumRMax-HumRMín] permitidas para nuestro cultivo hortofrutícola en base al estudio previo que hicimos documentándonos previamente, cuando la humedad sea baja se activará el humidificador.

Por último el delay pondremos cada cuanto tiempo querremos que se realice el loop, es decir cada cuanto tiempo programaremos la lectura de Arduino de los valores que lee por el pin A0;

La electroválvula se activará según le indiquemos en "horaInicio" y "horaFin".

## CÓDIGO SENSOR DHT11

```

#include <dht.h>
#define dht_apin A0 //USAREMOS EL PIN ANALOG A0 ENTRADA DE DATOS
dht DHT;
int pinHumidificador = 10;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(pinHumidificador, OUTPUT);
  Serial.println("SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD INVERNADERO");
}

void loop() {
  DHT.read11(dht_apin);
  Serial.println("");
  Serial.print("TEMPERATURA: ");
  Serial.print(DHT.temperature);
  Serial.print(" HUMEDAD: ");
  Serial.print(DHT.humidity);
  Serial.print(" %");
  Serial.println();

  ///////////////////////////////////AVISOS DE TEMPERATURA////////////////////////////////////
  if(DHT.temperature>=13 && DHT.temperature<=21){
    Serial.println("INVERNADERO A TEMPERATURA OPTIMA");
  } else if (DHT.temperature<4){
    Serial.println("PELIGRO HELADAS");
    Serial.println("AUMENTAR TEMPERATURA DEL INVERNADERO");
  } else if (DHT.temperature >28){
    Serial.println("PELIGRO CALOR EXCESIVO");
    Serial.println("REFRIGERAR EL INVERNADERO");
  }

  ///////////////////////////////////AVISOS DE HUMEDAD////////////////////////////////////
  if(DHT.humidity>=50 && DHT.humidity<=70){
    Serial.println("INVERNADERO A HUMEDAD OPTIMA");
  } else if (DHT.humidity<50){
    Serial.println("HUMEDAD BAJA");
    Serial.println("ACTIVAR LOS SISTEMAS DE HUMIDIFICACION");
    digitalWrite (pinHumidificador, HIGH);
  }

  else if (DHT.temperature >70){
    Serial.println("HUMEDAD ALTA");
    Serial.println("ACTIVAR LOS SITEMAS DE VENTILACION");
  }
  delay(1000);
}

```

## CÓDIGO ELECTROVÁLVULA

```

#include <Time.h> //usamos la librería Time.h
int EVpin = 9; // pin al que conectamos la electroválvula de riego
//En este punto definire la hora que quiero activar la valvula y que se apague
byte horalnicio = 21, minutolnicio = 00;
byte horaFin = 21, minutoFin = 01;

void setup() {
  pinMode (EVpin, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  //Pongo el reloj en la hora actuala la que inicialicemos el sistem
  //con setTime(hours, minutes, seconds, days, months, years);
  setTime(20, 58, 00, 14, 09, 2016);}

void loop() {
  Serial.print("Son las: "); //Muestro por el puerto serie lahora
  Serial.print(String(hour()) + ":" + String(minute()) + ":" + String(second()));
  if(esHoraRiego()){ //comprobamos si es la hora del riego
    Serial.println(" --> Es hora riego!!");
    digitalWrite (EVpin, LOW); } // activo la EV
  else {
    Serial.println(" --> No es hora riego");
    digitalWrite (EVpin, HIGH); } // cierro la EV
  delay(1000); }
  boolean esHoraRiego(){
  //Las comparaciones de cuando empezar y cuando terminar se hacen en minutos.

  int momentoInicio = (horalnicio * 60) + minutolnicio;
  int momentoFin = (horaFin * 60) + minutoFin;
  int momentoAhora = (hour() * 60) + minute();
  if((momentoInicio<=momentoAhora) && (momentoAhora<momentoFin)){
    return true; } // estamos en período de riego: devolver "true"
  else { return false; // no estamos en período de riego: devolver "false"
    }
  }
}

```

## CÓDIGO TELEALARMA.INO

```

#include <SoftwareSerial.h> //incluimos la libreria
SoftwareSerial SIM900(7, 8); //com por pines 7 y 8
const int pinPuerta = 2;    const int LED = 13;

void setup() {
  delay (5000); //Esperamos para encender el GPRS y la tarjeta
  SIM900.begin(19200); //Velocidad del serial del SIM900
  Serial.begin(19200); //Velocidad del serial de Arduino
  pinMode(pinPuerta, INPUT);
  pinMode(LED, OUTPUT); }

////////////////////////////////////////FUNCIÓN PARA REALIZAR LLAMADAS////////////////////////////////////////
void llamar(){
  Serial.println("Se esta efectuando la llamada");
  SIM900.println("ATD697636964;"); //Comando AT para llamar a mi tlf. personal
  delay(20000); // Espera 20 segundos mientras realiza la llamada
  SIM900.println("ATH"); //Comando AT para colgar la llamada
  delay(1000);
  Serial.println("Llamada terminada"); }

////////////////////////////////////////FUNCIÓN PARA ENVIAR MENSAJES////////////////////////////////////////
void mensaje() {
  Serial.println("Enviando mensaje.....");
  SIM900.print("AT+CMGF=1\r"); //Comando AT para configurar el modo texto
  delay(500);
  SIM900.println("AT + CMGS = \"697636964\""); //teléfono que recibe el sms
  SIM900.println("PUERTA DEL INVERNADERO ABIERTA"); //texto a enviar
  SIM900.println((char)26); //Comando de finalización de mensaje
  delay(5000); // Le damos un tiempo para enviar el mensaje
  Serial.println("SMS enviado correctamente"); }

void loop() {
  int value = digitalRead(pinPuerta); //Leemos el sensor
  if (value == LOW) { //Si la puerta está abierta
    digitalWrite(LED, HIGH);
    llamar(); //llamamos por seguridad
    delay(2000);
    mensaje(); //enviamos el mensaje
    while(1); //esperar por tiempo indefinido
  } else { //una vez entramos en el invernadero desconectamos el sistema
    digitalWrite(LED, LOW); }
}

```

# Código Arduino Viñedo

## CODIGO VIÑEDO.INO

```

#include <dht.h>
#include <Time.h>
#define dht_apin A0 //El pin A0 será la entrada de datos del sensor de temperatura
dht DHT;
double Tmax=0.00; double Tmin=100.00; double Tmedia=0.00;
double KT=0.162; //valor constante para regiones del interior
double Rs; double ETo; double EToMes=0.00; double Kc=0.00; double Ro=34.7;
int TiempoValvulaONMs =0;
const byte pinPluviometro= 3; // El pin D3 será la entrada de datos del reedswitch
bool Pluviometro; bool PluviometroAnt = LOW;
unsigned int cuentaPrecipitacion = 0; unsigned int cuentaPrecipitacionAnt = 0;
float Precipitacion; float PrecipitacionDia=0; float PrecipitacionMes=0;

////////////////////////////////////SETUP////////////////////////////////////

void setup() {
  pinMode(6, OUTPUT); //pin para activar la valvula via radio
  pinMode(pinPluviometro, INPUT); //el pin pluviometro será una entrada
  Serial.begin(9600);
  setTime(00,00,00,01,07,2016); //ponemos el programa en hora
  delay(500);
  Serial.println("SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA DHT11\n\n");
  delay(1000); } //end "setup()"

////////////////////////////////////LOOP////////////////////////////////////

void loop(){
  for (int k=1; k<=8; k++){ //el resto de meses habría que ponerlo también
    if(k==1){
      Serial.println(" MARZO ");
      Ro=27.5; Kc=0.3; //valores de Kc según la tabla
    }else if(k==2){

```

```

        Serial.println("          ABRIL          ");
        Ro=34.7;          Kc=0.3;
    }else if(k==3){
        Serial.println("          MAYO          ");
        Ro=39.6;          Kc=0.5;
    }

```

////////////////////////////////CADA DIA DEL MES SE REALIZAN CALCULOS////////////////////////////////

```

for(int j=1; j<31; j++){ //diariamente activamos válvula el tiempo de riego
    Serial.print(" DIA "); Serial.println(j);
    EToMes=EToMes+ETo; //Valor de Eto mensual acumulado
    digitalWrite (6,LOW); //La electroválvula estará desactivada
    int Actual=millis();
    if(Actual>=TiempoValvulaONMs-millis()){
        digitalWrite (6,HIGH); }

for(int i=1; i<25; i++){ //calculamos temperatura y humedad cada hora
    do{ //observamos variaciones en el pluviómetro
        Pluviometro = digitalRead(pinPluviometro);
        if (Pluviometro == HIGH && PluviometroAnt == LOW){
            cuentaPrecipitacion =cuentaPrecipitacion + 1;} //pulsos
        PluviometroAnt = Pluviometro; //actualizo estado anterior
        if (cuentaPrecipitacion != cuentaPrecipitacionAnt) {
            Precipitacion=cuentaPrecipitacion*0.//1 pulso=0.1mm
            Serial.print("LLUVIA REGISTRADA = ");
            Serial.print(Precipitacion);
            Serial.println(" mm");
            cuentaPrecipitacionAnt = cuentaPrecipitacion; }
    }while (millis())<=4000*i);

```

/\*el valor numérico equivale a los ms al comienzo de las horas que dedicaremos a la lectura este valor sera de 3.600.000ms para simplificar las comprobaciones tomaremos un valor de tiempo menor, así podremos comprobar funcionamiento del programa\*/

```

DHT.read11(dht_apin);
time_t t = now();
Serial.print("Fecha : ");
Serial.print(day(t));          Serial.print(+ "/" ) ;
Serial.print(month(t)); Serial.print(+ "/" ) ;
Serial.print(year(t));          Serial.print("    " ) ;
Serial.print("Hora : ");
Serial.print(hour(t));          Serial.print(+ ":" ) ;
Serial.print(minute(t));        Serial.print(":") ;
Serial.println(second(t));      Serial.print("    " ) ;

```

```
////////////////////////////////////CÁLCULO DE LA HUMEDAD Y TEMPERATURA////////////////////////////////////
```

```

Serial.print("HUMEDAD RELATIVA DEL INVERNADERO = ");
Serial.print(DHT.humidity);
Serial.print("% ");
Serial.print("TEMPERATURA = ");
Serial.print(DHT.temperature);
Serial.println("C ");
Tmedia=DHT.temperature+Tmedia;
if(DHT.temperature>=Tmax){
    Tmax=DHT.temperature;
}if(DHT.temperature<=Tmin){
    Tmin=DHT.temperature;    }
delay(2000);          //delay para dar un respiro al programa
}                    //end for que calcula valores cada hora

//Por pantalla veremos una serie de valores diariamente//
Tmedia=Tmedia/24;
Serial.print("La temperatura media diaria fue de : ");
Serial.println(Tmedia);
Serial.print("TMAX DIARIA = ");
Serial.println(Tmax);
Serial.print(" TMIN DIARIA = ");
Serial.println(Tmin);
Serial.print("RADIACION SOLAR EXTRATERRESTRE DE : ");
Serial.print(Ro*0.408);
Serial.print("RADIACION SOLAR INCIDENTE DE : ");
Rs=Ro*Kt*sqrt(Tmax-Tmin);
Serial.print(Rs);
Serial.print("LA EVAPOTRANSPIRACION DE ESTE DIA ES DE : ");
ETo=0.0135*(Tmedia+17.78)*Rs;
Serial.print(ETo);
Tmedia=0; Tmax=0; Tmin=100;
Serial.print("PRECIPITACION ACUMULADA DEL DIA ");
Serial.println(Precipitacion);
PrecipitacionMes=Precipitacion+PrecipitacionMes;
Serial.print("PRECIPITACION ACUMULADA DEL MES ");
Serial.println(PrecipitacionMes);
Precipitacion=0; cuentaPrecipitacion=0; cuentaPrecipitacionAnt=0;
}                    //end for que calcula valores diariamente

```



```

////////////////////////////////////RESULTADOS MENSUALES Y APLICACION DEL SISTEMA////////////////////////////////////
////////////////////////////////////CALCULANDO LA NECESIDAD DE RIEGO////////////////////////////////////

Serial.print("LA EVAPOTRANSPIRACION DEL MES FUE DE : ");
Serial.print(EToMes);
Serial.println(" mm/mes ");
Serial.println(" NECESIDAD DE RIEGO PARA EL MES SIGUIENTE ");
double NecesidadDeRiego = ((EToMes*Kc)/0.85)+3.75;
Serial.print("LAa necesidad de riego es de ");
Serial.print(NecesidadDeRiego);
Serial.println(" mm/mes ");
Serial.println("LA PRECIPITACION DEL MES FUE DE ");
Serial.print(PrecipitacionMes);
Serial.println("CADA VID PIERDE ESE AGUA AL MES POR LA EVAPORACION");
Serial.println("EL CONSUMO HIDRICO MENSUAL DE CADA CEPAS DE VID ");
Serial.println("TENEMOS 6000 CEPAS LA VALVULA DEBERA PROPORCIONAR");
double RiegoMensual = NecesidadDeRiego * 6000;
Serial.print(RiegoMensual);
Serial.println(" mm/mes");
Serial.println("POR TANTO DIARIAMENTE NECESITAREMOS");
int RiegoDiario = RiegoMensual/30;
Serial.print(RiegoDiario);
Serial.println(" litros diarios");
Serial.println("NUESTRA VALVULA TIENE UN CAUDAL DE 9m CUBICOS HORA");
Serial.println("DEBERA ESTAR FUNCIONANDO ACTIVADA");
double TiempoValvulaON= RiegoDiario/9000;
int TiempoValvulaONMinutos=TiempoValvulaON*60;
int TiempoValvulaONSegundos=TiempoValvulaONMinutos*60;
int TiempoValvulaONMs=TiempoValvulaONSegundos*1000;
Serial.print(TiempoValvulaONMinutos);
Serial.println(" minutos activada diariamente");
EToMes=0;
Serial.println("");
} // end for que por cada mes calcula la necesidad de riego
} // end loop()

```

El este trabajo se ha logrado demostrar lo sencillo y económico que puede resultar realizar una red de sensores que nos permitan monitorizar parámetros climáticos y edáficos, en función de los cuales activar unas electroválvulas para hacer un uso ecológico del agua, que será uno de los grandes desafíos que se nos presentará en un futuro no muy lejano. Se ha demostrado cómo funcionan este tipo de redes, cómo programar un microcontrolador y cómo es posible mediante la ingeniería de las telecomunicaciones transmitir a tiempo real datos del estado de sus entradas y salidas a un teléfono móvil con un sistema de GSM.

En el trabajo se pone de manifiesto que aplicar mecanismos de telecontrol aplicados al campo permite optimizar recursos, haciendo un uso ecológico de los mismos y incluso mejorar los resultados finales de nuestros productos, como en el caso del viñedo.

Con todos estos condicionantes estamos ante un escenario que no tiene límite, si bien en el proyecto nos hemos centrado en telecontrol de riego y en un sencillo sistema de alarma. El proyecto es perfectamente ampliable y sirve de base para futuros experimentos, como por ejemplo podría ser el de incluir depósitos que recogieran directamente el agua de la lluvia, y mediante un sensor de microondas conectado al microcontrolador, supiéramos el porcentaje de llenado del depósito controlando el tiempo que tarda la onda en, una vez emitida volver al sensor, debido a que las ondas viajan a diferente velocidad según el medio sea agua o aire.

En definitiva, en el proyecto se ha planteado el problema de cómo optimizar los recursos hídricos en el campo, y se ha realizado no sólo de modo teórico, sino que se ha comprobado el funcionamiento práctico del sistema.

---

---