

# **ESTUDI DELS CULTIUS PROTEGITS I PROJECTE D'UN HIVERNACLE AUTOMATITZAT**

*Jaume MORA JUVANTENY*

*PREMI JORDI PUJULA 2014 EN ÀMBIT TECNOLÒGIC*

## **1. Introducció**

Quan et diuen que has de fer un treball de recerca, et vénen mil idees al cap i no saps ni per on començar. En el meu cas, de seguida vaig tenir clar que em volia moure en l'àmbit tecnològic, ja que penso que és on hi ha més per investigar i descobrir. Ara bé, el problema era quin tema escollir.

Inicialment, volia fer un estudi sobre la Domòtica. Però de cases domòtiques i habitatges intel·ligents ja se n'han fet molts, de manera que vaig buscar alguna cosa nova, alguna cosa que no s'hagués vist gaire; va ser llavors quan se'm va acudir fer el treball sobre un hivernacle automatitzat. He de dir que plantejar un treball com aquest em feia una mica d'impressió, ja que, evidentment, he rebut molts coneixements a l'institut, però mai els suficients com per crear un projecte semblant a aquest. Tot i així, penso que d'això es tracta en un treball de recerca: de buscar, informar-se, aprendre, conèixer noves coses... Per tant, tot i ser un gran repte, tenia ganes d'afrontar-lo.

## **2. Objectius**

El meu objectiu era investigar el funcionament d'un hivernacle automatitzat real, i posteriorment, aplicar els conceptes teòrics adquirits en un àmbit més pràctic, com crear el projecte d'un hivernacle. També volia que aquest projecte fos intel·ligent i automatitzat, és a dir, que, mitjançant un programa, es poguessin controlar una sèrie de variables (com ara la temperatura, la llum, la humitat...) i que, en funció dels valors que captés, reaccionés d'una manera o d'una altra.

Tot el que correspon a l'àmbit electrònic no estarà fet amb un programa complex com el que utilitzen els enginyers, sinó amb un de molt senzill i intuïtiu, destinat a l'educació. És per això que penso que seria molt interessant poder aplicar aquest projecte a l'ensenyament, és a dir, poder demostrar com una cosa tan complexa com és la programació es pot fer d'una manera tan simple.

Un altre objectiu seria el fet de poder veure si els sistemes domòtics que s'utilitzen en les cases es poden aplicar en un hivernacle. És a dir, com que s'ha observat que una casa pot actuar i prendre decisions de manera intel·ligent a través de sensors i actuadors, vull comprovar si el mateix es pot fer en un hivernacle.

### **3. Estudi dels hivernacles**

#### **3.1. Introducció**

##### **3.1.1. Què és un hivernacle?**

Un hivernacle és qualsevol estructura tancada, coberta per materials transparents, dins de la qual es possible obtenir unes condicions "artificials" de microclima on cultivar plantes en condicions òptimes.

Els principals avantatges d'un hivernacle són:

- Arribada abans de temps dels productes.
- Augment de la qualitat dels aliments.
- Producció fora de temporada.
- Estalvi d'aigua i fertilitzants.
- Millora del control d'insectes i malalties.
- Millora del maneig del clima adequat dins de l'hivernacle.

Des de sempre, el cultiu sota hivernacles ha permès obtenir produccions de primera qualitat, amb un major rendiment i en qualsevol moment de l'any; al mateix temps, també permet allargar el cicle de cultiu, cosa que permet produir en les èpoques de l'any més difícils. Com que s'ha vist que aquests tipus d'estructures són molt interessants, s'ha apostat per introduir la tecnologia en els hivernacles, millorant la fertilització del cultiu, els sistemes de reg localitzat, els sistemes de gestió del clima... aspectes que es reflecteixen posteriorment en una millora dels rendiments i de la qualitat del producte final.

En els últims anys són molts els agricultors que han iniciat la instal·lació de sistemes que permeten l'automatització de l'obertura de les ventilacions, els regadius automàtics, la instal·lació d'equips de calefacció, de llum artifi-

cial per quan no hi ha llum solar...

### 3.1.2. Ubicació, orientació i disseny d'hivernacles

Hi ha molts aspectes a tenir en compte per tal d'obtenir resultats favorables en la producció de cultius protegits, ja que en la construcció d'hivernacles es busca una alta rendibilitat. És per això que haurem de posar una gran atenció en els punts següents:

- Terra anivellat: és important que el terra sigui pla, ja que hi hem de construir un hivernacle al damunt i necessitem que la seva estructura estigui ben equilibrada.

- Disponibilitat d'aigua de reg: aquest factor és indispensable per al bon desenvolupament del cultiu, tant en quantitat com en qualitat (lliure de sals o elements químics tòxics).

- Orientació: l'hivernacle s'ha d'ubicar de manera que ofereixi la major resistència als vents forts; generalment s'ubica amb l'eix major posicionat de nord a sud. Tanmateix, si es tracta de cultius alts, com podrien ser tomates, pebrots, albergínies... la posició nord-sud impedeix l'ombreig a la files contigües.

- Disseny i lluminositat: s'ha de buscar la màxima entrada de llum amb l'objectiu d'augmentar la fotosíntesi de les plantes i elevar la temperatura de l'hivernacle. Per aconseguir-ho, l'estructura ha de ser la imprescindible (per tal d'intentar causar la mínima ombra possible), però amb suficient resistència. La forma de l'hivernacle també influeix sobre el creixement del cultiu interior; els hivernacles circulars o en forma de túnel són els que més llum capten.

- Ventilació: la ventilació és fonamental per regular la temperatura i la humitat de l'hivernacle. Per això s'ha de tenir una superfície àmplia de ventilació i comptar amb un mecanisme de tancament i obertura ràpid i còmode. El sistema ideal és aquell que permet entrada d'aire pels costats i sortida per la part alta de l'hivernacle (lluernari).

### 3.1.3. Distribució d'hivernacles

A Catalunya, els primers hivernacles instal·lats amb finalitats comercials s'han de situar probablement al Maresme. Durant els anys setanta n'hi va haver una gran expansió, a causa de la introducció en el mercat d'una gran varietat de plàstics destinats al forçat de cultius.

A la taula següent es mostra la distribució a Catalunya del cultiu protegit existent des de l'any 1978. Com s'hi pot observar, la comarca del Maresme representa el 72% i el 93%, respectivament, en la producció d'horta i de flors.

Comarca	Horta (Ha)	Flors (Ha)	Total (Ha)
Maresme	37	87	124
Baix Llobregat	6	2	8
Baix Camp	3	3	6
Delta de l'Ebre	5	1	6
Total	51	93	144

I si únicament ens fixem en la nostra comarca, La Garrotxa, podem dir que els llocs amb més hivernacles es troben a la zona de La Canya i Sant Joan. El problema que hi ha a les altres zones de la comarca (com la Vall d'en Bas, per exemple) és que, tot i haver-hi molts terrenys lliures en els quals es podrien construir hivernacles, els ajuntaments no ho permeten, ja que es consideren zones protegides.

### 3.2. Tipus d'hivernacles

Existeixen moltes maneres de classificar els hivernacles. De moment, però, els classificarem regint-nos per la seva forma:

1. Hivernacle tipus parral o pla
2. Hivernacle tipus túnel o semicilíndric
3. Hivernacle tipus capella
4. Hivernacle tipus capella modificat
5. Hivernacle tipus dents de serra
6. Hivernacle tipus Venlo

#### 3.2.1. Hivernacle tipus parral o pla

Els hivernacles de tipus pla o tipus parral, són construïts principalment en totes aquelles zones on no hi ha grans quantitats de precipitacions regulars (és per això que també es coneixen amb el nom d'“hivernacles tipus almerienc”, ja que són molt típics de la zona d'Almeria). Pel que fa a l'estructura d'aquest hivernacles, pot estar construïda amb diversos materials, des dels més senzills (fusta de pi o eucaliptus) fins als més complexos i resistents (tubs d'acer galvanitzat). Per tal de protegir el cultiu de les condicions climàtiques exteriors, es recobreix tot l'hivernacle amb una lona de plàstic flexible (sol ser

polietilè). També cal dir que se solen col·locar barres verticalment a l'interior de l'hivernacle per tal de sostenir i fer més resistent el teulat.



*Hivernacle tipus parral d'Almeria*

### **3.2.2. Hivernacle tipus túnel o semicilíndric**

Els hivernacles tipus túnel són molt utilitzats, ja que ofereixen un volum molt gran en el seu interior. Aquests hivernacles no disposen de fonaments, i es caracteritzen per la forma de la seva coberta, que és un semicercle. La seva estructura sol estar feta d'acer galvanitzat i utilitzen uns suports en forma d'arc per a la part del sostre, que posteriorment es recobreix amb polietilè tensat.



*Hivernacle tipus túnel*

### 3.2.3. Hivernacle tipus capella

Els hivernacles tipus capella són de les estructures amb major antiguitat en el disseny d'hivernacles. S'han utilitzat durant molt anys, ja que el seu disseny permet un adequat aprofitament de les condicions climàtiques que són excel·lents per al cultiu d'aliments. La seva estructura consta de dues parets verticals, que permeten el màxim aprofitament de l'espai del cultiu i el control del clima interior. També consta de ventilacions laterals i zenitals, ja siguin manuals o automàtiques, que creen una important renovació de l'aire intern. Un altre aspecte a tenir en compte és la inclinació del teulat; per tal que no ofereixi dificultats a l'hora d'evacuar l'aigua ha de tenir una inclinació de 25° com a mínim.



*Hivernacle tipus capella.*

### 3.2.4. Hivernacle tipus dents de serra

Una variació dels hivernacles tipus capella que es va començar a utilitzar en zones amb molt baixa precipitació i alts nivells de radiació van ser els d'un sol vessant. Aquests hivernacles compten amb un únic teulat inclinat, d'entre 5° i 15°. Posteriorment, però, l'acoblament lateral d'aquest tipus d'hivernacles dona origen a les conegudes “dents de serra”.



*Sèrie d'hivernacles tipus dents de serra*

És per això que aquests hivernacles els solem trobar units amb diverses naus a “una aigua” (un sol pendent).

### 3.2.5. Hivernacle tipus Venlo

L'hivernacle tipus Venlo és originari d'Holanda i ha estat, des de sempre, un dels més coneguts i utilitzats. En els últims anys, aquest tipus d'hivernacle ha experimentat una gran expansió. Es tracta d'un tipus d'hivernacle que pot satisfer les diferents necessitats dels cultivadors (especialment dels de verdures), ja que pot adaptar-se amb gran flexibilitat a necessitats específiques. La gran varietat d'instal·lacions (des de pantalles i il·luminació, fins a mecànica d'aire) permet tenir molta cura de l'aliment plantat a l'interior.



*Hivernacles tipus Venlo.*

### 3.3. Variables a controlar

A continuació, veurem quines són les variables que interessa controlar en un hivernacle, juntament amb els sistemes que han de permetre governar-les.

#### ▪ Temperatura

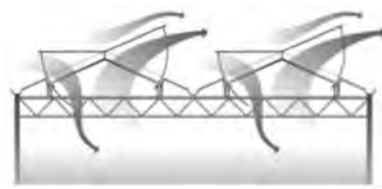
La temperatura és el paràmetre més important a tenir en compte en el control ambiental d'un hivernacle, ja que és el que més influeix en el creixement i desenvolupament de les plantes. Normalment, la temperatura òptima per a les plantes es mou entre 16-20°C durant la nit i 22-30°C durant el dia. Per al maneig de la temperatura és important conèixer les necessitats i limitacions de cada espècie cultivada. Per tal d'obtenir una temperatura òptima, els hivernacles utilitzen diversos sistemes:

#### ▪ Sistema de ventilació

Quan a l'interior de l'hivernacle fa molta calor, hi ha perill que es morin els aliments cultivats; d'aquesta manera, és molt interessant el fet de poder dissenyar un sistema que permeti ventilar. La ventilació consisteix en la renovació de l'aire, de manera que l'aire calent de l'interior se'n vagi a fora i n'entri de nou. Per tal de refredar l'interior de l'hivernacle, existeixen tres sistemes:

- *Ventilació passiva*: aquest tipus de ventilació es basa en la disposició, en les parets i en el sostre de l'hivernacle, d'un sistema de finestres que permetin l'aparició d'una sèrie de corrents d'aire que contribueixin a disminuir les temperatures elevades. Les finestres poden ser zenitals o laterals.

- *Ventilació automatitzada*: aquest tipus de ventilació segueix la mateixa idea de l'anterior, però amb la diferència que les finestres es poden obrir i tancar de manera automàtica. Així resulta molt més pràctic per a l'agricultor, ja que no ha d'obrir i tancar manualment.



*Esquema gràfic de la renovació de l'aire.*

- *Ventilació forçada*: hi ha zones amb molt pocs corrents d'aire de l'exterior i, tot i tenir obertures, l'hivernacle no es ventila. El que es fa, llavors, és incorporar ventiladors a l'interior de l'hivernacle, penjats al sostre, amb l'objectiu que creïn corrents que ajudin a moure l'aire.

### ▪ Sistema de calefacció

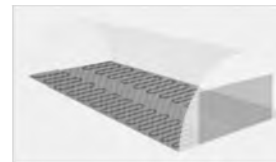
A l'hivern, ens podem trobar que a l'interior de l'hivernacle hi faci molt fred. Això és molt perillós, ja que si la temperatura baixa a més de 0 °C el cultiu pot morir glaçat. D'aquesta manera, serà molt interessant el fet de poder dissenyar un sistema de calefacció que, quan faci falta, permeti generar calor i escalfar-ne l'interior. Per fer-ho, hi haurà diverses maneres:

- *Calefacció per aire calent*: aquest sistema de calefacció consisteix a escalfar l'interior de l'hivernacle mitjançant calefactores alimentats amb energia elèctrica, que subministren escalfor localitzada. Per utilitzar aquest sistema fan falta diversos calefactores per tal que no quedi cap zona sense poder escalfar-se.



*Dibuix d'un calefactor per a hivernacles*

- *Calefacció per cable calefactor*: aquest sistema es basa en el mateix concepte que el terra radiant de les cases. Consisteix a integrar un cable calefactor sota el subsòl de l'hivernacle, de manera que es pugui controlar la temperatura amb un quadre de control i regulació. Així es pot aconseguir una temperatura uniforme en tota la superfície de l'hivernacle.



*Calefacció per cable calefactor en un hivernacle*

- *Calefacció per aigua calenta*: aquest sistema consisteix en la utilització de canonades, aèries o disposades a uns 10 cm sobre el cultiu, per on circula aigua calenta a altes temperatures. S'ha de tenir en compte que en aquest



sistema l'objectiu és focalitzar l'escalfor en el que se-rien les plantes, i no tant a escalfar l'ambient (a diferència del sistema de calefacció d'aire calent, per exemple).

- *Malles tèrmiques*: aquestes malles són unes teles aïllants que recobreixen el cultiu i impedeixen que les condicions externes l'afectin. Cal dir que tant serveixen per quan fa molta calor (generen ombra i protegeixen el cultiu de l'excés de sol), com per quan fa molt fred (llavors fan la funció d'abric i, si glaça molt, aquestes malles impedeixen que les plantes es morin). Solen anar motoritzades (com unes cortines automàtiques).



*Calefacció per aigua calenta*



*Malles tèrmiques en un hivernacle*

### **Humitat relativa**

La humitat relativa és la quantitat d'aigua continguda en l'aire en relació amb la màxima que seria capaç de contenir a la mateixa temperatura. A elevades temperatures, augmenta la capacitat de contenir vapor d'aigua i, per tant, disminueix la humitat relativa; a temperatures baixes, la humitat relativa augmenta. La humitat de l'aire és un factor climàtic que pot modificar el rendiment final dels cultius. Quan la humitat és excessiva, les plantes redueixen la transpiració i disminueixen el seu creixement. Contràriament, si és molt baixa, les plantes transpiren en excés i poden arribar a deshidratar-se.

Per tal d'obtenir una humitat relativa adequada, els hivernacles utilitzen el següent sistema:

- Sistema de refrigeració

En situacions en què la humitat relativa de l'ambient és molt baixa, hi ha perill que les plantes puguin patir greus problemes. D'aquesta manera, el que intentarem serà augmentar la humitat relativa de l'aire mitjançant nebulitzadors, que polvoritzaran aigua i refrescaran l'interior de l'hivernacle.



*Refrigeració amb nebulitzadors*

### **Intensitat lumínica o lluminositat**

La intensitat lumínica o lluminositat és un factor imprescindible perquè les plantes puguin dur a terme la fotosíntesi. A major lluminositat a l'interior de l'hivernacle, augmenta la temperatura, la humitat relativa i el CO<sub>2</sub>, i d'aquesta manera es pot dur a terme el procés fotosintètic.

La llum actua sobre la temperatura de les fulles, en el creixement d'òrgans i teixits, en l'expansió de fulles, en la germinació de llavors, en la floració... És per això que en la construcció d'hivernacles sempre es té en compte el factor de la llum, ja que és una variable molt important. D'aquesta manera, per poder controlar la lluminositat en el cultiu, alguns hivernacles disposen del sistema següent:

- Sistema d'il·luminació

Hi ha diverses èpoques de l'any en què hi ha molt poques hores de sol, i això influeix en el creixement dels productes. És per això que, per tal que el desenvolupament de les plantes pugui seguir el seu ritme, se'ls ha de donar llum durant les hores que no hi ha sol. Per fer-ho, utilitzarem diverses bombetes distribuïdes per l'interior de l'hivernacle, de manera que puguin oferir il·luminació artificial al cultiu.



*Il·luminació artificial en un hivernacle*

### **Humitat de la terra**

S'anomena humitat de la terra a la quantitat d'aigua per volum de terra que hi ha en un terreny. Aquesta és de gran importància, ja que l'aigua constitueix un factor determinant en la formació, conservació, fertilitat i productivitat d'un sòl i, al mateix temps, és molt important per a la germinació, el creixement i el desenvolupament de les plantes cultivades. D'aquesta manera, establir l'índex d'humitat del sòl és de vital importància per a les activitats agrícoles.

Per tal que les plantes puguin créixer adequadament, s'utilitza el sistema següent:

- Sistema de reg gota a gota

En general, els agricultors solen tenir el sistema de reg temporitzat (és a dir, que es regui el cultiu cada cert temps). Aquest sistema de reg consisteix

a distribuir l'aigua a poca pressió a través d'uns orificis practicats en uns tubs on hi ha el degoteig de l'aigua (també existeixen tubs amb uns dispositius ja incorporats, que són orificis regulables). L'aigua aplicada amb aquest mètode s'infiltra cap a les arrels de les plantes, sense mullar les fulles, i els permet un bon creixement.



*Regadiu gota a gota*

- Velocitat del vent

La velocitat i força del vent també és una variable que hem de tenir molt en compte, ja que va molt relacionada amb el sistema de ventilació. D'aquesta manera, en tot hivernacle on hi hagi una ventilació automatitzada s'hauria de disposar del sistema següent:

- Sistema de prevenció

Aquest sistema està dissenyat perquè, en cas que faci molt de vent i les finestres zenitals de l'hivernacle estiguin obertes, aquestes es tanquin automàticament, per tal d'evitar possibles destrosses (destrucció del cultiu, de l'estructura de l'hivernacle, de les finestres...).

A més, aquest sistema de prevenció és molt pràctic ja que, a part de l'anemòmetre (que serà el que enviarà el senyal quan s'hagi de tancar la finestra), no necessita cap dispositiu més per dur a terme el funcionament (utilitza els mateixos elements que el sistema de ventilació).

## 4. Projecte d'un hivernacle automatitzat

### 4.1. Programació i electrònica

#### 4.1.1. Arduino

L'Arduino és una eina que fa que els ordinadors puguin sentir i controlar el món físic a través d'un ordinador personal. És una plataforma de desenvolupament que es basa en una placa amb un senzill microcontrolador i un entorn de desenvolupament per crear simples programes (software) per a la placa. És a dir, l'Arduino vindria a ser una plataforma de hardware oberta per a l'aprenentatge d'electrònica i la creació de prototips, basada en software i hardware flexibles i fà-



*Logotip de la casa Arduino*

cils d'utilitzar. Originàriament es va destinar a artistes, dissenyadors, aficionats i qualsevol interessat a crear entorns o objectes interactius.

#### 4.1.2. Scratch

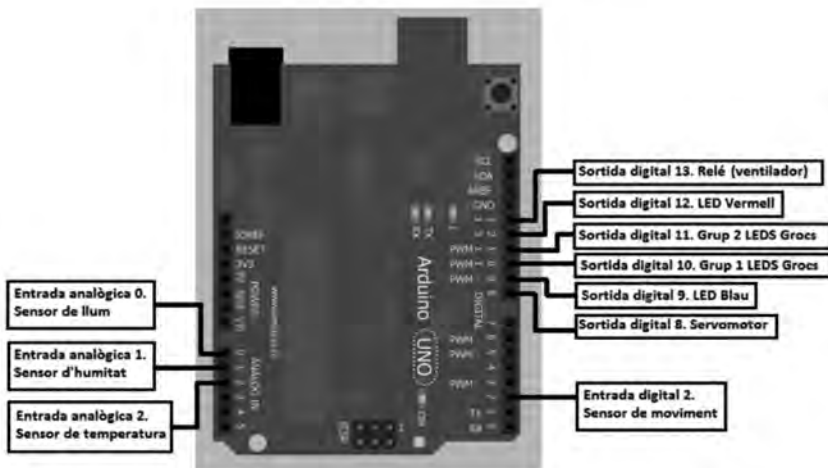
L'Scratch és un programa informàtic especialment destinat a nens i nenes, que els permet investigar i introduir-se en la programació d'ordinadors tot utilitzant una interfície gràfica molt senzilla.

Mitjançant aquesta aplicació, els nens i nenes poden explorar, experimentar i manifestar idees de manera creativa i divertida.

#### 4.1.3. Scratch for Arduino (S4A)

S4A (Scratch for Arduino) és una modificació de l'Scratch, desenvolupada pel Grup de Programació Smalltalk del Citilab, per programar de forma senzilla i intuïtiva la plataforma que hem explicat anteriorment, l'Arduino. A més, l'S4A inclou nous blocs per tal de poder controlar sensors i actuadors connectats a sistemes Arduino.

D'aquesta manera, de la unió de la targeta Arduino amb el programa Scratch, va sorgir aquest programa anomenat S4A, la plataforma del qual ens permet entrar al món de l'electrònica, la robòtica i la programació, i desenvolupar diferents prototips, sense necessitat de tenir coneixements avançats en l'àrea de programació.



*Esquema de les entrades i sortides utilitzades en la placa Arduino.*



- Programació

Un cop fet el muntatge de la imatge anterior, hem de crear unes instruccions que permetin controlar els elements que hem connectat anteriorment. D'aquesta manera, crearem les ordres següents:

Quan premem la bandereta verda, el digital 10 i el digital 11 (que és on hi ha connectats els dos grups de LEDS) han d'estar apagats. Tot seguit, ordenarem que el valor del sensor de llum (que està connectat a l'Analògic 0) sigui la variable lluminositat. A continuació, hauré de donar les instruccions per tal que el sensor s'encengui quan no hi hagi llum, i s'apagui quan n'hi hagi. Per fer-ho direm que, si la lluminositat és més petita de 400, els digitals 10 i 11 s'han d'encendre; si la lluminositat és més gran, els digitals 10 i 11 han d'estar apagats.

En aquest vídeo podem veure el funcionament del sensor de llum que hi haurà a l'hivernacle:

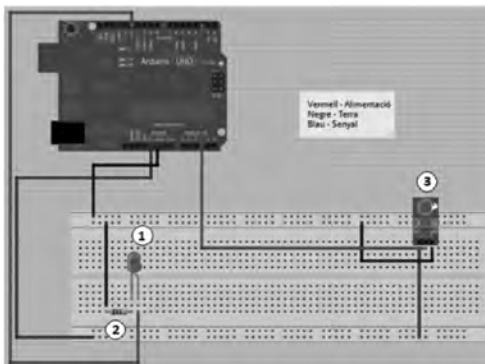
<https://www.youtube.com/watch?v=qK1eojvMT-8>

### Sensor de presència

- Muntatge físic

Esquema del muntatge:

- Programació



1 – LED vermell; 2 – Resistència de 220 Ω; 3 – Sensor de moviment



Instruccions per controlar el sistema d'emergència.

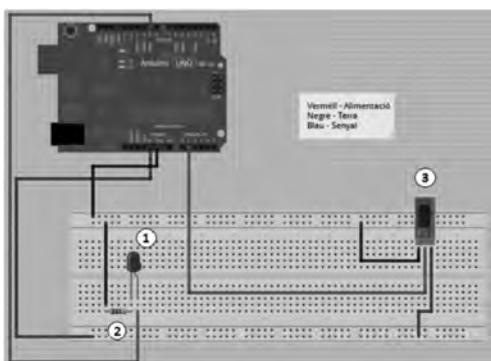
Ara hem de crear unes instruccions per tal que el LED actui d'una manera concreta en funció de la informació que ha rebut el sensor de moviment. És per això que les ordres seran:

Quan premem la bandereta, el digital 12 (que serà on hi haurà connectat el LED vermell) haurà d'estar apagat. Si el sensor digital 2 està premut (és a dir, el sensor detecta moviment) el LED vermell haurà d'encendre's i apagar-se repetidament (simulant un senyal d'alerta). A més de la intermitència del digital 12, també veurem que "si el sensor digital 2 està premut, toca el so Alarma 1". D'aquesta manera, quan hi hagi moviment també sonarà un senyal d'alerta. Si el sensor no detecta cap moviment, el LED romandrà apagat i no sonarà cap senyal.

En aquest vídeo podem veure el funcionament del sensor de moviment de l'hivernacle:

<https://www.youtube.com/watch?v=WBUifxPUYx4>

- Sensor d'humitat
- Muntatge físic
- Programació



1 – LED blau; 2 – Resistència de 220 Ω; 3 – Sensor d'humitat



Instruccions per controlar el sistema de reg a través del sensor d'humitat

Per poder controlar els elements de l'esquema anterior, haurem de crear les instruccions que veurem a la imatge següent:

Quan premem la bandereta verda, el digital 9 (que és on hi haurà connectat el LED blau) haurà d'estar apagat. Seguidament, fixarem la variable d'humitat al valor del sensor analògic 1 (que haurem connectat prèviament) i les ordres seran: “si la humitat és més petita que 5, activa la sortida digital 9; si no, no l'activis”. D'aquesta manera, quan la humitat tingui un valor més petit de 5, s'encendrà el LED blau que ens indicarà que s'ha de regar el cultiu.

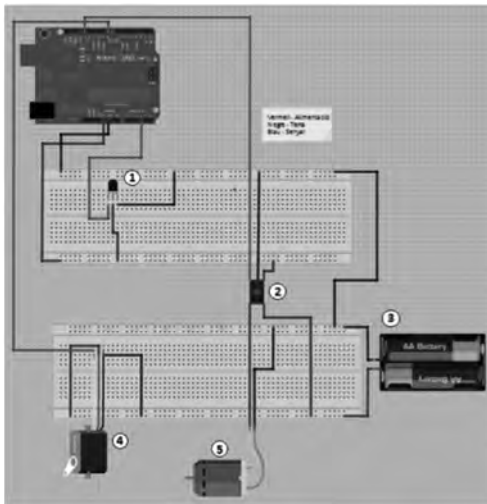
En aquest vídeo podem veure el funcionament del sensor d'humitat de l'hivernacle:

<https://www.youtube.com/watch?v=rhffZrMSFIE>

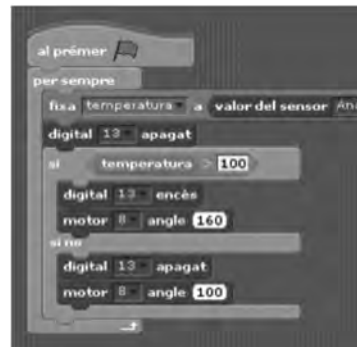
Sensor de temperatura

- Muntatge físic

Esquema del muntatge explicat anteriorment:



1 – Sensor de temperatura; 2 – Relé; 3 – Bateria de 7 V;  
4 – Servomotor; 5 – Motor del ventilador



Instruccions per controlar el sistema de ventilació a través del sensor de temperatura.



- Programació

Com fins ara, mitjançant l'S4A haurem de crear unes ordres per tal de poder fer que els elements que haurem connectat anteriorment s'activin o es desactivin en funció d'una variable com serà la temperatura. Aquestes instruccions seran:

Primer de tot, fixarem la variable temperatura al valor que ens doni el sensor connectat a l'entrada analògica 2. Llavors, quan premem la bandereta, la sortida digital 13 (que és on hi haurà connectat el relé que posteriorment activarà el ventilador) haurà d'estar apagada. Quan la temperatura tingui un valor més elevat de 100 (és a dir, quan faci calor a dins l'hivernacle) el digital 13 (relé connectat a un ventilador) s'encendrà i al mateix temps el servomotor connectat a la sortida digital 8 girarà fins a col·locar-se en un angle de 160°. En cas que la temperatura sigui més baixa de 100, el relé no s'activarà (i, per tant, el ventilador romandrà apagat) i el servomotor tornarà a la posició inicial de 100° (és a dir, es tancarà la finestra).

En aquest vídeo podem veure el funcionament del sensor de temperatura de l'hivernacle:

[https://www.youtube.com/watch?v=NPf2a\\_LF8YE](https://www.youtube.com/watch?v=NPf2a_LF8YE)

## 4.2. Esquema de les variables controlades

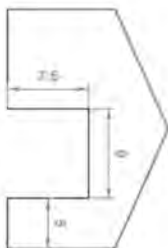
Variable	Sistema	Problema	Objectiu	Procediment	Sensor	Elements necessaris
Temperatura	Sistema de ventilació	Temperatura alta	Aconseguir que baixi la temperatura. Per fer-ho, intentarem millorar la ventilació.	Mitjançant un motor, aconseguir obrir les finestres del teulat per tal de millorar la ventilació i, al mateix temps, engegat un ventilador.	Sensor de temperatura	- Servomotor - Relé - Ventilador
Lluminositat	Sistema d'il·luminació	Falta de llum	Aconseguir que hi hagi una bona il·luminació a l'interior de l'hivernacle.	Quan hi hagi poca llum a l'exterior, aconseguir que s'activin els llums de l'interior de l'hivernacle.	Sensor de llum	- 4 LEDS grocs - 4 resistències de 220 $\Omega$ .
Humitat de la terra	Sistema de reg	Sequera en el cultiu	Aconseguir que els aliments plantats rebin l'aigua que necessiten per tal de poder créixer correctament.	Quan hi hagi poca humitat a la terra, aconseguir que s'activi un LED blau que simbolitzarà el reg.	Sensor d'humitat de la terra	- 1 LED blau - 1 resistència de 220 $\Omega$ .
Presència	Sistema de seguretat	Possible amenaça	Aconseguir que, en cas que l'hivernacle pateixi alguna amenaça, s'activi un sistema d'emergència.	Quan aquest detecti que hi ha algun intrús a la vora, aconseguir que s'encengui un LED vermell intermitent i que se senti un so d'alerta.	Sensor d'infrarojos	- 1 LED vermell - 1 resistència de 220 $\Omega$ .

### 4.3.Plànols

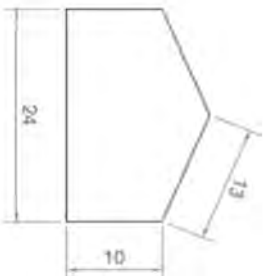
PLANTA ESC 1:8 CM



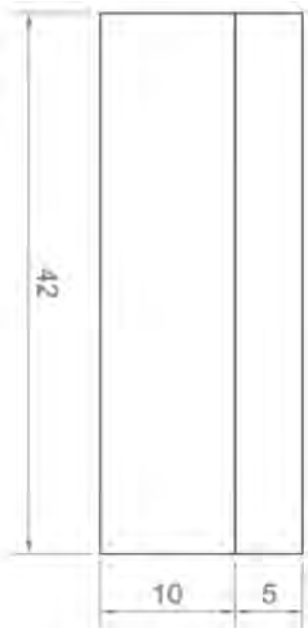
ALÇAT FRONTAL ESC 1:8 CM



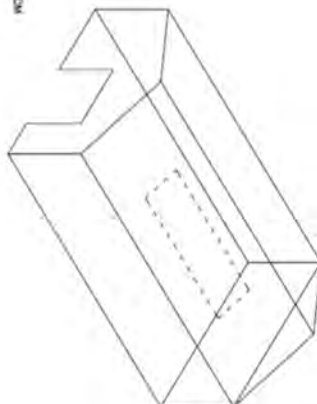
ALÇAT POSTERIOR ESC 1:8 CM



PERFIL ESC 1:8 CM



MODEL 3D ESC 1:8 CM



#### 4.4. Materials

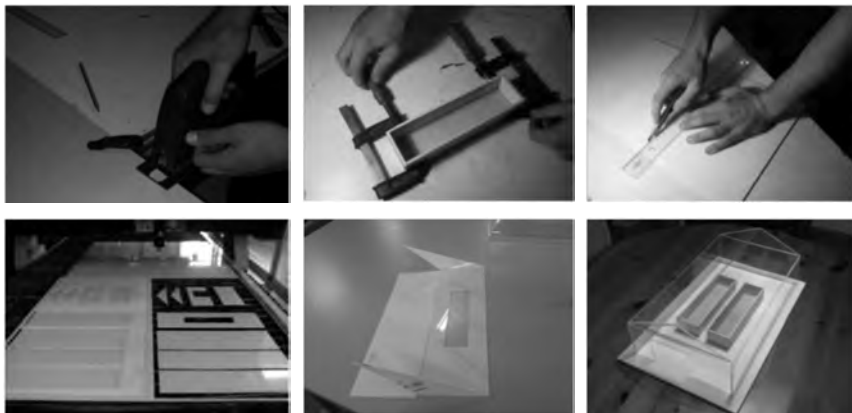
Materials	
Part de bricolatge	Part d'electrònica
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Una fullola de 600x300, de 5 cm de gruix.</li> <li>- Cartró ploma 700x500, de 5 cm de gruix.</li> <li>- Una planxa d'1 m2 de metacrilat.</li> <li>- Quatre barres de fusta.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fil d'estany</li> <li>- Cola blanca</li> <li>- Silicona</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Targeta de desenvolupament Arduino UNO</li> <li>- Sensor de llum Robox model GMCGQ</li> <li>- Sensor de temperatura Robox model LM35</li> <li>- Sensor d'humitat DHT11 model I052115</li> <li>- Sensor d'infrarojos Robox model RTHW               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Microservo Tower Pro SG90</li> </ul> </li> <li>- 6 LEDS (4 de grocs, 1 de vermell i 1 de blau)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ventilador</li> <li>- Relé</li> </ul> </li> <li>- Cables connectors de color negre, vermell i blau               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 resistències de 220 <math>\Omega</math>.</li> <li>- Plaques per soldar els circuits</li> </ul> </li> <li>- 3 Plaques protoboard (per fer proves)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pin de pues per connectar</li> </ul> </li> </ul>

#### 4.5. Eines

- Serra elèctrica
- Serra de marqueteria
- Soldador
- Tornavís
- Pelacables
- Pistola de silicona
- Dremel

#### 4.6. Imatges del procés de construcció

A continuació podem observar algunes imatges del procés de construcció:



#### 5. Conclusions

Els objectius inicials del treball pretenien introduir-me en el món dels habitatges intel·ligents (domòtica), adquirir els màxims coneixements possibles sobre el món dels cultius protegits i, finalment, aplicar tant els conceptes del món de la domòtica com els adquirits en l'estudi dels cultius protegits en un àmbit més pràctic, com el de crear un projecte sobre un hivernacle automatitzat.

Puc dir que aquests objectius s'han pogut dur a terme correctament i el resultat ha estat molt positiu.

També he pogut demostrar que, per molt complex que sembli un projecte, si aprenem a veure'l des de molts punts de vista i no ens estaquem només en la dificultat que suposa, no serà tan complicat com sembla. És per això que aquest treball podria ser aplicat perfectament a l'ensenyament ja que, tot i semblar un projecte molt complex, en realitat no requereix uns grans coneixements, sinó únicament una bona dedicació.

Aquest treball també m'ha obligat a introduir-me en molts àmbits: he hagut d'aprendre a utilitzar l'S4A per poder crear les instruccions, he hagut d'adquirir unes petites nocions d'electrònica per tal de poder connectar correctament tots els elements electrònics, he hagut d'atrevir-me a dominar mínimament l'Autocad per tal de poder elaborar els plànols de la maqueta, he hagut de conèixer i utilitzar el Fretzing per tal de poder fer els esquemes de

cada muntatge...

En resum, crec que no m'he de quedar únicament en el treball en si, sinó que he de valorar tots aquests coneixements que he adquirit i que, segurament, més endavant em tornaran a aparèixer (en un nivell molt més complex, és clar).