

# Disseny d'una instal·lació elèctrica amb energies renovables, amb control Scada, per una explotació rural

Salvador Moreno Borrell

Estudiant d'Enginyeria Tècnica Industrial, especialitat en electricitat

## Resum

El present projecte té com a objectiu la monitorització, control i gestió d'un hivernacle. L'hivernacle està situat en una finca rústica de la població de Santa Oliva, a la província de Tarragona.

L'hivernacle es distribuirà en quatre mòduls d'hivernacles, cada un d'ells controlats mitjançant uns PLC perifèrics. Per a aquest fi es crearà una xarxa Profinet juntament amb un cinquè PLC a mode de màster dels perifèrics i esclaus d'aquest. Hi haurà una connexió Profinet entre un PC, que monitoritzarà i recollirà totes les dades, i els PLC.

El sistema prendrà les mesures oportunes i adients per tal que l'explotació que es farà en l'hivernacle obtingui el millor rendiment possible, de la manera més eficient, en tant que un menor cost econòmic per la eficiència de la despesa energètica. Es farà que el sistema creat sigui eficient, el més sostenible possible, i que la inversió dinerària que s'hagi de fer es pugui amortitzar en el menor temps possible per tal d'aconseguir beneficis.

El projecte s'estructura en tres grans parts diferenciades. La primera, i més genèrica, a mode d'introducció s'explicarà què es vol fer: es plantejarà en quina zona geogràfica es pretén desenvolupar l'explotació agrícola en un hivernacle. Es tractarà el tema del cultiu escollit i quines són les seves condicions per fer-lo més òptim. I, en darrer terme, s'estudiarà el funcionament general d'un hivernacle.

A la segona part, es passa a l'aplicació pràctica de l'estudi que s'ha fet prèviament sobre un hivernacle. Es triaran els mitjans més adequats per desenvolupar una collita d'excel·lència; això és: escollir els sensors més adequats per controlar, per exemple, la temperatura o la humitat del sòl i se'n calcularan les línies.

Posteriorment, es farà l'estudi de l'automatització mitjançant PLC's. S'escollirà la marca de PLC a instal·lar i es faran els graficets pel sistema de calefacció o de control de les pantalles tèrmiques, entre d'altres.

Arribat aquest punt ja hauríem plantejat a la primera part què es pretén fer, després, com es farà, i llavors arribem a la tercera part del projecte en la qual es calcularà i desglossarà la inversió econòmica que cal fer; i es valorarà la viabilitat del projecte, la rendibilitat i l'amortització de la inversió.

Resumint, i a grans trets, es durà a terme aquest objectiu de la següent manera:

Disposem d'un terreny rústic en el qual construirem uns hivernacles. En el mateix terreny hi ha un pou.

S'hi faran quatre mòduls d'hivernacles. Cadascun d'ells estarà controlat mitjançant un PLC perifèric. Per fer això cal crear una xarxa profinet juntament amb un cinquè PLC que s'instal·larà a la zona de bombeig que s'ubicarà a la vora del pou. La connexió entre el PC i els PLC serà mitjançant profinet.

## Antecedents

Quan es va plantejar aquest projecte, va sorgir la possibilitat, a la qual respon el títol del projecte, de que fos una explotació desenvolupada amb energies renovables. Però a raó de la conjuntura actual de l'economia, i la primera aproximació a la matèria, es va decidir que no es faria ús d'aquest tipus de generació d'energia. El motiu és la no viabilitat, ja que s'han derogat les mesures que subvencionaven la instal·lació d'aquestes. Concretament, i a tenor del que s'esmenta en el RDLEI 1/2012, de 27 de gener, pel qual es procedeix a la suspensió dels procediments de pre-assignació de retribució i la supressió dels incentius econòmics per a noves instal·lacions de producció d'energia elèctrica a partir de cogeneració, fonts d'energia renovables i residus. En la norma s'esmenta com la complexa situació econòmica i financera aconsella la supressió dels incentius per a la construcció d'aquestes instal·lacions, amb caràcter temporal, com a mínim fins a la solució del principal problema que amenaça la sostenibilitat econòmica del sistema elèctric: el dèficit tarifari del sistema elèctric.

## 1. Introducció

Amb aquest projecte es pretén controlar a distància un hivernacle per tal d'optimitzar el rendiment de la plantació que s'hi farà. Hi haurà un ordinador que monitoritzarà tot el sistema i anirà informant sobre les diferents variables en què estarà la plantació i, el més important, executarà les mesures adients per optimitzar-ne el rendiment.

Per a això, s'escollirà el tipus d'hivernacle més adequat per a la plantació que hi pretenem desenvolupar. Això és: un estudi del millor sistema per optimitzar la ventilació, la humitat, la fertilització, la calefacció i el reg de la plantació dins l'hivernacle.

L'hivernacle estarà dividit en quatre mòduls per tal que els sensors que s'hi instal·laran puguin enviar la informació de les diferents zones, ja que en tractar-se d'una explotació de grans dimensions, és millor poder executar les mesures oportunes i diferents per a cadascuna de les zones, si l'estat de les mateixes així ho requerissin. A cada un dels mòduls s'hi instal·larà un PLC perifèric per tal de reduir la distància

entre els sensors i l'autòmat. Hi haurà un PLC que anomenarem màster i actuarà com a *controller* dels altres, els quals en dependran a mode d'esclaus. Per a la comunicació entre aquests PLC es crearà una xarxa Profinet. Per tant, la capacitat d'actuar sobre cada un dels elements que componen les instal·lacions reduirà considerablement el consum energètic i esdevindrà un sistema més eficient.

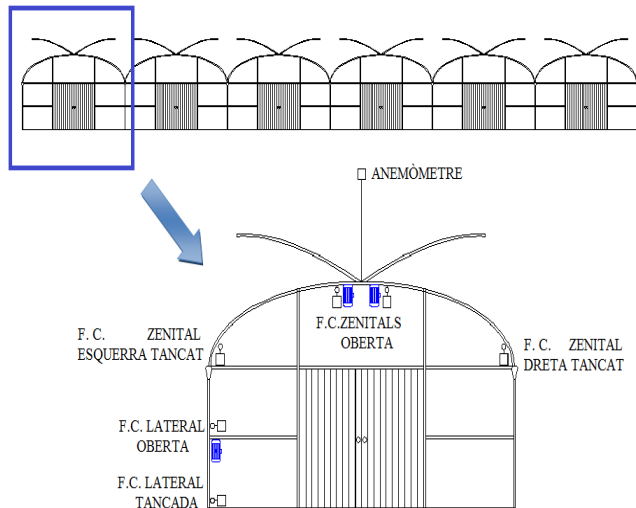


Fig. 1. Vista frontal d'un mòdul d'hivernacle

Llavors es muntarà un sistema SCADA que visualitzi i, en el seu cas, gestioni tot l'hivernacle: es veuran els nivells d'estat, es podrà instal·lar nivells d'alarma per tal d'augmentar el rendiment de la producció, històric de registres, etc.

## 2. La parcel·la

L'explotació agrícola està situada en el terme municipal de Santa Oliva, comarca del Baix Penedès a la província de Tarragona.

L'esmentada comarca litoral forma amb el Garraf i l'Alt Penedès la regió natural del Penedès, coneguda principalment per la seva producció vinícola. El terme de Santa Oliva està ubicat a la plana del Baix Penedès amb una extensió de 9'54 km<sup>2</sup>, amb conreus repartits entre zona de regadiu (hortes), ametllers, oliveres i vinya. Té un altitud mitjana de 102 m sobre el nivell del mar i una població de 3.739 habitants.

La comarca del Baix Penedès té un clima Mediterrani de tipus Litoral Sud. La precipitació mitjana anual està entre els 550 mm i 650 mm. Els màxims de precipitació es donen clarament a la tardor i els mínims a l'hivern i a l'estiu. Tèrmicament els hiverns són moderats amb temperatures mitjanes de 7 °C a 9 °C, i els estius calorosos, al voltant dels 24 °C de mitjana, donant com a resultat una amplitud tèrmica anual entre mitjana i alta. Només hi pot glaçar entre els mesos de novembre i març.

Disposem d'una parcel·la amb una extensió de 10 hectàrees.



Fig. 2. Vista aèria de la parcel·la

En aquesta parcel·la hi instal·larem quatre mòduls, cada mòdul són sis hivernacles junts ocupant una extensió de 5.550 m<sup>2</sup>. Per tant, si sumem tots quatre mòduls tenim 22.200 m<sup>2</sup> d'hivernacle. Cada mòdul disposa de dues basses d'aigua per alimentar el reg gota a gota. L'aigua s'extreu d'un pou mitjançant una bomba que alimenta les basses. També tenim un magatzem d'uns 2.000 m<sup>2</sup> el qual es divideix en tres zones: oficines, zona d'empaquetatge i el magatzem pròpiament. A les oficines és on estarà instal·lat l'ordinador des del qual es visualitzarà tot el sistema i on estarà l'operari que en el seu moment el gestioni. Al costat del magatzem és on està el pou, i a la vora d'aquest on hi ha una sala de calderes.

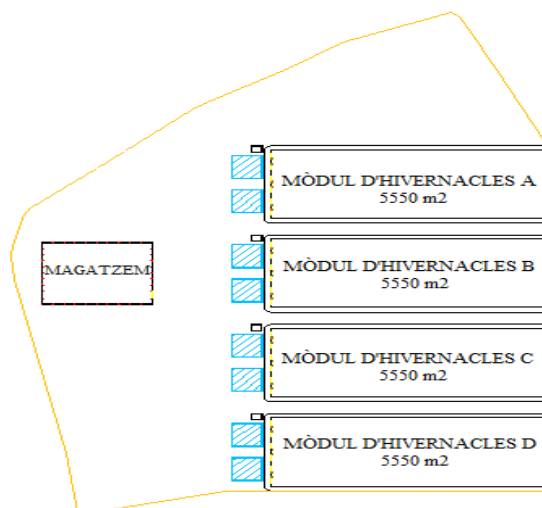


Fig.3. Quatre mòduls d'hivernacle i magatzem

## 3. Tipus d'hivernacle i elecció del cultiu

A nivell mundial existeixen una gran varietat d'estructures d'hivernacles. N'hi ha de tipus parral, multi-túnel, de vidre, etc. El tipus d'hivernacle que s'hi construirà a la parcel·la de Santa Oliva serà del tipus multi-túnel, ja que després de la seva valoració serà la modalitat escollida per la gran capacitat que té de control dels factors climàtics i la fàcil instal·lació, en tractar-se d'estructures prefabricades.

Respecte al tipus de cultiu que es pretén fer s'escull el tomàquet, ja que és un cultiu adequat per a la climatologia que hi ha en la parcel·la de Santa Oliva. El tomàquet es desenvolupa de manera òptima en temperatures d'entre 20 i 30° centígrads durant el dia i d'entre 1° i 17° a la nit. Aquestes franges fan que sigui un cultiu que dins

l'hivernacle es pot controlar sense una gran inversió energètica. El mateix succeeix per les altres variables de climatologia a controlar i valorar per a optimitzar el rendiment de l'explotació, tals com la humitat, o necessitats de reg, per exemple.

S'ha escollit una varietat de tomàquet la qual el seu consum actual va a l'alça: el tomàquet Raf.



Fig. 4. Tomàquet Raf

La varietat és pròpia dels hivernacles del sud de la península ibèrica i especialment a la província d'Almeria. L'elecció d'aquesta varietat respon a criteris de rendibilitat pel marge econòmic que donarà la seva venda i perquè a Catalunya és un mercat encara per explotar. Es pretén rendibilitzar, en el sentit de recuperar la inversió i obtenir beneficis, a partir del segon any de funcionament de l'explotació agrícola instal·lada a l'hivernacle.

#### 4. Elecció del PLC i xarxa Profinet

Avui dia la oferta del mercat en PLC és molt extensa ja que existeixen una infinitat de marques que ofereixen múltiples possibilitats i amb diversitat de preus. Pel present projecte escollirem la marca Siemens, a raó de criteris funcionals, tecnològics i operacionals; fent especial èmfasi a la fiabilitat del producte contrastat, proximitat amb un servei tècnic i subministres per eventuais recanvis. També es valora el cost i el fet de que la marca és popular i es troben fàcilment manuals i altres informacions per a la formació de l'equip d'operaris que l'hagin d'utilitzar.

Es crearà una xarxa per tal de connectar els cinc PLC que es pretenen instal·lar per a un control més exhaustiu i a fi de ser més sostenible i eficient. Serà una xarxa completament descentralitzada, la qual cosa per a extensions grans comporta avantatges del tipus: estalvi de cablejat, reducció d'eventuals problemes. Cada estació perifèrica disposarà de mòduls digitals i analògics. Per a tal fi, es tria d'entre les diverses possibilitats de comunicació entre PLC: profibus, wifi, bluetooth, wireless, modbus, profinet.

#### 5. PLC i sistema SCADA aplicat

Des del PC mitjançant el sistema SCADA l'operari disposarà de diferents pantalles de control per visualitzar i controlar la calefacció, pantalles tèrmiques, subministrament d'aigua, finestres, reg, etc; de tots els hivernacles.

El control pot ser automatitzat per complet en haver definit unes variables de *setpoint* i advertiments o alarmes d'avís. És a dir, funciona totalment sol, si bé, sempre amb l'opció

d'activar el que convingués en mode manual (per exemple, per cas d'una eventual avaria d'un sensor).

En tot moment l'autòmat rebrà informació mitjançant sensors instal·lats arreu dels hivernacles. Sensors de temperatura, humitat del terra, de la força del vent i de la pluviometria. En el moment que qualsevol paràmetre surti de l'establert en el programa s'activarà una ordre per tal de tornar a l'estat establert.

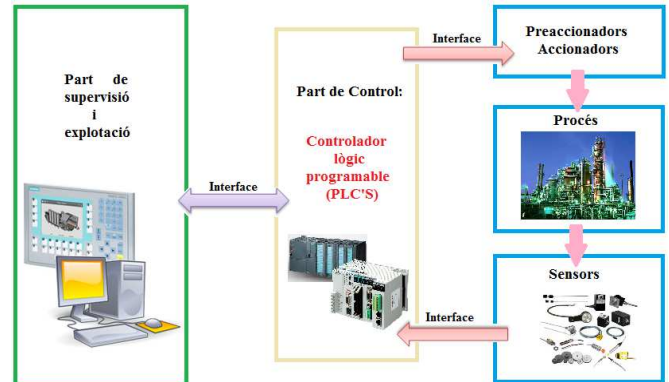


Fig. 5. Gràfic del cicle

Un exemple podria ser que en un moment on l'hivernacle es trobés amb totes les finestres obertes i de sobte comencés a ploure, en caure les primeres gotes, el sensor de pluviometria activaria una entrada digital al seu corresponent perifèric. Aquest comunicarà la senyal a través de la xarxa profinet al màster on està instal·lada la CPU. El programa processarà l'ímput i donarà una ordre que realitzarà el mateix trajecte però a la inversa acabant tancant totes les finestres. Tot el procés és visualitzat des del PC.

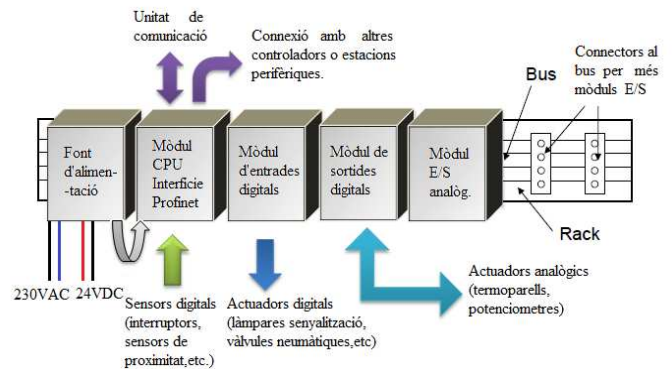


Fig. 6. Arquitectura del màster.

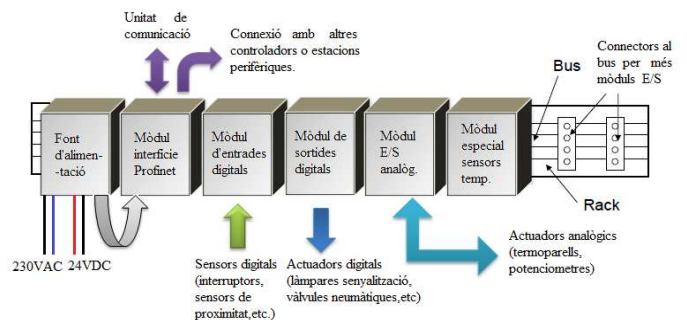


Fig. 7. Arquitectura dels perifèrics.

Tal i com s'observa a les figures 6 i 7, l'estructura serà molt semblant pel cas del màster i en el cas dels perifèrics ja que ambdós disposen de mòduls d'entrades i sortides seguint les directrius del sistema. Ara bé, la gran diferència que hi haurà és que només el màster tindrà CPU i els perifèrics tenen unitat de comunicació, que enviarà la informació al màster.

## 6. Instal·lació elèctrica

Es realitzarà la instal·lació elèctrica sota aquestes premisses:

- Transportar la potència requerida amb total seguretat.
- Que el transport s'efectuï amb la menor pèrdua d'energies.
- Mantenir els costos d'instal·lació dintre d'uns valors acceptables.

Dimensionarem els conductors utilitzant els següents criteris:

- Criteri d'escalfament.
- Criteri de caiguda de tensió.
- Criteri de curt circuit.

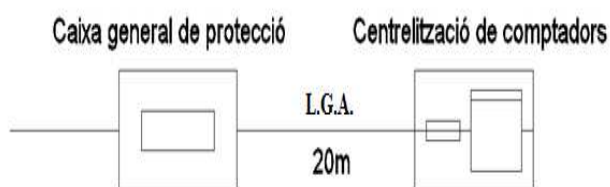


Fig. 8. Línia general d'alimentació.

La línia general d'alimentació (LGA) serà l'encarregada d'unir la caixa general de protecció amb la centralització de comptadors. Realitzem el càlcul de la secció a instal·lar tenint en compte la potència total del projecte i els tres criteris d'escalfament, caiguda de tensió i curtcircuit.

En el projecte hi ha cinc derivacions individuals, totes sortiran de la caixa de protecció i mesura. Quatre alimentaran sub-quadres en cada mòdul d'hivernacles i la última alimentarà el magatzem i la zona del pou.

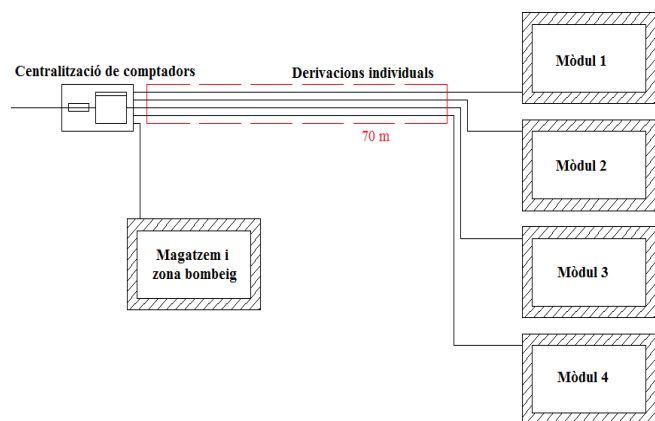


Fig. 9. Derivacions individuals.

Alhora s'estudiarà el sistema de protecció contra sobrecàrregues, així com l'enllumenat d'emergència i la senyalització.

## 7. Estudi econòmic

La inversió per dur a terme el projecte de instal·lació de l'hivernacle està valorada en 557.000euros. S'ha fet un estudi i desglossament dels materials necessaris per a la construcció de l'hivernacle i de tot el sistema de control i monitorització. Per a dur a terme la inversió s'ha demanat assessorament a una entitat bancària del país, la qual ens suggereix finançament a través d'un préstec de la línia de l'Estat ICO 2012, o el seu equivalent per a 2013. Per a 2012 el préstec serà un ICO Inversió 2012. Ens presenten un sistema de pagament del capital necessari per a desenvolupar el projecte a un termini de deu anys, amb un interès subvencionat per ICO. Es preveu començar a amortitzar capital a partir del segon any quan ja es comenci a tenir uns beneficis de la comercialització i venda del producte que cultivem.

Un cop es comenci a amortitzar la inversió la producció serà més econòmica i augmentarà la competitivitat del producte pel cas eventual de que a Catalunya hi comencin a haver més productors del mateix cultiu.

## 8. Conclusions

En aquest projecte s'haurà realitzat la automatització i control d'un hivernacle per tal d'aconseguir una millor gestió. Aquesta evolució tècnica és gairebé obligatòria per subsistir en un mercat en el qual hi ha una forta competència. Dit d'una altra manera el ser o no ser.

En una primera impressió es podria considerar una despesa inicial molt elevada, però es pot aconseguir una amortització en poc temps. Un cop amortitzat, la producció resulta molt més econòmica i això es tradueix en menys despeses, majors beneficis, per tant una millor competitivitat.

La clau de l'èxit dintre el mercat es basa en conrear un producte molt delicat, el qual requereix cuidar tots els paràmetres en tot moment per aconseguir una bona collita. D'aquesta manera només els que estan automatitzats podran atrevir-se a conrear-lo i, per tant, si no hi ha un elevat sobre cost de producció que impliqui el seguiment intensiu, això redueix la competència del mercat i es poden aconseguir preus més estables i rendibles.

Un altre objectiu és reduir en la mesura del possible totes les despeses fixes. Dintre d'aquest concepte hi ha la contractació de personal. Amb l'automatització s'aconsegueix una reducció molt important. Només cal qüestionar-se quina plantilla seria necessària per poder donar les millors condicions de cultiu durant vint-i-quatre hores. Òbviament hi ha tasques de les quals es requereix la intervenció humana i no se'n pot prescindir.

També cal fer esment a l'estalvi energètic, en tant que no es malbarata energia ni recursos hidràulics. D'aquesta manera s'aconsegueix ser respectuós amb el medi ambient i estalviar.

Una altra prestació que ofereix l'automatització és la creació d'un històric. Any rere any, podem emmagatzemar dades de diferents variables (temperatura, humitat...). Això

dóna una informació molt valuosa de cara a augmentar la producció. També es pot anar localitzant avaries i programar mesures preventives per tal de minimitzar-les.

També hi ha l'opció d'introduir Internet en el sistema. Aquesta opció permetria la visualització i control des de qualsevol punt del món amb connexió a la xarxa i així, si es dóna a les persones autoritzades tota la informació real de l'estat de l'explotació, es pot imaginar un comercial disposant d'aquesta informació en el moment de negociar els preus de venda. Un cop estigui tot el sistema instal·lat, sempre es pot realitzar una ampliació.

A la fi, es pot afirmar que una bona automatització juntament amb el sistema de visualitzador SCADA ofereix un inici que requereixen una inversió considerable per passar a ser una empresa molt competitiva.

### **Referències**

- [1] Manuals del programa Scada Wincc flexible, del administrador Simatic Step7 i de les perifèries descentralitzades de Siemens ET200S.
- [2] [www.automation.siemens.com](http://www.automation.siemens.com)
- [3] [www.solerpalau.es](http://www.solerpalau.es)
- [4] [www.horticom.com](http://www.horticom.com)
- [5] [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)