

## **Treball final de grau**

**Estudi: Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica**

**Títol:** Hort educatiu automatitzat i autosuficient

**Document:** 1. Memòria

**Alumne:** Germán González García

**Tutor:** Albert Figueres i Coma

**Departament:** Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

**Àrea:** Enginyeria de Sistemes i Automàtica

**Convocatòria (mes/any):** setembre/2020

## ÍNDEX

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓ .....                                   | 3  |
| 1.1. Antecedents .....                                 | 3  |
| 1.2. Objecte.....                                      | 4  |
| 1.3. Abast.....  | 4  |
| 2. DESCRIPCIÓ GENERAL DE LA SOLUCIÓ ADOPTADA .....     | 6  |
| 3. INSTAL·LACIÓ DE REG.....                            | 8  |
| 3.1. Emplaçament i descripció de la instal·lació ..... | 8  |
| 3.2. Captació d'aigua.....                             | 9  |
| 3.2.1 Dipòsit d'emmagatzematge d'aigua .....           | 9  |
| 3.2.2 Dipòsit de reg.....                              | 9  |
| 3.3. Bombeig .....                                     | 11 |
| 3.3.1 Canalització .....                               | 11 |
| 3.3.2 Bomba de CA .....                                | 12 |
| 3.3.3 Bomba de CC .....                                | 14 |
| 3.4. Regulació del reg .....                           | 15 |
| 3.4.1 Electrovàlvula de CA.....                        | 15 |
| 3.4.2 Electrovàlvula de CC .....                       | 16 |
| 3.5. Sistema de regadiu .....                          | 17 |
| 3.6. Consums .....                                     | 18 |
| 3.6.1 Consum CA .....                                  | 18 |
| 3.6.2 Consum CC .....                                  | 19 |
| 4. INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA (cas I) .....             | 20 |
| 4.1. Emplaçament de la instal·lació .....              | 20 |
| 4.2. Mòdul fotovoltaic .....                           | 21 |
| 4.3. Inversor .....                                    | 21 |
| 4.4. Camp fotovoltaic.....                             | 22 |
| 4.5. Estructures de suport .....                       | 23 |
| 4.6. Cablejat.....                                     | 24 |
| 4.6.1 Cablejat de la instal·lació fotovoltaica .....   | 24 |
| 4.6.2 Cablejat de l'automatització .....               | 25 |
| 4.7. Canalitzacions.....                               | 26 |
| 4.8. Proteccions de CA.....                            | 27 |
| 4.8.1 Proteccions de la instal·lació fotovoltaica..... | 27 |

|   |    |
|---|----|
| 4.8.2 Proteccions de l'automatització.....  | 29 |
| 5. INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA (cas II) ..... | 31 |
| 5.1. Emplaçament de la instal·lació .....   | 31 |
| 5.2 Mòdul fotovoltaic .....                 | 31 |
| 5.3 Estructures de suport .....             | 32 |
| 5.4 Cablejat .....                          | 33 |
| 5.5 Canalitjacions .....                    | 35 |
| 5.6 Proteccions .....                       | 36 |
| 5.7 Regulador de càrrega.....               | 38 |
| 5.8 Bateria.....                            | 39 |
| 5.9 Conversor 24V-5V.....                   | 40 |
| 6. SISTEMA DE CONTROL.....                  | 42 |
| 6.1 Placa de sensorització.....             | 42 |
| 6.1.1 Circuit d'alimentació .....           | 42 |
| 6.1.2 Humitat i temperatura de l'aire ..... | 43 |
| 6.1.3 Pressió atmosfèrica .....             | 44 |
| 6.1.4 Humitat del sòl .....                 | 44 |
| 6.1.5 Disponibilitat d'aigua .....          | 45 |
| 6.1.6 Caudal .....                          | 45 |
| 6.1.7 Relés .....                           | 46 |
| 6.2 Placa d'interfície amb l'usuari .....   | 46 |
| 6.2.1 Indicadors visuals .....              | 46 |
| 6.2.2 Botonera .....                        | 47 |
| 7. APLICACIÓ ANDROID I FIREBASE.....        | 48 |
| 8. ESTUDI ENERGÈTIC.....                    | 49 |
| 8.1 Estudi energètic cas I.....             | 49 |
| 8.2 Estudi energètic cas II .....           | 52 |
| 9. RESUM DEL PRESSUPOST.....                | 55 |
| 10. CONCLUSIONS .....                       | 56 |
| 11. RELACIÓ DE DOCUMENTS .....              | 58 |
| 12. BIBLIOGRAFIA.....                       | 59 |
| 13. GLOSSARI .....                          | 61 |
| A. CÀLCULS.....                             | 62 |
| B. CODI INFORMÀTIC .....                    | 79 |

## 1.INTRODUCCIÓ

La tecnologia cada cop avança i evoluciona de forma més ràpida, de la mateixa forma, la conscienciació per una millor sostenibilitat del medi ambient, per tant és indispensable que la tecnologia es converteixi en una eina per ajudar a aquesta tasca. Per a que això esdevingui una realitat, el més aviat possible, és necessari que les noves generacions d'estudiants comencin a tenir una presa de contacte amb materials i ambients tecnològics reals amb dispositius i interfícies utilitzades en nivells d'estudis obligatoris i postobligatoris, o a nivell professional, i aplicades en projectes que tinguin com a finalitat una millora de la sostenibilitat d'un procés, sense oblidar l'objectiu principal de la tecnologia, millorar la comoditat dels usuaris.

### 1.1. Antecedents

El present projecte presenta la instal·lació d'un sistema de reg automatitzat d'un hort escolar mitjançant únicament recursos sostenibles, i amb capacitat de ser controlat de forma remota via Wi-Fi amb una aplicació per a dispositius android.

La instal·lació del sistema de reg es durà a terme en l'institut Cap Norfeu de Roses que des de el curs 2015/2016, alumnes i professors treballen en la construcció i manteniment d'un hort ecològic sota el projecte anomenat "Hortalitza't Norfeu". Aquest és un recurs pedagògic per treballar amb la comunitat educativa conceptes de: agricultura ecològica, alimentació saludable i sostenibilitat mediambiental. Durant el transcurs d'aquests anys, el projecte s'ha consolidat tant en el vessant pedagògic com en el vessant hortícola, i aquest és un bon moment per a introduir nous conceptes de l'àmbit tecnològic, per a millorar la sostenibilitat de l'hort a través de la reducció del consum d'aigua i l'energia elèctrica, a més de facilitar el manteniment durant el període de vacances escolars.

La instal·lació es situarà dintre de la parcel·la pròpia de l'institut, més concretament en la zona de patis, que ha sigut destinada expressament per al desenvolupament de les activitats docents del projecte "Hortalitza't Norfeu". Tot i que aquesta zona ha sigut sotmesa a reformes per a portar una presa d'aigua, per facilitar el reg de l'hort, aquest projecte únicament utilitzarà com a recurs hídric l'aigua pluvial recollida en les teulades de l'institut.

Seguint la filosofia del projecte docent que es duu a terme en l'institut, la instal·lació ha de ser el més sostenible i amb menys impacte medi ambiental possible, per tant s'estudiarà en quin mode de connexió dels generadors fotovoltaics s'aconseguiria cobrir el consum de l'automatització de forma ininterrompuda i a més a més amortitzés la instal·lació més ràpidament.

## 1.2. Objecte

L'objecte del present projecte és aprofitar els recursos hídrics pluvials mitjançant un reg automatitzat amb controlat amb un microcontrolador compatible amb ARDUINO i trobar la solució més sostenible per a cobrir el consum d'aquesta automatització considerant, o bé l'ampliació de la instal·lació fotovoltaica ja existent a l'institut, o bé la creació d'una nova instal·lació solar aïllada de la xarxa amb recàrrega de bateries. A més de crear un servidor online per a transmetre les mesures del sistema de sensorització a dispositius mòbils i controlar remotament el sistema de regadiu.

## 1.3. Abast

L'abast del projecte inclou el disseny i definició de tots els elements necessaris per a realitzar l'ampliació de la instal·lació fotovoltaica ja existent i de la nova instal·lació fotovoltaica aïllada de la xarxa que abastiran el sistema de bombeig i d'electrovàlvules i també el sistema de control i comunicació.

La comparativa de l'impacte econòmic i energètic de l'institut entre els dos tipus diferents d'instal·lacions fotovoltaiques, analitzant també la viabilitat econòmica d'ambdues, segons la demanda de l'institut.

El dimensionat i definició dels elements del sistema de reg i bombeig d'aigua segons el tipus d'instal·lació elèctrica emprada i també l'emmagatzematge de l'aigua recollida.

La creació d'un sistema de sensorització per a la recollida de paràmetres per aconseguir un seguiment adient de les necessitats dels cultius i dels recursos hídrics disponibles, i el disseny d'una placa PCB per a una fàcil connexió de tots els sensors i elements de l'automatització, i aquesta serà dissenyada de la forma més senzilla i entenedora per a que pugui ser utilitzada com a recurs didàctic en l'institut.

La programació del microcontrolador per a realitzar una automatització que aprofiti de la forma més òptima, l'aigua que disposa el dipòsit . Una comunicació via Wi-Fi per a poder transmetre els paràmetres necessaris per a mantenir als professors encarregats de l'hort, informats a temps real de la situació de l'hort i també que es pugui actuar sobre les electrovàlvules i bomba de reg.

Disseny d'una aplicació senzilla per a dispositius android que permeti supervisar els paràmetres necessaris de la instal·lació, definir els temps i condicions de reg i també una interacció directa entre l'usuari i els actuadors de l'hort.

## 2. DESCRIPCIÓ GENERAL DE LA SOLUCIÓ ADOPTADA

Per a monitoritzar els paràmetres de l'hort i poder actuar en conseqüència, es dissenyarà un sistema de control, que es basarà en un seguit de sensors que registraran els paràmetres ambientals de l'hort, un mòdul de relés que permetrà activar i desactivar els actuadors i un microprocessador amb connexió Wi-Fi que processarà totes les dades obtingudes de la sensorització i actuarà segons les necessitats establertes per l'usuari. Aquest sistema de control s'instal·larà en una caseta meteorològica que protegirà els elements electrònics de la meteorologia i que serà situada el més propera a l'hort possible.

El reg de l'hort es farà mitjançant un sistema de reg compost per 2 dipòsits d'aigua, un de 1000 litres i un altre de 130 litres, on el dipòsit de més capacitat s'omplirà mitjançant una connexió al tub de recollida d'aigua del canaló de la teulada de l'ala Oest de l'institut. El dipòsit de menys capacitat s'anirà omplint mitjançant una bomba d'aigua que transvasarà l'aigua del dipòsit gran al petit. El dipòsit de 130 litres es situarà en un emplaçament elevat podent així regar per gravetat mitjançant un sistema de mànegues de reg gota a gota. El reg serà controlat amb una electrovàlvula que s'activarà i desactivarà segons les condicions de reg establertes per l'usuari.

Les dues instal·lacions fotovoltaïques es dimensionaran per a suplir de forma ininterrompuda el sistema de reg i de control. En el primer cas s'estudiarà instal·lar la potència solar necessària per a suplir el consum dels actuadors, sistema de control i el consum basal de l'institut durant el dia, l'automatització s'alimentarà mitjançant la xarxa elèctrica de l'institut, i per tant la instal·lació fotovoltaïca cobrirà de forma "teòrica" aquests consums, amb la premissa de no injectar excedent energètic a la xarxa pública, per tant, el sistema fotovoltaïc es dimensionarà per a que no n'hi hagi, és a dir la potència màxima que es pugui generar serà inferior a la potència de consum mínima de l'institut. En el primer cas s'instal·laran 4 panells de 305 Wp que aniran acoblats individualment a un microinversor amb una potència màxima de 1,2 kW. En el segon cas s'optarà per a dimensionar un sistema fotovoltaïc aïllat de la xarxa, i que com el cas anterior haurà de suplir el consum de l'automatització de forma ininterrompuda. En aquest cas, en ser un sistema aïllat de la xarxa, s'haurà d'instal·lar un banc de bateries per a alimentar l'automatització durant la nit amb una autonomia, en cas que no es carreguessin, de 3 dies. El generador solar en el segon cas serà un únic mòdul fotovoltaïc de 400 Wp.

En el primer cas a estudiar serà la generació connectada a la xarxa interna de l'institut, però sense excedent, de manera que l'emplaçament dels mòduls serà en el mateix lloc on es

troben els mòduls fotovoltaics ja existents, sobre la teulada del menjador de l'institut. En aquest cas l'energia elèctrica obtinguda es convertirà a alterna i aquesta s'injectarà la xarxa elèctrica interna de l'institut.

En el segon cas, s'estudiarà la instal·lació en la modalitat de generació aïllada de la xarxa amb suport de bateries. En aquesta situació els panells solars s'emplaçarien en el lloc més proper a l'hort amb la millor eficiència de generació possible, per a reduir al màxim les pèrdues per efecte Joule i les caigudes de tensió, ja que no s'utilitzarà cap inversor, per tant tota la instal·lació treballaria amb corrent continua. En aquest cas es situarien els mòduls sobre el barracó de les aules de segon de batxillerat i desdoblaments (barracó Vicens Vives), que es troba al costat de l'hort.

La programació del software per a l'automatització serà carregada al mòdul NodeMCU ESP32, i s'intentarà mantenir la compatibilitat amb els microcontroladors Arduino, amb un llenguatge més entenedor, per tal de poder ser utilitzat com a exemple per a pràctiques de programació bàsica, en classes de programació de microcontroladors en l'institut.

Per a la creació de l'aplicació de telèfon mòbil s'utilitzarà el programa gratuït AppInventor, que permetrà la visualització a temps real de la temperatura ambient, la humitat del sòl, la capacitat dels dipòsits d'aigua i l'estat en que es troben els actuadors. També permetrà seleccionar el temps de reg, la humitat mínima del sòl per a començar a regar i el tipus de reg.



### 3. INSTAL·LACIÓ DE REG

Aquest capítol defineix, justifica i dimensiona les característiques dels elements que componen la instal·lació de reg per a l'hort, que engloba la captació d'aigua pluvial provinent de la teulada, l'emmagatzematge, la distribució i gestió d'aquesta per a l'ús de regadiu de l'hort.

#### 3.1. Emplaçament i descripció de la instal·lació

La instal·lació està formada per quatre elements principals, un dipòsit general d'emmagatzematge d'aigua pluvial, una bomba d'aigua que permet la transmissió de l'aigua del dipòsit general al dipòsit de reg amb una capacitat inferior i una electrovàlvula com a sistema de regulació del pas d'aigua per al reg. El reg es realitza aprofitant l'elevació del dipòsit de reg i la gravetat, per així evitar l'ús d'una instal·lació pressuritzada. El reg de les plantes és mitjançant el mètode gota a gota a través d'un sistema de mànegues distribuïdes de forma simètrica sobre l'hort. Els elements electromecànics variaran segons el mètode de connexió de la instal·lació de generació utilitzat, en el cas de la generació connectada en la xarxa interna sense excedent la bomba i l'electrovàlvula s'alimentaran amb CA, en el cas de la generació aïllada amb acumuladors, els elements s'alimentaran amb CC.

El sistema de recol·lecció i emmagatzematge d'aigua pluvial es situarà, juntament amb el sistema de bombeig, dintre del recinte reservat per a les activitats del projecte "Hortalitza't Norfeu" aïllada de la zona d'esbarjo de l'institut. El dipòsit de menys capacitat i l'electrovàlvula es situaran en el marge de l'hort, localitzat en la zona oest de la zona d'esbarjo.



Imatge 1. Distribució de les zones d'instal·lació del sistema de reg

### 3.2 Captació d'aigua

El sistema de captació d'aigua està conformat per dos dipòsits, un general per l'emmagatzematge d'aigua pluvial d'un metre cúbic de capacitat que alimentarà el dipòsit de reg, de 100 litres de capacitat que abastirà d'aigua a l'hort.

#### 3.2.1 Dipòsit d'emmagatzematge d'aigua

El terreny sobre el que es situarà el dipòsit caldrà que sigui anivellat i aplanat correctament prèviament a la instal·lació del dipòsit, per a assegurar una bona connexió amb la canonada de recol·lecció d'aigua provinent de la teulada. Es recomana la col·locació d'una planxa de fusta de geometria quadrada de 1,5 metres de costat i mínim 2 centímetres de gruix sobre la superfície que ocuparà el dipòsit, per a millorar la distribució del pes d'aquest, reduint així la degradació del sòl a la llarga i també per a donar un grau d'aïllament del terra.

El dipòsit a instal·lar haurà de complir les següents característiques:

| Dipòsit general                |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| Característiques tècniques     |                 |
| Material                       | Polietilè rígid |
| Dimensions (m)                 | 1 x 1,2 x 1,1   |
| Pes Net                        | 60 kg           |
| Capacitat                      | 1000 litres     |
| Diàmetre entrada superior (cm) | 15,2            |
| Diàmetre sortida inferior (cm) | 5,1             |

Taula 1. Característiques del dipòsit general

#### 3.2.2 Dipòsit de reg

El dipòsit de reg s'instal·larà el més proper possible al mur de tancament que delimita l'hort, preferiblement en una cantonada per ocupar el mínim espai sense destorbar el pas i per resguardar-lo el millor possible del vent, aprofitant la cobertura de les tanques.

El dipòsit anirà subjectat sobre una estructura metàl·lica prefabricada per donar una elevació al dipòsit de 1,5 metres. Per a la correcta subjecció de l'estructura caldrà fer una petita obra

de fonamentació amb formigó per encastar l'estructura metàl·lica al sòl i així evitar una possible caiguda del dipòsit.

| Dipòsit de reg                   |                 |
|----------------------------------|-----------------|
| Característiques del dipòsit     |                 |
| Material                         | Polietilè rígid |
| Alçada (m)                       | 1               |
| Diàmetre (m)                     | 0,5             |
| Capacitat                        | 130 litres      |
| Pes Net                          | 7 kg            |
| Diàmetre entrada superior (mm)   | 250             |
| Diàmetre sortida inferior (mm)   | 50 (Roscada)    |
| Característiques de l'estructura |                 |
| Material                         | Acer Inox       |
| Alçada                           | 1,5 metres      |
| Base (cm)                        | 50 x 50         |

Taula 2. Característiques del dipòsit de reg i l'estructura de suport

El dipòsit haurà de ser modificat segons les mesures indicades en els plànols, per tal d'incorporar un sobreeixidor a l'alçada de la marca dels 120 litres com a sistema de seguretat passiu davant una possible pujada excessiva de nivell que podria avariar el sensor d'ultrasons o augmentar la pressió interna del dipòsit, amb risc de provocar fissures en aquest.

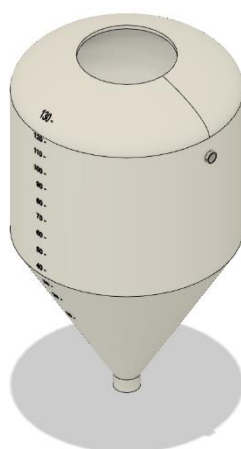


Figura 1. Dipòsit de reg amb sobreeixidor

El forat superior del dipòsit es tancarà mitjançant un tap dissenyat a mida per al projecte, que s'haurà d'obtenir mitjançant impressió 3D. El tap permet l'entrada del tub procedent de la bomba d'aigua i la perfecta subjecció del sensor d'ultrasons i el pas de cablejat d'aquest. El tap es fixarà amb una junta cònica de tefló de deu polzades. A més s'incorporarà una tapa roscada feta també a mesura que aïllarà els elements electrònics i farà d'estopada amb el forat del dipòsit.

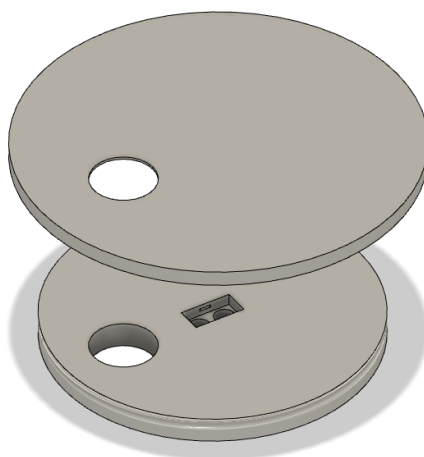


Figura 2. Tap del dipòsit de reg

### 3.3 Bombeig

El sistema de bombeig està conformat per la bomba d'aigua i el sistema de canalització d'aigua, que comunica el dipòsit de captació d'aigua amb el dipòsit per al reg situat en l'hort, amb la funció de transvasar l'aigua del primer dipòsit al segon de menys capacitat.

#### 3.3.1 Canalització

La connexió entre el dipòsit i la bomba es realitzarà mitjançant tub de PVC flexible, les connexions al dipòsit i a la bomba seran mitjançant adaptadors de PVC rígids NPT femella de 2 polzades. El tub haurà de connectar-se a la bomba, situada dintre d'una caixa estanca parcialment soterrada, per tant, el pas del tub haurà de realitzar-se mitjançant un passa murs de PVC per a mantenir l'estanqueïtat de la caixa. La modificació de la caixa es veu especificada als plànols del projecte.

La canalització que comunica els dos dipòsits s'instal·larà soterrada a 15 centímetres de profunditat seguint la distribució dels tubs i dels colzes esmenada en el plànol de canalització de bombeig.

El tub s'adaptarà a la sortida de la bomba mitjançant un acoblament roscat femella NPT de dues polzades del mateix material dels tubs. Totes les unions entre segments de tub, colzes i acoblaments hauran de ser realitzades mitjançant adhesiu.

L'entrada del tub de la canalització de bombeig al dipòsit de reg serà per la part superior d'aquest a través del forat habilitat en la tapa del dipòsit de la mateixa secció que el tub, l'espai entre tub i tapa s'haurà de segellar amb una junta cònica de dues polzades de tefló.

Les característiques de la canalització d'aigua bombejada són les següents:

| Canalització per al bombeig      |           |
|----------------------------------|-----------|
| Dipòsit d'emmagatzematge - Bomba |           |
| Material                         | PVC rígid |
| Diàmetre nominal (mm)            | 50        |
| Longitud total (m)               | 30        |
| Bomba - Dipòsit de reg           |           |
| Material                         | PVC rígid |
| Diàmetre nominal (mm)            | 50        |
| Longitud total (m)               | 40        |
| Alçada geomètrica màxima (m)     | 2         |
| Nº de colzes de 90º              | 5         |

Taula 3. Característiques de la canalització de bombeig

### 3.3.2 Bomba de CA

En el supòsit de tenir la instal·lació fotovoltaica connectada a la xarxa interna de l'institut, la bomba d'aigua que s'utilitzarà per al transvasament d'aigua serà de corrent alterna i monofàsica.

Les connexions del circuit de la bomba d'aigua es realitzaran segons els plànols inclosos en els plànols del projecte.

La bomba d'aigua s'instal·larà en una caixa estanca soterrada amb obertura superior per a facilitar l'accés en casos de manteniment. La caixa estanca es situarà entre el dipòsit general i el dipòsit de reg, aproximadament a uns 40 metres de la caixa de proteccions de CA situada allà on el dipòsit general, per així poder reduir la longitud de cable requerit per a enviar el senyal d'activació dels relés. La bomba haurà de ser cargolada a la base de la caixa, inserint una làmina de material entre l'estructura de la caixa i la base de la bomba, amb la finalitat de reduir sorolls i vibracions.

Les connexions del cablejat de la bomba es realitzaran mitjançant connectors amb un aïllament IP68, i la connexió s'haurà de situar dintre de la caixa estanca. El pas del cablejat a l'interior de la caixa s'haurà de realitzar amb premsaestopes i caldrà assegurar l'estanqueïtat de la caixa.

Per a la selecció de la potència de la bomba s'han tingut en compte quatre paràmetres de la instal·lació pel transvasament de l'aigua: l'alçada geomètrica entre la bomba i el dipòsit de reg, el diàmetre i la longitud de la canalització per connectar els dos dipòsits, el caudal mínim requerit i les pèrdues de càrrega a causa de la fricció amb la canonada i els elements singulars de la canalització.

Els càlculs de justificació per al dimensionament de la bomba estan referits a l'ANNEX A.

| Bomba d'aigua CA               |               |
|--------------------------------|---------------|
| Característiques tècniques     |               |
| Tipus                          | De superfície |
| Voltatge (V)                   | 230           |
| Potència (W)                   | 250           |
| Alçada màxima manomètrica (m)  | 10            |
| Caudal màxim (L/h)             | 8000          |
| Diàmetre entrada superior (mm) | 50            |
| Diàmetre sortida inferior (mm) | 50            |

Taula 4. Característiques de la bomba de CA

Per a la mesura del caudal que circula per la canonada s'instal·larà un caudalímetre d'entrada roscada de dues polzades a la sortida de la bomba. El rang mínim de mesura del caudalímetre haurà de ser de 200 litres/minut.

### 3.3.3 Bomba de CC

En el supòsit de tenir la instal·lació fotovoltaica en modalitat de generació aïllada, la bomba d'aigua a utilitzar en aquest cas serà de CC. Les connexions del circuit de la bomba d'aigua es realitzaran segons els plànols inclosos en els Plànols del projecte.

La bomba d'aigua s'instal·larà en una caixa estanca soterrada amb obertura superior per a facilitar l'accés en casos de manteniment. La caixa estanca es situarà a la meitat de la distància entre el dipòsit general i el dipòsit de reg, aproximadament a uns 40 metres de l'armari elèctric. La bomba haurà de ser cargolada a la base de la caixa, inserint una làmina de material absorbent de vibracions entre l'estructura de la caixa i la base de la bomba per a reduir sorolls i vibracions.

Les connexions del cablejat de la bomba es realitzaran mitjançant connectors amb un aïllament IP68, i la connexió s'haurà de situar dintre de la caixa estanca. El pas del cablejat a l'interior de la caixa s'haurà de realitzar amb premsaestopes que assegurin l'estanqueïtat de la caixa.

Per a la selecció de la potència de la bomba s'han tingut en compte els mateixos paràmetres que en el dimensionament de la bomba de CC.

Els càlculs de justificació per al dimensionament de la bomba estan referits a l'ANNEX A.

| Bomba d'aigua CC               |               |
|--------------------------------|---------------|
| Característiques tècniques     |               |
| Tipus                          | De superfície |
| Voltatge (V)                   | 24            |
| Potència (W)                   | 120           |
| Alçada màxima manomètrica (m)  | 9             |
| Caudal màxim (L/h)             | 3800          |
| Diàmetre entrada superior (mm) | 25            |
| Diàmetre sortida inferior (mm) | 25            |

Taula 5. Característiques de la bomba de CC

Per a la mesura del caudal que circula per la canonada s'instal·larà un caudalímetre d'entrada roscada de dues polzades a la sortida de la bomba. El rang mínim de mesura del caudalímetre haurà de ser de 80 litres/minut.

### 3.4 Regulació del reg

El sistema de regulació de reg de l'hort es realitzarà mitjançant una electrovàlvula de pas.

L'electrovàlvula s'emplaçarà i fixarà dintre d'una caixa impermeable amb tapa superior per a facilitar les tasques de manteniment, i que s'instal·larà soterrada a 80 centímetres de l'estructura de suport del dipòsit, evitant la fonamentació de formigó de subjecció de l'estructura esmentada en l'apartat 3.2.2.

L'alimentació de l'electrovàlvula es realitzarà mitjançant una connexió impermeable amb un connector amb un aïllament IP68 i aquesta connexió haurà de situar-se dintre de la caixa estanca. El pas del cablejat a l'interior de la caixa es realitzarà mitjançant premsaestopes per assegurar l'estanqueïtat de la caixa.

La connexió d'aigua entre el dipòsit i l'electrovàlvula es realitzarà amb un tub de PVC flexible de 2 m de longitud i de 50 mm de diàmetre. Les unions del tub amb el dipòsit i amb l'electrovàlvula es realitzaran amb connectors roscats de PVC rígid mascles. El pas del tub a l'interior de la caixa estanca es farà mitjançant passa murs de PVC aïllants evitant entrades d'aigua exteriors.

#### 3.4.1 Electrovàlvula de CA

En el supòsit de tenir la instal·lació fotovoltaica connectada a la xarxa interna de l'institut, l'electrovàlvula de pas a utilitzar per a la regulació del reg de corrent alterna i monofàsica. Les connexions del circuit de l'electrovàlvula de pas es realitzaran segons els plànols inclosos en els Plànols del projecte.

Les característiques de l'electrovàlvula són les següents:

| Electrovàlvula CA          |                  |
|----------------------------|------------------|
| Característiques tècniques |                  |
| Material                   | Alumini          |
| Diàmetre nominal (mm)      | 50 (NPT Femella) |
| Pressió màxima (atm)       | 10               |
| Pressió mínima (atm)       | 0,4              |

Taula 6.1 Característiques de l'electrovàlvula de CA



| Actuador                   |                 |
|----------------------------|-----------------|
| Característiques tècniques |                 |
| Element d'excitació        | Solenoides (NT) |
| Voltatge (V)               | 230             |
| Potència (W)               | 200             |
| Estanqueïtat               | IP67            |

Taula 6.2 Característiques de l'electrovàlvula de CA

La sortida de l'electrovàlvula tindrà incorporada un adaptador de dos sortides per a tub de reg gota a gota de 16 mm amb adaptador roscat mascle.

### 3.4.2 Electrovàlvula de CC

En el supòsit de tenir la instal·lació fotovoltaica en modalitat de generació aïllada, l'electrovàlvula de pas en aquest cas serà de CC. Les connexions del circuit de l'electrovàlvula es realitzaran segons els plànols inclosos en els plànols del projecte.

La sortida de l'electrovàlvula tindrà incorporat un adaptador de dos sortides per a tub de reg gota a gota de 16 mm amb adaptador roscat mascle.

Les característiques de l'electrovàlvula són les següents:

| Electrovàlvula CC          |                  |
|----------------------------|------------------|
| Característiques tècniques |                  |
| Material                   | Alumini          |
| Diàmetre nominal (mm)      | 50 (NPT Femella) |
| Pressió màxima (atm)       | 10               |
| Pressió mínima (atm)       | 0,4              |
| Actuador                   |                  |
| Característiques tècniques |                  |
| Element d'excitació        | Solenoides (NT)  |
| Voltatge (V)               | 24               |
| Potència (W)               | 100              |

Taula 7. Característiques de l'electrovàlvula de CC

### 3.5 Sistema de regadiu

El sistema de regadiu engloba la mànega i tots els elements destinats al control, distribució del cabal d'aigua per al reg de l'hort.

En aquest cas, la distribució dels vegetals i hortalisses són sempre canviants i no mantenen una simetria, a causa de la utilització única d'eines manuals, per tant en aquest apartat es definiran les limitacions físiques del sistema de regadiu, com ara la longitud màxima de tub que caldrà distribuir i el cabal màxim de reg, així com també les característiques necessàries d'aquests elements.

Fent un supòsit de distribució de mànega de reg de forma homogènia, per a cobrir tot l'hort, amb una separació de dos metres entre ramals i una distribució horitzontal, la longitud màxima de tub requerida serà de 90 metres i una secció mínima d'una polzada.

La longitud màxima i secció mínima del tub de reg a seleccionar s'han calculat mitjançant les mateixes fórmules de pèrdues de càrrega utilitzades per a dimensionar les bombes d'aigua, tenint en compte que en aquest cas la pressió màxima de columna d'aigua que tenim és la de l'alçada de la pròpia estructura i dipòsit de reg, que en aquest cas és de 1,5 metres.

El nombre màxim de difusors de reg i el seu cabal de reg s'han calculat a partir de: la màxima distància entre difusors recomanada pel fabricant; la capacitat màxima del dipòsit, que és de 135 litres; i el temps de reg màxim que es pot triar en l'app de control de reg, que és de 30 minuts. Per tant, suposant la màxima distància de mànega instal·lable possible, calculada anteriorment, i agafant la màxima distància entre difusors recomanada del fabricant, que és de 90 centímetres, el nombre de difusors màxims instal·lables són 220 difusors. El cabal màxim d'aquests difusors serà de 1 L/h. Es recomana que el cabal dels difusors sigui fixe, és a dir que no siguin regulables, ja que així s'assegurarà un reg homogeni a per tot l'hort, en cas que la regulació d'aquests sigui modificada accidentalment.

En cas de voler instal·lar menys longitud de tub, altres distribucions dels difusors o amb més cabal, s'haurà de seguir l'equació 3 esmenada en els càlculs.

| Mànega de reg                  |     |
|--------------------------------|-----|
| Característiques tècniques     |     |
| Material                       | PVC |
| Longitud màxima (m)            | 200 |
| Diàmetre mínim (mm)            | 18  |
| Emissors d'aigua               |     |
| Característiques tècniques     |     |
| Nº màxim de difusors requerits | 220 |
| Cabal màxim (L/h)              | 1   |

Taula 8. Característiques màximes instal·lables del sistema de reg

### 3.6 Consums

Per a poder fer el dimensionament dels generadors solars requerits per a cada tipus de generació, cal saber la potència consumida per cada element de l'automatització en cada cas. En ambdues situacions es considera un consum fix igual, que és el del sistema de control, conformat pel consum del microprocessador i el consum dels sensors.

| Consum sistema de control |   |       |        |        |
|---------------------------|---|-------|--------|--------|
| Consum fix                |   |       |        |        |
| Microprocessador          | 1 | 3,3 V | 300 mA | 990 mW |
| Higròmetre sòl            | 3 | 5 V   | 5 mA   | 75 mW  |
| Baròmetre                 | 1 | 3,3 V | 4 uA   | 10 uW  |
| Termòmetre/Higròmetre     | 1 | 3,3 V | 2 mA   | 5 mW   |
| Caudalímetre              | 1 | 5 V   | 20 mA  | 100 mW |
| Ultrasons                 | 2 | 5 V   | 15 mA  | 150 mW |
| Total                     |   |       |        | 1,3 W  |

Taula 9. Consum del sistema de control de l'automatització

#### 3.6.1 Consum CA

El consum en el cas de generació connectada a la xarxa sense excedents (cas I) vindrà determinat pel consum dels actuadors utilitzats en l'automatització i pel consum romanent del centre. En aquest cas també es tindrà com a objectiu reduir al màxim el consum residual de l'institut, que segons el registre dels comptadors dels 2 anys anteriors l'institut és d' 1kWh que correspon principalment al consum del sistema d'alarmes i càmeres de seguretat.

Per tant el consum dels actuadors de CA i el consum romanent de l'institut és:

| Consum cas I       |       |       |        |
|--------------------|-------|-------|--------|
| Elements de consum |       |       |        |
| Bomba              | 230 V | 1 A   | 250 W  |
| Electrovàlvula     | 230 V | 0,8 A | 200 W  |
| Consum institut    | -     | -     | 1000 W |
| Total              |       |       | 1450 W |

Taula 10. Consum dels actuadors del cas I i consum romanent de l'institut

Veiem com el consum del cas I puja fins a gairebé 1500 W, per això el generador dimensionat per aquest cas és de 1200 W, per a evitar que es generi més potència de la que pugui requerir l'institut i l'automatització i per tant no hi hagi injecció a la xarxa pública, i a més, l'inversor seleccionat, disposa de l'opció d'injecció zero, per a que en el cas que la generació sigui màxima (1200 W) i només hi hagi consumint el sistema de seguretat i alarmes, és a dir només es consumeixin 1000 W, s'assegurarà que no hi haurà cap injecció d'energia.

### 3.6.2 Consum CC

El consum del cas II està conformat per la demanda energètica dels actuadors de CC i el sistema de control, no es tindrà com a objectiu reduir el consum energètic mínim de l'institut, ja que la modalitat de generació en aquest cas és aïllada de la xarxa. En aquest cas es considerarà el consum diari dels elements, ja que la funció del panell no serà cobrir el consum del sistema sinó carregar la bateria, i aquesta caldrà dimensionar-la segons els dies d'autonomia que podrà estar l'automatització sense càrrega solar.

Per tant el consum de l'automatització del cas II és:

| Consum cas I       |          |       |             |
|--------------------|----------|-------|-------------|
| Elements de consum |          |       |             |
| Bomba              | 1 h/dia  | 120 W | 120 W/dia   |
| Electrovàlvula     | 1 h/dia  | 100 W | 100 W/dia   |
| Sistema de control | 24 h/dia | 1,3 W | 31,2 W/dia  |
| Total              |          |       | 251,2 W/dia |

Taula 11. Consum diari de l'automatització del cas II

La bateria haurà de poder suplir durant el temps d'autonomia definit en l'apartat 5.9 un consum diari de 251,2 W sense interrupcions.

#### 4. INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA (cas I)

La instal·lació fotovoltaica recollida en aquest projecte és de 1,2 kWp connectada a la xarxa interna de la instal·lació elèctrica de l'institut, dimensionada per a que no hi hagi injecció a la xarxa. La nova instal·lació fotovoltaica es projectarà de manera independent de l'antiga instal·lació, que es va instal·lar l'any de la construcció de l'edifici d'ampliació de l'institut, l'actual menjador i aules de primer de batxillerat. La instal·lació fotovoltaica ja existent va ser dimensionada per a cobrir el consum dels electrodomèstics de la cuina, com les neveres i els congeladors, que tenen un consum continu i ininterromput. Per tant la instal·lació solar ja existent genera en modalitat d'autoconsum sense injecció a la xarxa pública, igual que la nova instal·lació projectada en aquest apartat. El nou generador solar serà independent de l'existent, únicament compartiran el cablejat de posta a terra. S'ha considerat fer un generador independent de l'altre per evitar haver de redimensionar la instal·lació ja existent i canviar elements com l'inversor, per un més potent, o les proteccions elèctriques.

El camp fotovoltaic a instal·lar està constituït per 4 mòduls fotovoltaics de cristall policristal·lí. Els mòduls s'instal·laran sobre la teulada plana de la cantina. Cada mòdul es connectarà de forma individual al micro-inversor fent que el voltatge i corrent màxim en CC de la instal·lació fotovoltaica siguin únicament els valors màxims del propi panell en condicions meteorològiques extremes, que són 44,7 volts tensió en circuit obert a  $-10^{\circ}\text{C}$  i 10,4 A de corrent de curtcircuit a  $70^{\circ}\text{C}$ .

La instal·lació disposarà d'un únic inversor amb potència de sortida màxima de 1,2 kW i una potència d'entrada variable d'entre 1,0 – 1,5 kW que s'instal·larà sobre l'estructura de suport dels panells solars.

##### 4.1. Emplaçament de la instal·lació

L'institut es localitza en la població de Roses, en la província de Girona.

La instal·lació es pretén realitzar sobre la cantina de l'institut, amb una àrea de coberta de  $425\text{ m}^2$ , col·locant els mòduls sobre suports d'alumini de forma contigua als mòduls fotovoltaics ja existents.

Les coordenades de l'emplaçament dels mòduls són: Latitud:  $42^{\circ}16'08''$  Nord i Longitud:  $3^{\circ}10'38''$  Est.

En els Plànols del projecte es recullen els plànols de situació i emplaçament on s'indica la localització de l'edifici i de la instal·lació fotovoltaica.

#### 4.2 Mòdul fotovoltaic

El mòdul fotovoltaic escollit per a ampliar la instal·lació és el CSUN305-72P de la marca CSUN. Es tracta d'un mòdul de dimensions 1956 x 990 x 50 mm i un pes de 22,3 kg.

S'ha escollit aquest mòdul, ja que la potència que ofereix i el nombre de mòduls que s'instal·laran cobreix, sense excedir-se, la potència consumida per l'automatització de reg i el consum mínim romanent de l'institut, explicat més endavant en l'apartat d'estudi econòmic i energètic. També s'han escollit per la similitud de les dimensions, el voltatge de sortida màxim en condicions de treball normal i la potència dels mòduls ja presents.

El fabricant assegura una garantia de 10 anys contra defectes de fabricació i de 25 anys respecte l'eficiència del mòdul amb una eficiència del 15,75%.

| CSUN305-72P  |                 |
|--|-----------------|
| Característiques elèctriques del mòdul fotovoltaic |                 |
| Potència màxima (W)                                | 305             |
| Tensió màxima de sortida (V)                       | 35,9            |
| Corrent màxima de sortida (A)                      | 8,5             |
| Eficiència del mòdul (%)                           | 14,11           |
| Característiques mecàniques                        |                 |
| Dimensions ( $\pm 2$ mm)                           | 1956 x 990 x 50 |
| Pes (kg)   | 22,3            |

Taula 12. Característiques del mòdul fotovoltaic

#### 4.3 Inversor

L'inversor utilitzat en aquesta instal·lació és un APS Q1-1200W, que permet la connexió de fins a 4 mòduls solars i aporta una potència màxima de 1200W. S'ha triat aquest microinversor, ja que permet una fàcil connexió amb els mòduls, simplificant i abaratint la instal·lació, permet la possibilitat d'instal·lar-se en exterior, i també perquè la potència de

sortida no supera els 1200W fet que assegura no superar el consum mínim de l'institut en conjunt amb el consum dels actuadors, per tant no es tindria excedent i es podria acollir la instal·lació a la modalitat de generació de connexió a xarxa sense excedent.

L'inversor s'instal·larà de forma independent a l'inversor ja existent, i a una fase diferent a aquest, més concretament a la fase S. La sortida de l'inversor es connectarà a la mateixa fase de la que penja el circuit que genera el consum romanent durant tot l'any, que en aquest cas és el sistema d'alarmes i de càmeres de seguretat, que a l'hora es crearà en paral·lel a aquest circuit, el circuit de l'automatització.

L'inversor s'instal·larà al revers del nou mòdul instal·lat més a l'est, subjectat a la guia de l'estructura de suport dels mòduls, ja que el microinversor està habilitat per aquest tipus de muntatge sobre estructures de suport. D'aquesta manera, tot i que l'inversor té un aïllament per a ús en exterior, el propi mòdul el protegirà de l'exposició directa al fenòmens climatològics.

El fabricant APSystems ofereix una garantia de 10 anys davant efectes de fabricació i o qualsevol avaria en aquest període de temps.

| APS Q1-1200W                     |        |
|----------------------------------|--------|
| Entrada de l'inversor            |        |
| Màxima Tensió CC (V)             | 60     |
| Màxima Corrent CC (A)            | 12 x 4 |
| Potència Màxima (kVA)            | 2880   |
| Sortida de l'inversor            |        |
| Potència Nominal de Sortida (kW) | 1,2    |
| Tensió de Sortida (V)            | 230    |
| Corrent Nominal CA (A)           | 5,2    |

Taula 13. Característiques de l'inversor

#### 4.4 Camp fotovoltaic

El nombre de mòduls a instal·lar per a l'ampliació, són 4 mòduls de 72 cel·les. Els mòduls es connectaran directament en l'inversor de forma individual tal com indica el fabricant de l'inversor en la figura següent:

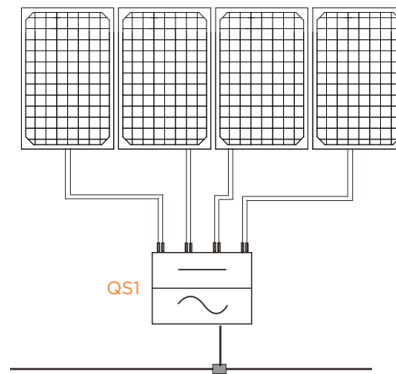


Figura 3. Mètode de connexió dels mòduls a l'inversor

Aquest mètode de connexió permet reduir la secció de cable requerida, ja que s'evita la suma de voltatge i amperatge en cas de connectar els panells en sèrie i paral·lel entre ells.

Les característiques del camp fotovoltaic són les següents:

| Camp Fotovoltaic                       |      |
|--|------|
| Característiques elèctriques           |      |
| Potència Fotovoltaica Instal·lada (kW) | 1,22 |
| Tensió màxima (V)                      | 33,2 |
| Corrent màxima (A)                     | 6,7  |

Taula 14. Característiques del camp fotovoltaic

#### 4.5 Estructures de suport

Els mòduls fotovoltaics es fixaran sobre una estructura d'alumini ancorada a la teulada. L'estructura s'haurà d'instal·lar de forma en que els panells a instal·lar quedin alineats perfectament als ja existents, i el més propers entre ells, ja que d'aquesta manera s'evitarà l'aparició d'ombres entre els propis mòduls.

La subjecció a la coberta es realitzarà mitjançant cargols autoperforants. Per a fer l'ancoratge de l'estructura caldrà retirar completament la grava que hi ha disposada sobre la teulada, i deixar-la al descobert per assegurar un bon ancoratge dels suports. Un cop instal·lada l'estructura, la grava es tornarà a distribuir segons la disposició prèvia. Els cargols hauran de comptar amb una volandera de neoprè, que ajudarà a esmorteir les contraccions i dilatacions en els components metàl·lics i també millorarà l'aïllament en la unió cargol-estructura, reduint la possible formació de corrosió en aquesta.



L'angle d'inclinació dels panells serà de 30°, per a optimitzar la generació durant tot l'any, i no únicament en el període estival o hivernal. L'orientació de l'estructura haurà de permetre que els panells quedin orientats perfectament cap al sud.

La cargolaria utilitzada per fixar el panell a l'estructura serà d'acer inoxidable amb volandera també d'acer inoxidable. Per a realitzar la fixació dels panells es seguirà sempre les instruccions indicades pel fabricant, que assenyalaran els diàmetres i resistència dels cargols a utilitzar. Els panells s'instal·laran de manera que la separació entre ells sigui mínima.

#### 4.6 Cablejat

El cablejat es dimensionarà tractant de minimitzar les caigudes de tensió, d'aquesta manera la seva secció podrà garantir una caiguda de tensió màxima de l' 1,5 %. A la vegada, la longitud dels cables serà la mínima que permeti la correcta disposició dels panells sobre els suports, i els elements de protecció en les seves corresponents caixes de protecció.

##### 4.6.1 Cablejat de la instal·lació fotovoltaica

Cada panell solar porta incorporat de fàbrica un cable per a cada pol de 4 mm de secció i 1 metre de longitud amb un connector MC4 mascle al seu extrem. En el cas del panell més allunyat de l'inversor caldrà fer una extensió del cable ja present al mòdul, tant pel pol positiu i el pol negatiu, de 2 metres i en el cas del segon mòdul més allunyat, l'extensió serà d' un metre. L'acoblament entre els cables ja presents i les extensions es realitzaran mitjançant un connector MC4 femella i un connector MC4 mascle en l'altre extrem per connectar-se en l'inversor.

El cable a utilitzar per a l'extensió serà del tipus FOTOVOLTAIC ZZ-F. La secció del cable serà de la mateixa secció de 4 mm i color que el cable ja incorporat en el panell solar, serà negre per al pol negatiu i vermell per al pol positiu.

Els cables es disposaran de manera que quedin totalment subjectes, ja sigui mitjançant brides sobre els suports dels panells o bé sobre una lleixa foradada, que anirà subjecta a l'estructura dels mateixos mòduls. S'haurà d'intentar mantenir el millor ordre possible d'aquests per a facilitar la seva identificació durant les tasques de manteniment.

| Cablejat de la instal·lació fotovoltaica |   |
|--|---|
| Panells fotovoltaics - Inversor          |   |
| Secció (mm)                              | 4   |
| Tipus                                    | FV ZZ-F   |
| Tipus de connector                       | MC4   |
| Colors                                   | Pol negatiu (negre) // Pol positiu (vermell)      |
| Inversor – Caixa de proteccions          |   |
| Secció (mm)                              | 2,5   |
| Longitud (m)                             | 30  |
| Colors                                   | Fase (gris) // Neutre (blau) // Terra (groc-verd) |

Taula 15. Característiques del cablejat de connexió de mòduls fotovoltaics

Pel càlcul de la secció del cablejat de corrent alterna de sortida de l'inversor i de posta a terra s'utilitzaran les equacions 5 i 6 incloses als annexos. El cablejat serà de tipus RV-K de 6 mm per al cable de fase i neutre, sent el cable de fase de color gris, com la fase de la xarxa de l'institut a la que es connectarà i el neutre de color blau segons indica el REBT.

El cablejat de posta terra serà de la mateixa secció que el cablejat de la línia de l'element a protegir, que en aquest cas serà de 4 mm per als mòduls i de 2,5 mm per a l'inversor, que es connectaran en una bornera d'equipotencialitat amb un conductor de 2,5 mm, ja que segons l'REBT aquest no podrà tenir una secció inferior a la meitat del cable de protecció de més gruix, que en aquest cas és de 4 mm i si el cable d'equipotencialitat és de coure podrà ser de 2,5 mm. El codi de colors de la posta a terra serà segons el REBT, verd i groc.

#### 4.6.2 Cablejat de l'automatització

Per a realitzar les connexions de l'automatització caldrà treure una línia de la fase S i un cable de neutre fins a l'exterior de l'institut, on es troben els actuadors i l'hort. El cablejat es portarà a través de les canalitzacions i caixes de registre de la planta baixa dels circuits ja existents de les aules de l'institut, quan no es pugui portar el cable per més canalitzacions i s'hagi arribat a la caixa de registre de l'aula 18, segons els Plànols de l'institut, caldrà estendre el cablejat per una canaleta fins la paret que dona a l'exterior, per la banda de l'hort. En aquest punt caldrà fer una perforació de la paret per treure els 2 cables i una extensió de cable de posta a terra de la caixa de registre més propera.

Els cables es trauran directament al subquadre de proteccions que s'instal·larà en aquesta mateixa façana. L'estanqueïtat del quadre haurà d'assegurar-se mitjançant premsaestopes.

La secció del cablejat s'ha calculat segons les equacions 5 i 6 dels annexos.

| Cablejat de CA de l'automatització               |   |
|--|---|
| Extensió de la fase S - Subquadre Automatització |   |
| Secció (mm)                                      | 6   |
| Longitud (m)                                     | 40  |
| Colors   | Fase (gris) // Neutre (blau) // Terra (groc-verd) |
| Subquadre – Presa d'ús general                   |   |
| Secció (mm)                                      | 1,5   |
| Longitud (m)                                     | 50  |
| Colors   | Fase (gris) // Neutre (blau) // Terra (groc-verd) |
| Subquadre Automatització - Actuadors             |   |
| Secció (mm)                                      | 1,5   |
| Longitud (m)                                     | 60  |
| Colors   | Fase (gris) // Neutre (blau) // Terra (groc-verd) |

Taula 16. Característiques del cablejat de connexió de mòduls fotovoltaics

#### 4.7 Canalitzacions

El cablejat dels mòduls solars es distribuïran per una safata d'alumini perforada, que s'ancorarà a l'estructura de suport dels panells, la safata serà de 100 mm x 60 mm. No requerirà subjectar el cablejat a la safata, ja que aquesta disposa de tapa, que evitarà que el vent provinent del nord al que estan exposats els cables, pugui fer-los moure de forma brusca i trencar-los.

La línia de corrent alterna de sortida de l'inversor, es transmetrà mitjançant tub corrugat de polietilè fins a la sala de calderes, on es troba el quadre de proteccions més proper i on es connectarà la sortida de l'inversor. La distribució de la canalització es farà per la teulada totalment enterrada sota la grava, per entrar el tub a la sala del quadre elèctric s'aprofitarà el forat que s'ha utilitzat per passar la canalització de la instal·lació fotovoltaica vella. El forat s'haurà de segellar completament amb un agent aïllant que eviti l'entrada d'aigua per aquest, com ara poliestirè expandit.

La línia de connexió entre el quadre general i el subquadre de l'automatització es distribuirà per les canalitzacions ja existents en l'institut fins arribar a la classe 18, que la seva paret dona al dipòsit de col·lecció d'aigua, emplaçament on s'instal·larà el subquadre. I com s'ha indicat en l'apartat anterior, el cablejat d'aquest tram passarà a la façana anterior mitjançant una perforació en la paret, que donarà directament al subquadre.

En la instal·lació de CA de l'automatització, la canalització es realitzarà també amb tub corrugat de polietilè, i aquest anirà enterrat a 45 cm de profunditat, mantenint una distància mínima de 50 cm de la canonada de bombeig d'aigua. Per aquest tub es transmetran els cables de la bomba d'aigua i l'electrovàlvula i de la presa d'ús general.

La secció dels tubs de la canalització del cablejat queda justificada en els càlculs dels annexos.

En la taula a continuació es recullen les principals característiques dels trams de canalització utilitzats en la instal·lació:

| Característiques dels trams de canalització |              |                  |           |                                    |                      |
|---|--------------|------------------|-----------|------------------------------------|----------------------|
| Tram de cablejat                            | Longitud (m) | Tipus            | Material  | Secció cablejat (mm <sup>2</sup> ) | Mides canalitz. (mm) |
| <b>Cas I</b>                                |              |                  |           |                                    |                      |
| Generador FV – Inversor                     | 5            | Safata perforada | Alumini   | 4                                  | 100 x 60             |
| Inversor - Quadre                           | 30           | Tub corrugat     | Polietilè | 2,5                                | 32                   |
| Quadre General – Subquadre                  | 65           | ---              | ---       | 6                                  | ---                  |
| Subquadre – Presa d'ús general              | 60           | Tub corrugat     | Polietilè | 3 x 2,5                            | 32                   |
| Actuadors                                   |              |                  |           |                                    |                      |

Taula 17. Característiques del tub de canalització del cablejat del cas I

## 4.8 Proteccions de CA

### 4.8.1 Proteccions de la instal·lació fotovoltaica

Les proteccions que s'instal·laran hauran de garantir la seguretat dels usuaris davant qualsevol contacte indirecte i també hauran d'assegurar la integritat dels elements i cablejat de la instal·lació nova i els de la ja existent davant sobrecarregues i curtcircuits.

Per a protegir la instal·lació fotovoltaica s'instal·laran un magnetotèrmic de 10 A per a protegir la línia de sortida de l'inversor fins al quadre de proteccions on es connectarà a la

fase S de la xarxa de l'institut, i per a protegir davant possibles contactes indirectes o derivacions a terra en aquest tram de cablejat, s'instal·larà un interruptor diferencial de 30 mA.

No caldrà protegir els mòduls de corrents inverses, ja que tot i ser més de 3 mòduls, cadascun es connecta individualment en l'inversor, per tant no es precisa utilitzar cap element de protecció.

A la sortida de l'inversor s'instal·larà una protecció contra sobretensions de tipus II, amb l'objectiu principal d'evitar que afecti a la xarxa interna de l'institut. Mentre que no s'instal·la cap a la banda de continua, ja que cada mòdul ha de connectar-se individualment al microcontrolador, és a dir no formen un string amb únicament 2 pols, per tant amb aquesta configuració es requeririen 4 proteccions contra sobretensions, i això provocaria un augment del cost molt gran.

Els interruptors s'instal·laran en la caixa de proteccions, que es col·locarà subjectada en el mateix suport on es trobarà instal·lat l'inversor, aquesta caixa haurà de ser apta per a ús en exteriors.

El magnetotèrmic s'ha dimensionat segons l'equació 13 dels annexos.

En la següent taula es recullen les característiques i especificacions dels elements anteriors:

| Proteccions CA sortida de l'inversor |                    |
|--------------------------------------|--------------------|
| <b>Interruptor magnetotèrmic</b>     |                    |
| Nº de pols                           | 1 + Neutre         |
| Corrent nominal (A)                  | 10                 |
| Corba de dispar                      | C                  |
| <b>Interruptor diferencial</b>       |                    |
| Nº de pols                           | 1 + Neutre         |
| Corrent nominal (A)                  | 40                 |
| Sensibilitat (mA)                    | 30                 |
| <b>Interruptor sobretensions</b>     |                    |
| Nº de pols                           | 1 + Neutre + Terra |
| Sistema de connexió a terra          | TT o TN-S          |
| Tipus                                | 2                  |

Taula 18. Característiques dels elements de protecció de corrent alterna

#### 4.8.2 Proteccions de l'automatització

Les proteccions de CA de l'automatització s'instal·laran en una caixa amb un aïllament que permeti la seva instal·lació en l'exterior, ja que aquesta s'instal·larà en la paret on es situa el dipòsit general d'aigua.

Per a separar tota l'automatització, dels circuits de la fase S de l'institut s'instal·larà un magnetotèrmic de 25 A del que penjaran un diferencial i 3 circuits, que són els 2 actuadors i el circuit de la presa d'ús general.

El diferencial a instal·lar seguit al magnetotèrmic general serà de 40A i 30 mA de sensibilitat com a protecció davant contactes indirectes o derivacions a terra.

Els circuits dels actuadors tindran cadascun un magnetotèrmic, i cada magnetotèrmic serà de 10 A i la seva corba de dispar D, en ser un motor i una electrovàlvula, amb arrencades amb pic de corrent. en bobines, la seva arrencada podria provocar pics de corrent.

El microcontrolador s'alimentarà a partir de la presa d'ús general que s'instal·larà en l'hort, caldrà fer l'ús d'un adaptador de CC de 5V i el terminal del cable haurà de ser un Barrell Jack de 5mm. A més la instal·lació d'una presa de llum permetrà la connexió d'altres aparells que puguin ser d'utilitat per als usuaris de l'hort.

En la següent taula es recullen les característiques i especificacions dels elements anteriors:

| Proteccions CA de l'automatització          |            |
|---|------------|
| Interrupctor magnetotèrmic principal        |            |
| Nº de pols                                  | 1 + Neutre |
| Corrent nominal (A)                         | 25         |
| Corba de dispar                             | C          |
| Interrupctor magnetotèrmic – Electrovàlvula |            |
| Nº de pols                                  | 1 + Neutre |
| Corrent nominal (A)                         | 10         |
| Corba de dispar                             | D          |
| Interrupctor magnetotèrmic – Bomba          |            |
| Nº de pols                                  | 1 + Neutre |
| Corrent nominal (A)                         | 10         |
| Corba de dispar                             | D          |

Taula 19.1. Característiques dels elements de protecció de corrent alterna

| Interruptor magnetotèrmic – Presa d'ús general |            |
|--|------------|
| Nº de pols                                     | 1 + Neutre |
| Corrent nominal (A)                            | 16         |
| Corba de dispar                                | C          |
| Interruptor diferencial                        |            |
| Nº de pols                                     | 1 + Neutre |
| Corrent nominal (A)                            | 40         |
| Sensibilitat (mA)                              | 30         |

Taula 19.2. Característiques dels elements de protecció de corrent alterna

## 5. INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA (cas II)

La instal·lació fotovoltaica recollida en aquest cas és de 400Wp aïllada de la xarxa, amb acumuladors i sense inversor, per tant, tots els elements a alimentar de la instal·lació seran de CC, i no es requerirà cap tram de CA. Com que el microcontrolador té un consum constant i ha d'estar alimentat de forma ininterrompuda o els actuadors poden activar-se durant la nit, es requerirà l'ús d'una bateria que asseguri el funcionament del microcontrolador sense interrupcions i l'activació dels actuadors per la nit.

El camp fotovoltaic a instal·lar està constituït per 1 únic mòdul fotovoltaic policristal·lí. El mòdul s'instal·larà sobre la teulada plana del barracó Vicens Vives. La potència màxima del mòdul és de 400 W amb un voltatge màxim de sortida de 41,7 V. El quadre de protecció de CC, el regulador de càrrega, la bateria i els altres elements elèctrics s'instal·laran en un armari que protegirà els elements de l'aigua i la pols, però aquest haurà de tenir orificis de ventilació per a reduir la temperatura que s'origini en el seu interior.

### 5.1. Emplaçament de la instal·lació

La instal·lació es pretén realitzar sobre el barracó Vicens Vives de l'institut, amb una superfície de coberta de 150 m<sup>2</sup>.

La localització del barracó és la mateixa que la descrita en el cas anterior, però les coordenades variaran de forma molt poc significativa, que en aquest cas són: Latitud: 42°16'0" Nord i Longitud: 3°10'37" Est.

L'orientació dels mòduls serà alineada perfectament cap al sud, ja que la teulada, en ser completament planera permet rectificar l'azimut sense cap dificultat.

En els Plànols del projecte es recullen els plànols de situació i emplaçament on s'indica la localització de la instal·lació.

### 5.2 Mòdul fotovoltaic

El mòdul fotovoltaic escollit per a ampliar la instal·lació és el ESPSC400M de la marca ESPSC. Es tracta d'un mòdul de dimensions 1979 x 1002 x 40 mm i un pes de 22,5 kg.



S'ha escollit aquest mòdul, ja que amb un únic panell es genera el doble que la demanda dels actuadors i del sistema de control, per tant, no es necessitarà estirar energia de la bateria durant el dia. A més, el panell podrà seguir suplint el consum del sistema sense necessitat de renovar el panell en un llarg període de temps, ja que el fabricant garanteix una baixada del 20% en la seva eficiència passats 20 anys. També permet que la càrrega de la bateria sigui en un període de temps no molt prolongat.

Les característiques del mòdul es poden consultar en la taula següent:

| ESPSC-400M   |                  |
|--|------------------|
| Característiques elèctriques del mòdul fotovoltaic |                  |
| Potència màxima (W)                                | 400              |
| Tensió màxima de sortida (V)                       | 41,70            |
| Corrent màxima de sortida (A)                      | 9,60             |
| Eficiència del mòdul (%)                           | 20,17            |
| Característiques mecàniques                        |                  |
| Dimensions ( $\pm 2$ mm)                           | 1979 x 1002 x 40 |
| Pes (kg)   | 22,5             |

Taula 20. Característiques del mòdul solar

### 5.3 Estructures de suport

El mòdul s'instal·larà de la mateixa manera que en el cas anterior, sobre una estructura d'alumini anoditzat, que permeti encarar-los perfectament cap al sud. S'intentarà instal·lar el mòdul el més proper al lateral oest del barracó per a poder passar el cablejat per aquesta cara, ja que la canalització del cablejat quedarà entre el barracó i el tancat de separació amb l'escola Vicens Vives, fent que el cablejat sigui encara menys accessible als alumnes que puguin passar per la zona. A més, també s'allunya el mòdul dels arbres propers, fent que les possibles ombres que puguin generar sobre el mòdul siguin de la menor durada possible.

La subjecció a la coberta es realitzarà mitjançant cargols autoperforants. Els cargols hauran de comptar amb una volandera de neoprè, que ajudarà a esmorteir les contraccions i dilatacions en els components metàl·lics i també millorarà l'aïllament en la unió cargol-estructura, reduint la possible formació de corrosió en aquesta. A més, les perforacions s'hauran de tapar amb un element segellant per a evitar filtracions d'aigua dintre del barracó.

L'estructura s'instal·larà amb una inclinació de  $30^\circ$  com s'indica en els càlculs de les equacions 6, 7 i 8. Aquesta inclinació pot ser canviada de forma opcional entre els angles de  $25^\circ$ - $35^\circ$  en el cas que es vulgui tenir una generació més productiva durant els mesos estivals per cobrir el consum de l'automatització, o bé generar-ne més durant els mesos d'hivern, per compensar la davallada de rendiment dels mòduls durant aquesta estació final de l'any. Aquest angle d'inclinació s'ha obtingut també mitjançant el software PVSyst, com es pot veure en la següent figura:

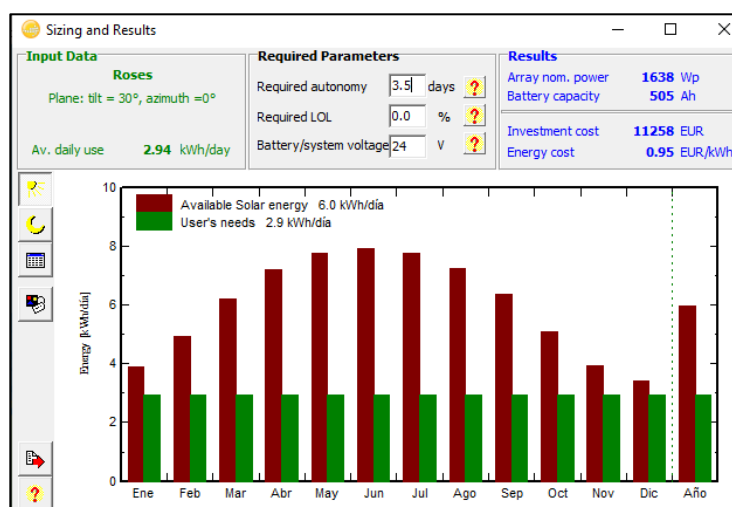


Figura 4. Simulació de disponibilitat de la bateria respecte el consum de la instal·lació

#### 5.4 Cablejat

El cablejat es dimensionarà tractant de minimitzar les caigudes de tensió, d'aquesta manera es garantirà una caiguda de tensió màxima de 1,5%, en aquest cas tota la instal·lació serà de CC. A la vegada la longitud dels cables serà la mínima que permeti la correcta disposició dels panells sobre els suports, i els elements de protecció en les seves corresponents caixes de protecció. La secció del cablejat es calcularà segons l'equació 10.

El cablejat es dividirà en 5 trams diferents: generador-regulador, bateria-regulador, regulador-conversor CC, regulador-actuadors i conversor CC-microcontrolador.

El panell solar porta incorporat un cable per a cada pol de 4 mm de secció i 1 metre de longitud amb un connector MC4 mascle al seu extrem en el cas del pol positiu i femella en el pol negatiu. La connexió amb el regulador de càrrega es realitzarà amb una extensió del

cable ja incorporat en el panell, s'acoblarà a cada cable del panell, amb el mateix codi de color, un cable de 10 metres amb un terminal MC4 a un extrem i a l'altre es crimparà un terminal de puntera per a realitzar la connexió al regulador de càrrega, per optimitzar el contacte amb la bornera d'aquest. Els cables es passaran per dintre d'una canaleta d'alumini que es distribuirà per la teulada i la façana oest del barracó, fins a l'armari elèctric on es situa el regulador de càrrega.

La bateria es connectarà al regulador de càrrega mitjançant un cable de 10 mm<sup>2</sup>, segons les especificacions del fabricant del regulador de càrrega. Aquest cable disposarà en un extrem d'una mordassa de llautó per a fixar-se als borns del banc de bateries i d'un portafusibles per a protegir el regulador i la bateria en cas de sobreintensitat.

Els actuadors s'hauran de connectar a partir del regulador amb un cable de 25 mm<sup>2</sup>, ja que la distància fins a la bomba d'aigua produeix una caiguda de tensió molt gran al llarg del conductor, en ser CC.

Per a alimentar el microcontrolador caldrà utilitzar un convertidor step-down per a passar els 24 V de sortida del regulador als 5 V que requereix el microcontrolador. El cablejat a utilitzar serà de 2,5 mm<sup>2</sup> per a connectar el regulador amb el convertidor i el convertidor al microcontrolador.

Tot el cablejat que surti o entri a l'armari elèctric haurà de ser impermeabilitzat mitjançant premsaestopes, ja que s'ha d'assegurar que no es filtra aigua pels forats de pas, a més d'assegurar una bona subjecció d'aquests.

El cablejat de posta a terra per a connectar els xassís del panell i la posta a terra del regulador de càrrega serà de 2,5 mm, que haurà de connectar-se a la posta a terra de la instal·lació elèctrica del barracó i per tant, no caldrà dimensionar una posta a terra nova. El codi de colors de la posta a terra serà segons el REBT, verda i groga.

Totes les unions a borneres, tant d'elements de protecció, del regulador de càrrega o del convertidor CC hauran de ser mitjançant l'ús de punteres, per a una òptima connexió entre elements.

| Característiques tècniques Cablejat de CC |  |
|---|--|
| <b>Generador - Regulador</b>              |  |
| Secció (mm)                               | 4  |
| Longitud (m)                              | 7  |
| Tipus                                     | FV ZZ-F                                      |
| Tipus de connector                        | MC4  |
| Colors                                    | Pol negatiu (negre) // Pol positiu (vermell) |
| <b>Regulador - Bateria</b>                |  |
| Secció (mm)                               | 10   |
| Longitud (m)                              | 2  |
| Tipus                                     | RV-K   |
| Colors                                    | Pol negatiu (negre) // Pol positiu (vermell) |
| <b>Regulador – Actuadors</b>              |  |
| Secció (mm)                               | 25   |
| Longitud (m)                              | 60   |
| Tipus                                     | RV-K   |
| Colors                                    | Pol negatiu (negre) // Pol positiu (vermell) |
| <b>Regulador – Conversor CC</b>           |  |
| Secció (mm)                               | 2,5  |
| Longitud (m)                              | 2  |
| Tipus                                     | RV-K   |
| Colors                                    | Pol negatiu (negre) // Pol positiu (vermell) |
| <b>Conversor – Microcontrolador</b>       |  |
| Secció (mm)                               | 2,5  |
| Longitud (m)                              | 5  |
| Tipus                                     | RV-K   |
| Colors                                    | Pol negatiu (negre) // Pol positiu (vermell) |

Taula 21. Característiques del cablejat de connexió de mòduls fotovoltaics

### 5.5 Canalitzacions

El cablejat de connexió del mòdul solar fins al regulador de càrrega es distribuirà per la teulada i la façana del barracó mitjançant una canaleta de PVC rígid de color blanc amb unes

mides de 75 x 60 mm fins l'armari elèctric on es situen tots els elements de la instal·lació. La fixació de la canaleta es realitzarà amb cargols autoperforants d'acer inoxidable.

El cablejat dels actuadors es canalitzaran mitjançant un tub corrugat de 90 mm de diàmetre, que s'estendrà el més proper al mur de separació de l'escola Vicens Vives, i restarà enterrat a una profunditat mínima de 45 cm. Per treure el cablejat de l'electrovàlvula caldrà utilitzar una T de PVC rígida que permeti redireccionar un tram de tub fins a aquesta, mentre que el tub seguirà fins a la bomba d'aigua.

El cablejat del microcontrolador també sortirà de la caixa de connexions, en aquest cas s'utilitzarà un tub corrugat de polietilè com en els casos anteriors, però de 32 mm de diàmetre, que s'estendrà en paral·lel a la canalització dels cables dels actuadors.

A continuació es recullen les principals característiques del tub de protecció utilitzat en la instal·lació.

| Característiques dels trams de canalització |              |                 |           |                                    |                               |
|---|--------------|-----------------|-----------|------------------------------------|-------------------------------|
| Tram de cablejat                            | Longitud (m) | Tipus           | Material  | Secció cablejat (mm <sup>2</sup> ) | Secció tub (mm <sup>2</sup> ) |
| Cas II                                      |              |                 |           |                                    |                               |
| Mòdul – Regulador de càrrega                | 15           | Canaleta        | PVC       | 4                                  | 75 x 60                       |
| Regulador de càrrega - Bateria              | 2            | ---             | ---       | 10                                 | ---                           |
| Regulador de càrrega –<br>Conversor CC      | 2            | ---             | ---       | 1,5                                | ---                           |
| Regulador de càrrega –<br>Actuadors         | 40           | Tub<br>corrugat | Polietilè | 25                                 | 90                            |
| Conversor CC - Microcontrolador             | 5            | Tub<br>corrugat | Polietilè | 2,5                                | 32                            |

Taula 22. Característiques del tub de canalització del cablejat del cas II

## 5.6 Proteccions

Per a la protecció de cada tram de cablejat, s'utilitzaran fusibles per a protegir-los davant sobrecàrregues o curtcircuits. Per a fer el dimensionament s'ha utilitzat la mateixa equació que en l'apartat anterior. S'ha escollit utilitzar fusibles davant als magnetotèrmics en aquest cas, ja que són molt més econòmics que els magnetotèrmics de CC.

Tots els fusibles utilitzats seran de tipus gPV, ja que està especialment dissenyat per a aplicacions de CC i instal·lacions fotovoltaïques, protegeixen les línies davant sobrecàrregues i curtcircuits i el seu temps de fusió no és molt ràpid, per tant, també es podran utilitzar per a protegir les línies dels actuadors, que també poden tenir pics de corrent en l'arrencada d'aquests.

Tots els fusibles hauran de ser instal·lats en la seva base portafusibles per al format cilíndric 14x51 o bé 10x38 mm. Es connectarà únicament el pol positiu de cada tram al seu fusible corresponent, mentre que el pol negatiu no es connectarà a cap fusible.

Per a protegir el tram de la bateria al regulador s'instal·larà un fusible cilíndric de 14x51 de 50A.

Per a protegir el tram del regulador als actuadors s'utilitzarà un fusible per actuator un fusible cilíndric de 14x51 de 16 A per a cada actuator.

Per a protegir el convertidor CC s'utilitzarà un fusible cilíndric de 10x38 de 16 A.

Per a protegir el microcontrolador un fusible cilíndric de 14x51 de 4 A.

El mòdul fotovoltaic no requerirà protecció davant corrents inverses, ja que el generador està format per un únic mòdul i per tant, segons normativa, no és necessària aquesta protecció.

S'instal·larà una protecció contra sobretensions abans del regulador de càrrega per a protegir tots els elements de la instal·lació davant d'una possible caiguda d'un llamp. La protecció serà de tipus II, per a l'ús en instal·lacions fotovoltaïques.

A continuació es recull en la següent taula els components del quadre de CC:

| Proteccions de CC                    |                 |
|--------------------------------------|-----------------|
| Cablejat de CC – Regulador – Bateria |                 |
| Corrent nominal (A)                  | 50              |
| Tipus                                | gPV             |
| Format                               | Cilíndric 14x51 |
| Regulador – Actuadors                |                 |
| Corrent nominal (A)                  | 2 x 16          |
| Tipus                                | gPV             |
| Format                               | Cilíndric 14x51 |
| Regulador – Convertidor CC           |                 |
| Corrent nominal (A)                  | 16              |
| Tipus                                | gPV             |
| Format                               | Cilíndric 14x51 |

Taula 23.1. Característiques del quadre de connexió de corrent continu

| Conversor CC – Microcontrolador  |                    |
|----------------------------------|--------------------|
| Corrent nominal (A)              | 4                  |
| Tipus                            | gPV                |
| Format                           | Cilíndric 10x38    |
| Interruptor contra sobretensions |                    |
| Nº de pols                       | 1 + Neutre + Terra |
| Sistema de connexió a terra      | TT o TN-S          |
| Tipus                            | 2                  |

Taula 23.2. Característiques del quadre de connexió de corrent continu

### 5.7 Regulador de càrrega

El regulador de càrrega de les bateries escollit és un Victon Energy Bluesolar MPPT 100/20 que s'instal·larà en l'armari elèctric amb tots els altres elements de la instal·lació, amb les proteccions, bateries i el conversor CC.

El regulador s'ha escollit segons la màxima corrent de càrrega del sistema, que ve donada per la potència màxima que pot generar el panell, que són 400 Wp i la tensió del banc de bateries instal·lat. La corrent de càrrega màxima que ha de suportar el regulador ha de ser 16,6 A i per assegurar la protecció del regulador se li afegeix un 25% de factor de seguretat, per tant, el regulador de càrrega ha de poder subministrar un corrent de càrrega de 20 A.

També haurà de poder suportar la tensió de circuit obert del panell solar que és de 52.36 V a -10 °C.

El regulador de càrrega és de tipus MPPT, ja que el voltatge del panell solar i la bateria no són iguals i per tant no s'aprofitaria tota la capacitat de generació del panell en cas de seleccionar un de tipus PWM, per tant al ser un sistema molt reduït, ens interessa que la càrrega de la bateria sigui lo més òptima possible amb els recursos disponibles.

Les característiques del regulador de càrrega de bateries escollit es poden veure en la taula següent:

| Victon Energy Bluesolar MPPT 100/20       |    |
|---|----|
| Característiques del regulador de càrrega |    |
| Corrent de càrrega màxima (A)             | 20 |

Taula 24.1 Característiques del regulador de càrrega

|                                     |         |
|-------------------------------------|---------|
| Voltatge màxim de circuit obert (V) | 100     |
| Tipus                               | MPPT    |
| Rang de voltatges de bateries (V)   | 12 / 24 |

Taula 24.2 Característiques del regulador de càrrega

Per a realitzar a la connexió de tots els elements caldrà seguir l'ordre següent i en cas de desconexió, caldrà fer-ho en l'ordre invers. Primer es connectarà la bateria al regulador, pol positiu primer i pol negatiu després. El segon element a connectar al regulador és el mòdul solar, com en el cas anterior, primer pol positiu i després pol negatiu. Finalment es connectaran les càrregues al regulador, i com s'ha indicat anteriorment, es connectarà primer positiu i després negatiu. En el cas de les càrregues es connectaran el pols dels magnetotèrmics que protegiran cada actuator i el convertidor CC, aquests estaran prèviament connectats aigües avall a les corresponents càrregues i desconnectats, després es connectaran aigües amunt al regulador i seguidament s'activaran els interruptors.

## 5.8 Bateria

El banc de bateries instal·lades estarà format per dues bateries Ritar RA12/65 que es situaran dintre de l'armari elèctric amb els altres elements de la instal·lació ja indicats en els punts anteriors. S'hauran de disposar en el fons de l'armari amb els borns orientats verticalment, i caldrà no instal·lar-les en cap altra disposició diferent a l'esmenada.

La bateria seleccionada s'ha dimensionat mitjançant l'equació 9, considerant una autonomia del sistema de control sense interrupcions i les activacions puntuals dels actuadors de 3 dies. Aquesta autonomia s'ha seleccionat com el període màxim de durada de dies de núvol consecutius que puguin haver en la localitat, ja que a la zona no són freqüents períodes tan llargs de núvol, sobretot durant el període estival, època on els actuadors treballaran amb més freqüència per a mantenir la humitat de l'hort, mentre que en períodes menys càlids, la presència de núvols i temperatures més baixes, el sòl no transpirarà amb tanta freqüència, per tant el consum per part dels actuadors serà molt més baix i l'activació d'aquests més espaciada.

S'ha dimensionat la capacitat per tal que, tot i estar 3 dies sense recàrrega no es superi la el 50% de descàrrega, ja que el fabricant recomana no superar aquest límit per allargar la



vida útil de la bateria. Tot i que amb el regulador de càrrega es pot modificar la configuració per a superar aquesta profunditat, i així poder allargar l'autonomia de la instal·lació.

Les bateries seran de tipus AGM monoblock, no serà necessari el seu manteniment i no hi haurà risc de vessament d'àcid, a menys que es disposin incorrectament. S'ha decidit escollir una bateria de tipus AGM monoblock davant d'una bateria de gel, tot i que ambdós tipus presenten avantatges i inconvenients. La bateria de gel és eficient en processos que requereixen descàrregues profundes i de baix consum (el funcionament del microcontrolador i dels sensors) i en entorns amb temperatura elevada (dins d'un armari elèctric). En canvi, la bateria AGM té un bon comportament en processos que requereixen una entrega d'energia elevada en un període no molt prolongat de temps (activació dels actuadors). En el cas d'aquesta automatització s'observen totes dues situacions, per tant, el criteri d'elecció del tipus de bateria AGM ha estat el seu menor cost econòmic.

El banc de bateries format per la connexió en sèrie de les 2 bateries serà de 24V, per mantenir el mateix voltatge dels actuadors escollits per a l'automatització són de 24V, voltatge escollit amb el motiu de reduir el corrent requerit per aquests i per tant, que la secció del seu cablejat sigui inferior.

Les característiques del banc de bateries de la instal·lació són les següents:

| RA12-65   |               |
|---|---------------|
| Característiques elèctriques del banc de bateries |               |
| Nº de Bateries                                    | 2             |
| Voltatge (V)                                      | 12 x 2        |
| Capacitat (Ah)                                    | 65            |
| Tipus   | AGM monoblock |

Taula 25. Característiques del banc de bateries

### 5.9 Conversor 24V-5V

Per a l'alimentació del sistema de control s'instal·larà un conversor CC que convertirà els 24 V de sortida del regulador de càrrega a 5 V per alimentar el microcontrolador. El conversor escollit és un KNACRO 1224-5-5 de 5W. S'ha triat aquest conversor, ja que cobreix sobradament la potència del sistema de control i permet l'ampliació del sistema de sensorització en un futur. Tolera treballar en ambients amb temperatures elevades i pols. En

cas de curtcircuit o sobrecàrrega, disposa d'un sistema de protecció contra aquestes eventualitats.

A la següent taula es poden veure les característiques del convertidor CC-CC:

| KNACRO 1224-5-5                                    |       |
|--|-------|
| Característiques elèctriques del convertidor CC-CC |       |
| Voltatge d'entrada (V)                             | 12-24 |
| Voltatge de sortida (V)                            | 5     |
| Potència (W)                                       | 5     |

Taula 26. Característiques del convertidor CC-CC

## 6. SISTEMA DE CONTROL

### 6.1 Placa de sensorització

La placa de sensorització és la placa principal del sistema de control, ja que inclou el mòdul del microcontrolador, totes les connexions i circuits de sensorització i alimentació, les sortides de control dels actuadors i el bus de connexió amb la placa d'interfície amb l'usuari.

La placa s'ha dissenyat de manera que les connexions amb els perifèrics sigui senzilla i no pugui haver equivocacions en les connexions, per tal que hi hagi la possibilitat d'afegir altres perifèrics I2C i per a què qualsevol pin del mòdul del microcontrolador sigui accessible un cop soldat. També s'ha dissenyat per a què no es pugui alimentar amb un voltatge superior al de disseny, i evitar així avaries en els elements de la placa. S'ha vetllat per una distribució dels elements i una serigrafia informativa clares, ja que la placa tindrà un objectiu final didàctic per als alumnes de l'institut.

La sensorització del sistema mesura 7 paràmetres diferents: la humitat i la temperatura de l'aire, la pressió atmosfèrica, la humitat del sòl, el caudal d'aigua bombejada, la capacitat del dipòsit de reg i la capacitat d'aigua del dipòsit d'emmagatzematge.

El diagrama esquemàtic i el disseny de la PCB es pot consultar en els Plànols del projecte.

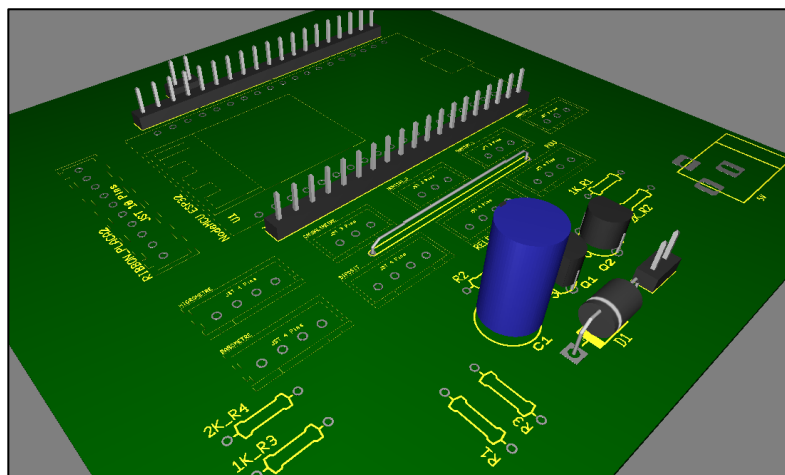


Figura 5. Placa de sensorització

#### 6.1.1 Circuit d'alimentació

L'alimentació de la placa es realitzarà amb 5 V mitjançant un connector barreljack de 5,5 mm. S'ha dissenyat un circuit per a protegir el microcontrolador i els elements del sistema de control davant voltatges superiors a 5,5 V, en cas de connectar un adaptador de tensió de voltatge erroni. Aquesta protecció s'ha realitzat amb un díode Zener de 5,5V entrarà en conducció en cas de superar el seu voltatge, el transistor Q2 passarà a conducció que obrirà el circuit en cas de superar el voltatge abans indicat.

L'interruptor obrirà el circuit sense necessitat de desconnectar el connector de 5,5 mm en el cas que es vulgui carregar un nou programa al microcontrolador, ja que no accepta 2 vies d'alimentació simultàniament.

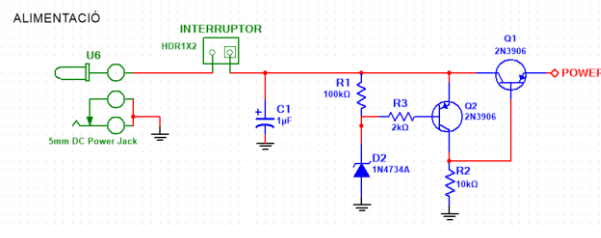


Figura 6. Circuit d'alimentació

### 6.1.2 Humitat i temperatura de l'aire

Per a mesurar la humitat i la temperatura de l'aire s'ha utilitzat el sensor SHT31 amb comunicació via I2C, amb una resolució de 8 bits per a cada paràmetre. Aquest sensor s'ha escollit pel tipus de comunicació amb el sensor, ja que aquest permet connectar un gran nombre de sensors en el bus I2C simultàniament i per la seva lògica en 3,3 V, evitant així l'ús de level shifters per adaptar la senyal al microcontrolador. El consum màxim del sensor és de 5 mW.

A partir dels paràmetres obtinguts amb aquest sensor es calcula la possibilitat de glaçades i, per tant, es poden preveure possibles congelaments de les canonades d'aigua. I la humitat de l'aire permet fer una petita previsió del temps amb conjunció de la pressió atmosfèrica per preveure si pot ploure en un període curt de temps.

En la programació s'ha considerat una temperatura de seguretat de 3°C com a temperatura en la que les canonades poden congelar-se, per tant, el sistema de reg s'aturarà fins que aquesta temperatura superi els 3°C.

### 6.1.3 Pressió atmosfèrica

Per a mesurar la pressió atmosfèrica s'ha utilitzat el sensor BMP280 amb comunicació via I2C, en aquest cas el sensor també té capacitat de mesurar la temperatura de l'aire, però no s'ha obtingut aquest paràmetre a partir d'aquest sensor. S'ha escollit aquest sensor ja que utilitza el bus I2C per comunicar-se i també per la possibilitat de configurar el seu mode de mesura, controlant així el seu consum. En aquest cas, s'ha configurat en el seu mode ultralow power, ja que el reg, en ser un sistema molt lent, no requereix un nombre elevat de mostres per unitat de temps.

Amb la valoració conjunta de la pressió atmosfèrica i de la humitat de l'aire s'ha simulat un petit sistema de predicció de pluja a molt curt termini. S'ha considerat una pressió inferior a 1013 mBar i una humitat relativa superior al 85% com a condicions per a que sigui probable que plougui.

En el següent gràfic s'observen les dades obtingudes amb els mateixos sensors durant 7 dies diferents de pluja:

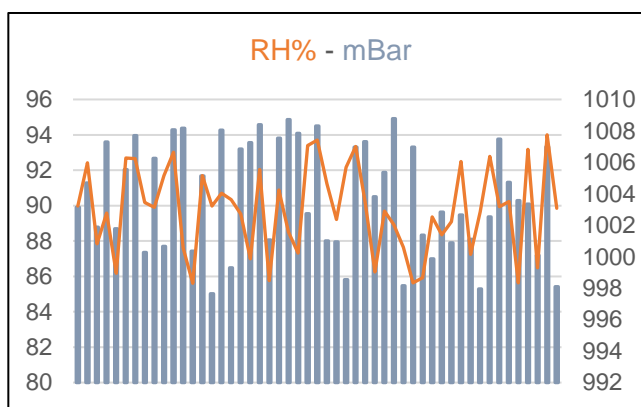


Figura 7. Gràfica Humitat relativa – Pressió atmosfèrica en dies plujosos

### 6.1.4 Humitat del sòl

La humitat del sòl s'ha calculat mitjançant 3 sensors d'humitat capacitius que permetran obtenir mesures en diferents zones de l'hort, i així poder assegurar que el reg es realitza de forma homogènia. S'ha triat aquest tipus de sensor ja que té una bona resistència davant la corrosió en comparació a altres sensors d'humitat del mercat i també perquè el senyal de sortida del sensor és de 3,3 V i per tant, és compatible amb el microcontrolador, sense haver d'adaptar-lo.

La humitat mínima que ha de tenir el sòl per a que s'activi el reg l'haurà d'escollir l'usuari mitjançant l'aplicació d'android o mitjançant la interfície.

### 6.1.5 Disponibilitat d'aigua

El percentatge de capacitat d'aigua dels dipòsits es monitoritzen mitjançant sensors d'ultrasons, ja que permeten una mesura acurada del nivell d'aigua, a partir de l'alçada d'aigua que conté el dipòsit.

El sensor triat és el HC-SR04, principalment pel seu cost reduït, la seva precisió és suficient per al tipus de mesura que es vol realitzar i també per la seva fàcil programació. Els sensors s'instal·laran en les tapes dissenyades expressament per a que quedin fixats i aïllats d'agents meteorològics, a més es garanteix una fixació i una estabilitat que millora les mesures.

El sensor escollit transmet el senyal en lògica de 5 V. Així doncs, aquest senyal s'haurà de baixar a 3,3 V mitjançant un divisor de tensió simple, per adaptar-lo al microcontrolador.

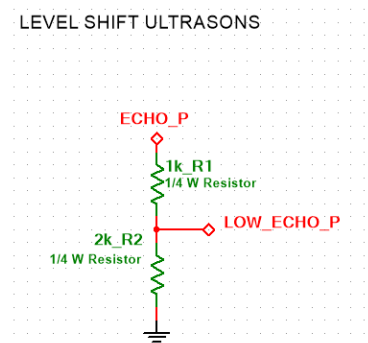


Figura 8. Level shifter de la senyal de retorn de l'ultrasó

### 6.1.6 Caudal

Per a mesurar el cabal s'ha utilitzat un caudalímetre d'una polzada de diàmetre amb sensor hall, alimentat amb 5V. S'ha seleccionat aquest sensor pel seu baix cost respecte altres mètodes de mesura de cabal, també perquè en ser de llautó té la capacitat d'aguantar la corrosió tot i ser instal·lat sota terra, a més de ser molt més resistent que un de plàstic. Tot i que pel que fa la precisió, aquesta no és alta, aquest sensor té la funcionalitat de detectar

una obstrucció de la canonada de bombeig i en aquest cas, aturar el bombeig si detecta que no circula aigua tot i que la bomba està engegada.

### 6.1.7 Relés

Per a controlar l'activació dels actuadors s'utilitzarà un mòdul de 2 relés de 5V, que poden maniobrar tant amb CC com amb CA. En el cas I el mòdul s'instal·larà en la caixa de proteccions de l'automatització, mentre que en el cas II, s'instal·larà en la caseta meteorològica, on es troba la placa amb el microcontrolador i els sensors de temperatura i humitat ambiental. Per a connectar els pins digitals entre el mòdul i el microcontrolador s'utilitzarà una línia de 2 fils de coure de cable apantallat de 0,25 mm, per a reduir l'entrada de soroll al cable i poder evitar falses activacions provocades per les interferències, principalment en el cas I, ja que el senyal digital s'haurà de transmetre a força de distància fins al quadre de proteccions.

## 6.2 Placa d'interfície amb l'usuari

La placa d'interfície amb l'usuari connectarà tots els indicadors LED, LCD i botoneres amb el microcontrolador, però per a poder disposar els elements de forma visual i pràctica per a l'usuari s'ha separat de la placa de sensorització, la placa s'instal·larà en el lateral de la caseta meteorològica, deixant a la vista els LED, botons i LCD. Les dues plaques es connectaran entre elles mitjançant un bus de 10 cables amb un terminal JST per facilitar la connexió correcta dels elements.

La placa permetrà a l'usuari veure els paràmetres mesurats pels sensors, seleccionar el temps de reg i la humitat mínima de reg i poder veure si els actuadors estan actius sense necessitat de tenir l'aplicació de mòbil a disposició.

### 6.2.1 Indicadors visuals

La placa tindrà 4 indicadors visuals, 3 LED de diferents colors i una pantalla LCD. Els LED permetran veure si les plaques estan alimentades, o si qualsevol dels actuadors està actiu. La següent taula representa el significat de cada LED de color:

| Indicadors LED |                            |
|----------------|----------------------------|
| Vermell        | Alimentació de les plaques |
| Blau           | Electrovàlvula             |
| Verd           | Bomba d'aigua              |

Taula 27. Significat dels indicadors LED

La placa disposa d'un connector de 4 pins per a connectar una pantalla LCD i així poder disposar-la en el lloc més adient per a l'usuari. La pantalla LCD és de 2x16 i en aquesta es mostraran els valors obtinguts pels sensors i els menús de configuració, que es podrà anar navegant per aquests mitjançant la botonera.

### 6.2.2 Botonera

La botonera està composta per 4 microbotons disposats en forma de creu per a facilitar un ús intuïtiu. El botó superior i inferior s'utilitzen per a pujar i baixar el valor dels paràmetres modificables, que són el temps de reg i la humitat mínima. El botó esquerre i dret s'utilitzen per a navegar pels diferents paràmetres sensoritzats de l'hort i diferents menús de configuració.

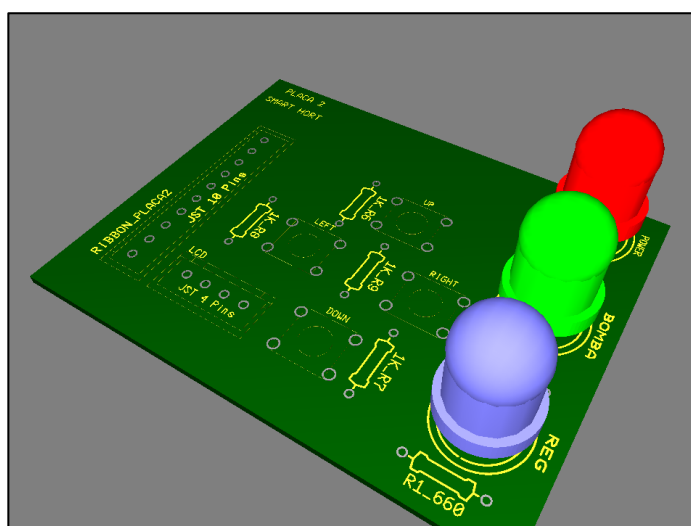


Figura 9. Placa d'interfície amb l'usuari



## 7. APLICACIÓ ANDROID I FIREBASE

L'hort es podrà controlar mitjançant una aplicació d'android creada amb l'app inventor. La aplicació permetrà monitoritzar els paràmetres crítics com la disponibilitat d'aigua dels dipòsits, la humitat del sòl o la temperatura ambient i veure l'estat d'activació dels actuadors.

Es podrà seleccionar el temps de reg i la humitat mínima per activar el reg, per a fer-ho caldrà lliscar els selectores disponibles, i un cop es tinguin els valors dels paràmetres desitjats caldrà prémer el botó d'Aplica, que actualitzarà aquests paràmetres en la base i per tant el microcontrolador podrà ajustar-se segons vulgui l'usuari. La aplicació guardarà en una memòria els valors amb que el microcontrolador està treballant i els mostrarà en la pantalla, i així en cas de lliscar la barra de selecció accidentalment, sempre es sabrà quina programació té el microcontrolador.

També es podrà seleccionar el mode de reg, entre automàtic i manual. El reg automàtic permetrà que l'hort es regui únicament quan les condicions establertes en la programació siguin les idònies per a optimitzar el consum d'aigua. Mentre que el reg manual permetrà regar l'hort sense que es compleixin les condicions òptimes per al reg, però sempre haurà d'haver unes condicions mínimes de seguretat, que són que hi hagi més de 3°C de temperatura ambient, per a evitar intentar regar amb les canonades glaçades, i també hi haurà d'haver més d'un 5% de la capacitat d'aigua en el dipòsit de reg.

Per a la transferència de dades entre els dos punts de comunicació (l'App i l'hort) s'utilitza la base de dades a temps real Firebase, que permet emmagatzemar les dades de forma instantània en la base de dades i qualsevol dels 2 terminals pot accedir-hi amb el codi d'identificació pertinent.

En la següent figura podem veure la primera versió de la interfície de la aplicació per al control del reg via Wi-Fi:



Figura 10. Aplicació per a android per al control del reg

## 8. ESTUDI ENERGÈTIC

A més del component econòmic del projecte, també cal valorar l'estalvi energètic anual i el temps d'amortització de cada un dels tipus d'instal·lació fotovoltaica, per poder valorar quin dels dos casos projectats seria millor triar.

L'estudi energètic s'ha elaborat a partir de les dades proporcionades per les dues companyies distribuïdores que han subministrat l'energia elèctrica a l'institut durant l'any 2019 i 2020 i que han facilitat els consums per hora des de gener de 2019 fins març de 2020.

### 8.1 Estudi energètic cas I

Primer s'ha de veure quin consum addicional representa l'automatització al consum de l'institut, i en quins mesos hi ha més consum en el propi institut i en la instal·lació:

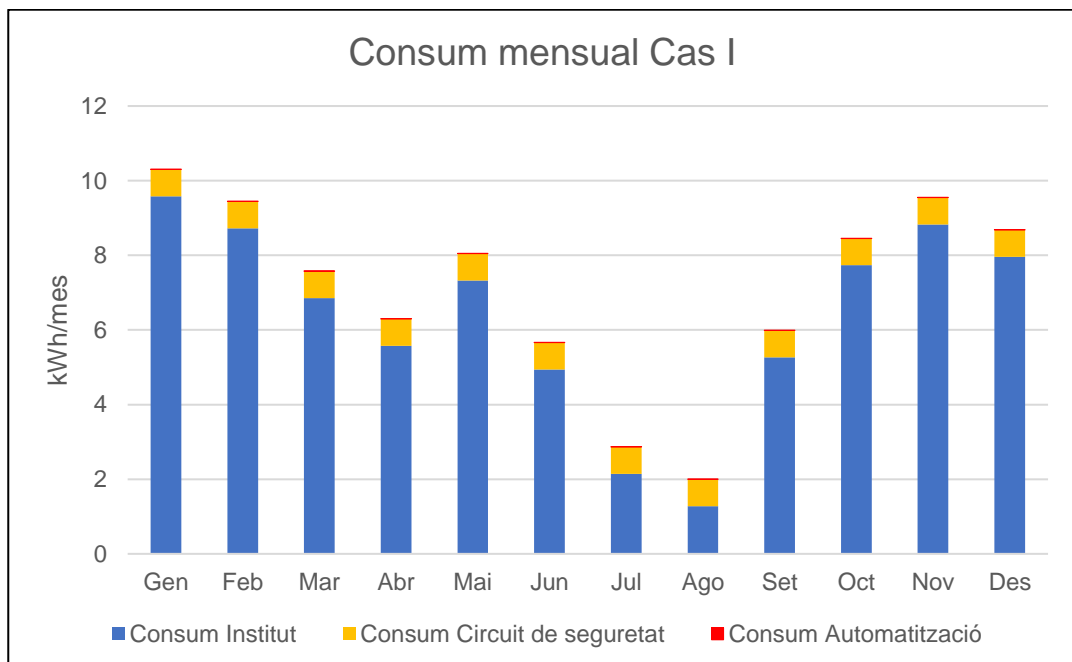


Figura 11. Consum acumulat mensual institut + automatització cas I

El gràfic ens permet veure com els consums més elevats de l'institut són durant l'hivern i tardor, ja que en aquestes èpoques hi ha molt més consum de llum i calefacció, a més de ser l'època amb més hores lectives. Durant l'estiu és l'època amb menys consum, ja que únicament es deixen encesos els sistemes de seguretat com càmeres i alarma, mentre que tots els altres aparells elèctrics es desconnecten durant el període de vacances.

La instal·lació per altra banda és a la inversa, durant els períodes freds i pluviosos la demanda d'aigua en l'hort és molt més baixa i per tant els actuadors passaran la major part del temps sense connectar, mentre que a l'estiu durant el juliol i agost sobretot, la demanda d'aigua serà molt més gran i per tant es requerirà un ús molt més freqüent dels actuadors.

Per a veure quin impacte sobre el consum total té el generador fotovoltaic, caldrà simular la seva generació anual, i per això s'ha utilitzat el software PVSyst, per a fer una recreació acurada del generador instal·lat i la seva producció energètica.

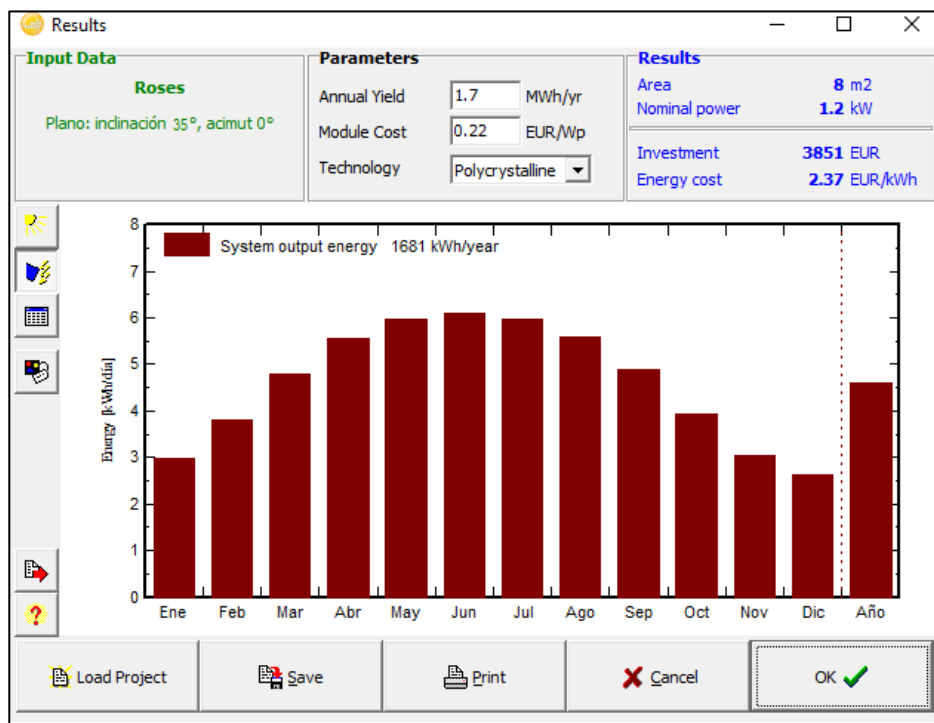


Figura 12. Generació anual del generador del cas I

En la simulació veiem clarament com la generació dels panells a l'estiu es duplica respecte a l'hivern, però tot i això, no podem saber si amb aquesta generació el consum de

l'automatització es veurà suplert completament pels panells durant tot l'any, i en cas de que no fos així s'haurà de saber en quins mesos no s'arriba a la demanda.

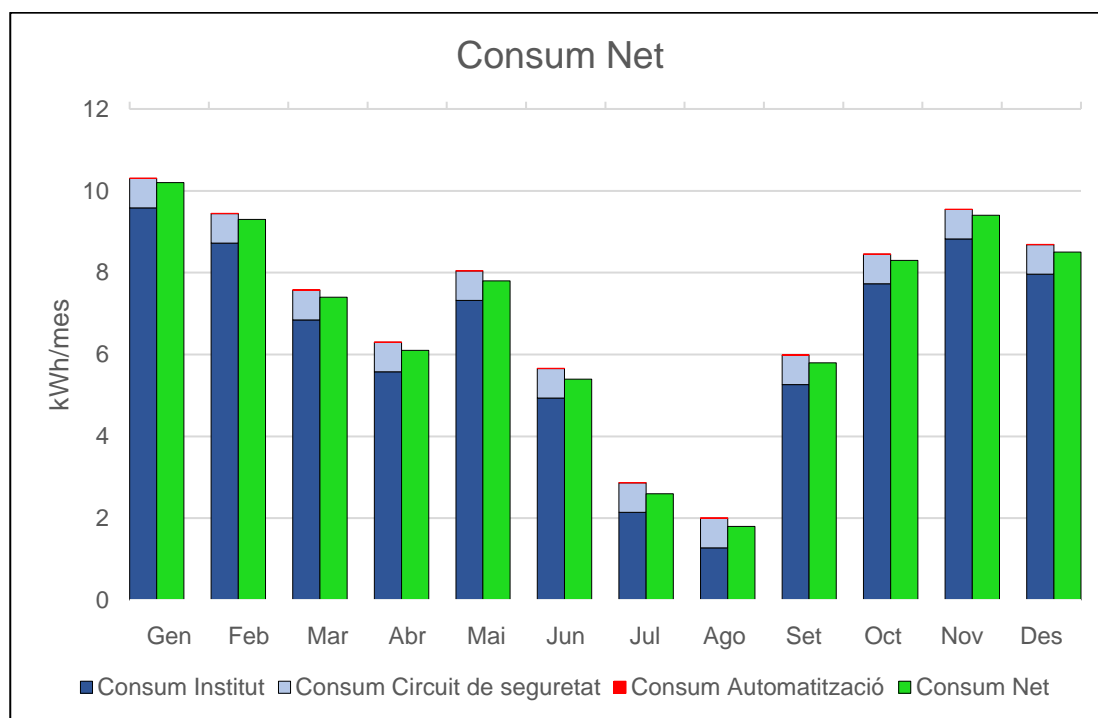


Figura 13. Comparació de consums i generació fotovoltaica

En la gràfica podem veure com durant l'estiu el consum de l'institut es redueix dràsticament, ja que és temporada de vacances, gairebé tots els electrodomèstics i aparells elèctrics s'apaguen, mentre que el consum de l'automatització augmenta molt significativament respecte les estacions més plujoses, ja que hi ha molta més demanda d'aigua per part de l'hort. El consum net ens indica quina part del consum total l'ha de subministrar la xarxa pública, i per tant podem veure quanta energia ha subministrat el generador fotovoltaic.

Per veure amb més claredat en quins mesos hi ha més excedent d'energia un cop cobert el consum de l'automatització i per tant veure quanta energia ha estalviat el generador solar al consum de l'institut utilitzarem la següent gràfica:

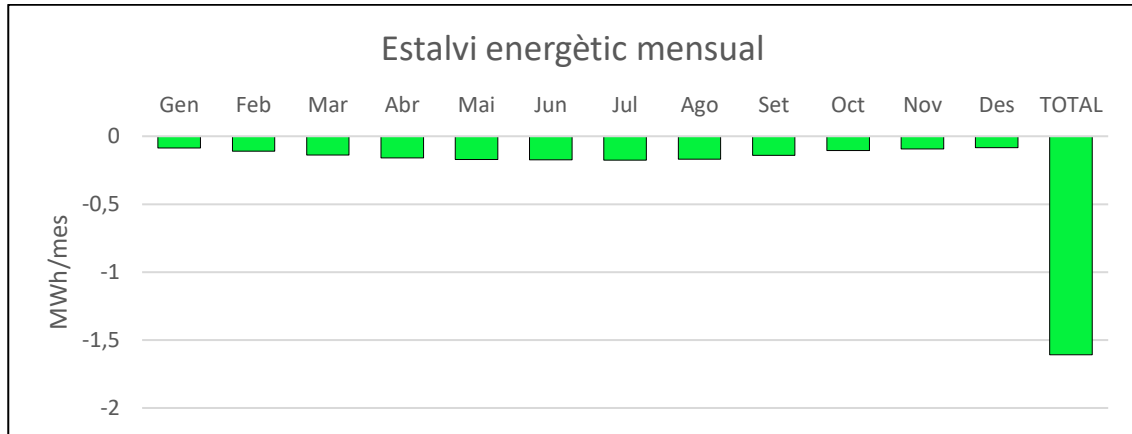


Figura 14. Estalvi energètic mensual respecte el consum de l'automatització

En aquesta gràfica podem confirmar el generador cobreix tot el consum de l'automatització i una part del consum del circuit de seguretat, que a final d'any significa 1,68 MWh d'estalvi. L'estalvi energètic ve principalment entre els mesos de maig i setembre, que encara que el consum de l'automatització augmenta, tal i com hem indicat anteriorment, és quan el generador treballa més, mentre que en els mesos de tardor i hivern, tot i que es redueixi la demanda d'aigua per part de l'hort, el generador perd gran part de la capacitat de producció.

Aquest estalvi energètic representa el punt fort d'aquesta instal·lació respecte la del cas II, ja que tota la producció del generador és aprofitada, fent que hi hagi un estalvi econòmic per al institut, i per tant la instal·lació es pot amortitzar al cap d'un temps. Aquest temps d'amortització es calcula en l'equació 14.

L'estalvi de l'institut anual en energia amb aquesta instal·lació és de 225,30 €, fent que la instal·lació s'amortitzés en 16,6 anys.

## 8.2 Estudi energètic cas II

En el segon cas s'estudiaran els mateixos aspectes energètics que en el primer, però en aquesta instal·lació en ser aïllada, no hi haurà cap tipus d'injecció a la xarxa de l'institut, per tant el sistema fotovoltaic únicament podrà alimentar la pròpia automatització. I no generaria cap estalvi a l'institut.

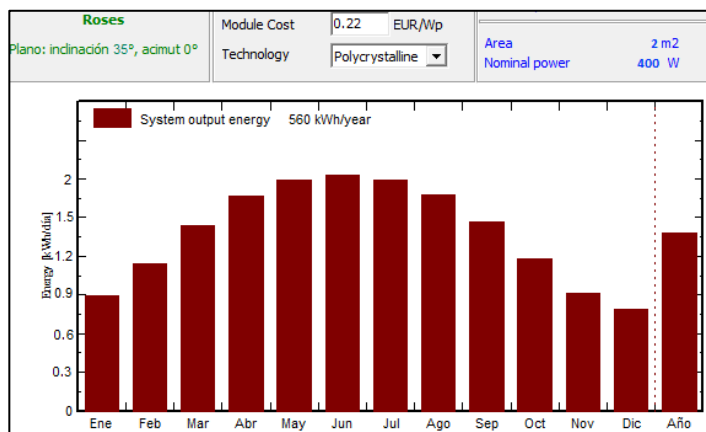


Figura 15. Generació del mòdul (PVSys)

Com en el cas anterior haurem d'analitzar el consum de la instal·lació i l'energia generada per part del mòdul:

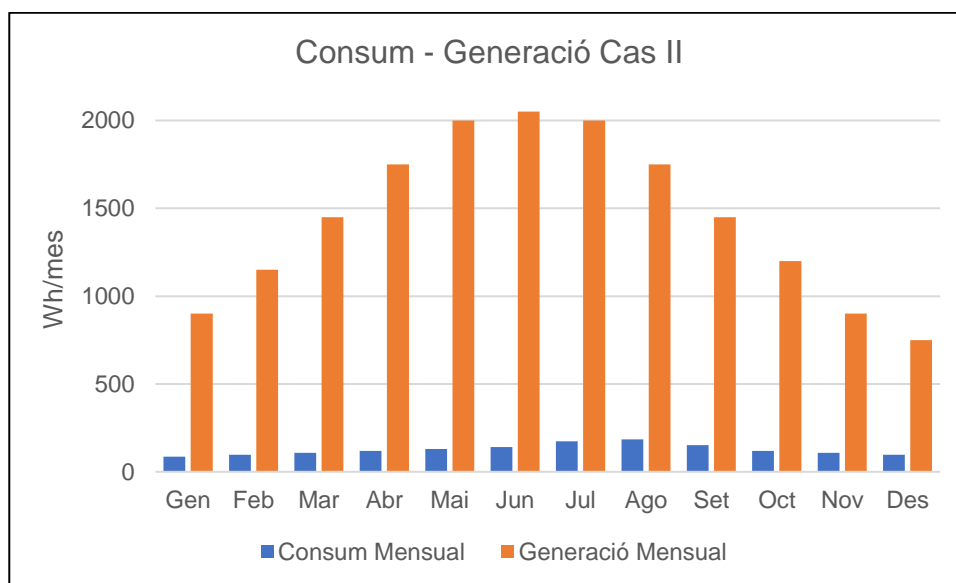


Figura 16. Consum de l'automatització – Generació del mòdul (mensual)

Com podem observar en la gràfica, un únic panell solar permet abastir la demanda energètica del cas II, però com s'ha comentat anteriorment, en ser un sistema aïllat tota l'energia generada que no sigui consumida directament per a la càrrega de la bateria, serà desaprofitada. Per tant, en aquest aspecte el cas II és molt menys eficient a l'hora d'aprofitar la generació solar que el cas I.

Amb la gràfica es veu clarament que la potència del mòdul està sobredimensionada per a la necessitat de l'automatització. El motiu per a seleccionar un mòdul amb més potència de la

necessària, com s'ha indicat en l'apartat 5.2, és bàsicament el de la seva durabilitat, ja que tot i perdre eficiència (segons el fabricant perdria un 20% en 20 anys), no hi hauria problema per a cobrir la demanda de l'automatització, passat aquest temps. Un segon motiu és la possibilitat d'aconseguir un corrent de càrrega superior en condicions meteorològiques no ideals, en comparació amb un mòdul de menys potència, i per tant haurà menys probabilitat de descarregar la bateria fins al límit seleccionat del 50%, encara que les condicions meteorològiques no siguin òptimes.

## 9. RESUM DEL PRESSUPOST

Per a la realització del projecte d'un hort educatiu automatitzat i autosuficient, el cost és de tretze mil vuit-cents vint-i-tres euros i setanta-nou cèntims sense IVA.



## 10.CONCLUSIONS

La instal·lació projectada queda dimensionada i definida, per a l'execució de la instal·lació sol·licitada, sota la normativa del Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió i de les seves instruccions complementàries.

La instal·lació dissenyada per al cas I aconsegueix l'objectiu d'alimentar l'automatització, i part del consum de l'institut generant un estalvi econòmic al centre. Per tant, també assoleix la condició de que l'automatització sigui autosuficient.

La instal·lació dissenyada per al cas II, aconsegueix alimentar la instal·lació de forma completament autosuficient i completament independent de la xarxa i amb una autonomia de 3 dies sense càrrega. Ara bé, la condició de fer que sigui en la seva totalitat en CC, no és la millor solució, ja que a causa de l'emplaçament del dipòsit, la distància del cablejat és molt gran, fent que en CC les caigudes de tensió siguin molt elevades i com a conseqüència, s'ha d'augmentar de forma desproporcionada la secció del cable, i això provoca que el cost del metre per cable sigui completament desproporcionat. Per tant, l'opció d'utilitzar un inversor a la sortida de les bateries, fent la instal·lació en CA, faria que la secció necessària degut a la caiguda de tensió fos molt més petita, i això reduiria molt el cost del cablejat i com a conseqüent la pròpia instal·lació.

El sistema de reg aconsegueix captar, traslladar i gestionar els recursos pluvials per a l'hort sense cap inconvenient, però l'emplaçament del dipòsit general, escollit a l'inici del projecte, no és òptim, ja que la posició d'aquest, tot i estar en una zona aïllada dels alumnes, està molt allunyat respecte l'hort, això provoca que portar el cablejat sigui més costós, ja que requereix més metres de cablejat, i per la necessitat d'augmentar la secció degut a la caiguda de tensió, principalment en CC. Es podria considerar estudiar un nou emplaçament per al dipòsit general, el més proper possible a l'hort i amb una connexió als canalons de recollida d'aigua de la teulada. Això podria fer que el comentat en el cas II respecte haver de convertir la instal·lació de CC a CA, no fos necessari i per tant es podria estalviar el cost de l'inversor, i també les seccions del cablejat no haurien de ser tant grans, ja que la distància seria molt menor.

El disseny electrònic ha aconseguit obtenir els paràmetres necessaris per a poder automatitzar el sistema de reg, també la distribució dels elements sobre la PCB i l'ús de connectors ràpids JST, permet que el material electrònic de la instal·lació pugui ser utilitzat com a recurs pedagògic per al professorat de l'institut, ja que permet la fàcil connexió i desconexió de nous elements per a ampliar la sensorització de l'hort. També l'ús de pins

femella per a donar un punt de connexió amb tots els pins del mòdul ESP-32 permet reutilitzar la placa, i el propi mòdul per a altres activitats i projectes diferents al de l'hort.

L'app creada per a android permet una configuració dels temps i condicions de reg, tant com poder visualitzar l'estat dels actuadors a temps real de forma còmode i remota. Permet solucionar un dels grans problemes que havia en l'hort, haver d'anar de forma diària a regar manualment l'hort durant els mesos d'estiu, per part dels docents.

Finalment comparant els dos casos, el cas I és més eficient en quant a la generació, ja que tota la seva generació és aportada a la xarxa de l'institut, a més genera un estalvi a l'institut que fa que la instal·lació es pugui amortitzar, mentre que en el cas II l'energia únicament s'aprofitarà si cal carregar la bateria, en el cas que estigui completament carregada, l'energia que es produeixi serà desaprofitada. Pel que fa a la vessant econòmica, el cas I és més car per 800 euros respecte el cas II, sense considerar la modificació proposada de passar-lo a CA, fet que encara abaratiria més el cas II. Però l'estalvi anual del cas I fa que en 4 anys aquesta diferència de preu entre els dos casos s'hagi compensat per l'estalvi energètic. En el cas del manteniment, la instal·lació del cas II serà superior, principalment per la renovació de les bateries cada cert temps, tot i que s'ha dissenyat la instal·lació per a sigui funcional a llarg termini, tant les bateries com el mòdul, però en el cas d'haver de renovar les bateries es generaria un residu altament contaminant, fet que l'allunya d'un dels principis fonamentals del projecte Hortaliza't Norfeu.

Per tant com a conclusió es pot dir que qualsevol dels casos pot ser escollit per a implementar-se, ja que cadascun té els seus avantatges i inconvenients, que haurien de ser valorats pel client. El cas I s'escolliria per l'òptim aprofitament energètic de la seva producció i l'estalvi anual que genera, la possibilitat d'ampliar la instal·lació de forma senzilla i la necessitat de poc manteniment. El cas II s'escolliria pel seu preu inferior respecte el cas I i per la seva autosuficiència real, ja que està completament aïllat de la xarxa i per tant tota l'energia consumida prové de la generació solar.



Germán González García

Graduat en Enginyeria electrònica industrial i automàtica

Figueres, 15 d' agost de 2020

## 11. RELACIÓ DE DOCUMENTS

Els documents del projecte són: memòria, plànols, plec de condicions, estat d'amidaments i pressupost.

## 12. BIBLIOGRAFIA

Colegio Oficial Ingenieros de Telecomunicación. Contribució fotovoltaica mínima de energia elèctrica. CTE. Madrid 2019.

FIGUERES, A. Instal·lacions d'energies renovables. 1ra edició. Girona. 2018.

GARCÍA, C. Simulación de instalaciones con PVSystem. Projecte / Treball Fi de Carrera. Enginyeria Electrònica i automàtica. Universitat de Jaén. Setembre 2015.

GENCAT. Garantia econòmica per sol·licitar l'accés a la xarxa. Barcelona. ([http://empresa.gencat.cat/ca/treb\\_ambits\\_actuacio/energia-i-mines/energia-electrica/produccio-regim-especial/avals/garantia-solicitud-acces-xarxa](http://empresa.gencat.cat/ca/treb_ambits_actuacio/energia-i-mines/energia-electrica/produccio-regim-especial/avals/garantia-solicitud-acces-xarxa) , 10 de novembre de 2019)

IDAE. Guia Profesional de Tramitación del Autoconsumo. ENERAGEN. 2na edició. Madrid. 2019.

IDAE. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red. PROGENSA (<https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/solar-fotovoltaica> , 15 de juliol de 2019)

OLANO, M. Renewable energies in Spain. IDAE. (<https://www.idae.es/articulos/renewable-energias-spain> , 10 de juliol de 2020)

REDONDO, J. Reglamento electrotécnico para baja tension. 1ra edició. Editorial McGrawHill. Madrid. 2012.

Universitat Politècnica de València. Fusibles. UPV.  
([http://www.upv.es/electrica/material\\_tecno/Transparencias\\_PDF/T2/tema2\\_4.pdf](http://www.upv.es/electrica/material_tecno/Transparencias_PDF/T2/tema2_4.pdf), 16 de juliol de 2020)

### 13. GLOSSARI

AEMET: Agència estatal de meteorologia.

Ah: Amperi-hora unitat de capacitat energètica de les bateries.

CA: Corrent Alterna

CC: Corrent Continua

Convertidor Continua - Continua: Element de la instal·lació encarregat d'adequar la tensió d'entrada per als dispositius que requereixin un voltatge diferent a aquest per al seu funcionament.

CTE: Codi tècnic de la edificació.

Dimensionat: Procediment pel qual s'estima la mida dels components, elements i la pròpia instal·lació donades unes condicions, normes o exigències, per part del client o un organisme regulador.

FV: Fotovoltaica

IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

Inclinació: Angle que forma el panell fotovoltaic amb el pla horitzontal que forma el terra.

MPPT: (Maximum Power Point Tracking) Seguidor de Punt de Màxima Potència

OC: (Open Circuit) Circuit obert.

Orientació: Angle que es forma respecte el sud solar i el panell fotovoltaic.

Regulador de càrrega: Element de la instal·lació encarregat en controlar el nivell de càrrega de les bateries i la profunditat de descàrrega d'aquesta. També adusta la intensitat d'entrada del generador solar a les necessitats de la bateria.

SC: (Short Circuit) Curt circuit.

Sistema Aïllat: Sistema de generació autònom no connectat a la xarxa.

SMC: Servei meteorològic de Catalunya.

STC: (Standard Test Condition) Condicions de test dels mòduls fotovoltaics on es considera una potència per metre quadrat de 1000 W a una temperatura de 25°C.

## A. CÀLCULS

Per al dimensionament correcte de la bomba d'aigua, encarregada de transvasar l'aigua entre els dipòsits de col·lecció d'aigua i el dipòsit de reg, es necessitarà conèixer el diàmetre mínim de canonada per mantenir una velocitat del fluid correcte, <1,8 m/s en la canonada d'aspiració i < 2,6 m/s en la canonada d'impulsió i l'alçada geomètrica de la instal·lació, per obtenir aquests paràmetres s'han utilitzat les següents fórmula:

$$v = \frac{354 \cdot Q}{D^2} \quad (\text{Eq.1})$$

On:

v = Velocitat del fluid (m/s)

Q = Cabal d'aigua (m<sup>3</sup>/h)

D = Diàmetre mínim de la canonada (m)

Diàmetre mínim del tub d'aspiració:

$$1,8 \text{ m/s} < \frac{354 \cdot 1,2 \text{ m}^3/\text{h}}{D^2} \rightarrow D = 15 \text{ mm}$$

Diàmetre mínim del tub d'impulsió:

$$2,6 \text{ m/s} < \frac{354 \cdot 1,2 \text{ m}^3/\text{h}}{D^2} \rightarrow D = 14 \text{ mm}$$

Per al càlcul de l'altura manomètrica s'ha utilitzat la següent fórmula:

$$H = H_g + P_c \quad (\text{Eq.2})$$

On:

H = Altura manomètrica (m)

H<sub>g</sub> = Altura geomètrica (m)

P<sub>c</sub> = Pèrdua de càrrega (m) = Pèrdues per fricció de la canonada (m) + pèrdues en colzes (m)

$$H = H_g + P_c = 2\text{m} + (5 \text{ colzes} \cdot (1,8\text{m}) + 60\text{m}) \cdot (0,4\text{m}) / 100 = 2,30 \text{ metres}$$

En metros por cada 100 metros de tubería

| Litros/hora | Diámetro interior de tubería en m.m.     |      |        |        |     |        |    |        |     |     |     |
|-------------|--|------|--------|--------|-----|--------|----|--------|-----|-----|-----|
|             | 19                                       | 25   | 32     | 38     | 50  | 63     | 75 | 89     | 100 | 125 | 150 |
|             | Diámetro interior de tubería en pulgadas |      |        |        |     |        |    |        |     |     |     |
|             | 3/4"                                     | 1"   | 1 1/4" | 1 1/2" | 2"  | 2 1/2" | 3" | 3 1/2" | 4"  | 5"  | 6"  |
| 500         | 2,1                                      | 0,6  |        |        |     |        |    |        |     |     |     |
| 800         | 4,7                                      | 1,3  | 0,4    |        |     |        |    |        |     |     |     |
| 1000        | 7,0                                      | 1,9  | 0,6    |        |     |        |    |        |     |     |     |
| 1500        | 14,2                                     | 3,9  | 1,2    | 0,5    |     |        |    |        |     |     |     |
| 2000        | 23,5                                     | 6,4  | 2,0    | 0,9    |     |        |    |        |     |     |     |
| 2500        |  | 9,4  | 2,9    | 1,3    | 0,4 |        |    |        |     |     |     |
| 3000        |  | 13,0 | 4,0    | 1,8    | 0,5 | 0,2    |    |        |     |     |     |
| 3500        |  | 17,0 | 5,3    | 2,3    | 0,6 | 0,2    |    |        |     |     |     |

Figura 17. Pèrdues de càrrega segons caudal i secció per cada 100 metres de canonada

| DIAMETRO INTERNO (m.m.) | CURVA 90° R=3D   | CURVA 90° R=2D | CODO  | TE    | TE   | MANGUERA R=100 | DIAPHRAGMA ABIERTA | MANGUITO | MACHO PASO RECTO | TECH TAYLOR | TECH TAYLOR |
|-------------------------|--|----------------|-------|-------|------|----------------|--------------------|----------|------------------|-------------|-------------|
|                         | LONGITUD EQUIVALENTE EN m DE TUBO RECTO DE IGUAL RESISTENCIA AL FLUJO. |                |       |       |      |                |                    |          |                  |             |             |
| 25                      | 0,52   | 0,70           | 0,82  | 1,77  | 0,30 | 2,56           |                    |          |                  | 0,37        |             |
| 32                      | 0,75   | 0,91           | 1,13  | 2,38  | 0,40 | 3,29           |                    |          |                  | 0,49        |             |
| 40                      | 0,95   | 1,10           | 1,31  | 2,74  | 0,49 | 3,44           |                    |          |                  | 0,58        |             |
| 50                      | 1,07   | 1,40           | 1,68  | 3,35  | 0,55 | 3,66           |                    |          |                  | 0,73        |             |
| 65                      | 1,28   | 1,65           | 1,98  | 4,27  | 0,70 | 4,60           |                    |          |                  | 0,85        |             |
| 80                      | 1,55   | 2,07           | 2,47  | 5,18  | 0,85 | 4,88           |                    |          |                  | 1,04        | 0,20        |
| 90                      | 1,85   | 2,44           | 2,90  | 5,79  | 1,01 |                |                    |          |                  | 1,22        |             |
| 100                     | 2,13   | 2,77           | 3,35  | 6,71  | 1,18 | 7,62           |                    |          |                  | 1,40        | 0,23        |
| 115                     | 2,41   | 3,05           | 3,66  | 7,52  | 1,28 |                |                    |          |                  | 1,58        |             |
| 125                     | 2,71   | 3,66           | 4,27  | 8,23  | 1,43 | 13,11          |                    |          |                  | 1,77        | 0,30        |
| 150                     | 3,35   | 4,27           | 4,88  | 10,06 | 1,55 | 18,29          |                    |          |                  | 2,13        | 0,37        |
| 200                     | 4,27   | 5,49           | 6,40  | 13,11 | 2,41 | 19,81          |                    |          |                  | 7,92        | 2,74        |
| 250                     | 5,18   | 6,71           | 7,92  | 17,07 | 2,99 | 21,34          |                    |          |                  | 10,67       | 3,47        |
| 300                     | 6,10   | 7,92           | 9,75  | 20,12 | 3,35 | 28,96          |                    |          |                  | 15,85       | 4,08        |
| 350                     | 7,01   | 9,45           | 10,97 | 23,16 | 4,27 | 28,96          |                    |          |                  | 4,88        | 0,91        |
| 400                     | 8,23   | 10,67          | 12,80 | 26,52 | 4,88 |                |                    |          |                  | 5,49        | 1,04        |
| 450                     | 9,14   | 12,19          | 14,02 | 30,46 | 5,49 |                |                    |          |                  | 6,22        | 1,16        |
| 500                     | 10,96  | 13,11          | 15,85 | 33,53 | 6,10 |                |                    |          |                  | 7,52        | 1,25        |

Figura 18. Pèrdues de càrrega d'elements singulars d'una canonada

Per al dimensionament màxim de la instal·lació de reg s'haurà de complir la següent condició:

$$C_{\text{dipòsit}} > L_{\text{inst}} / (D_{\text{difusors}} \cdot Q_{\text{difusor}} \cdot t_{\text{reg,màx}} \cdot S_{\text{mànega}}) \tag{Eq.3}$$

On:

$C_{\text{dipòsit}}$  = Capacitat del dipòsit (L)

$L_{\text{inst}}$  = Longitud de tub a instal·lar (m)

$D_{\text{difusors}}$  = Distància entre difusors (m)

$Q_{\text{difusor}}$  = Cabal del difusor (L/h)

$S_{\text{mànega}}$  = Secció de la mànega (mm)

$T_{\text{reg,màx}}$  = Temps de reg màxim a triar en l'app (h)



Per a calcular la potència màxima del generador a instal·lar s'ha utilitzat la següent fórmula:

$$P_{G \text{ màx}} = \frac{S}{P_{\text{màx}}} \quad (\text{Eq.4})$$

On:

$P_{G \text{ màx}}$  = Potència màxima del generador fotovoltaic (W)

$S$  = Superfície de la coberta ( $\text{m}^2$ )

$P_{\text{màx}}$  = Potència màxima ocupable per tipus de panell utilitzat ( $\text{m}^2/\text{W}$ )

En el cas del generador del cas I:

$$P_{G \text{ màx}} = \frac{340}{7-10} = 48 \text{ kW} - 34 \text{ kW}$$

En el cas del generador del cas II:

$$P_{G \text{ màx}} = \frac{150}{7-10} = 22 \text{ kW} - 15 \text{ kW}$$

Per tant els generadors requerits en els dos casos del projecte no superen la potència màxima instal·lable permesa pel Codi Tècnic de Construcció.

| Tecnologia del mòdul | Superfície ocupada ( $\text{m}^2 / \text{kW}$ ) |
|----------------------|---|
| Monocristalina       | 6 a 9   |
| Policristalina       | 7 a 10  |
| Capa fina            | 15 a 20   |

Taula 28. Valors de superfície ocupada per kilowatt segons tipus de panell solar

Per a calcular el numero de mòduls a instal·lar s'ha utilitzat la següent fórmula:

$$N = \frac{P_{G \text{ màx}}}{P_{\text{màx\_mòdul}}} \quad (\text{Eq.5})$$

On:

$N$  = Nombre de mòduls màxims instal·lables

$P_{G \text{ màx}}$  = Potència màxima de demanda del projecte (W).

$P_{\text{mòdul}}$  = Potència màxima del mòdul (W)

En el cas I es requeriran:

$$N = \frac{1450}{305} = 4,75 \text{ mòduls} \equiv 5 \text{ mòduls}$$

Com que la instal·lació fotovoltaica en el cas I ha de tenir una generació sense excedent, s'instal·laran 4 mòduls, per assegurar que no es generarà mai per sobre de la demanda energètica.

En el cas II es requeriran:

$$N = \frac{250}{305} = 0,81 \text{ mòduls} \equiv 1 \text{ mòdul}$$

Per tant el camp fotovoltaic del cas II, estarà format únicament per un únic mòdul fotovoltaic.

Per a calcular les pèrdues i correccions del generador solar s'han utilitzat les següents equacions i gràfics:

Per calcular la inclinació màxima:

$$\beta_{\text{màx}} = \beta_{\text{màx } \Phi=41^\circ} - (41 - \Phi) \quad (\text{Eq.6})$$

On:

$\beta_{\text{màx}}$  = Inclinació màxima per a la latitud de la instal·lació

$\beta_{\text{màx } \Phi=41^\circ}$  = Inclinació màxima per a la latitud de 41° Nord

$$\beta_{\text{màx}} = 60 - (41 - 42) = 61^\circ$$

La inclinació màxima a la que es poden instal·lar els panells és de 61°.

Per calcular la inclinació mínima:

$$\beta_{\text{mín}} = \beta_{\text{mín } \Phi=41^\circ} - (41 - \Phi) \quad (\text{Eq.7})$$

On:

$\beta_{\text{mín}}$  = Inclinació mínima per a la latitud de la instal·lació

$\beta_{\text{mín}} \Phi = 41^\circ$  = Inclinació mínima per a la latitud de  $41^\circ$  Nord

$\beta_{\text{màx}} = 8 - (41 - 42) = 9^\circ$

La inclinació mínima dels panells pot ser de  $9^\circ$ .

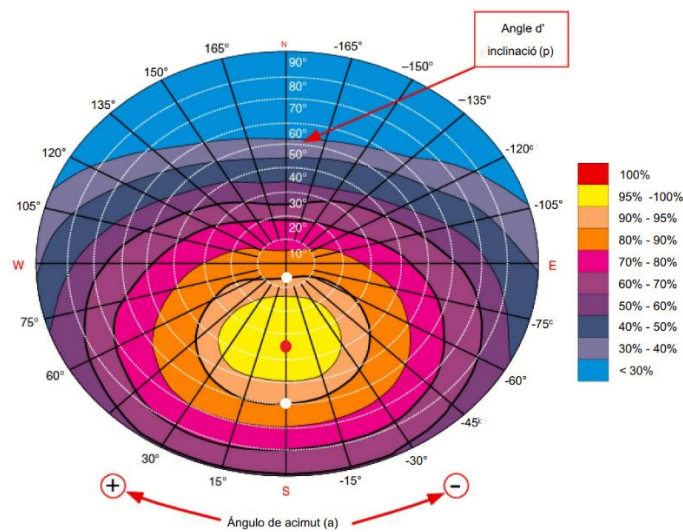


Figura 19. Pèrdues segons la inclinació i orientació dels panells solars a  $41^\circ\text{N}$

La inclinació ideal dels panells amb la orientació de  $0^\circ\text{S}$  és de  $35^\circ$ . Però s’instal·laran amb una mica menys d’inclinació per a fer que els mòduls generin una mica més en els mesos d’hivern i no focalitzar la generació a només a l’estiu, per tant s’instal·laran a  $30^\circ$  d’inclinació.

| Tipus d’instal·lació dels mòduls | Orientació i inclinació (OI) | Ombres (S) | Total (OI + S) |
|----------------------------------|------------------------------|------------|----------------|
| General                          | 10 %                         | 10 %       | 15 %           |
| Superposició                     | 20 %                         | 15 %       | 30 %           |
| Integració arquitectònica        | 40 %                         | 20 %       | 50 %           |

Figura 20. Pèrdues màximes admeses segons el tipus d’instal·lació dels mòduls

Per comprovar que les pèrdues per orientació i inclinació no supera el límit admès per a un tipus d’instal·lació dels mòduls general s’han utilitzat les fórmules següents:

Per calcular la inclinació mínima:

$$\text{Pèrdues (\%)} = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \Phi + 10)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2] \quad (\text{Eq.8})$$

On:

$\beta$  = Inclinació dels mòduls

$\Phi$  = Latitud de la instal·lació

$\alpha$  = Orientació del generador fotovoltaic

$$\text{Pèrdues (\%)} = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (35 - 42 + 10)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot 0^2] = 0,1\%$$

Per tant comprovem com la inclinació i orientació escollides son gairebé les ideals.

Aquests càlculs també s'apliquen al cas II, ja que la disposició dels panells del generador, tant l'orientació com la inclinació dels mòduls serà la mateixa que en el cas I. Això es deu a que també el teulat on es disposen els mòduls del cas I comparteix les mateixes característiques que el del cas II, com ara que són tots dos completament planers i no disposen d'elements que generin ombres propers.

Per al dimensionat de la bateria s'ha utilitzat la següent equació:

$$C = \frac{E_{\text{dia}} \cdot D_{\text{autonomia}}}{P_{\text{màx}} \cdot V_{\text{bateria}}} \quad (\text{Eq.9})$$

On:

C = Capacitat de la bateria (Ah)

$E_{\text{dia}}$  = Energia consumida diària (Wh/dia)

$D_{\text{autonomia}}$  = Dies d'autonomia (dia)

$P_{\text{màx}}$  = Profunditat de descàrrega màxima

$V_{\text{bateria}}$  = Voltatge de la bateria (V)

$$C = \frac{251,2 \cdot 3}{0,5 \cdot 24} = 62,8 \text{ Ah} \approx 65 \text{ Ah}$$

La capacitat de la bateria a utilitzar en el sistema ha de ser de 65 Ah per assegurar l'autonomia de l'automatització durant 3 dies sense recàrrega i una profunditat de descàrrega màxima del 50%.

Per a càlculs de secció corresponents a línies de CA i CC s'ha utilitzat la fórmula següent:

$$S_{CA} = \frac{2 \cdot L_{CA} \cdot P}{\gamma \cdot V_{línia} \cdot e} \quad (\text{Eq.10})$$

On:

$S_{CA}$  = Secció del cablejat ( $\text{mm}^2$ ).

$L_{CA}$  = Longitud de la línia (m).

$\gamma_{(T_{\max})}$  = Conductivitat del material del cablejat ( $\Omega^{-1} \cdot \text{m}/\text{mm}^2$ )

$V_{línia}$  = Tensió de línia (V)

$e$  = Caiguda de tensió (V)

$P$  = Potència activa (W)

Cas I:

En el cas del conductor del micro inversor fins el quadre de proteccions obtenim:

$$S_{CA} = \frac{2 \cdot 30 \cdot 1200}{56 \cdot 230 \cdot (230 \cdot 0,015)} = 1,62 \text{ mm}^2 \approx 2,5 \text{ mm}^2$$

En el cas del conductor del quadre principal fins a la caixa de protecció de CA de l'automatització obtenim:

$$S_{CA} = \frac{2 \cdot 65 \cdot 2025}{56 \cdot 230 \cdot (230 \cdot 0,015)} = 5,96 \text{ mm}^2 \approx 6 \text{ mm}^2$$

En el cas del conductor per connectar els actuadors de CA de l'automatització obtenim:

$$S_{CA} = \frac{2 \cdot 60 \cdot 250}{56 \cdot 230 \cdot (230 \cdot 0,015)} = 0,648 \text{ mm}^2 \approx 1,5 \text{ mm}^2$$

Cada actuator es connectarà en un circuit individual del quadre.

En el cas del conductor per a la presa d'ús general obtenim:

$$S_{CA} = \frac{2 \cdot 50 \cdot 276}{56 \cdot 230 \cdot (230 \cdot 0,015)} = 0,745 \text{ mm}^2 \approx 1,5 \text{ mm}^2$$

En aquest cas escollirem un cablejat de 2,5mm<sup>2</sup> per complir amb el REBT, ja que, les preses d'ús general hauran de permetre una connexió de 16A + Terra.

Cas II:

En el cas del tram entre el generador solar i el regulador de càrrega obtenim:

$$S_{CC} = \frac{2 \cdot 7 \cdot 400}{56 \cdot 41,7 \cdot (41,7 \cdot 0,015)} = 3,91 \text{ mm}^2 \approx 4 \text{ mm}^2$$

En el cas del tram entre el regulador de càrrega i les bateries obtenim:

$$S_{CC} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 480}{56 \cdot 24 \cdot (24 \cdot 0,015)} = 3,96 \text{ mm}^2 \approx 4 \text{ mm}^2$$

En el cas del tram entre el regulador de càrrega i els actuadors obtenim:

$$S_{CC} = \frac{2 \cdot 40 \cdot 120}{56 \cdot 24 \cdot (24 \cdot 0,015)} = 19,76 \text{ mm}^2 \approx 25 \text{ mm}^2$$

En el cas del tram entre el regulador de càrrega i el convertidor CC obtenim:

$$S_{CC} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 100}{56 \cdot 24 \cdot (24 \cdot 0,015)} = 0,99 \text{ mm}^2 \approx 1,5 \text{ mm}^2$$

En el cas del tram entre el convertidor CC i el microcontrolador regulador de càrrega obtenim:

$$S_{CC} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 5}{56 \cdot 5 \cdot (5 \cdot 0,015)} = 2,38 \text{ mm}^2 \approx 2,5 \text{ mm}^2$$

Els circuits de CA de l'automatització són els següents:

|                                     | Cablejat de l'automatització |                         |                      |                  |
|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|------------------|
|                                     | Potència prevista (W)        | Factor de simultaneïtat | Factor d'utilització | Tipus de presa   |
| C <sub>1</sub> (Presa d'ús general) | 3450                         | 0,4                     | 0,2                  | Base 16A<br>2p+T |
| C <sub>2</sub> (Actuadors)          | 450                          | 0,4                     | 1                    | -----            |

Taula 29. Potència dels circuits de CA de l'automatització

També podem seleccionar el calibre del cablejat mitjançant el criteri de corrent màxim, que diu que el cable seleccionat ha de presentar una corrent màxima admissible superior a un 25% al corrent màxim que es pot presentar pel tram del cablejat.

$$I_{adm} \leq 1,25 \cdot I_{tram} \quad (\text{Eq.11})$$

On:

$I_{adm}$  = Corrent màxima admissible del cablejat (A)

$I_{tram}$  = Corrent màxim del tram (A)

| Sección nominal<br>mm <sup>2</sup> | Intensidad máxima admisible de acuerdo con el método de instalación |  |  |
|------------------------------------|---|--|--|
|                                    | Un único cable al aire libre<br>A                                   | Un único cable sobre una superficie<br>A | Dos cables cargados en contacto, sobre una superficie<br>A |
| 1,5                                | 30  | 29                                       | 24   |
| 2,5                                | 41  | 39                                       | 33   |
| 4                                  | 55  | 52                                       | 44   |
| 6                                  | 70  | 67                                       | 57   |
| 10                                 | 98  | 93                                       | 79   |
| 16                                 | 132   | 125                                      | 107  |
| 25                                 | 176   | 167                                      | 142  |
| 35                                 | 218   | 207                                      | 176  |
| 50                                 | 276   | 262                                      | 221  |
| 70                                 | 347   | 330                                      | 278  |
| 95                                 | 416   | 395                                      | 333  |
| 120                                | 488   | 464                                      | 390  |
| 150                                | 566   | 538                                      | 453  |
| 185                                | 644   | 612                                      | 515  |
| 240                                | 775   | 736                                      | 620  |

Temperatura ambiente: 60 °C (Para otras temperaturas ambiente véase tabla A.4).  
Temperatura máxima del conductor: 120 °C.

NOTA: El período de utilización previsto a una temperatura máxima del conductor de 120 °C y una temperatura ambiente máxima de 90 °C es de 20 000 h.

Figura 21. Seccions segons màxima intensitat admissible en cables per a ús fotovoltaic

Cas I:

En el cas del conductor del micro inversor fins el quadre de proteccions obtenim:

$$I_g \leq 1,25 \cdot 5,2 = 6,5 \text{ A}$$

En el cas del conductor del quadre principal fins a la caixa de protecció de CA de l'automatització obtenim:

$$I_g \leq 1,25 \cdot 8,8 = 11 \text{ A}$$

En el cas del conductor per connectar els actuadors de CA de l'automatització obtenim:

$$I_g \leq 1,25 \cdot 1,5 = 1,9 \text{ A}$$

Cada actuator es connectarà en un circuit individual del quadre.

En el cas del conductor per a la presa d'ús general obtenim:

$$I_g \leq 1,25 \cdot 16 = 20 \text{ A}$$

Cas II:

En el cas del tram entre el generador solar i el regulador de càrrega obtenim:

$$I_g \leq 1,25 \cdot 9,6 = 12 \text{ A}$$

En el cas del tram entre el regulador de càrrega i les bateries obtenim:

$$I_g \leq 1,25 \cdot 20 = 25 \text{ A}$$

En el cas del tram entre el regulador de càrrega i els actuadors obtenim:



$$I_g \leq 1,25 \cdot 5 = 6,2 \text{ A}$$

En el cas del tram entre el regulador de càrrega i el convertidor CC obtenim:

$$I_g \leq 1,25 \cdot 4,2 = 5,25 \text{ A}$$

En el cas del tram entre el convertidor CC i el microcontrolador regulador de càrrega obtenim:

$$I_g \leq 1,25 \cdot 1 = 1,25 \text{ A}$$

Aquestes corrents prèviament calculades caldran ser corregides depenent l'agrupació de circuits, la temperatura del circuit i l'exposició solar segons aquesta equació:

$$I_z \leq \frac{I_g}{K1 \cdot K2} \tag{Eq.12}$$

On:

$I_z$  = Corrent màxim admissible del conductor obtingut per taules (A).

$I_g$  = Corrent màxim admissible del conductor en servei a 60°C del conductor individual (A).

$K1$  = Factor d'agrupació de cablejat

$K2$  = Factor de correcció per a temperatures diferents a 60°C

| Aislamiento              | Temperatura ambiente (°C) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                          | 10                        | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 40   | 45   | 50   | 55   | 60   | 65   | 70   | 75   | 80   |
| PVC (Termoplástico)      | 1,41                      | 1,35 | 1,29 | 1,22 | 1,15 | 1,08 | 1,00 | 0,91 | 0,82 | 0,71 | 0,58 | -    | -    | -    | -    |
| XLPE, EPR (Termoestable) | 1,26                      | 1,22 | 1,18 | 1,14 | 1,10 | 1,05 | 1,00 | 0,95 | 0,89 | 0,84 | 0,77 | 0,71 | 0,63 | 0,55 | 0,45 |

Figura 22. Correccions per a temperatures superiors a 60°C

| Punto | Disposición (En contacto)   | Número de circuitos o de cables multipolares |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Para usarse con las corrientes admisibles, referencia |                                |
|-------|---|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|--------------------------------|
|       |   | 1  | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 12   | 16   |   | 20                             |
| 1     | Agrupados en el aire, sobre una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente | 1,00   | 0,80 | 0,70 | 0,65 | 0,60 | 0,57 | 0,54 | 0,52 | 0,50 | 0,45 | 0,41 | 0,38  | B.52.2 a B.52.13 Métodos A a F |

Figura 23. Factor de correcció per agrupació de cables

| Sección (mm <sup>2</sup> ) | Número de conductores de cobre cargados y tipo de aislamiento |      |       |       | Número de conductores de aluminio cargados y tipo de aislamiento |      |       |       |
|----------------------------|---|------|-------|-------|--|------|-------|-------|
|                            | PVC2  | PVC3 | XLPE2 | XLPE3 | PVC2   | PVC3 | XLPE2 | XLPE3 |
| 1,5                        | 20,5  | 17   | 24,5  | 21    |  |      |       |       |
| 2,5                        | 27,5  | 22,5 | 32,5  | 27,5  | 20,5   | 17   | 24,5  | 21    |
| 4                          | 36  | 29   | 42    | 35    | 27,5   | 22,5 | 32,5  | 27,5  |
| 6                          | 44  | 37   | 53    | 44    | 34   | 28   | 40    | 34    |
| 10                         | 59  | 49   | 70    | 58    | 45   | 38   | 53    | 45    |
| 16                         | 76  | 63   | 91    | 75    | 58   | 49   | 70    | 58    |
| 25                         | 98  | 81   | 116   | 96    | 76   | 62   | 89    | 74    |
| 35                         | 118   | 97   | 140   | 117   | 91   | 76   | 107   | 90    |
| 50                         | 140   | 115  | 166   | 138   | 107  | 89   | 126   | 107   |
| 70                         | 173   | 143  | 204   | 170   | 133  | 111  | 156   | 132   |
| 95                         | 205   | 170  | 241   | 202   | 157  | 131  | 185   | 157   |
| 120                        | 233   | 192  | 275   | 230   | 179  | 149  | 211   | 178   |
| 150                        | 264   | 218  | 311   | 260   | 202  | 169  | 239   | 201   |
| 185                        | 296   | 245  | 348   | 291   | 228  | 190  | 267   | 226   |
| 240                        | 342   | 282  | 402   | 336   | 263  | 218  | 309   | 261   |
| 300                        | 387   | 319  | 455   | 380   | 297  | 247  | 349   | 295   |

Figura 24. Secció del cablejat segons l'escalfament de la línia

Cas I:

En el cas del conductor del micro inversor fins el quadre de proteccions obtenim:

$$I_z \leq \frac{6,5}{0,89 \cdot 1} = 7,3 \text{ A}$$

En el cas del conductor del quadre principal fins a la caixa de protecció de CA de l'automatització obtenim:

$$I_z \leq \frac{11}{1 \cdot 1} = 11 \text{ A}$$

En el cas del conductor per a la presa d'ús general obtenim:

$$I_z \leq \frac{20}{0,95 \cdot 1} = 21 \text{ A}$$

En el cas del conductor per connectar els actuadors de CA de l'automatització obtenim:

$$I_z \leq \frac{1,9}{0,95 \cdot 1} = 2 \text{ A}$$

Cas II:

En el cas del tram entre el generador solar i el regulador de càrrega obtenim:

$$I_z \leq \frac{12}{0,71 \cdot 1 \cdot 0,9} = 18,8 \text{ A}$$

S'afegeix el factor de correcció de 0,9 en aquest tram de cablejat, ja que el cable està exposat al sol.

En el cas del tram entre el regulador de càrrega i les bateries obtenim:

$$I_z \leq \frac{25}{0,89 \cdot 0,6} = 46,8 \text{ A}$$

La secció per càlcul d'escalfament del cable ens fa pujar de 4 mm<sup>2</sup> obtingut mitjançant el mètode anterior, a 10 mm<sup>2</sup>

En el cas del tram entre el regulador de càrrega i els actuadors obtenim:

$$I_z \leq \frac{6,2}{0,89 \cdot 0,6} = 11,6 \text{ A}$$

En el cas del tram entre el regulador de càrrega i el convertidor CC obtenim:

$$I_z \leq \frac{5,25}{0,89 \cdot 0,6} = 9,83 \text{ A}$$

En el cas del tram entre el convertidor CC i el microcontrolador regulador de càrrega i obtenim:

$$I_z \leq \frac{1,25}{0,89 \cdot 0,6} = 2,34 \text{ A}$$

| Característiques dels trams de cablejat   |             |               |                                   |                           |
|---|-------------|---------------|-----------------------------------|---------------------------|
| Tram de cablejat                          | Longitud(m) | Intensitat(A) | Intensitat segons escalfament (A) | Secció (mm <sup>2</sup> ) |
| Cas I                                     |             |               |                                   |                           |
| Inversor - Quadre                         | 30          | 5,2           | 7,3                               | 2,5                       |
| Quadre General – Subquadre automatització | 65          | 8,8           | 11                                | 6                         |
| Subquadre – Presa d'ús general            | 50          | 16            | 21                                | 2,5                       |
| Actuadors                                 | 2 x 60      | 1,5           | 2                                 | 1,5                       |

Taula 30.1. Característiques dels trams de cablejat

| Cas II                                 |    |     |      |     |
|--|----|-----|------|-----|
| Mòdul – Regulador de càrrega           | 7  | 9,6 | 18,8 | 4   |
| Regulador de càrrega - Bateria         | 2  | 20  | 46,8 | 10  |
| Regulador de càrrega –<br>Conversor CC | 2  | 4,2 | 11,6 | 1,5 |
| Regulador de càrrega – Actuadors       | 40 | 5   | 9,8  | 25  |
| Conversor CC - Microcontrolador        | 5  | 1   | 2,3  | 2,5 |

Taula 30.2. Característiques dels trams de cablejat

El dimensionat dels tubs per al cablejat s'ha realitzat mitjançant les taules del reglament electrotècnic de baixa tensió. En ambdós casos, totes les noves canalitzacions a instal·lar, ja que no es puguin utilitzar les canalitzacions ja existents o bé no n'hi hagin per a poder estendre el cablejat fins al seu receptor corresponent, seran enterrades.

En el cas de portar diversos conductors de diferent secció, es consideraran tots de la mateixa secció que el més gruixut.

**DIÀMETRO TUBOS ENTERRADOS**

| Sección nominal de los conductores unipolares (mm <sup>2</sup> ) | Diámetro exterior de los tubos (mm) |     |     |     |     |
|--|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
|  | Número de conductores               |     |     |     |     |
|  | < 6                                 | 7   | 8   | 9   | 10  |
| 1,5  | 25                                  | 32  | 32  | 32  | 32  |
| 2,5  | 32                                  | 32  | 40  | 40  | 40  |
| 4  | 40                                  | 40  | 40  | 40  | 50  |
| 6  | 50                                  | 50  | 50  | 63  | 63  |
| 10   | 63                                  | 63  | 63  | 75  | 75  |
| 16   | 63                                  | 75  | 75  | 75  | 90  |
| 25   | 90                                  | 90  | 90  | 110 | 110 |
| 35   | 90                                  | 110 | 110 | 110 | 125 |
| 50   | 110                                 | 110 | 125 | 125 | 140 |
| 70   | 125                                 | 125 | 140 | 160 | 160 |
| 95   | 140                                 | 140 | 160 | 160 | 180 |
| 120  | 160                                 | 160 | 180 | 180 | 200 |
| 150  | 180                                 | 180 | 200 | 200 | 225 |
| 185  | 180                                 | 200 | 225 | 225 | 250 |
| 240  | 225                                 | 225 | 250 | 250 | --  |

Figura 25. Seccions de tubs enterrats per a cablejats

| Característiques dels trams de canalització |              |                  |          |                                    |                               |
|---|--------------|------------------|----------|------------------------------------|-------------------------------|
| Tram de cablejat                            | Longitud (m) | Tipus            | Material | Secció cablejat (mm <sup>2</sup> ) | Secció tub (mm <sup>2</sup> ) |
| Cas I                                       |              |                  |          |                                    |                               |
| Generador FV – Inversor                     | 5            | Safata perforada | Alumini  | 4                                  | 100 x 60                      |
| Inversor - Quadre                           | 30           | Tub corrugat     | PVC      | 2,5                                | 32                            |
| Quadre General – Subquadre automatització   | 65           | ---              | ---      | 6                                  | ---                           |
| Subquadre – Presa d'ús general              | 60           | Tub corrugat     | PVC      | 3 x 2,5                            | 32                            |
| Actuadors                                   |              |                  |          |                                    |                               |

Taula 31.1 Característiques dels trams de cablejat

| Cas II                                 |    |                 |         |     |         |
|--|----|-----------------|---------|-----|---------|
| Mòdul – Regulador de càrrega           | 7  | Canal           | Alumini | 4   | 75 x 60 |
| Regulador de càrrega - Bateria         | 2  | ---             | ---     | 10  | ---     |
| Regulador de càrrega –<br>Conversor CC | 2  | ---             | ---     | 1,5 | ---     |
| Regulador de càrrega –<br>Actuadors    | 40 | Tub<br>corrugat | PVC     | 25  | 90      |
| Conversor CC - Microcontrolador        | 5  | Tub<br>Corrugat | PVC     | 2,5 | 32      |

Taula 31.2 Característiques dels trams de cablejat

A continuació es recullen els càlculs per a dimensionat dels magnetotèrmics i fusibles de CA i CC:

$$I_B \leq I_n \leq I_z \quad (\text{Eq.13})$$

On:

$I_B$  = Corrent de disseny de la línia, que es correspon amb la intensitat del mòdul en el punt de màxima potència (A)

$I_n$  = Corrent nominal de la protecció (A).

$I_z$  = Corrent màxim admissible del conductor a protegir (A).

Cas I:

Per a protegir la línia de sortida de l'inversor:

$$7,3 \text{ A} \leq I_n \leq 21 \text{ A}$$

El calibre normalitzat del magnetotèrmic escollit per a protegir aquesta línia de cablejat és de 10 A.

Per a protegir la línia de connexió entre el quadre general i el subquadre de l'automatització:

$$11 \text{ A} \leq I_n \leq 36 \text{ A}$$

El calibre normalitzat del magnetotèrmic escollit per a protegir aquesta línia de cablejat és de 25 A.

Per a protegir la línia de connexió entre el subquadre de l'automatització i la presa d'ús general:

$$16 \text{ A} \leq I_n \leq 21 \text{ A}$$

El calibre normalitzat del magnetotèrmic escollit per a protegir aquesta línia de cablejat és de 16 A.

Per a protegir les dues línies de connexió entre el subquadre de l'automatització i els actuadors:

$$2 \text{ A} \leq I_n \leq 15,5 \text{ A}$$

El calibre normalitzat dels magnetotèrmics escollits per a protegir aquestes línies de cablejat són de 10 A.

Cas II:

Per a protegir la línia de la bateria:

$$46,8 \text{ A} \leq I_n \leq 54 \text{ A}$$

El calibre normalitzat del fusible escollit per a protegir aquesta línia de cablejat és de 50 A.

Per a protegir la línia del regulador de càrrega al convertidor de CC:

$$11,6 \text{ A} \leq I_n \leq 21 \text{ A}$$

El calibre normalitzat del fusible escollit per a protegir aquesta línia de cablejat és de 16 A.

Per a protegir la línia del regulador de càrrega als actuadors:

$$10 \text{ A} \leq I_n \leq 77 \text{ A}$$

El calibre normalitzat del fusible escollit per a protegir aquesta línia de cablejat és de 16 A.

Per a protegir la línia del regulador del convertidor CC al microcontrolador:

$$2,3 \text{ A} \leq I_n \leq 18 \text{ A}$$

El calibre normalitzat del fusible escollit per a protegir aquesta línia de cablejat és de 4 A.

A continuació es recullen els càlculs per determinar el temps d'amortització de la instal·lació del cas :

$$T_{\text{Amortització}} = \frac{P_{\text{Instal·lació}}}{E_{\text{Estalviada/any}} \cdot P_{\text{kWh}}} \quad (\text{Eq.14})$$

On:

$T_{\text{Amortització}}$  = Temps d'amortització de la instal·lació (anys)

$P_{\text{Instal·lació}}$  = Preu de la instal·lació (€)

$P_{\text{kWh}}$  = Preu kilowatt hora (€)

$E_{\text{Estalviada/any}}$  = Energia estalviada anual (kWh/any)

$$T_{\text{Amortització}} = \frac{3.746,90}{1609 \cdot 0,14} = 16,6 \text{ anys}$$

## B. CODI INFORMÀTIC

```
#include <Adafruit_BMP280.h> //Llibreria Baròmetre
#include <Adafruit_SHT31.h> //Llibreria Higròmetre i termòmetre
#include <Wire.h> //Llibreria I2C
#include <WiFi.h> //Llibreria Wifi

#include <FirebaseESP32.h> //Llibreria compatibilitat amb base de dades
FireBase

//Definicions

#define FIREBASE_HOST "smart-garden-e3232.firebaseio.com" //URL del
projecte Firebase

#define FIREBASE_AUTH "E6SbWBXYfUNoFB2GppQKd52eNHajWosSkbObZc1o"
//Contrasenya del projecte a la plataforma Firebase

#define WIFI_SSID "MiFibra7CCA"

#define WIFI_PASSWORD ""

//#define WIFI_SSID ""

//#define WIFI_PASSWORD ""

////////// DEFINICIÓ DE PINS DEL MÒDUL ESP32 //////////

#define ECHOPOU 2

#define ECHODIPOSIT 4

#define TRIGGER 5

#define VALVULA 18

#define BOMBA 19

#define HUMITAT2 25

#define HUMITAT1 26

#define CAUDALIMETRE 32

#define HUMITAT3 33
```



```
//////////////////////////////////// DEFINICIÓ D'OBJECTES //////////////////////////////////////
```

```
FirebaseData firebaseData;  
Adafruit_SHT31 sht31 = Adafruit_SHT31();  
Adafruit_BMP280 bmp;
```

```
//////////////////////////////////// VARIABLES //////////////////////////////////////
```

```
unsigned long MillisPumpTime=0, MillisValveTime =0, PumpInterval=  
10000,ValveInterval = 10000,PumpTime = 0,ValveTime = 0, ActualMillis ;  
  
const int AirValue = 4095, WaterValue = 2890;  
  
unsigned int soilMoistureValue = 0, soilmoisturepercent=0, Reg=0,  
UltrasoundPulseTime1=0, FlowPulse=0, MinimumHumidity = 60 ;  
  
unsigned long PreviousMillis3000 = 0, PreviousMillis250 = 0;  
  
bool ManualMode = false, AutomaticMode = true, Bomba = false,Valvula =  
false, BombeigON = false, ValvulaON = false, Rainy = false, WaterNeed =  
false;  
  
float AirTemperature = 0, AirHumidity = 0, SoilHumidity = 0, SoilHumidity1  
= 0, SoilHumidity2 = 0, SoilHumidity3 = 0, Pressure = 0, WellLevel,  
TankLevel,Flow=0,MeanHumidity=50;  
  
String ruta = "/SMART_GARDEN"; //Arrel de l'estructura JSON de la base de  
dades Firebase
```

```
//////////////////////////////////// SETUP //////////////////////////////////////
```

```
void setup() {  
  
    Serial.begin (115200);  
  
    Wire.begin (21, 22); // Designar pins SCL i SDA per a les com. I2C
```

```

////////////////////////////////// INICIALITZACIÓ DELS PINS //////////////////////////////////
pinMode (BOMBA, OUTPUT);

pinMode (VALVULA, OUTPUT);

pinMode (ECHODIPOSIT, INPUT);

pinMode (TRIGGER, OUTPUT);

pinMode (CAUDALIMETRE, INPUT);

pinMode (ECHOPOU, INPUT);

digitalWrite (BOMBA, HIGH); // S'inicialitza el pin d'activació de la
bomba en HIGH, ja que el mòdul de relés utilitzats funciona amb lògica
inversa

digitalWrite (VALVULA, HIGH); //S'inicialitza el pin d'activació de la
vàlvula en HIGH, ja que el mòdul de relés utilitzats funciona amb lògica
inversa

attachInterrupt (digitalPinToInterrupt (CAUDALIMETRE), pulsecount, RISING);
// Inicialitzem una interrupció per a comptar els pulsos rebuts per el
caudalímetre

////////////////////////////////// INICIALITZACIÓ DELS SENSORS I2C //////////////////////////////////
if (!bmp.begin (0x76)) {

    Serial.println ("Baròmetre no detectat revisa connexionat");

    while (!bmp.begin (0x76));

}

if (! sht31.begin (0x44)) {

    Serial.println ("Higròmetre no detectat revisa connexionat");

    while (!sht31.begin (0x44));

}

// Configuració del baròmetre per a previsió meteorològica (consum
mínim)

bmp.setSampling (Adafruit_BMP280::MODE_FORCED, /* Operating Mode. */
                Adafruit_BMP280::SAMPLING_X2, /* Temp. oversampling
*/
                Adafruit_BMP280::SAMPLING_X1, /* Pressure
oversampling */

```

```
Adafruit_BMP280::FILTER_X2,      /* Filtering. */
Adafruit_BMP280::STANDBY_MS_500); /* Standby time. */

// Connexió a la xarxa WIFI
WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
Serial.print("Connectant");
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  Serial.print(".");
  delay(500);
}
Serial.println();
Serial.print("connected: ");
Serial.println(WiFi.localIP());

// Connexió a la Base de dades Firebase
Firebase.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH);
Firebase.reconnectWiFi(true);
}

//////////////////////      MAIN LOOP      ////////////////////////

void loop()
{

sensorsupdate(); // Lectura dels sensors
debug();
firebase(); // Comunicació amb Firebase
actuadors(); // Accionament dels actuadors
```

```
}

//////////////////////////////////////      SENSORS      ////////////////////////////////////////

void sensorsupdate()

{

  unsigned long ActualMillis = millis(); // inicialitzem

  if((ActualMillis-PreviousMillis250)>250) // Es fa una mesura de les
  capacitats del pou i el dipòsit cada 250ms

  {

    PreviousMillis250 = ActualMillis;

    digitalWrite(TRIGGER,LOW); // S'assegura que el trigger està apagat

    delayMicroseconds(2); //udelay de 2us previ a l'activació del trigger

    digitalWrite(TRIGGER,HIGH); // S'activa el pin de trigger durant 10us

    delayMicroseconds(10);

    digitalWrite(TRIGGER,LOW); // S'atura el pols de trigger

    int UltrasoundPulseTime1 = pulseIn(ECHODIPOSIT,HIGH); // Es mesura el
    temps en HIGH del pols del mòdul d'ultrasons del dipòsit

    int UltrasoundPulseTime2 = pulseIn(ECHOPOU,HIGH); // Es mesura el temps
    en HIGH del pols del mòdul d'ultrasons del pou

    TankLevel = map((UltrasoundPulseTime1*0.0343/2),45,5,0,100); //
    S'escala en tant percent la distància recorreguda pel só, prenent com a
    mínima capacitat el fons del DIPÒSIT i com a mínima el nivell màxim d'agua
    que desitjem, deixant un marge de seguretat respecte el sensor

    if(TankLevel>100) // En cas de superar el 100% de la capacitat es fixa
    el valor a 100% de la capacitat

    {

      TankLevel=100;

    }

    if(TankLevel<0) // En cas de que el valor sigui inferior al 0% es
    fixarà al 0% com a mínima capacitat

    {
```

```
TankLevel=0;

}

WellLevel = map((UltrasoundPulseTime2*0.0343/2),45,5,0,100); //
S'escala en tant percent la distància recorreguda pel só, prenent com a
mínima capacitat el fons del POU i com a mínima el nivell màxim d'agua que
desitjem, deixant un marge de seguretat respecte el sensor

if(WellLevel>100)

{

WellLevel=100;

}

if(WellLevel<0)

{

WellLevel=0;

}

}

if((ActualMillis-PreviousMillis3000)>3000) // Es realitza una
actualització de les mesures dels sensors cada 3 segons

{

PreviousMillis3000 = ActualMillis; // Actualitzem el temps actual

AirTemperature = sht31.readTemperature(); // Temperatura de l'aire

AirHumidity = sht31.readHumidity(); // Humitat de l'aire

Pressure = bmp.readPressure()/100; // Pressió atmosfèrica

SoilHumidity1 = map(analogRead(HUMITAT1),WaterValue,AirValue,100,0); //
Es llegeix l'humitat del sensor d'humitat del sòl 1 i s'escala de 0 a 100
el rang de valors prèviament obtinguts experimentalment (Valor mínim
(Aigua) Valor màxim (Aire))

SoilHumidity2 = map(analogRead(HUMITAT2),WaterValue,AirValue,100,0); //
Es llegeix l'humitat del sensor d'humitat del sòl 2 i s'escala de 0 a 100

SoilHumidity3 = map(analogRead(HUMITAT3),WaterValue,AirValue,100,0); //
Es llegeix l'humitat del sensor d'humitat del sòl 3 i s'escala de 0 a 100

MeanHumidity = (SoilHumidity1 + SoilHumidity2 + SoilHumidity3)/3; // Es
fa la mitjana de les 3 humitats mesurades

//SunLight = analogRead();
```

```
}

    if (SoilHumidity1 < MinimumHumidity) // Si la humitat del sòl mesurada
és inferior a la humitat mínima del sòl seleccionada, com a necessària per
a les plantes, s'activa l'estat de necessitat d'aigua.

    {

        WaterNeed = true;

    }

else { WaterNeed = false;}

    if (Pressure<1013 && AirHumidity>70) // Si l'humitat en l'aire és
superior al 80% i la pressió atmosfèrica és inferior als 1013 mBars,
s'activa l'estat de dia plujós.

    {

        Rainy = true;

    }

else { Rainy = false;}

}

//////////////////////////////////// FIREBASE //////////////////////////////////////

void firebase()

{

    //SEND

    Firebase.setFloat(firebaseData, ruta + "/Temperatura
Aire",AirTemperature); // S'envia la temperatura de l'aire a la base de
dades

    Firebase.setFloat(firebaseData, ruta + "/Caudal",Flow); // S'envia el
caudal

    Firebase.setFloat(firebaseData, ruta + "/Humitat Sòl",MeanHumidity); //
S'envia la pressió atmosfèrica

    Firebase.setFloat(firebaseData, ruta + "/Capacitat Dipòsit",TankLevel);
// S'envia la capacitat del dipòsit d'aigua

    Firebase.setFloat(firebaseData, ruta + "/Capacitat Pou",WellLevel); //
S'envia la capacitat del pou d'aigua
```

```
    Firebase.setBool(firebaseData, ruta + "/Estat Bomba", Bomba); // S'envia
l'estat ON o OFF de la bomba d'aigua

    Firebase.setBool(firebaseData, ruta + "/Estat Valvula", Valvula); //
S'envia l'estat ON o OFF de l'electrovàlvula

//GET

    Firebase.getString(firebaseData, ruta + "/Reg Manual"); // S'obté desde
la base de dades el mode de reg seleccionat a l'APP de telèfon.

    if (firebaseData.stringData() == "true") // Si la variable de tipus
String obtinguda de la Firebase és "true" el mode de reg serà manual.

    {

        ManualMode = true;

        AutomaticMode = false;

    }

else

    {

        AutomaticMode = true;

        ManualMode = false;

    }

    Firebase.getString(firebaseData, ruta + "/Temps de Reg"); //S'obté el
temps de reg desitjat seleccionat a l'APP

    String ValveIntervalStr = firebaseData.stringData(); // Es guarda en una
variable de tipus String el valor obtingt prèviament, per a poder fer una
conversió a enter

    ValveInterval = ValveIntervalStr.toInt(); // Conversió a enter de la
variable String

    //ValveInterval = (ValveIntervalStr.toInt())*60/1000; //TEST DE REG EN
SEGONS!!!

    Firebase.getString(firebaseData, ruta + "/Humitat Minima"); // S'obté
l'humitat mínima del sòl per a que es regui

    String MinimumHumidityStr = firebaseData.stringData(); // Es guarda en
una variable de tipus String el valor obtingt prèviament, per a poder fer
una conversió a enter

    MinimumHumidity = MinimumHumidityStr.toInt(); // Conversió a enter de la
variable String
```

```
}

//////////////////////////////////////      ACTUADORS      ////////////////////////////////////////

void actuadors()

{

    //Bomba

    if ((WellLevel>10 && TankLevel<10) || BombeigON) // La bomba s'activarà
en el cas de que hi hagi un mínim del 10% de la capacitat del pou i en el
dipòsit d'aigua estigui a menys del 10% de la seva capacitat

                                                // o bé que la memòria
de bombeig estigui activa, per així completar el bombeig

    {

        Bomba = true;

    }

    else { Bomba = false;}

    //Vàlvula

    if (TankLevel>=5.00 && (AirTemperature>=4.00 && (ManualMode ||
(AutomaticMode && WaterNeed && !Rainy)) || ValvulaON)) // La vàlvula de reg
s'obrirà sempre i quan el dipòsit estigui a un 5% de la seva capacitat,

// després cal que a hi hagi un mínim de 5°C de temperatura ambient per
evitar regar durant una glaçada

// En el cas de que el mode de reg estigui en automàtic es regarà sempre
que hi hagi l'estat de necessitat d'aigua i no hi hagi la possibilitat de
pluja

// En el cas de que el mode de reg estigui en manual es regarà sempre que
hi hagi un 5% de la capacitat del dipòsit i 5°C de temperatura ambient

// La vàlvula es mantindrà oberta en el cas de que la memòria de reg
estigui activa per a completar el període de reg desitjat

    {

        Valvula = true;
```



```
}  
  
else { Valvula = false;}  
  
if (Valvula) // La memòria de reg es mantindrà activa fins que passi el  
temps de reg determinat desde l'APP  
  
{  
  
  ValvulaON = true;  
  
  if (millis()>ValveTime) // La memòria de reg  
  
  {  
  
    //Serial.println("VALVE IN");  
  
    ValveTime = millis() + ValveInterval;  
  
    Valvula = false;  
  
    ValvulaON = false;  
  
  }  
  
}  
  
if (Bomba) // La memòria de bombeig s'activarà fins que el nivell del  
dipòsit arribi al 100%  
  
{  
  
  BombeigON = true;  
  
  if(TankLevel == 100)  
  
  {  
  
    //PumpTime = millis() + PumpInterval;  
  
    Bomba = false;  
  
    BombeigON = false;  
  
  }  
  
}  
  
digitalWrite(BOMBA,!Bomba); // Activació de la bomba  
digitalWrite(VALVULA,!Valvula); // Activació de la vàlvula  
  
}
```

```
void pulsecount ()  
{  
    FlowPulse++;  
}
```