

Treball final de màster

Estudi: Màster en Enginyeria Industrial

Títol: Adaptació d'una instal·lació solar fotovoltaica per a la cobertura de talls del subministrament elèctric en una escola d'Etiòpia.

Document: Resum

Alumne: Carles Adell Puigdevall

Tutor: Alexandre Deltell Carbonell

Departament: EMCI

Àrea: MMT

Convocatòria (mes/any): Juny 2020

1. ANTECEDENTS, OBJECTE I ABAST

Aquest Treball Final de Màster (TFM) està vinculat al Projecte de Cooperació promogut pel Departament de Física de l'Escola Politècnica Superior de la UdG i cofinançat per l'Oficina de Cooperació de la UdG, el qual ha volgut treballar conjuntament amb l'escola d'Abay Mado situada a la ciutat de Bahir Dar, Etiòpia. A la Figura 2 es mostra el seu emplaçament.

El treball neix després d'haver participat a la primera fase del projecte al gener del 2020, en la qual es va fer el muntatge d'una instal·lació fotovoltaica i es va poder conèixer de primera mà l'escola i les persones que hi treballen. El present projecte proposa una segona fase, en la que es fa l'estudi d'una solució als talls de subministrament elèctric que pateix l'escola. Aquest es fa partint del sistema fotovoltaic instal·lat i la informació que aquest aporta.

Amb el projecte es pretén estudiar la viabilitat i donar una resposta tecnològica a un problema comú com és els talls de subministrament elèctric provinent de la xarxa pública. Com la majoria de sistemes fotovoltaics d'aquest tipus, el sistema ja instal·lat a l'escola deixa de subministrar energia quan hi ha un tall de llum. Mitjançant l'estudi energètic de l'escola, es vol dissenyar una solució a mida per tal que es puguin suplir els talls d'electricitat a través d'un sistema d'emmagatzematge amb bateries.

L'abast del projecte inclou:

- Càlcul del potencial de generació elèctrica de la instal·lació fotovoltaica existent.
- Anàlisi del consum energètic de l'escola i dels talls de subministrament elèctric.
- Estudi de solucions existents i tipologies d'instal·lació.
- Dimensionament de la instal·lació (elements, conductors i proteccions corresponents).
- Anàlisi econòmica.



Figura 1. Emplaçament de la ciutat de Bahir Dar (Etiòpia) a on està l'escola d'Abay Mado

2. DESCRIPCIÓ I ANÀLISI DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA EXISTENT

La instal·lació existent es tracta d'un sistema fotovoltaic connectat a la xarxa, format principalment per generador fotovoltaic compost per 11 panells de 390 Wp cada un (4.290 Wp en total) i un inversor de 4 kVA. Els panells estan situats a una zona del pati de l'escola tal i com es mostra a la Figura 2. L'inversor està instal·lat a una sala de magatzem situada al costat del quadre elèctric general.

També hi ha instal·lat un comptador d'energia (*smart meter*) que permet mesurar l'energia intercanviada amb la xarxa pública i visualitzar les dades a través del portal web del fabricant (SMA). La instal·lació té tots els elements de protecció necessaris. A la Figura 3 es mostra un esquema amb els diferents elements i les connexions corresponents.

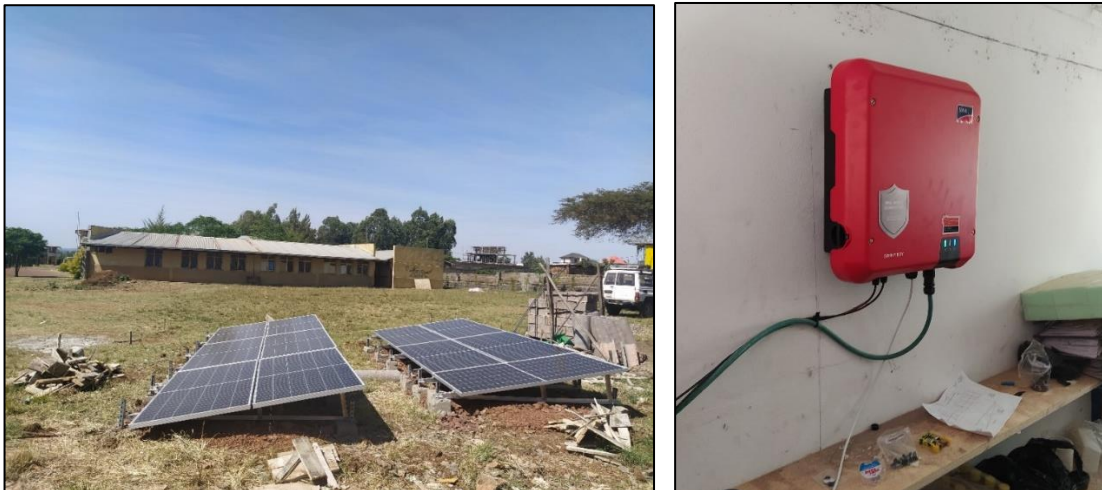


Figura 2. A l'esquerra, fotografia dels panells instal·lats a l'escola. A la dreta, fotografia de l'inversor instal·lat.

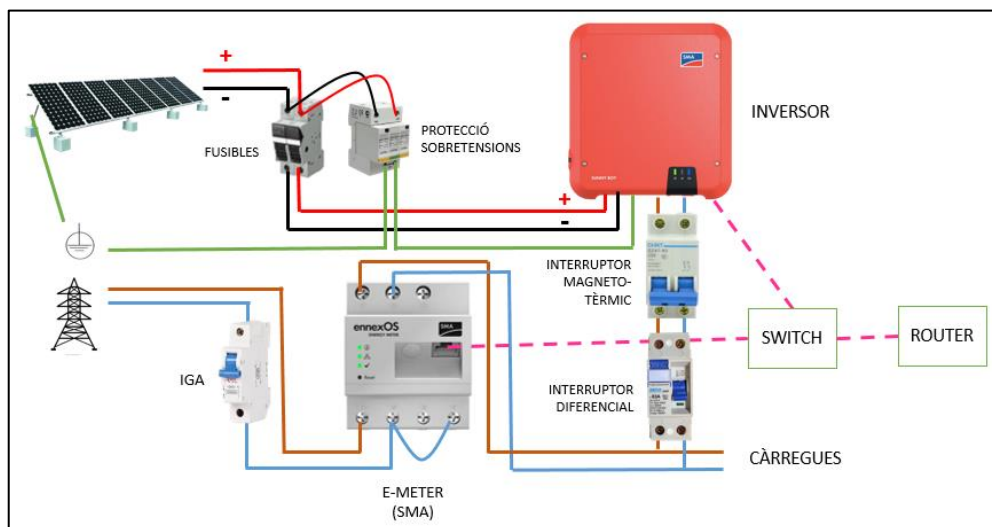


Figura 3. Esquema del sistema fotovoltaic instal·lat a l'escola d'Abay Mado.

3. ESTUDI ENERGÈTIC

L'estudi energètic ha consistit en estimar l'energia que pot arribar a produir la instal·lació fotovoltaica, analitzar l'energia total que consumeix l'escola i a partir d'aquí valorar l'energia excedent disponible que pot servir per a recarregar les bateries.

El càlcul de producció s'ha fet a partir de les dades de radiació solar proporcionades per l'eina PVGIS, desenvolupada per la Comissió Europea. Les dades de consum total s'han obtingut a través del portal de SMA, fabricant de l'inversor i *smart meter* instal·lats.

A partir d'aquestes dades s'ha pogut fer l'estimació d'excedents, comparant el potencial de generació de la instal·lació fotovoltaica respecte la corba de consum de l'escola. S'han identificat quatre escenaris diferents corresponents a si el dia és festiu o lectiu i en funció de l'època de l'any. Els resultats pels diferents escenaris es mostren a la Figura 4.

S'han analitzat les dades corresponents als 54 primers dies després de la posada en marxa de la instal·lació (mesos de gener i febrer). D'aquí també s'han pogut obtenir les dades dels talls de subministrament que s'han produït durant aquest temps i s'ha pogut definir les seves característiques (durada mitjana, durada màxima i freqüència en que es produeixen). Els resultats es mostren a la Taula 1.

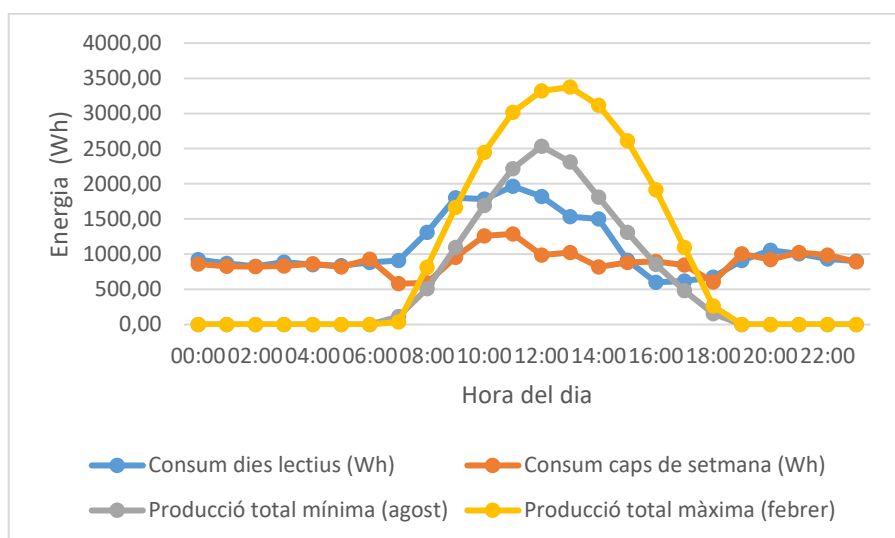


Figura 4. Corbes diàries de producció i de consum pels diferents escenaris avaluats.

Durada màxima d'un tall de subministrament elèctric	2,75 h
Durada mitjana dels talls de subministrament elèctric	1,06 h
Percentatge de dies amb talls	24%
Freqüència	1-2 cops per setmana

Taula 1. Paràmetres calculats dels talls de subministrament elèctric que pateix l'escola d'Abay Mado.

4. DISSENY DEL SISTEMA HÍBRID AMB BATERIES

S'ha fet el disseny d'un sistema de *backup* o de recolzament pel qual les bateries alimentin l'inversor fotovoltaic i les càrregues de l'escola (en cas que no hi hagi prou producció solar) quan falli la xarxa elèctrica, mitjançant la incorporació d'un inversor/carregador per a les bateries que "governa" el sistema, desconnectant la xarxa en cas que aquesta falli.

S'han avaluat les diferents tipologies possibles i s'ha justificat l'elecció dels diferents models amb els càlculs corresponents, així com dels diferents elements de protecció. Pel que fa a les bateries, s'han valorat també les diferents tipologies, s'ha calculat la capacitat necessària i s'ha fet una estimació de la vida útil. Finalment també s'han realitzat diversos càlculs sobre el temps de recàrrega necessari en diferents escenaris, comprovant que amb l'excedent generat era viable carregar les bateries. A la Figura 5 es mostra l'esquema de la instal·lació resultant i a la Taula 2 un resum dels seus components.

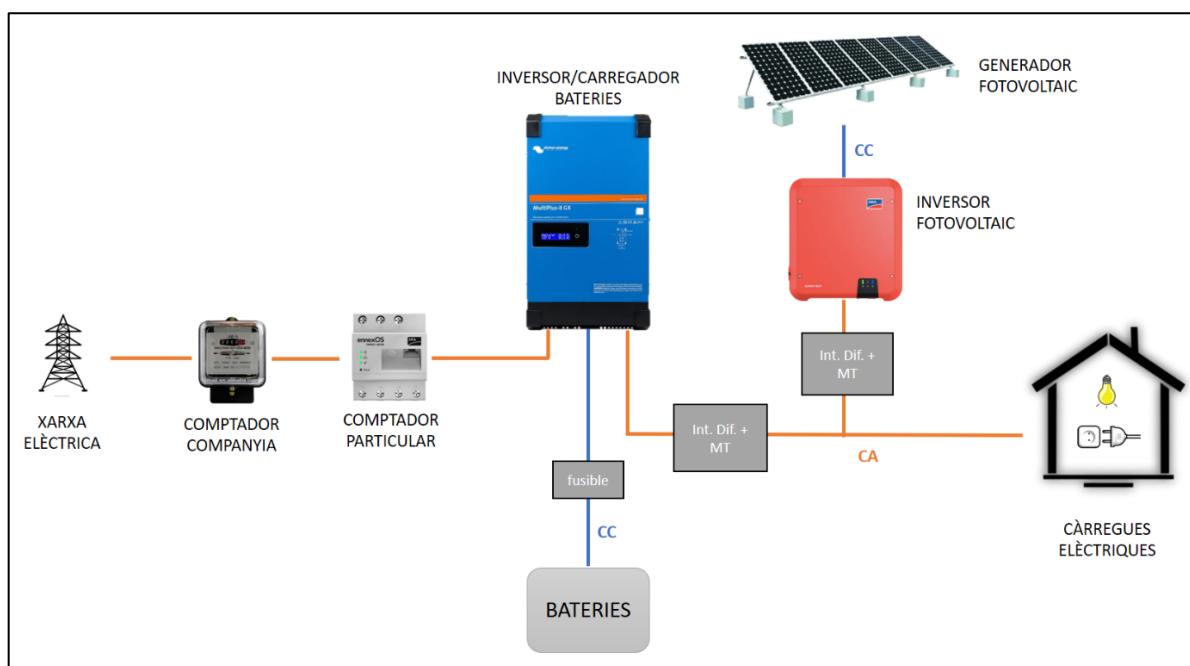


Figura 5. Esquema de la instal·lació híbrida completa

INCORPORACIÓ SISTEMA DE BATERIES	
Inversor/carregador	Victron Energy Multiplus-II-GX 48/5000 5kVA
Bateries	4 x AGM VRLA RITAR RA12-200, 12V, 200Ah, connectades en sèrie. $V_{total}=48V$.
Elements de protecció CC	- Fusible
Elements de protecció CA	- Interruptor magneto-tèrmic 32A - Interruptor diferencial 40A 300mA

Taula 2. Resum instal·lació fotovoltaica existent i incorporació del sistema de bateries

5. ANÀLISI ECONÒMICA

S'ha realitzat anàlisis econòmiques amb les condicions d'Etiòpia (preu de l'electricitat i mà d'obra locals) i també s'ha avaluat econòmicament la instal·lació suposant que s'hagués implementat a l'estat espanyol i avaluant també en cas de compensació d'excedents. El tres anàlisis econòmiques en el cas d'Etiòpia han estat:

- A) Instal·lació fotovoltaica existent, sense sistema de bateries
- B) Incorporació del sistema de bateries, utilitzant-se únicament en cas de fallada de la xarxa elèctrica.
- C) Incorporació del sistema de bateries, utilitzant-se també per a alimentar càrregues durant la nit, fins a un DOD del 30%.

Els resultats es mostren a la Taula 3.

Estudi econòmic	Cost instal·lació	Cost per a l'escola (subvenció 96%)	Quota autoconsum	VAN	TIR	Pay-back
A	11.266,80 €	430,00 €	29 %	970,23 €	11,88 %	10,61
B	3.808,14 €	152,33 €	1,3 %	220,26 €	0,99 %	29,58
C	3.808,14 €	152,33 €	33,66 %	817,04 €	28,36 %	4,36

Taula 3. Resultats de les anàlisis econòmiques de les instal·lacions de l'escola Abay Mado d'Etiòpia

6. CONCLUSIONS

Es conclou que en la realització del treball s'han complert els objectius establerts inicialment, centrats en fer un disseny per a l'adaptació de la instal·lació fotovoltaica per tal que pugui suplir els talls de subministrament elèctric, a través de la incorporació d'un sistema de bateries.

S'ha vist que és viable la incorporació del sistema de bateries que permeti solucionar el problema actual dels talls de subministrament elèctric, aprofitant la instal·lació fotovoltaica actual. Si bé pot suposar un cost que no s'amortitzarà, com s'ha vist, gràcies a aquesta instal·lació l'escola pot deixar de patir les fallades de la xarxa elèctrica.