

Marc Bernardo Gellida

**ESTUDI DE VIABILITAT PER A L'ACTUALITZACIÓ DE LA CENTRAL
FOTOVOLTAICA OBSOLETA**

TREBALL DE FI DE GRAU

dirigit per Lluís Guasch Pesquer

Grau d'Enginyeria Elèctrica



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

2024

Índex

1	Objecte.....	4
2	Abast.....	4
3	Antecedents	4
4	Normes i Referències.....	5
4.1	Normativa aplicable	5
4.2	Programes de càlcul	7
4.3	Bibliografia	7
4.4	Altres referències	7
5	Definicions i abreviatures	8
6	Requisits de disseny.....	8
6.1	Incidència de la orientació	9
6.2	Inclinació dels mòduls	9
6.3	Instal·lació elèctrica	9
6.3.1	Cablejat.....	9
6.3.2	Cablejat en corrent contínua	10
6.3.3	Cablejat en corrent altern.....	10
6.3.4	Quadres elèctrics.....	10
6.3.5	Quadre elèctric en contínua.	10
6.3.6	Quadre elèctric en alterna.	10
6.3.7	Posada a terra de la instal·lació.	11
6.3.8	Monitorització	12
7	Anàlisi de solucions.....	12
8	Resultats finals.....	13
8.1	Camp Fotovoltaic.....	13
8.2	Dades d'irradiació solar	15
8.3	Mòduls	16
8.3.1	Panel Solar 570W JA Solar Mono PERC.....	16
8.4	Inversor solar SAJ R6 40 kW	18
8.5	Inversor Fornius IG400.....	20
8.6	Connexió dels mòduls als inversors.....	21
8.7	Comptador.....	22
8.8	Monitorització.....	22
8.9	Estudi energètic i mesura	23

Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

8.10	Previsió anual de producció:	26
8.11	Dimensionament de la instal·lació de distribució	28
8.11.1	Seccions del cablejat a la part CC	28
8.11.2	Seccions del cablejat a la part CA	29
8.11.3	Canalitzacions.....	31
8.11.4	Quadres de CC i de CA. Configuració i característiques tècniques.	32
8.11.5	Proteccions de CC i de CA.....	32
9	Estudi econòmic	34
9.1	Amidaments i pressupost	38
9.2	<i>PAYBACK</i>	38
9.3	Opinió personal.....	39
9.4	Annex de càlcul.....	40
9.2.1	Càlculs de seccions de conductors.....	42
10	Plànols	51

1 Objecte

L'objecte del treball consisteix en l'estudi previ per analitzar una possible actualització d'una central fotovoltaica obsoleta. A petició del client, i basant-se en el baix preu al que ven la electricitat actualment, es dissenyarà una actualització de la central amb la mínima inversió econòmica possible.

2 Abast

L'abast del projecte comprèn:

- Selecció del mòdul solar
- Disposició i orientació dels mòduls
- Selecció dels inversors
- Instal·lació elèctrica de baixa tensió (continua)
- Instal·lació elèctrica de baixa tensió (alterna)
- Centre de transformació
- Instal·lació elèctrica de mitja tensió
- Estudi de viabilitat econòmica

3 Antecedents

L'any 2007, l'empresa XYZ S.L. va encarregar a l'empresa ABC S.L. la realització d'un projecte tècnic per a la futura implementació d'una central fotovoltaica en una finca de 15000 m² aproximadament.

Al 2008 es va inaugurar la central amb les següents característiques:

- 2890 panells solars de 180 Wp
- 15 inversors de 32 kW
- 469 kW de potència nominal

La inversió va tenir un cost de 2.939.068 €, els quals es desglossen de la següent manera:

AMIDAMENTS I PRESSUPOST	QUANTITAT	PREU	IMPORT
Modulos fotovoltaics MOD. PWM 1700 180wp PHOTOWAT, monocristlino	2.890	740,66 €	2.140.507,40 €
Modulo Bastidor inclinación 35° y tornillería autoroscante	2.890	53,50 €	154.615,00 €
Convertidor FORNIUS modelo IG-400 de 32kW	15	17.384,40 €	260.766,00 €
Montaje de cableado, cuadro de protección y medida, elementos auxiliares y mano de obra	1	259.813,15 €	259.813,15 €
Resumen obra civil (incluye arquetes, cimentacion, canalización, enrejado, caseta inversores y cuadros, etc)	1	123.367,1 €	123.367,10 €
TOTAL PRESUPOST			2.939.068,65 €

Taula 1. Resum pressupost inversió inicial 2008

Actualment, l'empresa subministradora dels panells que els va prometre una garantia de 25 anys ja ha desaparegut. Molts panells es van trencant i ja no se'n fabriquen del mateix model. Estan molt antiquats i produeixen molt poc en comparació als que s'instal·len avui en dia. El client ens proposa actualitzar tota la instal·lació al menor cost possible obtenint el màxim rendiment.

4 Normes i Referències

4.1 Normativa aplicable

- Llei 24/2013, de 26 de desembre, del sector elèctric.
- Reial decret 244/2019, de 5 d'abril, pel qual es regulen les condicions administratives, tècniques i econòmiques de l'autoconsum d'energia elèctrica. (BOE núm. 83 publicat el 06/04/2019).
- Reial decret 900/2015, de 9 d'octubre, pel qual es regulen les condicions administratives, tècniques i econòmiques de les modalitats de subministrament d'energia elèctrica amb autoconsum i de producció amb autoconsum. (BOE núm. 2434 publicat el 10/10/2015)
- Reial decret 542/2020, de 26 de maig, pel qual es modifiquen i es deroguen diferents disposicions en matèria de qualitat i seguretat industrial.
- Reial Decret 1699/2011, de 18 de novembre pel qual es regula la connexió a xarxa d'instal·lacions de producció d'energia elèctrica de petita potència. (BOE núm. 295 publicat el 08/12/2011).
- Reial Decret 1955/2000, de l'1 de desembre de 2000, que regula les activitats de transport, distribució, comercialització, subministrament i procediments d'autorització d'instal·lacions d'energia elèctrica. (BOE núm. 310 publicat el 27/12/2000).

Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

- Reial Decret 413/2014, de 6 de juny, pel qual es regula l'activitat de producció d'energia elèctrica a partir de fonts d'energia renovables, cogeneració i residus. (BOE núm. 140 publicat el 10/06/2014).
- Llei 20/2009, de prevenció i control ambiental d'activitats.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- DB-SI Seguretat en cas d'incendi.
- Real Decreto 2267/2004 ‘Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales’.
- DB-SU Seguretat d'utilització.
- Normas Técnicas para la accesibilidad y la eliminación de barreras arquitectónicas, urbanísticas y en el transporte.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Ordenança municipal reguladora de les activitats i apertura d'establiments.
- Resolució del 19/06/84 de la Direcció General d'Energia. BOE 26/06/84. Normas Sobre Ventilación Y Acceso De Ciertos Centros De Transformación.
- REAL DECRETO 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- Decret 308/1996, de 2 de setembre, pel qual s'estableix el procediment administratiu per a l'autorització de les instal·lacions de producció d'energia elèctrica en règim especial (DOGC núm. 2257 de 18/09/1996).

- Reial Decret 661/2007, de 25 de maig, pel qual es regula l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial.
- Reial Decret 616/2007, d'11 de maig, sobre foment de la cogeneració.
- Reial Decret 2351/2004, de 23 de desembre, pel qual es modifica el procediment de resolució de restriccions tècniques i altres normes reglamentàries del mercat elèctric.
- Ordre de 5 de setembre de 1985, per la qual s'estableixen normes administratives i tècniques per al funcionament i connexió a les xarxes elèctriques de centrals hidroelèctriques de fins a 5.000 kVA i centrals d'autogeneració elèctrica.
- Real Decreto-ley 15/2018 de 05/10/18, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Normes particulars de la Empresa Subministradora.
- Reglaments d'aplicació.
- Normes UNE de aplicació.

4.2 Programes de càlcul

Per al càlcul elèctric, disseny i simulació de la central s'han emprat els següents programes:

- DmElect
- Pvgis
- PVsyst
- AutoCAD

4.3 Bibliografia

Abinzano Guillen, I., Ayala Calvo, J. C., Fanjul Suarez, J. L., Garcia Olalla, M., Gonzalez Rodriguez, F., Iglesias Antelo, S., ... & Piñeiro Chousa, J. R. (2012). Finanzas empresariales. Ediciones Paraninfo, SA.

4.4 Altres referències

Pàgina Web: <https://autosolar.es/panel-solar-24-voltios/panel-solar-570w-ja-solar-mono-perc> [Consulta] 17/6/2024

Pàgina Web: <https://pvgis.com/> [Consulta] 10/7/2024

Pàgina Web: https://tienda-solar.es/es/inversores-solares/1250-inversor-solar-saj-r6-40kw-trifasico?cmp_id=20109609483&adg_id=&kwd=&device=c&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw-5y1BhC-ARIsAAM_oKluH494K-HHpdU5mYYJTjBp68r8hOK0ThIOP5NsT2VIGtSDznXcXuoaAmJeEALw_wcB [Consulta] 14/7/2024

5 Definicions i abreviatures

Tots els conceptes d'aquest projecte s'expressaran en unitats del sistema internacional.

- A: Ampers
- CC: Corrent continu
- CA: Corrent alterna
- °C: Grau Celsius
- Hz: Hertz
- I: Intensitat (A)
- ICC: Intensitat de curtcircuit
- IMMPP: Intensitat al punt de màxima potència
- Inversor: És l'element encarregat de transformar el corrent continu en altern, o viceversa.
- Irradiància: És la potència de la radiació solar per unitat de superfície. (W/m^2)
- Irradiació: És l'energia que incideix per unitat de superfície en un temps determinat [J/m^2]. En aquest darrer cas, per raons pràctiques, també s'emprarà el [kWh] atès que facilita l'entesa dels resultats. En aquest projecte, el concepte de radiació, sempre serà referent a la irradiació solar.
- k: coeficient
- K: grau Kelvin
- kg: quilogram
- mm: mil·límetre
- m^2 : metre quadrat
- MMP: Punt de màxima potència
- P: Potència (W)
- PN: Potència nominal
- Panell solar: O mòdul solar, fa referència a l'element encarregat de captar la radiació solar.
- R.E.B.T.: Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió.
- T_p : Temperatura del mòdul
- T_a : Temperatura ambient [$-10^{\circ}C$]
- T_{nc} : T^a Normal de funcionament de la cèl·lula [$45-47^{\circ}C$]
- V: Tensió (V)
- VOC: Tensió de circuit obert (V)
- VMPP: Tensió al punt de màxima potència (V)
- W: Watt
- W_p : WattPIC
- kWh: QuiloWatt hora
- mWh: MegaWatt hora

6 Requisits de disseny

Tenint en compte que el treball es basa en un estudi previ per tal de considerar l'opció d'actualitzar una central solar fotovoltaica al menor preu possible, establim els següents requisits de disseny per tal d'obtenir la màxima eficiència aprofitant al màxim els components actuals que la conformen.

El disseny haurà de fer-se en base a:

Restriccions tècniques:

- S'han d'aprofitar els inversors actuals. (15 inversors de 32 kW)
- S'han aprofitar dels bastidors que suporten les plaques.
- Els bastidors són fixos, clavats al terra. Aquests estan disposats en fileres aprofitant el màxim espai de la finca. Hi ha un espai de 6 m aproximadament entre les fileres.
- La instal·lació es connectarà a la xarxa de transport de 25 kV
- Es considerarà un coeficient de 0,97 anual en la potència produïda per la instal·lació degut a la pèrdua de rendiment dels components.

Restriccions econòmiques:

- Es considerarà un increment del 1,025 % anual en el preu de venda de l'energia.

6.1 Incidència de la orientació

La orientació òptima per tal d'obtenir el màxim rendiment normalment és de 180° respecte del nord geogràfic, és a dir 0° respecte del sud. En aquesta central es va fer l'estudi al 2008 i ho van comprovar, de manera que van fixar els suports en aquesta direcció. Tenint en compte que utilitzem els suports ja existents, la orientació dels nous mòduls vindrà determinada per aquests amb el qual obtindrem un orientació perfectament al sud i un rendiment òptim.

6.2 Inclinatoria dels mòduls

La inclinació dels mòduls també vindrà determinada pels suports actuals. Aquests estan disposats a 35° sobre la horitzontal, degut a que després de fer l'estudi al 2008 i comparar diverses inclinacions van veure que aquesta inclinació era la que els proporcionava un rendiment més gran al final de l'any, per això podem afirmar que la inclinació és òptima en aquesta zona geogràfica en concret.

6.3 Instal·lació elèctrica

La instal·lació es farà segons el REBT i les normes particulars de la companyia, així com de les normatives específiques d'instal·lacions fotovoltaïques.

Tota la instal·lació complirà ITC-BT-30 sobre locals mullats.

6.3.1 Cablejat

Els conductors de la planta es dissenyen per minimitzar el conjunt de pèrdues per caiguda de tensió que fan aparèixer pèrdues de rendiment energètic importants.

6.3.2 Cablejat en corrent continua

El cablejat de corrent continu és el que correspon al generador fotovoltaic, aquest ha de complir que:

- Pèrdues de potència en condicions nominals: màxim 1,5 %
- Els conductors del camp generador seran independents per a cadascuna de les sèries de panells. Seran de coure del tipus solar, amb doble aïllament de 1000V, essent el recobriment exterior protector dels raigs UV de manera que no cal la conducció d'aquests per l'interior de tubs o canaletes. (UNE 24123-4 o 5/UNE 211002).

D'aquesta manera també es compleix la ITC-BT-30 sobre locals mullats.

Aquests cables aniran des del camp generador fins a la caixa de proteccions corresponent a cadascun dels subcamps.

6.3.3 Cablejat en corrent altern.

El cablejat en corrent altern ha de complir també:

- Pèrdues de potència en condicions nominals: màxim 1,5% Els conductors de corrent altern entre cada inversor i el quadre de proteccions d'altern seran de coure tipus RV-K 0,6/1 kV CPR.

Estaran dimensionats per a una intensitat no inferior al 125% de la màxima intensitat del generador (ICT MIE-BT40).

Les canalitzacions es faran segons el R.E.B.T.

El traçat de la línia general d'alimentació es realitzarà el més curt i rectilini possible, i discorrerà per llocs d'ús comú.

Els conductors s'instal·laran a l'interior de la safata i compliran allò que s'ha exposat a la ITCBT-14.

6.3.4 Quadres elèctrics.

Els quadres elèctrics de la instal·lació s'ubicaran al costat de l'inversor, dintre de la caseta habilitada.

6.3.5 Quadre elèctric en contínua.

Totes les proteccions de contínua estaran integrades a l'inversor, aquest disposa de fusibles electrònics així com seccionador en càrrega i protectors de sobretensió.

A banda s'instal·laran fusibles, i descarregadors de sobretensió.

6.3.6 Quadre elèctric en alterna.

Com a mesura de protecció de la instal·lació es distingeixen les següents proteccions:

- Protecció davant de sobrecàrregues i/o curtcircuits: S'instal·laran interruptors magnetotèrmics de tall omnipolar per a la protecció de cadascun dels circuits de la instal·lació. s'instal·larà un a la sortida de cada inversor.
- Protectors de sobretensió: protegeix els equips davant de sobretensions produïdes per la xarxa elèctrica o per descàrregues atmosfèriques.
- Protecció davant de xocs elèctrics: s'instal·laran interruptors diferencials de 300 mA de sensibilitat.
- A la capçalera de la instal·lació hi haurà un interruptor general omnipolar i un interruptor automàtic diferencial.

Armari d'escomesa d'abonat. L'armari de connexió ubicarà els comptadors i les proteccions de la línia i de la instal·lació general. Disposarà de base seccionable per a fusibles. A la part inferior de l'armari estaran els borns d'entrada i eixida de la línia de xarxa i la protecció de la derivació individual a abonat que estarà formada per les proteccions generals.

L'armari serà de polièster premsat PN-55 de protecció IP-43 amb doble aïllament, proveït de tancament triangular amb bloqueig de cademat.

L'armari estarà homologat.

El comptador és l'existent a la instal·lació.

6.3.7 Posada a terra de la instal·lació.

Es realitzarà un sistema unificat de terra elèctrica, de prestacions adequades, al qual es connectaran estructures metàl·liques, masses i altres elements (marc dels mòduls, estructura dels mateixos, caixes envoltants de l'inversor...), servint a més per protegir les persones davant a possibles xocs elèctrics amb masses metàl·liques.

Al RD 1663/2000 del 29 de setembre, es fixen les condicions tècniques per a la connexió d'instal·lacions fotovoltaïques a la xarxa de BT, Article 12: "Condicions de posada a terra de les instal·lacions fotovoltaïques", la posada a terra es realitzarà de manera que no alteri la de la companyia elèctrica distribuïdora, a fi de no transmetre-hi defectes. La rigidesa dielèctrica d'aquesta separació galvànica serà com a mínim de 2500V.

Així mateix, les masses de la instal·lació fotovoltaica estaran connectades a una terra independent de la del neutre de l'empresa distribuïdora d'acord amb el R.E.B.T.

Per això, es realitzarà una única presa de terra connectant directament a la barra principal de terra de la instal·lació, tant l'estructura suport del generador fotovoltaic, com el born de posada a terra de l'inversor, per tal de no crear diferències de tensió perilloses per a les persones.

Les masses seran independents de les de la resta de l'edifici per la qual cosa els conductors de protecció que connecten les masses de la instal·lació fotovoltaica a la posada de terra aniran directament a aquesta, a la borna o barra principal sense connectar amb les masses que poguéss haver-hi en el recorregut dels conductors.

Farem servir per a la nostra connexió la presa de terra general de l'edifici, prenent una derivació individual des de l'embarat principal de la instal·lació, perquè no es posin en contacte les masses de la instal·lació d'ús amb les fotovoltaïques.

6.3.8 Monitorització

La instal·lació fotovoltaica disposarà d'un sistema de monitoratge de la generació i de l'autoconsum que controlarà la generació, al ser una instal·lació compartida no es mesuraran els consums.

El sistema automàtic d'adquisició i visualització de dades permet, mitjançant els seus components i programari, el seguiment remot de les condicions d'operació de la instal·lació des del mateix edifici i des de l'exterior.

Per això, es compta amb una passarel·la capaç de rebre i emmagatzemar tota la informació provinent del datalogger dels inversors i que envia totes les dades a la plataforma triada per a l'explotació de les dades.

La plataforma triada per a l'explotació de les dades és Solar log o compatible, ja que és una de les més estandarditzades. Serà accessible via web des de qualsevol navegador, i permet un nombre d'usuaris il·limitat.

La plataforma estableix privilegis d'usuari i jerarquies d'ús, i controla l'accés a la informació mitjançant nivells.

7 Anàlisi de solucions

La primera solució que cal analitzar és la elecció dels mòduls fotovoltaïcs. En aquest aspecte tenim un paràmetre de disseny fonamental que ens limita, i és l'aprofitament dels antics bastidors que suporten les plaques. Després d'analitzar la seva complexió ens adonem del següent: són bastidors genèrics que estan dissenyats per poder adaptar qualsevol mida de mòdul, sempre i quan el conjunt de mòduls que disposéssim no superi els seus límits.

Actualment hi ha 2890 mòduls que encaixen perfectament als límits d'aquests, conformant així una superfície útil de 3900 m².

Per tal d'obtenir el màxim rendiment la instal·lació, analitzarem a continuació dos paràmetres que ens dictaminaran el panell a escollir. Aquests paràmetres seran la potència per unitat de superfície que obtenim en cada cas, és a dir, els W/m², i posteriorment la seva relació amb el preu del panell, és a dir €/W.

Per tal de reduir al màxim els errors en el càlcul, farem l'estudi sobre un únic suport i posteriorment ho extrapolarem a la quantitat de suports total.

Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

Cada suport actualment alberga un total de 18 mòduls amb una superfície útil de 25 m².

Veiem en la següent taula comparativa els diversos mòduls solars que s'adaptarien als nostres requeriments amb la informació d'interès per tal de poder dur a terme la comparació

Mòdul	Marca	Nom
1	Tensite	Tensite monocristalino PERC
2	Ja Solar	Ja Solar mono PERC
3	Tensite	405W monocristalino Tensite full black
4	Ja Solar	415W JA Solar mono PERC

Taula 1. Identificació dels mòduls

Mòdul	Dimensions			Potència (W)	Preu (€)	W/m ²	W/€	Plaques/suport
	x	y	z					
1	2094	1134	35	500	90,41	210,56	5,53	10,53
2	2250	1150	30	570	99,25	220,29	5,74	9,66
3	1722	1134	30	405	88,21	207,40	4,59	12,80
4	1722	1134	30	415	79,86	212,52	5,20	12,80

Taula 2. Comparativa entre possibles mòduls.

Observant la taula veiem que les millors prestacions tant a nivell de cost com de producció ens ho ofereixen els mòduls Ja Solar mono PERC.

8 Resultats finals

8.1 Camp Fotovoltaic

Degut a la mida dels mòduls seleccionats, canviarà el número de mòduls de la central notablement. Actualment hi ha un total de 18 mòduls per suport, conformant així un total de 2890 mòduls.

Si observem la taula comparativa dels possibles panells veiem que en el nostre cas només ens cabran un total de 9 mòduls per suport ja que aquests són gairebé el doble de grans que els anteriors.

Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

Abans estaven disposats verticalment, tal i com es veu en la imatge.



Figura 1. Disposició dels mòduls actuals

Per tal d'optimitzar l'espai disponible en els suports, els futurs mòduls s'implementaran de manera horitzontal, de manera que hi hauran 3 files i 3 columnes per suport. Aproximadament es veuran com es mostra a continuació, desaprofitant un espai ínfim del suport.



Figura 2. Disposició dels mòduls escollits

Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

D'aquesta manera el camp fotovoltaic estarà format per un total de 1445 mòduls de 570 Wp cadascun, obtenint una potència pic total de 823,65 kWp i una potència nominal de 750 kW. Vegis de manera més visual en la següent taula:

	Nombre inversors antics (utat.)	Potència nominal inversor antic (kW)	Nombre inversors nous (utat.)	Potència nominal inversor nou (kW)	Nombre mòduls (utat.)	Potència pic instal·lada (kWp)
TOTAL	15	32	10	40	1445	823,65

Taula 3. Resum característiques generals camp fotovoltaic.

8.2 Dades d'irradiació solar

En les taula següents es mostren els valors climatològics més rellevants de la zona on està ubicada la instal·lació, d'acord amb el Servei Meteorològic de Catalunya, "AEMet" Agència Estatal de Meteorologia, i del Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), tenim:

La irradiació solar disponible sobre l'horitzontal en funció del mes i el període horari es:

Mes	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	TOTAL kWh/m ²
Gener			0,077	0,193	0,294	0,359	0,385	0,366	0,296	0,192	0,069					2,23
Febrer		0,014	0,142	0,268	0,379	0,452	0,479	0,473	0,406	0,299	0,164	0,021				3,10
Març	0,001	0,105	0,254	0,399	0,513	0,596	0,617	0,589	0,518	0,396	0,251	0,099				4,34
Abril		0,075	0,222	0,384	0,523	0,629	0,711	0,739	0,689	0,595	0,472	0,321	0,168	0,028		5,56
Maig	0,024	0,149	0,303	0,467	0,617	0,722	0,784	0,794	0,744	0,661	0,539	0,388	0,229	0,086		6,51
Juny	0,047	0,184	0,352	0,511	0,654	0,768	0,845	0,873	0,831	0,737	0,609	0,449	0,282	0,126	0,008	7,28
Juliol	0,025	0,157	0,317	0,486	0,646	0,761	0,852	0,878	0,855	0,757	0,628	0,469	0,296	0,134	0,007	7,27
Agost		0,099	0,252	0,415	0,564	0,676	0,769	0,794	0,771	0,692	0,557	0,391	0,223	0,068		6,27
Setembre		0,037	0,178	0,331	0,467	0,581	0,649	0,673	0,634	0,540	0,414	0,261	0,102	0,001		4,87
Octubre		0,000	0,101	0,235	0,356	0,461	0,512	0,520	0,481	0,389	0,269	0,126	0,006			3,46
Novembre		0,023	0,144	0,252	0,345	0,390	0,392	0,362	0,272	0,167	0,039					2,39
Desembre			0,081	0,190	0,276	0,325	0,336	0,306	0,238	0,139	0,020					1,91

Taula 4. Irradiació solar sobre l'horitzontal (kW/m²)

Degut a que els mòduls estaran inclinats 35° respecte de la horitzontal, els valors d'irradiació útils no són exactament els que hem vist a la taula anterior, ja que aquests són valors absoluts respecte la horitzontal. Veiem la següent taula que ens ajudarà a aclarir aquest concepte:

	kWh/m2/dia	
	0°	35°
Gener	2,23	3,70
Febrer	3,10	4,65
Març	4,34	5,28
Abril	5,56	5,78
Maig	6,51	6,25
Juny	7,28	6,73
Juliol	7,27	6,74
Agost	6,27	6,40
Setembre	4,87	5,49
Octubre	3,46	4,68
Novembre	2,39	3,94
Desembre	1,91	3,48

Taula 5. Comparació irradiació solar segons inclinació (kWh/m²/dia)

A partir d'aquests valors obtinguts a partir de la plataforma PVGIS de les nostres coordenades concretes, hem obtingut els següents (%) que ens determinaran l'increment o dèficit de producció que obtindrem per tenir els mòdul inclinats 35° en cada mes de l'any. Vegis a continuació:

	kWh/m2/dia		Δ
	0°	35°	
Gener	2,23	3,70	66,0%
Febrer	3,10	4,65	50,0%
Març	4,34	5,28	21,6%
Abril	5,56	5,78	4,0%
Maig	6,51	6,25	-4,0%
Juny	7,28	6,73	-7,5%
Juliol	7,27	6,74	-7,2%
Agost	6,27	6,40	2,0%
Setembre	4,87	5,49	12,8%
Octubre	3,46	4,68	35,5%
Novembre	2,39	3,94	65,0%
Desembre	1,91	3,48	82,4%

Taula 6. Comparació irradiació solar segons inclinació

8.3 Mòduls

Els mòduls solars seran els encarregats de transformar l'energia solar en electricitat en forma de corrent continu per a la injecció consegüent a xarxa elèctrica a través dels inversors. Es disposarà d'una tipologia de mòdul. A continuació es detallen les característiques del mòdul donant a conèixer les dades tècniques per al disseny de la instal·lació. Les fitxes tècniques del panell es troben a l'apartat "annexes".

8.3.1 Panel Solar 570W JA Solar Mono PERC

Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

Els panells solars 570W JA Solar Mono PERC consten de 144 cèl·lules monocristal·lines de silici de grau solar connectades a 6x24 cadascuna amb el 20,2% d'eficiència connectades en sèrie.

Especificacions generals	
Model:	JAM72S30-570-LR
Fabricant:	JA SOLAR
Tipus de cèl·lula:	Monocristal·lí PERC
Nº cèl·lules per panell:	144
Nº cèl·lules sèrie:	144

Taula 7. Especificacions generals mòduls fotovoltaics

Especificacions elèctriques	
Potència màxima (Wp)	580 W
Tensió nominal (Vpm)	40 V
Corrent a màxima potència (A)	10,99 A
Tensió a circuit obert (Voc):	48,3 V
Corrent de curtcircuit (Isc):	11,6 A
Voltatge màxim del sistema	1500 V
Eficiència de les cèl·lules	21,90%
Irradiació i temperatura de prova	1000 W/m ² , AM 1.5, 20º
TNOCT	45º
Coeficient de temperatura	+0,045%/ºC

Taula 8. Especificacions elèctriques mòduls fotovoltaics

Característiques constructives	
Tipus vidre	Trempat baix contingut de ferro
Marc	Alumini anoditzat
Pressió màxima de vent	5.400 Pa
Alt	1134 mm
Ample	2333 mm
Gruix	30 mm
Pes	28kg

Taula 9. Característiques constructives mòduls fotovoltaics

Els mòduls fotovoltaics estan fabricats en conformitat con las normes aplicables sota la Directiva Europea CE, sobre la qualificació de la seguretat de mòduls fotovoltaics, i la norma UNE-EN 50380, sobre informacions de les fulles de dades i les plaques de característiques per a mòduls fotovoltaics. A part també compliran la UNE-EN 61215, mòduls fotovoltaics de silici cristal·lí per ús terrestre, qualificació del disseny i homologació.

Els mòduls estaran muntats sobre suports d'alumini inclinats 35º respecte de l'horitzontal. Mitjançant suports estàndards d'alumini i cargols d'acer inoxidable, cada mòdul es fixarà al suport anteriorment esmentat.

Mitjançant cablejat H1Z2Z2-K 1,5 kV cc de 6 mm² es connecten els mòduls fins les caixes de protecció. Aquestes caixes es trobaran ubicades cada 50 m aproximadament sota els suports. Des dels mòduls fins les caixes, el cable transcorre per l'interior d'una safata d'alumini que també es trobarà ubicada a la part de darrere dels suports, acollada a aquests.

Posteriorment, just després de les caixes de protecció, el cable passa a ser d'aèria a subterrani, on a través d'arquetes, es transportarà la corrent continua per l'interior de tubs enterrats fins a la caseta d'inversors.

8.4 Inversor solar SAJ R6 40 kW

Es farà servir un inversor de la casa SAJ, model Sun SAJ R6 40 kW amb una potència de 40 kW. Les fitxes tècniques dels inversors es troben a l'annex III.

En aquest cas s'instal·larà a una caseta exterior construïda a tal efecte, amb ventilació constant mitjançant aire condicionat, just al costat de la caseta actual on es troben els 15 inversors FORNIUS.

Permeten injectar la potència nominal de l'inversor fins a una temperatura ambient de 40 °C fet que permet l'optimització de la instal·lació fotovoltaica en les pitjors condicions que es podrien produir en el període estival. L'inversor disposa de diversos dispositius de protecció tant a la part contínua com a la part d'alterna.

- Control de tensió de xarxa.
- Control d'aïllament, de la freqüència i del corrent continu.
- Control de la presa de terra.

Les proteccions de la part d'alterna consisteixen en varistors que protegeixen els semiconductors de potència en cas de pics de tensió intensos garantint l'eliminació de l'energia a la bobina en cas de desconexió de la xarxa.

En el moment en què es produeix un tall de corrent l'inversor interromp l'alimentació desconnectant-se de la xarxa.

La ubicació dels inversors serà tal, que es minimitzin les pèrdues per transport tant en corrent continu com en altern, per la qual cosa aquests s'ubicaran a un lloc entremig entre els panells i el centre de transformació.

L'inversor serà compatible amb solar log. Aquest es connectarà a internet estenent cables de comunicació des de el Rac existent.

Dades generals	
Model:	R6-40K-T 4-32
Fabricant:	SAJ
Dimensions: (ample x alt x llarg) (mm)	473*659*240
Pes:	35,5 kg
Refrigeració:	Smart air cooling
Gamma temperatura ambiental:	-40°C ~ + 60°C
Tipus protecció:	IP 66
Classe aparell:	B
Grau de brutícia 2:	2
Certificacions:	veure documentació annexa

Taula 10. Dades generals inversor

Dades d'entrada	
Gama de tensió MPP	180 V - 1000 V
Tensió màxima de entrada	1100 V
Tensió d'entrada d'arranc	200 V
Tensió nominal d'entrada	600 V
Potència màxima del generador FV	60000 W
Corrent màxima d'entrada MPPT (A)	32/32/32/32
Corrent màxima de curtcircuit dels mòduls solars MPPT (A)	38,4/38,4/38,4/38,4
Número entrades de CC	2/2/2/2
Número de seguidors MPP	4

Taula 11. Dades d'entrada de l'inversor

Dades de sortida	
Potencia nominal	40000 W
Potencia màxima de sortida	40000 W
Rendiment màxim	98,80%
Rendiment Euro	98,50%
Tensió de xarxa / freqüència	230/400 V , 50/60 Hz
Coeficient de distorsió no lineal	< 3 %
Factor de potencia	0,99
Consum propi nocturn	> 5,5W
Principi de funcionament	Dynamic Peak Manager

Taula 12. Dades de sortida de l'inversor

Dispositius de protecció	
Màxima protecció contra excessos de corrent	66,7 A
Mesura de l'aïllament DC	Integrada
Protecció contra polaritat invertida	Integrada
Comportament amb sobrecàrrega DC	Desplaçament al punt de treball, limitació de la potència
Seccionador CC	Integrat
Fusible CC	Integrat
Monitorització de corrent de	Integrada
Categoria de sobretensió CC / CA	2/3

Taula 13. Dispositius de protecció dels inversors

8.5 Inversor Fournius IG400

Són els inversors existents en la central actual. Porten funcionant des del 2008, però són d'alta qualitat. Han estat sempre treballant a l'interior de la caseta amb ventilació proporcionada per 6 splits d'aire condicionat que treballen ininterrompudament. Es troben en molt bon estat i per això, i per tal de reduir el cost de la inversió, s'aprofitaran els 15.

Vegis les característiques principals a continuació:

Dades d'entrada	
Gama de tensió MPP	210 V - 420 V
Tensió màxima de entrada	530 V
Potència màxima del generador FV	42000 W
Corrent màxima d'entrada MPPT (A)	164
Número entrades de CC	1
Número de seguidors MPP	1

Taula 14. Dades d'entrada de l'inversor

Dades de sortida	
Potència nominal	32000 W
Potència màxima de sortida	32000 W
Rendiment màxim	94,30%
Rendiment Euro	93,40%
Tensió de xarxa / freqüència	3NPE ~ 400 V/50 Hz
Coeficient de distorsió no lineal	< 5 %
Factor de potencia	1
Consum propi nocturn	9 W

Taula 15. Dades de sortida de l'inversor

8.6 Connexió dels mòduls als inversors

Degut a que tenim dos tipus d'inversors de característiques molt diferents, els mòduls s'hauran de connectar de diferent manera depenent de si van als inversors antics (FORNIUS IG400) o als nous (Sun SAJ R6).

La tensió de treball dels panells és de V_{pm} : 40,00 V, i la tensió en circuit obert de cada mòdul és de V_{oc} : 47,78 V. En funció dels mòduls disposats en sèrie i de la temperatura de treball, obtindrem els valors de tensió, aspecte fonamental a l'hora de decidir la connexió dels mòduls als inversors.

Ens inversors antics només disposen d'un seguidor MPPT, amb el qual, les connexions sèrie paral·lel s'hauran de dur a terme exteriorment. Per tal d'aprofitar al màxim aquests inversors, la conclusió és que es connectaran 8 branques de 7 mòduls en sèrie per inversor. De tal manera obtindrem una tensió nominal de 280 V, un corrent de 88 A aproximadament i una potència nominal de 24,64 kW. Com a potència màxima tindriem 31,92 kW.

Tenint en compte que tenim 15 inversors FORNIUS i cada inversor estarà alimentat per 56 mòduls, tenim un total de 840 mòduls coberts, per tant, en restaran 605 que hauran de cobrir els nous inversors.

Els nous inversors disposen de 4 seguidors MPPT, amb el qual es connectarà una branca de 16 mòduls en sèrie per seguidor. Obtenint d'aquesta manera una tensió nominal d'entrada a l'inversor de 640 V, un corrent total de 44 A i una potència nominal de 28,16 kW. La potència màxima que es pot donar serà de 36,48 kW.

D'aquesta manera, necessitarem 9,45 inversors, és a dir, 10.

Mòduls sèrie	V_{pm} (V)	$V_{pm\ tmin}$ (V)	V_{oc} (V)	$V_{oc\ tmin}$ (V)
7 (inversors antics)	280	309,6	334,5	363,9
16 (inversors nous)	640	707,6	764,5	831,8

Taula 16. Tensions als inversors

Aquets valors estan dintre del rang de funcionament del inversor.

La tensió de treball es troba en la zona mitja del punt de treball del inversor, i encara que es donin temperatures extremadament altes o baixes ens assegurem que la tensió dels panells estigui sempre dins de la zona de treball del inversor, amb el que queda garantit el correcte funcionament del mateix. La temperatura màxima a la que la tensió dels mòduls seria encara suficient per estar dintre dels rangs de funcionament, es de 85°C mentre que la més baixa seria de -40°C. Aquests valors no s'aconsegueixen en les condicions climatològiques de la zona o s'ubica la instal·lació.

La corrent màxima de cada sèrie serà de I_{pm} : 14,25 A, i la de treball I_{sc} : 15,11 A.

Per tal de determinar quins seran els mòduls que conformaran les cadenes que alimentaran cada inversor s'han tingut en compte diversos factors per tal d'intentar aconseguir la menor secció possible dels conductors amb l'objectiu d'abaratir costos.

La secció d'un conductor va en funció del corrent que transporta, de la caiguda de tensió màxima que pot suportar, de la conductivitat del material que el conforma i de la seva longitud.

Els mòduls que es troben més lluny de la caseta d'inversors són els més restrictius, ja que com més longitud té el cable més caiguda de tensió hi ha. Per aquest motiu, els mòduls més llunyans seran els que es connectaran als inversors nous, i els més propers als antics. Com bé hem dit, els inversors nous estaran alimentats per 4 cadenes de 16 mòduls en sèrie, sumant en total una tensió de 640 V. Les branques dels antics suportaran una tensió de 208 V. Com que la caiguda de tensió màxima permesa és percentual (1,5 %), i el corrent sempre serà el mateix, les branques amb més nombre de mòduls podran assumir una caiguda de tensió major (9,6 V respecte dels 3,12 V en l'altre cas).

Gràcies a aquest fet, com bé observarem en l'annex de càlculs, la nostra instal·lació de baixa tensió a la part de CC estarà coberta íntegrament per conductors de 6 mm² de secció i no haurem de fer-ho amb conductors de 16 mm² com hagués passat si haguéssim connectat els inversors antics a la part més llunyana de la instal·lació.

La sortida dels inversor es de 400 V de corrent alterna trifàsica, la qual es connectarà al punt frontera de la xarxa elèctrica del establiment, des d'on es derivarà al centre de transformació.

8.7 Comptador

Aquest comptador serà necessari segons RD 244/2019.

S'instal·larà a un punt frontera de la instal·lació, en aquest cas s'instal·larà al costat del comptador existent. Aquest comptador es necessari per tal de poder fer un ús compartit de l'energia amb la resta d'espais. El comptador anirà a una Caixa TMF 1 segons les disposicions del Vademecum d'Endesa. Actualment no es disposa d'espai per la ubicació de la TMF 1.

En aquest comptador quedaran registrades les mesures d'energia activa i reactiva, tant d'entrada com de sortida.

8.8 Monitorització

La instal·lació fotovoltaica disposarà d'un sistema de monitoratge de la generació i de l'autoconsum que controlarà la generació, al ser una instal·lació compartida no es mesuraran els consums.

El sistema automàtic d'adquisició i visualització de dades permet, mitjançant els seus components i programari, el seguiment remot de les condicions d'operació de la instal·lació des del mateix edifici i des de l'exterior. Per això, es compta amb una passarel·la capaç de rebre i emmagatzemar tota la informació provinent del datalogger dels inversors i que envia totes les dades a la plataforma triada per a l'explotació de les dades.

La plataforma triada per a l'explotació de les dades és Solar log o compatible, ja que es universal i es pot connectar a qualsevol inversor i accedir-hi des de qualsevol dispositiu electrònic actual. Serà accessible via web des de qualsevol navegador, i permet un nombre d'usuaris il·limitat. La plataforma estableix privilegis d'usuari i jerarquies d'ús, i controla l'accés a la informació mitjançant nivells.

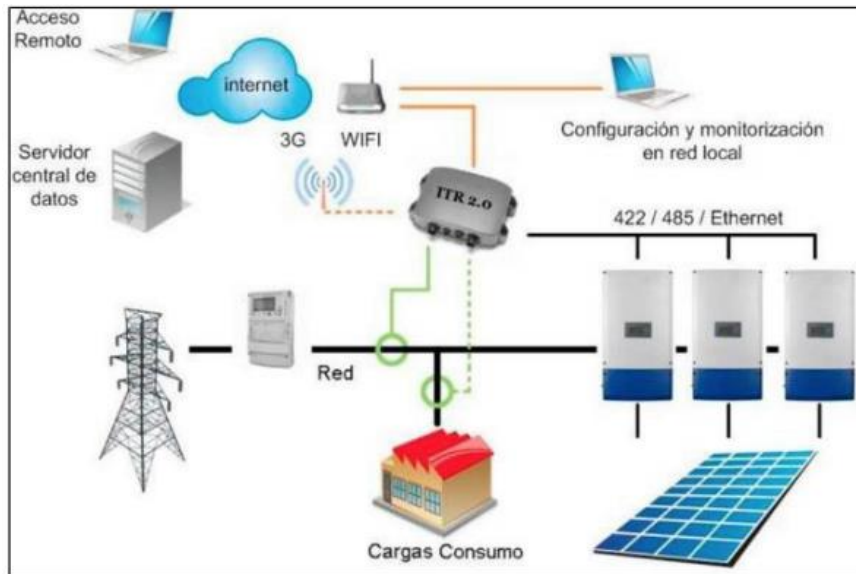


Figura 3. Esquema de funcionament de la monitorització

8.9 Estudi energètic i mesura

Per tal de fer la previsió de producció elèctrica anual haurem de tenir en compte diversos paràmetres. El principal serà la previsió d'irradiació solar a partir de la taula anterior. En segon lloc haurem de tenir en compte totes les possibles pèrdues que es produiran en cadascun dels elements de la instal·lació.

Amb el conjunt d'aquestes obtindrem el rendiment de la instal·lació o el "performance ratio" PR,

L'energia produïda es traurà a partir de la radiació disponible d'acord la inclinació dels panells fotovoltaics, la potència instal·lada dels mateixos, i les pèrdues del sistema, obtenint el rendiment de la instal·lació. Així tal com hem comentat en el paràgraf anterior tenim que l'energia produïda depèn de:

- Lloc d'instal·lació (latitud, radiació solar, temperatura i reflectància superficial de el front dels mòduls).
- Exposició dels mòduls: angle d'inclinació (tilt) i angle d'orientació (azimut).
- Ombrejat causa de elements naturals o artificials.
- Característiques dels mòduls: potència nominal, coeficient de temperatura, pèrdues de desacoblament o desajust.
- B.O.S. (Balanz Of System).

Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

El valor de BOS es pot estimar directament o com a complement de la unitat de totes les pèrdues, calculat usant la següent fórmula:

$$P_t [\%] = [1 - (1 - a - b) \times (1 - c - d) \times (1 - e) \times (1 - f)] + g \quad (1)$$

amb els següents valors:

a - Pèrdues per reflexió

b - Pèrdues per ombrejat

c - Pèrdues per desajustos

d - Pèrdues degudes a l'efecte de les variacions de temperatura

i - Pèrdues dins dels circuits de corrent continu

f - Pèrdues de l'inversor

g - Pèrdues dins dels circuits de CA

Aquests valors anteriors, per a realitzar el càlcul de les pèrdues per la producció solar es poden estimar i estandarditzar, d'acord dades publicades per l'IDAE, ASIF, etc., amb el qual podem estimar els següents valors com a valors màxims de pèrdues, on tenim:

- Pèrdues per reflexió: 3,10 %
- Pèrdues per ombrejat: 3,30 %
- Pèrdues per desajustos: 5,70 %
- Pèrdues degudes a l'efecte de les variacions de temperatura: 7,60 %
- Pèrdues dins dels circuits de corrent continu: 1,20 %
- Pèrdues de l'inversor: 4 %
- Pèrdues dins dels circuits de CA: 2 %

Les pèrdues per ombrejat no son les corresponents a les ombres per elements fixes sinó les corresponents a les produïdes per elements circumstancials, com pot ser el pas de núvols, i altres elements que esporàdicament puguin provocar alguna ombra sobre els panells.

Les pèrdues per desajustos son les degudes a que els mòduls fotovoltaics, encara tenint les mateixes característiques teòriques, són tots lleugerament diferents. Això fa que els mòduls amb rendiment lleugerament inferior afecten negativament el comportament dels mòduls amb major rendiment. És per això que és preferible utilitzar mòduls la desviació de del qual els paràmetres teòrics sigui la menor possible.

Per una altra part el MPPT de cada mòdul es producte de la tensió per la intensitat de treball en cada moment, aquest valors depenen de la ubicació de cada mòdul, temperatura d'aquest, etc., es a dir per dispersió dels paràmetres el rendiment pot variar

lleugerament, amb el que al connectar-los en sèrie produeix una petita pèrdua. Finalment també hem de tenir en compte les pèrdues per degradació fotogràfica, aquestes es produeixen per un fenomen natural de degradació de totes les cèl·lules de silici cristal·lí, i es produeixen el primer cop que el mòdul es exposat a la radiació solar.

Pèrdues per temperatura, tant la potència nominal dels mòduls com la potència mesurada en el banc de proves es mesuren en condicions ambientals específiques:

- Irradiació: 1.000 W/m²
- Distribució espectral de la radiació: AM 1,5
- Temperatura: 25 °C

La potència entregada pel mòdul varia proporcionalment al nivell d'irradiació. La distribució espectral de la llum del sol no difereix molt de la de les condicions de prova pel que no afecta pràcticament la potència entregada pel mòdul.

El factor que més afecta la potència del mòdul és la temperatura de treball del mateix, en funció del coeficient de temperatura dels mòduls.

Pèrdues en els circuits de corrent continu, es corresponen a les pèrdues que es produeixen per l'efecte joule, temperatura, caigudes de tensió, etc., en els conductors.

Pèrdues en l'inversor, aquestes corresponen la pèrdua de la transformació de l'energia i condicionament de l'energia de corrent continu a corrent alterna, aquesta ve definida per el rendiment del mateix "euroeficiència". Aquest valor és una eficiència mitjana ponderada de l'eficiència de l'inversor en diferents règims de càrrega.

Pèrdues en els circuits de corrent alterna, es corresponen a les pèrdues que es produeixen per l'efecte joule, temperatura, caigudes de tensió, etc., en els conductors.

Pèrdues dels orientació i inclinació.

A part del conjunt de pèrdues anteriors tenim les corresponents a les d'orientació i inclinació dels panells, aquestes pèrdues es calculen en funció dels següents paràmetres:

Angle d'inclinació β , definit com a angle que forma la superfície dels mòduls amb el pla horitzontal. En el nostre cas, aquest angle ve definit per la inclinació dels suports, i serà de 35°.

PERFIL DEL MÒDUL

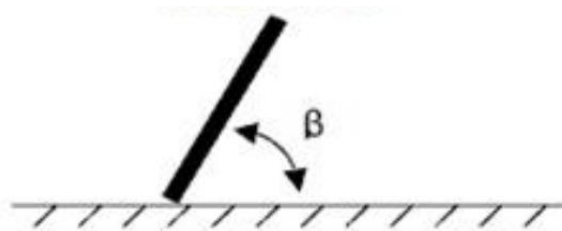


Figura 4. Inclinació dels mòduls escollits

Angle del Azimut α , definit com a l'angle entre la projecció sobre el pla horitzontal de la normal a la superfície del mòdul i el meridià del lloc. (0° per a mòduls orientats al sud i -90° per als orientats al est i $+90^\circ$ al oest). En el nostre cas l'angle de l'azimut serà de 0° .

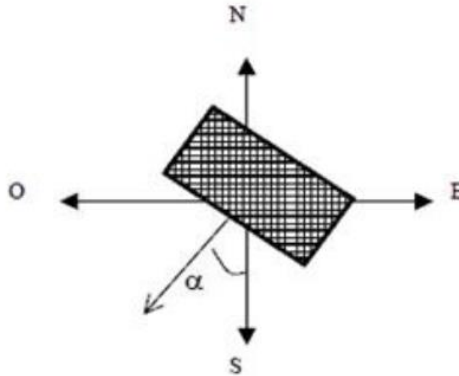


Figura 5. Orientació dels mòduls

Mitjançant les expressions següents podem obtenir el valor de la pèrdua:

$$\text{Pèrdues [\%]} = 100 \cdot \left[1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2 \right] \text{ per a } 15^\circ < \beta < 90^\circ \quad (2)$$

$$\text{Pèrdues [\%]} = 100 \cdot \left[1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 \right] \quad \text{per a } 15^\circ > \beta \quad (3)$$

Pèrdues per ombres:

Les pèrdues per ombres son les que produeixen per l'ombra projectada per objectes, edificis, arbres, etc., sobre els mòduls fotovoltaics provocant una pèrdua en la capacitat d'aquest, pel qual es realitza estudi d'ombres.

En la nostra finca, després de comentar-ho amb els propietaris i de investigar-ho personalment vaig veure que no hi ha cap edifici ni arbre o similar que s'interposi entre el sol i les plaques durant les hores de llum. L'únic punt destacable és que la central està ubicada just a la falda del Montsià, i aquest fet fa que aproximadament, en la última mitja hora de llum del dia, no hi hagi incidència de llum directa als mòduls. Això és degut a que la muntanya està situada al oest de la central, lloc per on es pon el sol, i només interfereix en els instants anteriors a aquests succés.

És un fet que tot i afectar en la producció, és gairebé negligible, ja que la última hora de llum és en la que obtenim una irradiació menor, i al mateix temps, producció.

Per aquest motiu, considerarem una reducció del 40 % en la producció de la última hora respecte de la producció que obtindríem si la central es trobés ubicada en un lloc on pogués aprofitar la llum fins al últim instant del dia.

8.10 Previsió anual de producció:

Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

En funció de les dades anteriorment establertes de les pèrdues i el rendiment del sistema, així com la radiació disponible obtindrem la previsió horària, mensual i anual de producció:

Mes	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	TOTAL	TOTAL
																MWh/dia	MWh/mes
Gener			77,0	192,9	293,8	358,8	384,8	365,8	295,8	191,9	69,0					2,2	69,1
Febrer		12,6	128,2	242,0	342,3	408,2	432,6	427,2	366,7	270,0	148,1	19,0				2,8	86,7
Març		76,9	186,0	292,1	375,6	436,4	451,7	431,2	379,2	289,9	183,8	72,5				3,2	98,4
Abril		47,0	139,0	240,4	327,5	393,9	445,2	462,7	431,4	372,6	295,6	201,0	105,2	17,5		3,5	107,8
Maig	13,9	86,1	175,1	269,9	356,6	417,3	453,2	458,9	430,0	382,1	311,5	224,3	132,4	49,7		3,8	116,6
Juny	26,2	102,5	196,0	284,6	364,2	427,7	470,6	486,2	462,8	410,5	339,2	250,1	157,1	70,2	4,5	4,1	125,6
Juliol	14,0	87,7	177,1	271,5	360,9	425,2	476,0	490,6	477,7	423,0	350,9	262,0	165,4	74,9	3,9	4,1	125,9
Agost		60,8	154,8	254,9	346,4	415,2	472,3	487,6	473,5	425,0	342,1	240,1	137,0	41,8		3,9	119,4
Setembre		25,1	120,9	224,8	317,2	394,6	440,8	457,1	430,6	366,7	281,2	177,3	69,3	0,7		3,3	102,5
Octubre			82,4	191,7	290,4	376,1	417,7	424,2	392,4	317,4	219,5	102,8	4,9			2,8	87,4
Novembre			143,1	250,3	342,7	387,4	389,4	359,6	270,2	165,9	38,7					2,3	72,8
Desembre			88,9	208,6	303,0	356,8	368,9	336,0	261,3	152,6	22,0					2,1	65,0
																TOTAL ANUAL	1177,3

Taula 17. Producció elèctrica d'energia elèctrica

Concretament, la fórmula que s'ha utilitzat per a calcular la producció elèctrica és la següent:

$$E_{mes} = I_{mes (35^\circ)} * P_p * PR \quad (4)$$

On:

- E_{mes} = Energia elèctrica generada en un més.
- $I_{mes (35^\circ)}$ = Irradiació elèctrica als mòduls orientats a 35°.
- P_p = Potència pic instal·lada a la central.
- PR = "Performance Ratio". És la suma dels coeficients de pèrdues dels elements del sistema. En el nostre cas és 0,731.

Com podem observar, les dades que s'observen a l'interior de la taula, és a dir, les horàries, estan en kWh, mentre que les mensuals i anuals, per tal d'optimitzar espai, s'han posat en MWh.

Com ja sabem:

$$P_p = N * P = 1445 * 570 = 823,65 \text{ kW} \quad (5)$$

On:

- P_p = Potència pic instal·lada a la central.
- N = Número de mòduls fotovoltaics.
- P = Potència pic de cada mòdul.

Per altra banda, tot i que de manera menys precisa, també es podria calcular la generació elèctrica anual a partir de la següent fórmula:

$$E_{an} = HSP * P_p * PR \quad (6)$$

On:

- E_{an} = Energia elèctrica generada en un any.
- HSP = Hores solars pic en una ubicació específica (1700 aproximadament)
- P_p = Potència pic instal·lada a la central.
- PR = "Performance Ratio". És la suma dels coeficients de pèrdues dels elements del sistema. En el nostre cas és 0,731.

$$E_{an} = 1700 * 823,65 * 0,731 = 1023,55 \text{ MWh} \quad (7)$$

Si comparem els 1023,5 MWh que hem obtingut ara amb els 1177,3 MWh que havíem obtingut amb el procediment més exacte, veiem que el càlcul està dut a terme correctament, ja que l'error és només del 15 %.

8.11 Dimensionament de la instal·lació de distribució

8.11.1 Seccions del cablejat a la part CC

Al plec de condicions tècniques d'IDAE s'especifica que la caiguda de tensió màxima a la part de contínua no pot ser superior al 1,5 %. Per al cablejat del camp de panells fotovoltaics s'utilitza cable de coure flexible amb aïllament doble de 6 mm² de secció. Per a la intensitat de curtcircuit aquesta secció és suficient.

El tram de contínua és divideix en dos parts principals. La primera és la part que transcorre des del propi mòdul fins a les caixes de protecció. En aquest tram els cables aniran a l'interior d'una safata metàl·lica que estarà disposada sota els suports dels mòduls. Aquesta distància mai serà superior a 30 m.

En aquest tram podem estar segurs que la secció de 6 mm² compleix amb els requisits, ja que la intensitat màxima que passarà pels conductors serà la màxima que genera un únic mòdul, degut a la connexió en sèrie dels panells.

Per altra banda, la màxima caiguda de tensió permesa (1,5 %) varia en funció de l'inversor destí al que esta connectada la branca. Comprovem el cas més restrictiu per a cada inversor amb la següent fórmula emprada per al càlcul de la secció dels conductors en contínua:

$$S = \frac{I * L}{k * \Delta V} \quad (8)$$

On:

- S = Secció del conductor en mm²

Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

- I = Intensitat que circula pel conductor.
- L = Longitud del conductor.
- k = factor de conductivitat que depèn del material del conductor. Coure = 56 m/Ω/mm².
- ΔV = Caiguda de tensió màxima en el conductor.

Inversor Fornius IG 400:

- 7 mòduls per branca → 280 V → ΔV = 4,2 V

$$S = \frac{11,6 * 30}{56 * 4,2} = 1,48 \text{ mm}^2 \quad (9)$$

Inversor SAJ R6 40kW:

- 16 mòduls per branca → 640 V → ΔV = 9,6 V

$$S = \frac{11,6 * 30}{56 * 9,6} = 0,65 \text{ mm}^2 \quad (10)$$

Als càlculs justificatius podem comprovar que totes les línies dels generadors fotovoltaics es troben dins d'aquest paràmetres.

Com podem veure hi ha línies que no requereixen una secció tant gran, però per tema d'uniformitat i d'abaratiment de costos a l'hora de comprar un únic bobinat de cable es posarà tot de la mateixa secció en el tram de CC.

El conductor emprat serà 2 x 6 + TT x 6 mm² Cu 1,5 kV cc H1Z2Z2-K

8.11.2 Seccions del cablejat a la part CA

El cablejat de la part de corrent alterna "CA" està dividit en dos parts:

1. Transcorre des del inversor fins la caixa de connexions i proteccions elèctriques del mateix. (Màxim 5 m)
2. Va des de la caixa de connexions i proteccions elèctriques del inversor fins al quadre general de protecció i mesura, i d'aquest fins al centre de transformació.

En el cas que ens ocupa es tracta de diversos inversors, i en conseqüència, la primera part constarà de varies línies. Vegis les seccions necessàries per inversor:

Inversor Fornius IG 400:

- Intensitat a màxima potència → 80 A.

$$S = \frac{46,18 * 5}{56 * 400 * 0,015} = 0,68 \text{ mm}^2 \quad (11)$$

Inversor SAJ R6 40 kW:

Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

- Intensitat a màxima potència → 57,7 A.

$$S = \frac{57,7 * 5}{56 * 400 * 0,015} = 0,86 \text{ mm}^2 \quad (12)$$

Tot i que amb la restricció de caiguda de tensió màxima veiem que amb el cable de 6 mm² n'hi ha més que suficient, veiem que haurà de suportar un corrent molt elevat. Observant la següent taula:

*Tabla A - Intensidades admisibles para cables con conductores de cobre, no enterrados
Temperatura ambiente 40°C en el aire*

Método de instalación*	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
		3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE						
A1												
A2	3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE							
B1				3x PVC	2x PVC		3x XLPE		2x XLPE			
B2			3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE					
C					3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE		
E						3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE	
F							3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE
Sección mm ² COBRE	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	--
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	--
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	--
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	--
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	--
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	--
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
35	--	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
50	--	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
70	--	--	--	149	160	171	185	199	214	224	244	269
95	--	--	--	180	194	207	224	241	259	271	296	327
120	--	--	--	208	225	240	260	280	301	314	348	380
150	--	--	--	236	260	278	299	322	343	363	404	438
185	--	--	--	268	297	317	341	368	391	415	464	500

Taula 18. Secció de cable en funció de les intensitats admissibles

Els conductors utilitzats seran els mateixos, s'utilitzaran cables unipolars 3x10 mm² Cu XLPE RZ1-K (AS) 0,6/1 kV.

Seleccionem els de la classe F ja que aquests fan referència a conductors unipolars que van per la superfície a l'interior d'una safata metàl·lica amb ventilació, com és el nostre cas.

La caiguda de tensió en el cas més desfavorable és inferior al 1,5%, tal com podem observar en l'annex de càlcul, amb la qual cosa el cable compleix amb la ITC-BT-40 del REBT. En l'apartat càlculs justificatius del present projecte es troben detallats tots els càlculs corresponents a totes les línies.

El segon tram haurà de transportar un corrent a màxima potència de 1200 A. Per aquest motiu, el conductor de 60 m que transcorre des de la caseta d'inversors fins al centre de transformació haurà de ser d'una secció molt més elevada per tal de complir amb la caiguda de tensió màxima permesa de l'1,5 %.

El conductor de 4x630 mm² Cu XLPE RZ1-K (AS) 0,6/1 kV serà l'encarregat de transportar l'energia en aquest tram final de la instal·lació. Tot i que mirant les taules veiem que la intensitat màxima admissible per aquest conductor és de 1071 A, sabem que els 1200 A nombrats són impossible que es donin ja que els inversors estan sobredimensionats i treballen sempre molt per baix del seu límit.

En la següent taula es mostra un resum dels diferents tipus de conductors utilitzats depenen del tram i característiques del circuit:

Circuit	Tram	Tipus d'instal·lació	Denominació conductor
CC	mòduls - caixes de protecció	unipolar sobre safata	2x6+TTx6mm ² Cu 1,5 kV cc H1Z2Z2-K
	caixes-inversor	unipolar enterrat a l'interior de tub	2x6+TTx6mm ² Cu 1,5 kV cc H1Z2Z2-K
AC	inversors - caixa de connexions	unipolar sobre safata	3x6/6+TTx10 mm ² Cu 0,6/1kV XLPE+Pol. RZ1-K(AS)
	caixa - CT	unipolar enterrat a l'interior de tub	4x630 mm ² Cu XLPE RZ1-K (AS) 0,6/1 kV

Taula 19. Resum de conductors

8.11.3 Canalitzacions

En el part de CC els cables de cada pol es condueixen independentment, mitjançant conductors unipolars.

Al part de CA s'utilitza cable tripolar per al cable de 6 mm² de secció per la connexió dels inversor fins al punt de connexió.

S'utilitzen canalitzacions seguint la ITC-BT-22, taula 2 de tal forma que l'àrea de la secció del tub sigui 2,5 vegades superior a la de la suma dels cables que conté, per a trams fixos en superfície. En la següent taula es mostra un resum de les dimensions de les canalitzacions en funció del circuit de secció del conductor:

Circuit	Tram	Tipus d'instal·lació	Conductor	Tipus canalització i dimensions
CC	mòduls - caixes de protecció	unipolar sobre safata	2x6+TTx6mm ² Cu 1,5 kV cc H1Z2Z2-K	Safata 200 x 35 mm Tub diàmetre 50 mm
	caixes-inversor	unipolar enterrat a l'interior de tub	2x6+TTx6mm ² Cu 1,5 kV cc H1Z2Z2-K	Tub diàmetre 50 mm
AC	inversors - caixa de connexions	unipolar sobre safata	3x6/6+TTx10 mm ² Cu 0,6/1kV XLPE+Pol. RZ1-K(AS)	Safata 200 x 35 mm Tub diàmetre 50 mm
	caixa - CT	unipolar enterrat a l'interior de tub	4x630 mm ² Cu XLPE RZ1-K (AS) 0,6/1 kV	Tub diàmetre 300 mm

Taula 20. Relació de conductors i canalitzacions

8.11.4 Quadres de CC i de CA. Configuració i característiques tècniques.

Els inversors compten amb les connexions pertinents on arriben els terminals positiu i negatiu de cada sèrie de mòduls, abans d'aquest es disposa de la caixa de fusibles de protecció de la instal·lació de CC. Aquests elements es troben en l'interior de la nau.

Els inversors compten amb els interruptors de desconexió de CC, així com d'un detector de fuites que indica si hi ha una fuga entre un dels pols dels mòduls i terra. Des de la caixa de fusibles permet la desconexió dels generadors fotovoltaics del inversor.

En la sortida dels inversors corresponent a la part de corrent alterna la instal·lació compta a un quadre elèctric que està equipat amb un magnetotèrmic i un diferencial que permet desconectar la totalitat de la instal·lació a la sortida d'aquest, el qual també correspon al del punt frontera on permet la desconexió total de la xarxa interna del establiment. Aquests mecanismes es troben al quadre principal de comandament i protecció de la instal·lació el qual queda accessible als tècnics de manteniment de l'establiment.

8.11.5 Proteccions de CC i de CA

Proteccions CC

- **Curtcircuits:**

Un generador fotovoltaic curtcircuitat no representa un perill addicional respecte a una manera de treball normal ja que el corrent de curtcircuit i la de treball són pràcticament iguals. De la mateixa manera una sèrie de panells curtcircuitat no perjudica el funcionament de l'inversor excepte que no permet que el generador fotovoltaic funcioni al punt de treball òptim.

Per a les persones és perillosa la creació o eliminació d'un curtcircuit en el generador fotovoltaic per passar ràpidament del voltatge de circuit obert a zero, la qual cosa produeix un arc elèctric.

Com a mesura de protecció a les persones enfront d'aquest cas els cables de positiu i negatiu estan proveïts de doble aïllament per a minimitzar el dit risc. També es compta amb la corresponent caixa de fusibles, cada ramal (string) del generador fotovoltaic compta amb un fusible per a cada pol de 15 A.

- **Sobrecàrregues:**

No hi ha problema per sobrecàrrega ja que la potència del generador és coneguda i limitada. En el supòsit cas d'una sobrecàrrega l'inversor la detecta i automàticament deixa de generar deixant el generador fotovoltaic en circuit obert.

- **Contactes directes i indirectes:**

El generador fotovoltaic està connectat en mode flotant, proporcionant nivells de protecció adequats enfront de contactes directes i indirectes, sempre que la resistència d'aïllament de la part de contínua es mantingui per damunt d'uns nivells de seguretat i no hi hagi cap defecte a masses o a terra. En aquest últim cas es crea una situació de risc que es soluciona mitjançant:

Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

1. Aïllament de classe II dels mòduls fotovoltaics, cables i caixes de connexió. Aquestes a més compten amb tapes practicables únicament amb ferramentes i estan degudament senyalitzades amb el símbol de risc d'electrocució.
 2. Detector d'aïllament dels pols positiu i negatiu del camp de panells fotovoltaics. Està incorporat en l'inversor.
 3. El propi inversor incorpora un seccionador que permet la desconexió dels circuits de corrent continu.
- Sobretensions:

El generador fotovoltaic està exposat a sobretensions d'origen atmosfèric d'una certa importància. Per això l'inversor, de manera opcional, incorpora proteccions contra sobretensions transitoris classe 2.

Aquests dispositius tenen un temps d'actuació inferior a 25ns i un corrent màxima d'actuació de 15kA amb tensió residual inferior a 2 kV. La protecció de cables, tubs, comptadors, etc., no és necessària per permetre aquests valors de tensió residual més elevats.

- Polarització inversa:

El propi inversor disposa integrat en el mateix protecció contra la polarització inversa.

Proteccions CA

- Curtcircuits i sobrecàrregues:

El propi inversor compta amb proteccions contra curtcircuits i sobrecàrregues integrat, a part a la sortida de cadascun d'aquests es disposa d'un quadre de proteccions CA, mitjançant un interruptor magnetotèrmic de 32 A omnipolar, en un poder de tall de 10 kA, a part es disposa d'un interruptor diferencial tetrapolar tipo C, de 40 A i una sensibilitat de 30 mA. Aquest es troba ubicat en punt frontera, en el quadre general de comandament i protecció de la instal·lació al esta ubicat al costat del propi inversor.

Així doncs l'inversor està equipat amb un magnetotèrmic d'intensitat nominal adequada per a la potència del mateix, els quals són els que protegeixen realment els aparells enfront dels curtcircuits i sobrecàrregues. S'utilitzen magnetotèrmics amb la corba de tipus C que són els més usats quan no hi ha corrents d'arrencada elevada. Segons la norma EN 60269 per a la protecció contra sobrecàrregues la intensitat nominal del interruptor magnetotèrmic ha de complir:

$$I_{\text{disseny línia}} < I_{\text{assignada dispositiu protecció}} < I_{\text{admissible de la línia}}$$

Per als inversors les proteccions seran monofàsiques amb les següents característiques:

- Sobretensions:

El propi inversor compta integrat amb ell proteccions contra sobretensions categoria 3.A part en el punt frontera la instal·lació compta amb el protector de sobretensions de la pròpia instal·lació per a sobretensions permanents i transitòries.

- Fallades a terra:

La instal·lació comptarà amb un diferencial de 300 mA de sensibilitat, situat a la sortida del inversor, en el part de corrent alterna per a protegir el circuit de possibles derivacions.

- Protecció de la qualitat del subministrament:

Per a complir amb la ITC-BT-40 relacionada amb la qualitat de l'energia injectada a la xarxa la instal·lació comptarà amb:

1. Interruptor automàtic de la interconnexió:
2. Separació galvànica
3. Funcionament en illa

9 Estudi econòmic

L'estudi econòmic tindrà per objectiu dictaminar el temps que es tardaria en recuperar la inversió, així com si seria viable o no la inversió en funció de l'augment de producció elèctrica que s'obtindria i la diferència d'ingrés respecte de l'actual.

Coneixent la producció elèctrica anual i mensual, el següent pas consistirà en fer un estudi aproximat de la quantitat de diners que podríem obtenir a canvi anualment.

El preu de venda de l'energia elèctrica no és una ciència certa, és a dir, varia en funció de moltes coses. Uns exemples d'aquest ventall de situacions que afecten al preu de venda de l'energia són: les variacions en la demanda, la època de l'any en la que ens trobem, el tipus de contracte de venda, situacions alienes com guerres, accidents naturals, etc.

Considerant que es ven l'energia al mercat majorista espanyol, he creat la següent taula basant-me en la informació pública del passat 2023 i aquest 2024 on poso aproximadament el preu que oscil·lava en funció del mes de l'any.

Mes	Preu aproximat (€/kWh)
Gener	0,10 - 0,15
Febrer	0,08 - 0,13
Març	0,07 - 0,12
Abril	0,06 - 0,10
Maig	0,05 - 0,09
Juny	0,06 - 0,10
Juliol	0,07 - 0,12
Agost	0,08 - 0,13
Setembre	0,09 - 0,14
Octubre	0,08 - 0,13
Novembre	0,09 - 0,14
Desembre	0,10 - 0,15

Taula 21. Preu aproximat de venda de l'energia

Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

Com em dit que no es pot dictaminar un preu en total certesa, es consideraran tres escenaris diferents. Optimista (major preu de venda que apareix en l'interval), estàndard (preu intermedi) i pessimista (preu més petit en cada cas).

A més a més, es tindrà en compte un augment d'un 2,5 % en el preu de venda anual degut a diversos factors com podrien ser la inflació, l'augment dels preus de drets d'emissió de CO₂, l'augment constant en la demanda d'electricitat, o la transició cap a fonts d'energia més sostenibles.

L'últim factor que haurem de tenir en compte per tal de confeccionar l'estudi és la disminució de productivitat de les plaques degut a l'envelliment.

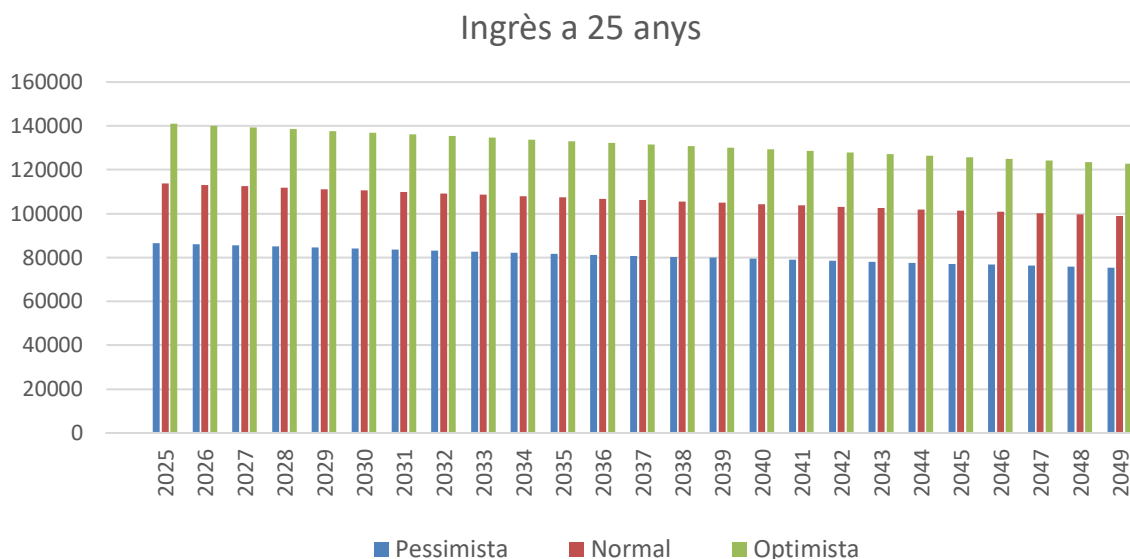
Aquest fet afectarà aproximadament en una disminució del 3 % anual. A continuació es mostra l'estudi que s'ha fet a 25 anys vista de l'ingrés aproximat que s'obtidria en cada escenari, en tots ells amb les consideracions de la inflació i el desgast dels mòduls.

Any	Pessimista	Normal	Optimista
2025	86.578 €	113.759 €	140.940 €
2026	86.081 €	113.105 €	140.130 €
2027	85.586 €	112.455 €	139.324 €
2028	85.094 €	111.808 €	138.523 €
2029	84.604 €	111.165 €	137.726 €
2030	84.118 €	110.526 €	136.934 €
2031	83.634 €	109.890 €	136.147 €
2032	83.153 €	109.259 €	135.364 €
2033	82.675 €	108.630 €	134.586 €
2034	82.200 €	108.006 €	133.812 €
2035	81.727 €	107.385 €	133.042 €
2036	81.257 €	106.767 €	132.277 €
2037	80.790 €	106.153 €	131.517 €
2038	80.325 €	105.543 €	130.761 €
2039	79.863 €	104.936 €	130.009 €
2040	79.404 €	104.333 €	129.261 €
2041	78.948 €	103.733 €	128.518 €
2042	78.494 €	103.136 €	127.779 €
2043	78.042 €	102.543 €	127.044 €
2044	77.594 €	101.954 €	126.314 €
2045	77.147 €	101.367 €	125.587 €
2046	76.704 €	100.785 €	124.865 €
2047	76.263 €	100.205 €	124.147 €
2048	75.824 €	99.629 €	123.433 €
2049	75.388 €	99.056 €	122.724 €
Total 25 anys	2.021.494 €	2.656.129 €	3.290.763 €

Taula 22. Possible ingrés obtingut a partir de la transacció de l'energia

Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

De manera més visual:



Gràfic 1. Possible ingrès obtingut a partir de la transacció de l'energia

Si volem observar de manera més detallada els tres escenaris, és a dir, l'ingrés mes a mes que aniríem obtenint aproximadament seria el següent:

- Cas pessimista:

Any	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	TOTAL kWh/any
2025	6.912 €	6.265 €	6.890 €	6.262 €	5.830 €	7.294 €	8.812 €	9.551 €	8.927 €	6.992 €	6.338 €	6.504 €	86.578 €
2026	6.873 €	6.229 €	6.851 €	6.226 €	5.796 €	7.252 €	8.761 €	9.496 €	8.875 €	6.952 €	6.302 €	6.467 €	86.081 €
2027	6.833 €	6.193 €	6.811 €	6.190 €	5.763 €	7.210 €	8.711 €	9.441 €	8.824 €	6.912 €	6.266 €	6.430 €	85.586 €
2028	6.794 €	6.158 €	6.772 €	6.155 €	5.730 €	7.169 €	8.661 €	9.387 €	8.773 €	6.872 €	6.230 €	6.393 €	85.094 €
2029	6.755 €	6.122 €	6.733 €	6.119 €	5.697 €	7.128 €	8.611 €	9.333 €	8.723 €	6.833 €	6.194 €	6.356 €	84.604 €
2030	6.716 €	6.087 €	6.695 €	6.084 €	5.664 €	7.087 €	8.562 €	9.280 €	8.673 €	6.794 €	6.158 €	6.319 €	84.118 €
2031	6.677 €	6.052 €	6.656 €	6.049 €	5.631 €	7.046 €	8.512 €	9.226 €	8.623 €	6.755 €	6.123 €	6.283 €	83.634 €
2032	6.639 €	6.017 €	6.618 €	6.014 €	5.599 €	7.005 €	8.464 €	9.173 €	8.573 €	6.716 €	6.088 €	6.247 €	83.153 €
2033	6.601 €	5.983 €	6.580 €	5.980 €	5.567 €	6.965 €	8.415 €	9.120 €	8.524 €	6.677 €	6.053 €	6.211 €	82.675 €
2034	6.563 €	5.948 €	6.542 €	5.946 €	5.535 €	6.925 €	8.366 €	9.068 €	8.475 €	6.639 €	6.018 €	6.175 €	82.200 €
2035	6.525 €	5.914 €	6.504 €	5.911 €	5.503 €	6.885 €	8.318 €	9.016 €	8.426 €	6.601 €	5.983 €	6.140 €	81.727 €
2036	6.488 €	5.880 €	6.467 €	5.877 €	5.471 €	6.846 €	8.271 €	8.964 €	8.378 €	6.563 €	5.949 €	6.104 €	81.257 €
2037	6.450 €	5.846 €	6.430 €	5.844 €	5.440 €	6.806 €	8.223 €	8.912 €	8.330 €	6.525 €	5.915 €	6.069 €	80.790 €
2038	6.413 €	5.813 €	6.393 €	5.810 €	5.409 €	6.767 €	8.176 €	8.861 €	8.282 €	6.487 €	5.881 €	6.034 €	80.325 €
2039	6.376 €	5.779 €	6.356 €	5.777 €	5.378 €	6.728 €	8.129 €	8.810 €	8.234 €	6.450 €	5.847 €	6.000 €	79.863 €
2040	6.340 €	5.746 €	6.319 €	5.743 €	5.347 €	6.690 €	8.082 €	8.760 €	8.187 €	6.413 €	5.813 €	5.965 €	79.404 €
2041	6.303 €	5.713 €	6.283 €	5.710 €	5.316 €	6.651 €	8.035 €	8.709 €	8.140 €	6.376 €	5.780 €	5.931 €	78.948 €
2042	6.267 €	5.680 €	6.247 €	5.677 €	5.285 €	6.613 €	7.989 €	8.659 €	8.093 €	6.339 €	5.746 €	5.897 €	78.494 €
2043	6.231 €	5.648 €	6.211 €	5.645 €	5.255 €	6.575 €	7.943 €	8.609 €	8.046 €	6.303 €	5.713 €	5.863 €	78.042 €
2044	6.195 €	5.615 €	6.175 €	5.612 €	5.225 €	6.537 €	7.898 €	8.560 €	8.000 €	6.267 €	5.681 €	5.829 €	77.594 €
2045	6.159 €	5.583 €	6.140 €	5.580 €	5.195 €	6.499 €	7.852 €	8.511 €	7.954 €	6.231 €	5.648 €	5.796 €	77.147 €
2046	6.124 €	5.551 €	6.105 €	5.548 €	5.165 €	6.462 €	7.807 €	8.462 €	7.908 €	6.195 €	5.615 €	5.762 €	76.704 €
2047	6.089 €	5.519 €	6.069 €	5.516 €	5.135 €	6.425 €	7.762 €	8.413 €	7.863 €	6.159 €	5.583 €	5.729 €	76.263 €
2048	6.054 €	5.487 €	6.035 €	5.484 €	5.106 €	6.388 €	7.718 €	8.365 €	7.818 €	6.124 €	5.551 €	5.696 €	75.824 €
2049	6.019 €	5.456 €	6.000 €	5.453 €	5.076 €	6.351 €	7.673 €	8.317 €	7.773 €	6.089 €	5.519 €	5.663 €	75.388 €

Taula 23. Possible ingrès mes a mes en l'escenari pessimista

Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

- Cas normal:

Any	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	TOTAL kWh/any
2025	8.641 €	8.223 €	9.351 €	8.350 €	8.162 €	9.725 €	11.959 €	12.536 €	11.406 €	9.177 €	8.099 €	8.130 €	113.759 €
2026	8.591 €	8.176 €	9.297 €	8.302 €	8.115 €	9.669 €	11.891 €	12.464 €	11.341 €	9.125 €	8.052 €	8.083 €	113.105 €
2027	8.541 €	8.129 €	9.244 €	8.254 €	8.068 €	9.614 €	11.822 €	12.392 €	11.275 €	9.072 €	8.006 €	8.037 €	112.455 €
2028	8.492 €	8.082 €	9.191 €	8.206 €	8.022 €	9.559 €	11.754 €	12.321 €	11.211 €	9.020 €	7.960 €	7.991 €	111.808 €
2029	8.443 €	8.036 €	9.138 €	8.159 €	7.975 €	9.504 €	11.687 €	12.250 €	11.146 €	8.968 €	7.914 €	7.945 €	111.165 €
2030	8.395 €	7.989 €	9.085 €	8.112 €	7.930 €	9.449 €	11.619 €	12.179 €	11.082 €	8.917 €	7.869 €	7.899 €	110.526 €
2031	8.347 €	7.944 €	9.033 €	8.066 €	7.884 €	9.395 €	11.553 €	12.109 €	11.018 €	8.865 €	7.823 €	7.854 €	109.890 €
2032	8.299 €	7.898 €	8.981 €	8.019 €	7.839 €	9.341 €	11.486 €	12.040 €	10.955 €	8.814 €	7.779 €	7.808 €	109.259 €
2033	8.251 €	7.852 €	8.930 €	7.973 €	7.794 €	9.287 €	11.420 €	11.971 €	10.892 €	8.764 €	7.734 €	7.764 €	108.630 €
2034	8.204 €	7.807 €	8.878 €	7.927 €	7.749 €	9.233 €	11.355 €	11.902 €	10.829 €	8.713 €	7.689 €	7.719 €	108.006 €
2035	8.156 €	7.762 €	8.827 €	7.882 €	7.704 €	9.180 €	11.289 €	11.833 €	10.767 €	8.663 €	7.645 €	7.675 €	107.385 €
2036	8.109 €	7.718 €	8.776 €	7.836 €	7.660 €	9.128 €	11.224 €	11.765 €	10.705 €	8.613 €	7.601 €	7.630 €	106.767 €
2037	8.063 €	7.673 €	8.726 €	7.791 €	7.616 €	9.075 €	11.160 €	11.698 €	10.644 €	8.564 €	7.557 €	7.587 €	106.153 €
2038	8.016 €	7.629 €	8.676 €	7.747 €	7.572 €	9.023 €	11.096 €	11.630 €	10.582 €	8.515 €	7.514 €	7.543 €	105.543 €
2039	7.970 €	7.585 €	8.626 €	7.702 €	7.529 €	8.971 €	11.032 €	11.563 €	10.521 €	8.466 €	7.471 €	7.500 €	104.936 €
2040	7.925 €	7.542 €	8.576 €	7.658 €	7.485 €	8.919 €	10.968 €	11.497 €	10.461 €	8.417 €	7.428 €	7.456 €	104.333 €
2041	7.879 €	7.498 €	8.527 €	7.614 €	7.442 €	8.868 €	10.905 €	11.431 €	10.401 €	8.369 €	7.385 €	7.414 €	103.733 €
2042	7.834 €	7.455 €	8.478 €	7.570 €	7.399 €	8.817 €	10.843 €	11.365 €	10.341 €	8.320 €	7.343 €	7.371 €	103.136 €
2043	7.789 €	7.412 €	8.429 €	7.526 €	7.357 €	8.767 €	10.780 €	11.300 €	10.282 €	8.273 €	7.300 €	7.329 €	102.543 €
2044	7.744 €	7.370 €	8.381 €	7.483 €	7.315 €	8.716 €	10.718 €	11.235 €	10.222 €	8.225 €	7.258 €	7.286 €	101.954 €
2045	7.699 €	7.327 €	8.333 €	7.440 €	7.273 €	8.666 €	10.657 €	11.170 €	10.164 €	8.178 €	7.217 €	7.245 €	101.367 €
2046	7.655 €	7.285 €	8.285 €	7.397 €	7.231 €	8.616 €	10.595 €	11.106 €	10.105 €	8.131 €	7.175 €	7.203 €	100.785 €
2047	7.611 €	7.243 €	8.237 €	7.355 €	7.189 €	8.567 €	10.534 €	11.042 €	10.047 €	8.084 €	7.134 €	7.161 €	100.205 €
2048	7.567 €	7.202 €	8.190 €	7.312 €	7.148 €	8.517 €	10.474 €	10.979 €	9.989 €	8.038 €	7.093 €	7.120 €	99.629 €
2049	7.524 €	7.160 €	8.143 €	7.270 €	7.107 €	8.468 €	10.414 €	10.915 €	9.932 €	7.991 €	7.052 €	7.079 €	99.056 €

Taula 24. Possible ingrés mes a mes en l'escenari normal

- Cas optimista:

Any	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	TOTAL kWh/any
2025	10.369 €	10.181 €	11.812 €	10.437 €	10.493 €	12.157 €	15.107 €	15.520 €	13.886 €	11.363 €	9.860 €	9.756 €	140.940 €
2026	10.309 €	10.123 €	11.744 €	10.377 €	10.433 €	12.087 €	15.020 €	15.431 €	13.806 €	11.297 €	9.803 €	9.700 €	140.130 €
2027	10.250 €	10.064 €	11.677 €	10.317 €	10.373 €	12.017 €	14.933 €	15.342 €	13.727 €	11.232 €	9.746 €	9.644 €	139.324 €
2028	10.191 €	10.006 €	11.609 €	10.258 €	10.313 €	11.948 €	14.847 €	15.254 €	13.648 €	11.168 €	9.690 €	9.589 €	138.523 €
2029	10.132 €	9.949 €	11.543 €	10.199 €	10.254 €	11.879 €	14.762 €	15.166 €	13.569 €	11.104 €	9.635 €	9.534 €	137.726 €
2030	10.074 €	9.892 €	11.476 €	10.140 €	10.195 €	11.811 €	14.677 €	15.079 €	13.491 €	11.040 €	9.579 €	9.479 €	136.934 €
2031	10.016 €	9.835 €	11.410 €	10.082 €	10.137 €	11.743 €	14.593 €	14.993 €	13.414 €	10.976 €	9.524 €	9.424 €	136.147 €
2032	9.958 €	9.778 €	11.345 €	10.024 €	10.078 €	11.676 €	14.509 €	14.906 €	13.336 €	10.913 €	9.469 €	9.370 €	135.364 €
2033	9.901 €	9.722 €	11.280 €	9.966 €	10.020 €	11.609 €	14.425 €	14.821 €	13.260 €	10.850 €	9.415 €	9.316 €	134.586 €
2034	9.844 €	9.666 €	11.215 €	9.909 €	9.963 €	11.542 €	14.343 €	14.735 €	13.183 €	10.788 €	9.361 €	9.263 €	133.812 €
2035	9.788 €	9.611 €	11.150 €	9.852 €	9.905 €	11.476 €	14.260 €	14.651 €	13.108 €	10.726 €	9.307 €	9.209 €	133.042 €
2036	9.731 €	9.555 €	11.086 €	9.796 €	9.848 €	11.410 €	14.178 €	14.566 €	13.032 €	10.664 €	9.254 €	9.157 €	132.277 €
2037	9.675 €	9.500 €	11.022 €	9.739 €	9.792 €	11.344 €	14.097 €	14.483 €	12.957 €	10.603 €	9.200 €	9.104 €	131.517 €
2038	9.620 €	9.446 €	10.959 €	9.683 €	9.736 €	11.279 €	14.016 €	14.399 €	12.883 €	10.542 €	9.147 €	9.052 €	130.761 €
2039	9.564 €	9.391 €	10.896 €	9.628 €	9.680 €	11.214 €	13.935 €	14.317 €	12.809 €	10.481 €	9.095 €	8.999 €	130.009 €
2040	9.509 €	9.337 €	10.833 €	9.572 €	9.624 €	11.149 €	13.855 €	14.234 €	12.735 €	10.421 €	9.043 €	8.948 €	129.261 €
2041	9.455 €	9.284 €	10.771 €	9.517 €	9.569 €	11.085 €	13.775 €	14.152 €	12.662 €	10.361 €	8.991 €	8.896 €	128.518 €
2042	9.400 €	9.230 €	10.709 €	9.462 €	9.514 €	11.022 €	13.696 €	14.071 €	12.589 €	10.302 €	8.939 €	8.845 €	127.779 €
2043	9.346 €	9.177 €	10.647 €	9.408 €	9.459 €	10.958 €	13.617 €	13.990 €	12.517 €	10.242 €	8.887 €	8.794 €	127.044 €
2044	9.293 €	9.125 €	10.586 €	9.354 €	9.404 €	10.895 €	13.539 €	13.910 €	12.445 €	10.183 €	8.836 €	8.744 €	126.314 €
2045	9.239 €	9.072 €	10.525 €	9.300 €	9.350 €	10.832 €	13.461 €	13.830 €	12.373 €	10.125 €	8.786 €	8.693 €	125.587 €
2046	9.186 €	9.020 €	10.465 €	9.247 €	9.297 €	10.770 €	13.384 €	13.750 €	12.302 €	10.067 €	8.735 €	8.643 €	124.865 €
2047	9.133 €	8.968 €	10.405 €	9.193 €	9.243 €	10.708 €	13.307 €	13.671 €	12.231 €	10.009 €	8.685 €	8.594 €	124.147 €
2048	9.081 €	8.916 €	10.345 €	9.141 €	9.190 €	10.647 €	13.230 €	13.593 €	12.161 €	9.951 €	8.635 €	8.544 €	123.433 €
2049	9.028 €	8.865 €	10.285 €	9.088 €	9.137 €	10.585 €	13.154 €	13.514 €	12.091 €	9.894 €	8.585 €	8.495 €	122.724 €

Taula 25. Possible ingrés mes a mes en l'escenari optimista

9.1 Amidaments i pressupost

Degut a que es tracta d'un estudi previ és mostrarà només el resum dels amidaments i pressupost i no el pressupost descompost, amb preus unitaris i amidaments.

AMIDAMENTS I PRESSUPOST	QUANTITAT	PREU	IMPORT
Mòdul solar fotovoltaic Ja Solar mono PERC	1445	99,2 €	143.372,9 €
Inversor solar SAJ R6 40kW - trifásico	9	2.450,3 €	22.052,3 €
Cablejat i canalitzacions		46.805,2 €	46.805,2 €
Proteccions corrent continu		24.294,8 €	24.294,8 €
Proteccions corrent altern		22.960,1 €	22.960,1 €
Interconnexió sistema de monitoratge i injecció		964,6 €	964,6 €
Presa a terra		1524,6 €	1524,6 €
Caseta prefabricada inversors 9 m ²	1	1499,9 €	1499,9 €
Aparells d'aire condicionat	4	394,5 €	1578,0 €
TOTAL PRESSUPOST			265.052,4 €

Taula 26. Resum de pressupost de la inversió

9.2 PAYBACK

El criteri del termini de recuperació o payback, és el nombre de períodes que triga a recuperar-se el desemborsament inicial. El càlcul s'ha de fer acumulant els successius fluxos de fons fins que la suma sigui major o igual que la suma de la inversió inicial, que seria el termini de recuperació.

$$\sum_{j=1}^P Q_j \geq A \quad (13)$$

Com bé observem en la següent taula, en cadascun dels escenaris que hem plantejat, el *payback* que suposadament obtindríem seria el següent:

PAY-BACK	
Cas	Temps
Pessimista	3,1 anys
Normal	2,3 anys
Optimista	1,9 anys

Taula 27. Payback de la inversió

9.3 Opinió personal

Un cop fet el projecte i vist l'estudi econòmic amb les dades de rendibilitat i comparant-ho amb la inversió que va fer l'empresa l'any 2008 puc extreure les següents conclusions:

- La central actualment es troba molt obsoleta, no només per la baixa potència de les plaques actuals, sinó que a més, aquestes han sofert un desgast notable després dels 16 anys que porten de funcionament ininterromput.
- La inversió que es proposa en aquest projecte no és d'un cost excessiu, i la inversió es recuperaria, en el pitjor dels casos, en un període de temps de 3 anys, el qual és un temps molt atractiu per a qualsevol tipus d'inversió.
- La inversió que es va dur a terme al 2008 va ser excessivament cara per a la inversió que era i el preu al que es venia la energia, a dia d'avui encara no s'ha recuperat, i en el cas de no actualitzar la central, segur que no es recuperarà mai.
- La inversió que és planteja és més de 10 cops inferior a la que es va dur a terme fa 16 anys.
- Es pot interpretar aquest projecte no com un "no fracàs" de la central antiga, sinó que aquesta ens servirà en molts d'aspectes, com per exemple: els 15 inversors, els bastidors de les plaques, la caseta d'inversors amb els seus equips de ventilació, les rases, arquetes i el centre de transformació que ja hi ha. A més a més, es podria obtenir diners a canvi dels mòduls actuals, així com pels metres de cable de coure de la instal·lació actual, fet que encara rebaixaria més el cost d'inversió.

9.4 Annex de càlcul

A través del programa DmElect, he obtingut el següent annexes de càlculs i fórmules elèctriques que es requereixen.

Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

Sistema Trifásico

$$I = Pc / 1,732 \times U \times \cos\phi = \text{amp (A)}$$
$$e = 1.732 \times I [(L \times \cos\phi / k \times S \times n) + (Xu \times L \times \text{Sen}\phi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

Sistema Monofásico y Corriente Continua:

$$I = Pc / U \times \cos\phi = \text{amp (A)}$$
$$e = 2 \times I [(L \times \cos\phi / k \times S \times n) + (Xu \times L \times \text{Sen}\phi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

En donde:

Pc = Potencia de Cálculo en Watios.
L = Longitud de Cálculo en metros.
e = Caída de tensión en Voltios.
K = Conductividad.
I = Intensidad en Amperios.
U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).
S = Sección del conductor en mm².
Cos φ = Coseno de φ. Factor de potencia. En Corriente continua, cos φ = 1.
n = N^o de conductores por fase.
Xu = Reactancia por unidad de longitud en mΩ/m.

Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/\rho$$

$$\rho = \rho_{20}[1+\alpha(T-20)]$$

$$T = T_0 + [(T_{\max}-T_0) (I/I_{\max})^2]$$

Siendo,
K = Conductividad del conductor a la temperatura T.
ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T.
ρ₂₀ = Resistividad del conductor a 20°C.

$$Cu = 0.017241 \text{ ohmios}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$$
$$Al = 0.028262 \text{ ohmios}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$$

α = Coeficiente de temperatura:
Cu = 0.00392
Al = 0.00403

T = Temperatura del conductor (°C).
T₀ = Temperatura ambiente (°C):

$$\text{Cables enterrados} = 25^\circ\text{C}$$
$$\text{Cables al aire} = 40^\circ\text{C}$$

T_{max} = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):
XLPE, EPR = 90°C
PVC = 70°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).
I_{max} = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Fórmulas Sobrecargas

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$
$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

I_b: intensidad utilizada en el circuito.
I_z: intensidad admisible de la canalización según la norma UNE-HD 60364-5-52.
I_n: intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, I_n es la intensidad de regulación escogida.
I₂: intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I₂ se toma igual:
- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos (1,45 I_n como máximo).
- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 I_n).

Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

Fórmulas Cortocircuito

$$* I_{k3} = ct U / \sqrt{3} (ZQ+ZT+ZL)$$

$$* I_{k2} = ct U / 2 (ZQ+ZT+ZL)$$

$$* I_{k1} = ct U / \sqrt{3} (2/3 \cdot ZQ+ZT+ZL+(Z_N \text{ ó } Z_{PE}))$$

¡ATENCIÓN!: La suma de las impedancias es vectorial, son números complejos y se suman partes reales por un lado (R) e imaginarias por otro (X).

* La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = (R_t^2 + X_t^2)^{1/2}$$

Rt: $R_1 + R_2 + \dots + R_n$ (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

Xt: $X_1 + X_2 + \dots + X_n$ (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

Siendo:

I_{k3} : Intensidad permanente de c.c. trifásico (simétrico).

I_{k2} : Intensidad permanente de c.c. bifásico (F-F).

I_{k1} : Intensidad permanente de c.c. Fase-Neutro o Fase PE (conductor de protección).

ct: Coeficiente de tensión.(Condiciones generales de cc según I_{kmax} o I_{kmin}), UNE_EN 60909.

U: Tensión F-F.

ZQ: Impedancia de la red de Alta Tensión que alimenta nuestra instalación. Scc (MVA) Potencia cc AT.

$$ZQ = ct U^2 / Scc \qquad XQ = 0.995 ZQ \qquad RQ = 0.1 XQ \qquad \text{UNE_EN 60909}$$

ZT: Impedancia de cc del Transformador. Sn (KVA) Potencia nominal Trafo, ucc% e urcc% Tensiones cc Trafo.

$$ZT = (ucc\%/100) (U^2 / Sn) \qquad RT = (urcc\%/100) (U^2 / Sn) \qquad XT = (ZT^2 - RT^2)^{1/2}$$

ZL,ZN,ZPE: Impedancias de los conductores de fase, neutro y protección eléctrica respectivamente.

$$R = \rho L / S \cdot n$$

$$X = X_u \cdot L / n$$

R: Resistencia de la línea.

X: Reactancia de la línea.

L: Longitud de la línea en m.

ρ : Resistividad conductor, (I_{kmax} se evalúa a 20°C, I_{kmin} a la temperatura final de cc según condiciones generales de cc).

S: Sección de la línea en mm². (Fase, Neutro o PE)

X_u : Reactancia de la línea, en mohm por metro.

n: n° de conductores por fase.

* Curvas válidas.(Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B	IMAG = 5 In
CURVA C	IMAG = 10 In
CURVA D	IMAG = 20 In

Fórmulas Resistencia Tierra

Placa enterrada

$$R_t = 0,8 \cdot \rho / P$$

Siendo,

Rt: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ : Resistividad del terreno (Ohm-m)

Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

P: Perímetro de la placa (m)

Pica vertical

$$R_t = \rho / L$$

Siendo,

R_t: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)

L: Longitud de la pica (m)

Conductor enterrado horizontalmente

$$R_t = 2 \cdot \rho / L$$

Siendo,

R_t: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)

L: Longitud del conductor (m)

Asociación en paralelo de varios electrodos

$$R_t = 1 / (L_c/2\rho + L_p/\rho + P/0,8\rho)$$

Siendo,

R_t: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)

L_c: Longitud total del conductor (m)

L_p: Longitud total de las picas (m)

P: Perímetro de las placas (m)

Cálculo Circuito Eléctrico

Tensión:

Continúa - U(V): 640

Alterna UFF(V): 400

Cos φ : 1

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Numeració d'inversors	Inversor	Estat
1	FORNIUS IG400 1	antic
2	FORNIUS IG400 2	antic
3	FORNIUS IG400 3	antic
4	FORNIUS IG400 4	antic
5	FORNIUS IG400 5	antic
6	FORNIUS IG400 6	antic
7	FORNIUS IG400 7	antic
8	FORNIUS IG400 8	antic
9	FORNIUS IG400 9	antic
10	FORNIUS IG400 10	antic
11	FORNIUS IG400 11	antic
12	FORNIUS IG400 12	antic
13	FORNIUS IG400 13	antic
14	FORNIUS IG400 14	antic
15	FORNIUS IG400 15	antic
16	SAJ R6 40kW 1	nou
17	SAJ R6 40kW 2	nou
18	SAJ R6 40kW 3	nou
19	SAJ R6 40kW 4	nou
20	SAJ R6 40kW 5	nou
21	SAJ R6 40kW 6	nou
22	SAJ R6 40kW 7	nou
23	SAJ R6 40kW 8	nou
24	SAJ R6 40kW 9	nou
25	SAJ R6 40kW 10	nou

9.2.1 Càlculs de seccions de conductors

Caixes de protecció BT	Inversor destí	Nombre de mòduls per branca	Branca	Longitud (m)	Secció calculada (mm ²)	Secció normalitzada (mm ²)	Diàmetre tub (mm)	Màxima caiguda de tensió permesa (V)
1	16	16	1	125	2,65	6	50	9,6
		16	2	125	2,65	6	50	9,6
		16	3	125	2,65	6	50	9,6
		16	4	125	2,65	6	50	9,6
2	17	16	1	125	2,65	6	50	9,6
		16	2	116	2,46	6	50	9,6
		16	3	116	2,46	6	50	9,6
3		16	4	106	2,25	6	50	9,6
4		16	1	106	2,25	6	50	9,6
5	18	16	2	99	2,10	6	50	9,6
		16	3	99	2,10	6	50	9,6
		16	4	99	2,10	6	50	9,6
6	19	16	1	99	2,10	6	50	9,6
		16	2	90	1,91	6	50	9,6
		16	3	90	1,91	6	50	9,6
7	19	16	4	90	1,91	6	50	9,6
		16	1	90	1,91	6	50	9,6
8	20	16	2	81	1,72	6	50	9,6
		16	3	81	1,72	6	50	9,6
		16	4	81	1,72	6	50	9,6
		16	1	81	1,72	6	50	9,6

Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

Caixes de protecció BT	Inversor destí	Nombre de mòduls per branca	Branca	Longitud (m)	Secció calculada (mm ²)	Secció normalitzada (mm ²)	Diàmetre tub (mm)	Màxima caiguda de tensió permesa (V)
10	21	16	1	81	1,72	6	50	9,6
		16	2	81	1,72	6	50	9,6
		16	3	81	1,72	6	50	9,6
11	22	16	4	74	1,57	6	50	9,6
		16	1	74	1,57	6	50	9,6
		16	2	74	1,57	6	50	9,6
12	23	16	3	74	1,57	6	50	9,6
		16	4	74	1,57	6	50	9,6
		16	1	74	1,57	6	50	9,6
13	24	16	2	67	1,42	6	50	9,6
		16	3	67	1,42	6	50	9,6
		16	4	67	1,42	6	50	9,6
14	25	16	1	95	2,01	6	50	9,6
		16	2	95	2,01	6	50	9,6
		16	3	95	2,01	6	50	9,6
		16	4	95	2,01	6	50	9,6
14	26	16	1	95	2,01	6	50	9,6
		16	2	95	2,01	6	50	9,6
		16	3	95	2,01	6	50	9,6
		16	4	95	2,01	6	50	9,6
15	27	16	1	57	1,21	6	50	9,6
		16	2	57	1,21	6	50	9,6
16	1	7	1	57	2,76	6	50	4,2
		7	2	57	2,76	6	50	4,2
		7	3	57	2,76	6	50	4,2
		7	4	57	2,76	6	50	4,2
		7	5	87	4,22	6	50	4,2
		7	6	87	4,22	6	50	4,2
		7	7	87	4,22	6	50	4,2
		7	8	87	4,22	6	50	4,2
17	2	7	1	87	4,22	6	50	4,2
		7	2	87	4,22	6	50	4,2
		7	3	87	4,22	6	50	4,2
		7	4	87	4,22	6	50	4,2
		7	5	87	4,22	6	50	4,2
18	3	7	6	50	2,42	6	50	4,2
		7	7	50	2,42	6	50	4,2
		7	8	50	2,42	6	50	4,2
18	4	7	1	50	2,42	6	50	4,2
		7	2	50	2,42	6	50	4,2
		7	3	50	2,42	6	50	4,2
		7	4	50	2,42	6	50	4,2
		7	5	50	2,42	6	50	4,2
18	5	7	6	50	2,42	6	50	4,2
		7	7	50	2,42	6	50	4,2
		7	8	50	2,42	6	50	4,2

Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

Caixes de protecció BT	Inversor destí	Nombre de mòduls per branca	Branca	Longitud (m)	Secció calculada (mm ²)	Secció normalitzada (mm ²)	Diàmetre tub (mm)	Màxima caiguda de tensió permesa (V)		
19	4	7	1	80	3,88	6	50	4,2		
		7	2	80	3,88	6	50	4,2		
		7	3	80	3,88	6	50	4,2		
		7	4	80	3,88	6	50	4,2		
		7	5	80	3,88	6	50	4,2		
		7	6	80	3,88	6	50	4,2		
		7	7	80	3,88	6	50	4,2		
		7	8	80	3,88	6	50	4,2		
	20	5	7	1	80	3,88	6	50	4,2	
			7	2	80	3,88	6	50	4,2	
			7	3	80	3,88	6	50	4,2	
			7	4	45	2,18	6	50	4,2	
			7	5	45	2,18	6	50	4,2	
			7	6	45	2,18	6	50	4,2	
7			7	45	2,18	6	50	4,2		
7			8	45	2,18	6	50	4,2		
21	6	7	1	45	2,18	6	50	4,2		
		7	2	72	3,49	6	50	4,2		
		7	3	72	3,49	6	50	4,2		
		7	4	72	3,49	6	50	4,2		
		7	5	72	3,49	6	50	4,2		
		7	6	72	3,49	6	50	4,2		
		7	7	72	3,49	6	50	4,2		
		7	8	72	3,49	6	50	4,2		
22	7	7	1	72	3,49	6	50	4,2		
		7	2	72	3,49	6	50	4,2		
		7	3	72	3,49	6	50	4,2		
		7	4	72	3,49	6	50	4,2		
		7	5	72	3,49	6	50	4,2		
		7	6	72	3,49	6	50	4,2		
		7	7	38	1,84	6	50	4,2		
		7	8	38	1,84	6	50	4,2		
		23	8	7	1	38	1,84	6	50	4,2
				7	2	38	1,84	6	50	4,2
7	3			38	1,84	6	50	4,2		
7	4			38	1,84	6	50	4,2		
7	5			38	1,84	6	50	4,2		
7	6			38	1,84	6	50	4,2		
7	7			38	1,84	6	50	4,2		
7	8			38	1,84	6	50	4,2		
24	9	7	1	65	3,15	6	50	4,2		
		7	2	65	3,15	6	50	4,2		
		7	3	65	3,15	6	50	4,2		
		7	4	65	3,15	6	50	4,2		
		7	5	65	3,15	6	50	4,2		
		7	6	65	3,15	6	50	4,2		
		7	7	65	3,15	6	50	4,2		
		7	8	65	3,15	6	50	4,2		
25	10	7	1	25	1,21	6	50	4,2		
		7	2	25	1,21	6	50	4,2		
		7	3	25	1,21	6	50	4,2		
		7	4	25	1,21	6	50	4,2		
		7	5	25	1,21	6	50	4,2		
		7	6	25	1,21	6	50	4,2		
		7	7	25	1,21	6	50	4,2		
		7	8	25	1,21	6	50	4,2		

Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

Caixes de protecció BT	Inversor destí	Nombre de mòduls per branca	Branca	Longitud (m)	Secció calculada (mm ²)	Secció normalitzada (mm ²)	Diàmetre tub (mm)	Màxima caiguda de tensió permesa (V)
26	11	7	1	56	2,71	6	50	4,2
		7	2	56	2,71	6	50	4,2
		7	3	56	2,71	6	50	4,2
		7	4	56	2,71	6	50	4,2
		7	5	56	2,71	6	50	4,2
		7	6	56	2,71	6	50	4,2
		7	7	56	2,71	6	50	4,2
27	12	7	8	56	2,71	6	50	4,2
		7	1	49	2,38	6	50	4,2
		7	2	49	2,38	6	50	4,2
		7	3	49	2,38	6	50	4,2
		7	4	49	2,38	6	50	4,2
		7	5	49	2,38	6	50	4,2
		7	6	49	2,38	6	50	4,2
	13	7	7	49	2,38	6	50	4,2
		7	8	49	2,38	6	50	4,2
		7	1	49	2,38	6	50	4,2
		7	2	49	2,38	6	50	4,2
		7	3	49	2,38	6	50	4,2
		7	4	49	2,38	6	50	4,2
		7	5	49	2,38	6	50	4,2
28	14	7	6	41	1,99	6	50	4,2
		7	7	41	1,99	6	50	4,2
		7	8	41	1,99	6	50	4,2
	15	7	1	41	1,99	6	50	4,2
		7	2	41	1,99	6	50	4,2
		7	3	41	1,99	6	50	4,2
		7	4	41	1,99	6	50	4,2
29	15	7	5	41	1,99	6	50	4,2
		7	6	32	1,55	6	50	4,2
		7	7	32	1,55	6	50	4,2
30	15	7	8	32	1,55	6	50	4,2
		7	1	32	1,55	6	50	4,2
		7	2	32	1,55	6	50	4,2
		7	3	32	1,55	6	50	4,2
		7	4	32	1,55	6	50	4,2
		7	5	32	1,55	6	50	4,2

Taula 28. Càlcul i resum de seccions de conductors

585W **MB**
Series



Higher power generation better LCOE



n-type with very Lower LID



Better Temperature Coefficient



Better low irradiance response



12-year product warranty



30-year linear power output warranty

**n-type Bifacial Double Glass
High Efficiency Mono Module
JAM66D42 MB**

560-585

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems
- IEC 62941: 2019 Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Quality system for PV module manufacturing

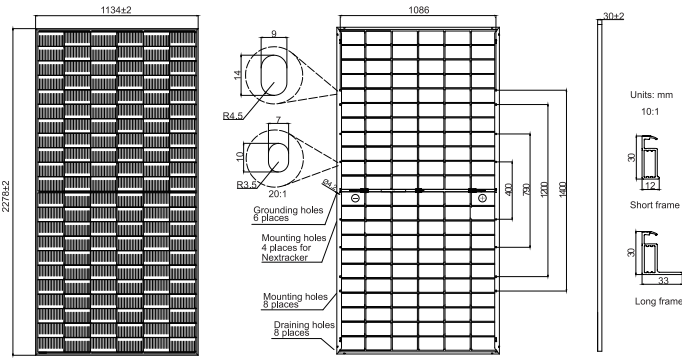




585W

560-585
JAM66D42

MB Series



Remark: customized frame color and cable length available upon request

Cell	Mono-16BB
Weight	31.8kg
Dimensions	2278±2mm×1134±2mm×30±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC), 12 AWG(UL)
No. of cells	132(6×22)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4.10-351/ MC4-EVO2A
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-); 800mm(+)/800mm(-)(Leapfrog) Landscape: 1300mm(+)/1300mm(-)
Front Glass/Back Glass	2.0mm/2.0mm
Packaging Configuration	36pcs/Pallet, 720pcs/40HQ Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM66D42 -560/MB	JAM66D42 -565/MB	JAM66D42 -570/MB	JAM66D42 -575/MB	JAM66D42 -580/MB	JAM66D42 -585/MB
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	560	565	570	575	580	585
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	47.38	47.58	47.78	47.98	48.18	48.38
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	39.58	39.79	40.00	40.21	40.42	40.63
Short Circuit Current(Isc) [A]	15.01	15.06	15.11	15.16	15.21	15.26
Maximum Power Current(Imp) [A]	14.15	14.20	14.25	14.30	14.35	14.40
Module Efficiency [%]	21.7	21.9	22.1	22.3	22.5	22.6
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc})	+0.046%/ C					
Temperature Coefficient of Voc(β _{Voc})	-0.260%/ C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ _{Pmp})	-0.300%/ C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25 C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

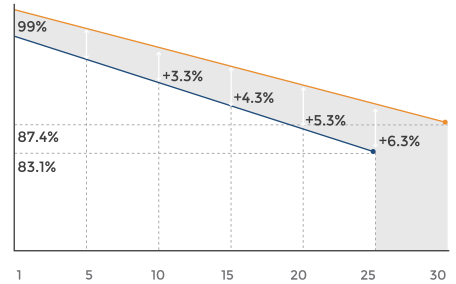
ELECTRICAL CHARACTERISTICS WITH 10% SOLAR IRRADIATION RATIO

TYPE	JAM66D42 -560/MB	JAM66D42 -565/MB	JAM66D42 -570/MB	JAM66D42 -575/MB	JAM66D42 -580/MB	JAM66D42 -585/MB
Rated Max Power(Pmax) [W]	605	610	616	621	626	632
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	47.38	47.58	47.78	47.98	48.18	48.38
Max Power Voltage(Vmp) [V]	39.58	39.79	40.00	40.21	40.42	40.63
Short Circuit Current(Isc) [A]	16.21	16.26	16.32	16.37	16.43	16.48
Max Power Current(Imp) [A]	15.28	15.34	15.39	15.44	15.50	15.55
Irradiation Ratio (rear/front)	10%					

*For Nexttracker installations, maximum static load please take compatibility approve letter between JA Solar and Nexttracker for reference.
**Bifaciality=Pmax,rear/Rated Pmax,front

Superior Warranty

1% 1st-year Degradation
0.4% Annual Degradation Over 30 years



- n-type Bifacial Double Glass Module Linear Performance Warranty
- Standard Module Linear Performance Warranty

OPERATING CONDITIONS

Maximum System Voltage	1500V DC
Operating Temperature	-40 C ~ +85 C
Maximum Series Fuse Rating	30A
Maximum Static Load, Front*	5400Pa (112 lb/ft ²)
Maximum Static Load, Back*	2400Pa (50 lb/ft ²)
NOCT	45±2 C
Bifaciality**	80%±10%
Fire Performance	UL Type 29

R6 SERIES

THREE PHASE



R6-25K-T3-32 | R6-30K-T3-32 | R6-33K-T3-32
R6-36K-T3-32 | R6-40K-T4-32 | R6-50K-T4-32

AFCI AFCI (Optional)

16A String current up to 16A

Max. Efficiency 98.8%

Built-in AC & DC SPD

110% 110% AC overloading

24/7 load monitoring (Optional)

Model	R6-25K-T3-32	R6-30K-T3-32	R6-33K-T3-32	R6-36K-T3-32	R6-40K-T4-32	R6-50K-T4-32
Input (DC)						
Max. PV Array Power [Wp]@STC	37500	45000	49500	54000	60000	75000
Max. Input Voltage [V]	1100					
MPPT Voltage Range [V]	180~1000					
Nominal Input Voltage [V]	600					
Start-up Voltage [V]	200					
Max. Input Current [A]	32/32/32			32/32/32/32		
Max. DC Short Circuit Current [A]	38.4/38.4/38.4			38.4/38.4/38.4/38.4		
No. of Strings per MPPT	2/2/2			2/2/2/2		
No. of MPPT	3			4		
Output (AC)						
Rated AC Output Power [W]	25000	30000	33000	36000	40000	50000
Rated Apparent Power [VA]	27500	33000	36300	39600	44000	50000
Rated AC Output Current [A]@230Vac	36.3	43.5	47.8	52.2	58	72.5
Max. AC Output Current [A]	41.7	50	55	60	66.7	75.8
Nominal AC Voltage/ Range [V]	3L+N+PE, 220/380, 230/400, 240/415; 180-280/312-485					
Nominal AC Grid Frequency/ Range [Hz]	50, 60 / 44-55, 54-65					
Total Distortion Harmonic [THDi]	<3%					
Power Factor [cos φ]	0.8 leading~0.8 lagging					
Efficiency						
Max. Efficiency	98.8%					
Euro Efficiency	98.5%					
Protection						
DCI Monitoring	Integrated					
GFCI Monitoring	Integrated					
Grid Monitoring	Integrated					
AC Grounding Detection	Integrated					
AC Short Circuit Current Protection	Integrated					
DC Insulation Resistance Detection	Integrated					
DC Surge Protection	Type II					
AC Surge Protection	Type III					
Anti-islanding Protection	AFD					
AFCI Protection	Optional					
Interface						
AC Connection	Terminal Block					
DC Connection	MC4					
Display	LED+APP (Bluetooth)					
Communication Port	RS232+RS485 (RJ45)+DRM(RJ45)					
Communication	Wi-Fi/Ethernet/4G					
Load Monitoring	24/7 (Optional)					
General Data						
Topology	Transformerless					
Consumption at Night [W]	<0.6					
Operating Temperature Range	-40°C~+60°C					
Cooling Method	Intelligent Fan Cooling					
Ambient Humidity	0%~100% Non-condensing					
Altitude	4000m (>3000m Power Derating)					
Noise [dBA]	<50					
Ingress Protection	IP65					
Mounting	Rear Panel					
Dimensions [H*W*D] [mm]	473*659.4*240					
Weight [kg]	35.5			37		37.5
Warranty [Year]	5/10/15/20/25					
Certifications	IEC/EN62109-1/2, EN61000-6-1/2/3/4, IEC61683, IEC60068-2, IEC62116, IEC61727, PEA/MEA,VDE0126-1-1/A1, CEI 0-21, VDE-AR-N 4105, AS/NZS4777.2, CQC NB/T 32004, G98/G99, NBR 16149, NBR 16150, C10/11,RD1669,UNE206006, UNE206007,EN50438					

CENTRAL INVERTERS

Fronius IG 300, IG 390, IG 400, IG 500



PRODUCT ADVANTAGES:

Innovative ventilation system impedes room heating and dust deposits

Module Manager™ guarantees maximum performance through Maximum Power Point (MPP)

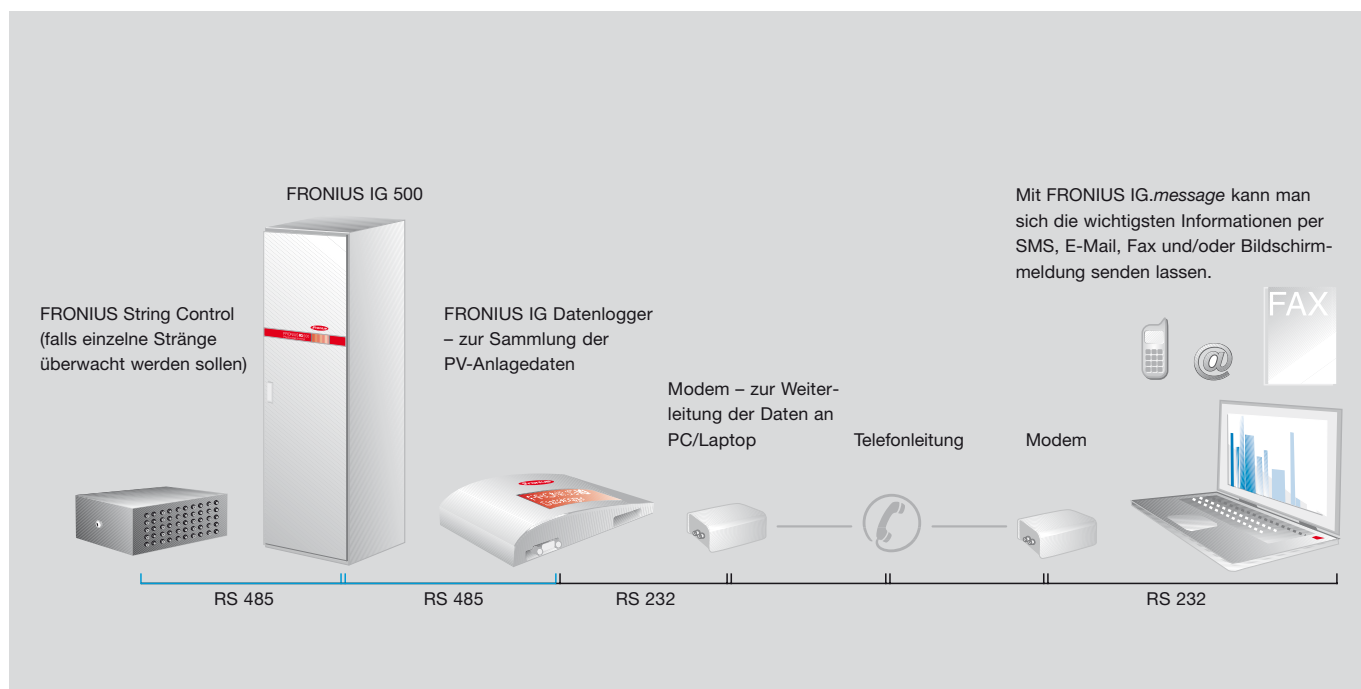
Fault redundant system for continuous power generation with the MIX™ concept.

Removable power modules permit simple installation

Electrical isolation guarantees the highest level of protection

Integrated COM card ensures optimal system monitoring

Simple self-explanatory display



Central inverter with accessories

Technical data

Fronius	IG 300*	IG 390*	IG 400	IG 500
Input data				
MPP voltage range	210 V – 420 V	210 V – 420 V	210 V – 420 V	210 V – 420 V
Max. input voltage	530 V	530 V	530 V	530 V
Recommended PV system output	24 kWp – 31 kWp	25 kWp – 42 kWp	32 kWp – 42 kWp	40 kWp – 52 kWp
Max. input current	123 A	164 A	164 A	205 A

Output data

Rated output	24 kW	29.9 kW	32 kW	40 kW
Max. output power	24 kW	32 kW	32 kW	40 kW
Max. efficiency	94,3 %	94,3 %	94,3 %	94,3 %
Euro efficiency	93,3 %	93,4 %	93,4 %	93,5 %
Grid voltage/frequency	3NPE ~ 400 V/50 Hz	3NPE ~ 400 V/50 Hz	3NPE ~ 400 V/50 Hz	3NPE ~ 400 V/50 Hz
Distortion factor	< 5 %	< 5 %	< 5 %	< 5 %
Power factor	1	1	1	1
Own consumption at night	9 W	9 W	9 W	9 W

General data

Dimensions (LxWxH)

IP20 with base (200 mm)

up to the upper edge of the exhaust pipe

600 x 600 x 2557 mm

Dimensions (LxWxH)

IP43 with base (200 mm)

1112.5 x 600 x 2444.5 mm

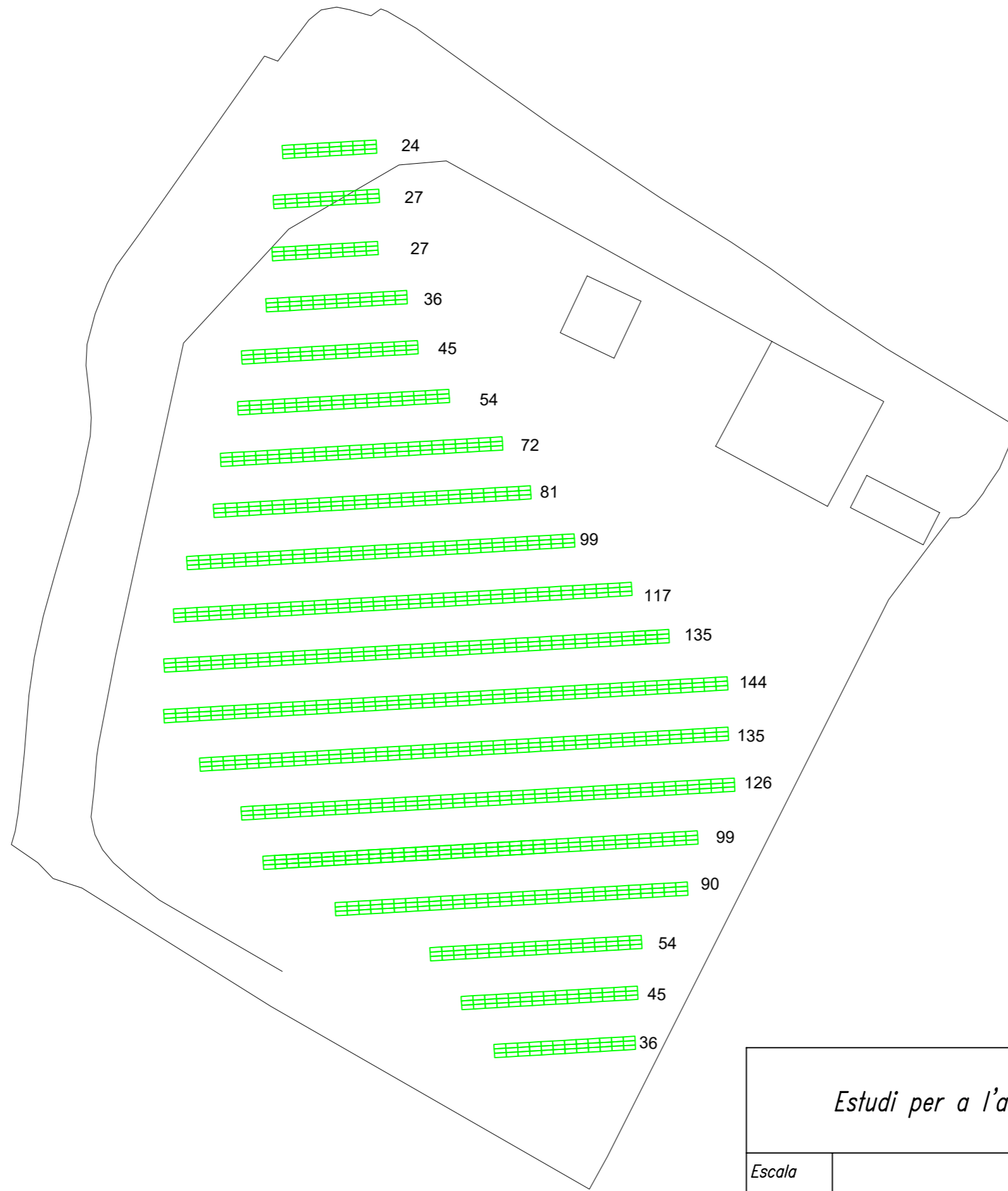
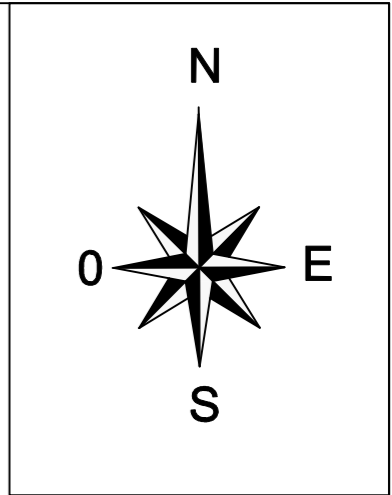
Weight	225 kg	245 kg	245 kg	265 kg
Cooling	Controlled forced ventilation			
Housing varieties	IP 20 (IP 43)	IP 20 (IP 43)	IP 20 (IP 43)	IP 20 (IP 43)
Ambient temperature range	-20 °C to +50 °C	-20 °C to +50 °C	-20 °C to +50 °C	-20 °C to +50 °C
Permissible humidity	0 – 95 %	0 – 95 %	0 – 95 %	0 – 95 %

Protective equipment

DC isolation monitoring	Warning at $R_{iso} < 500 \text{ kOhm}$
Behavior under DC overload	Operating point displacement

Article numbers	320020300	320020390	320020400	320020500
-----------------	-----------	-----------	-----------	-----------

* During the installation of a FRONIUS IG 300 or 390, it's possible to request the integration of an external 3-phase ENS (or a disconnection device which always remains accessible as an alternative) from your energy supplier. The ENS is not included within the scope of delivery of a FRONIUS IG 300 or 390.



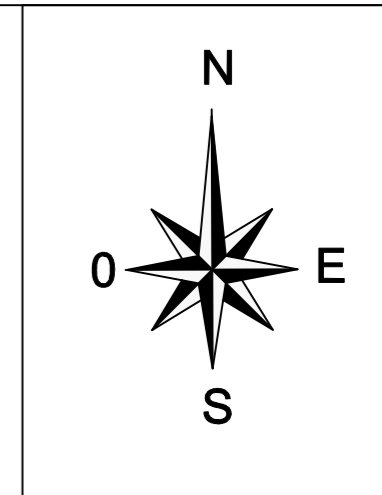
Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

Escala







1:750000

Disposició dels mòduls fotovoltaics

Nº 1



Llegenda:

-  Caseta d'inversors existent
-  Caseta d'inversors nova
-  Rases, canalitzacions, cablejat
-  Centre de transformació
-  Caixa de protecció / quadre elèctric
-  Conjunt de 9 mòduls fotovoltaics

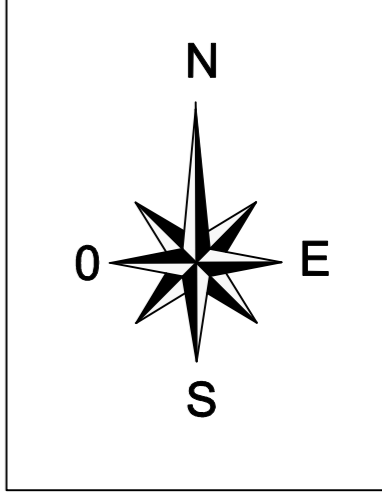
Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

Escala

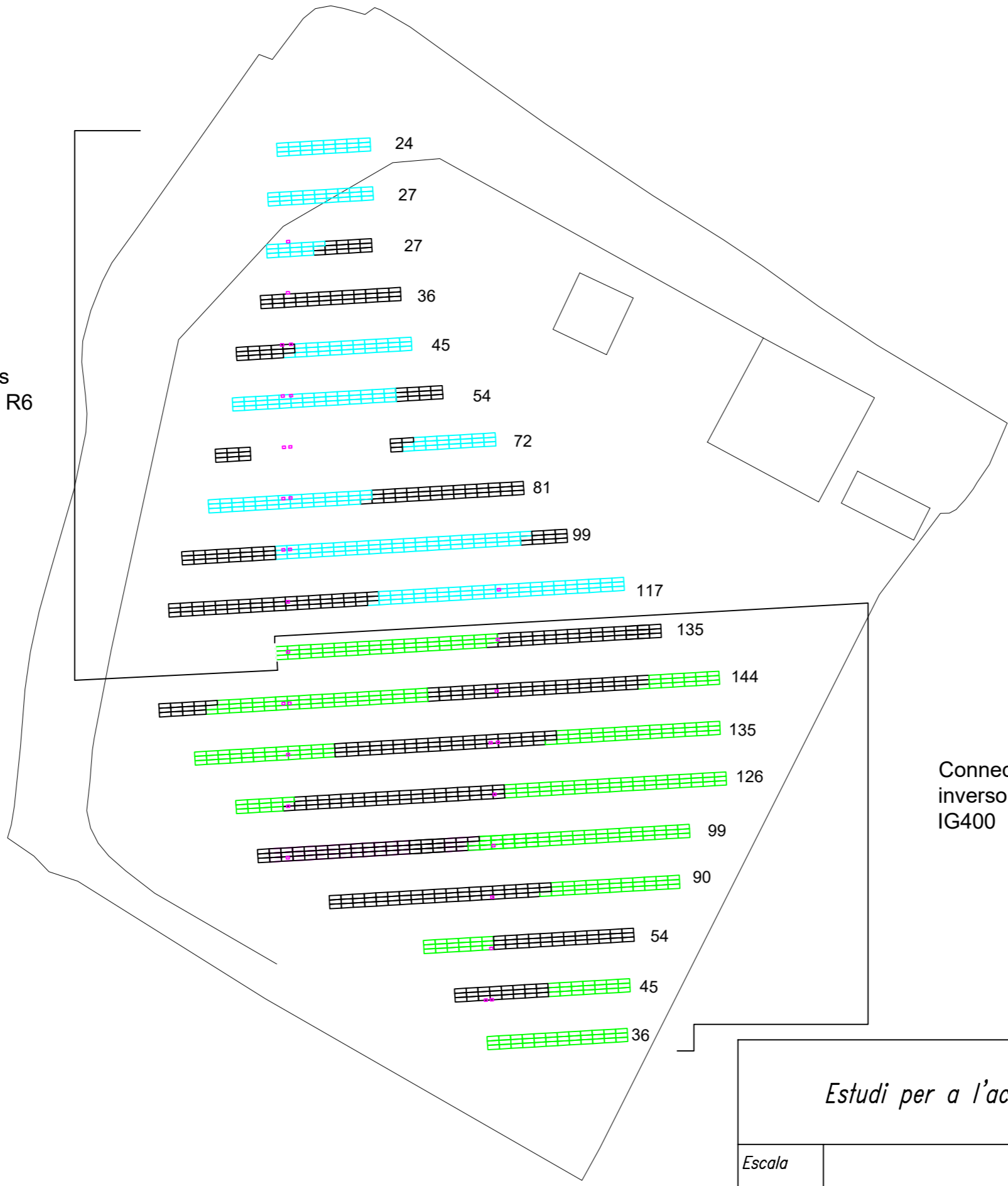
1:750000

Components principals de la instal·lació

Nº2



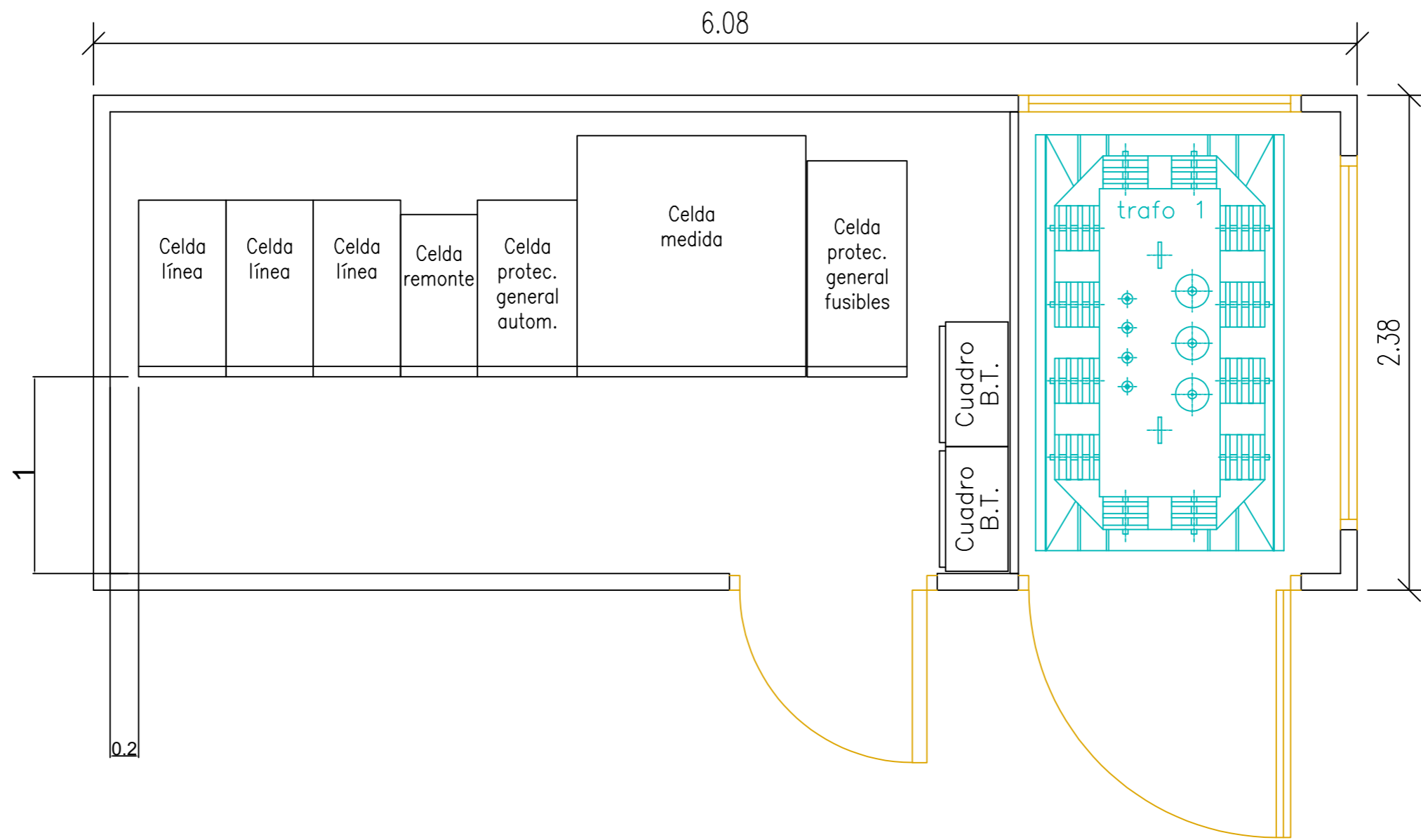
Connectats als
inversors SAJ R6
40kW



Connectats als
inversors FORNIUS
IG400

Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

<i>Escala</i>	<i>Strings que van a cada inversor</i>	<i>Nº 3</i>
<i>1:750000</i>		



Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

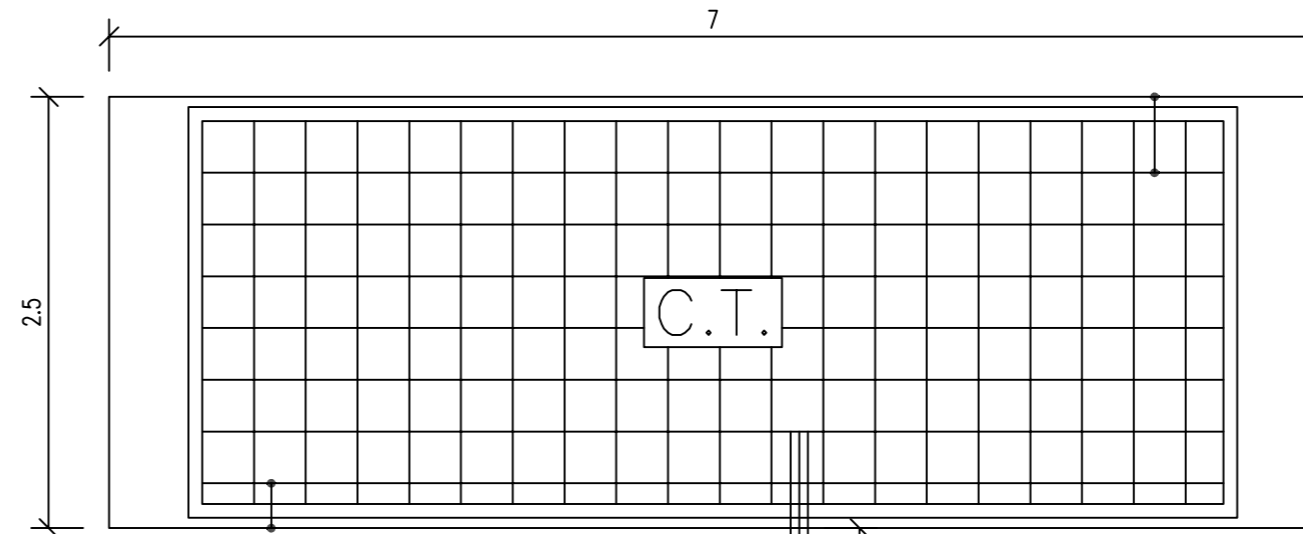
Escala

Planta del CT

Nº5

PUESTAS A TIERRA

TIERRA DE PROTECCIÓN
 Configuración: 70-25/5/00
 Profundidad electrodo: 0.5 m
 Sección conductor: 50 mm²
 Diámetro picas: 14 mm
 Número de picas: 0
 Longitud picas: 0



TIERRA DE PROTECCIÓN
 Picas: $L_p = 0$ m, $\varnothing = 14$ mm
 Conductor: Cu desnudo, $S = 50$ mm²

TIERRA DE SERVICIO
 Picas: $L_p = 2$ m, $\varnothing = 14$ mm
 Conductor: Cu desnudo, $S = 50$ mm²



TIERRA DE SERVICIO
 Configuración: 5/42.
 Profundidad electrodo: 0.5 m
 Separación picas: 3 m
 4 picas en hilera unidas por conductor horizontal
 Sección conductor: 50 mm²
 Diámetro picas: 14 mm
 Longitud picas: 2

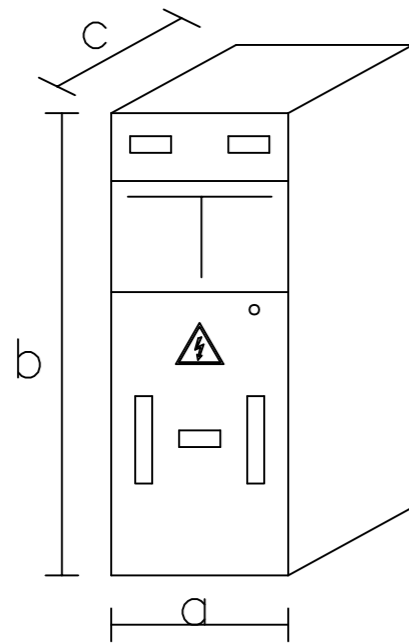
Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

Escala

Posta a terra del CT

Nº6

DIMENSIONES CELDAS



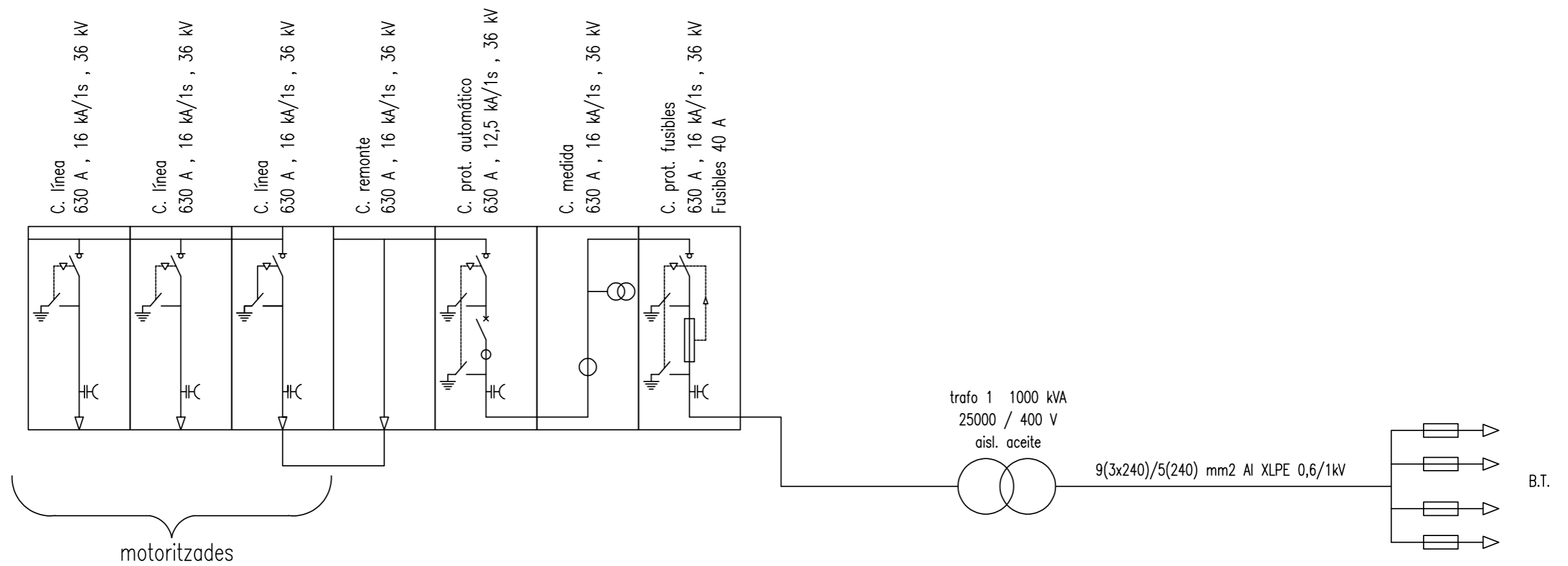
Tipo celda	a(m)	b(m)	c(m)
Línea	0.42	1.8	0.85
Línea	0.42	1.8	0.85
Línea	0.42	1.8	0.85
Remonte	0.37	1.8	0.78
Prot. automático	0.48	1.95	0.85
Medida	1.1	1.95	1.16
Prot. fusibles	0.48	1.8	1.04

Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

Escala

Característiques principals de les cèl·les del CT

Nº7

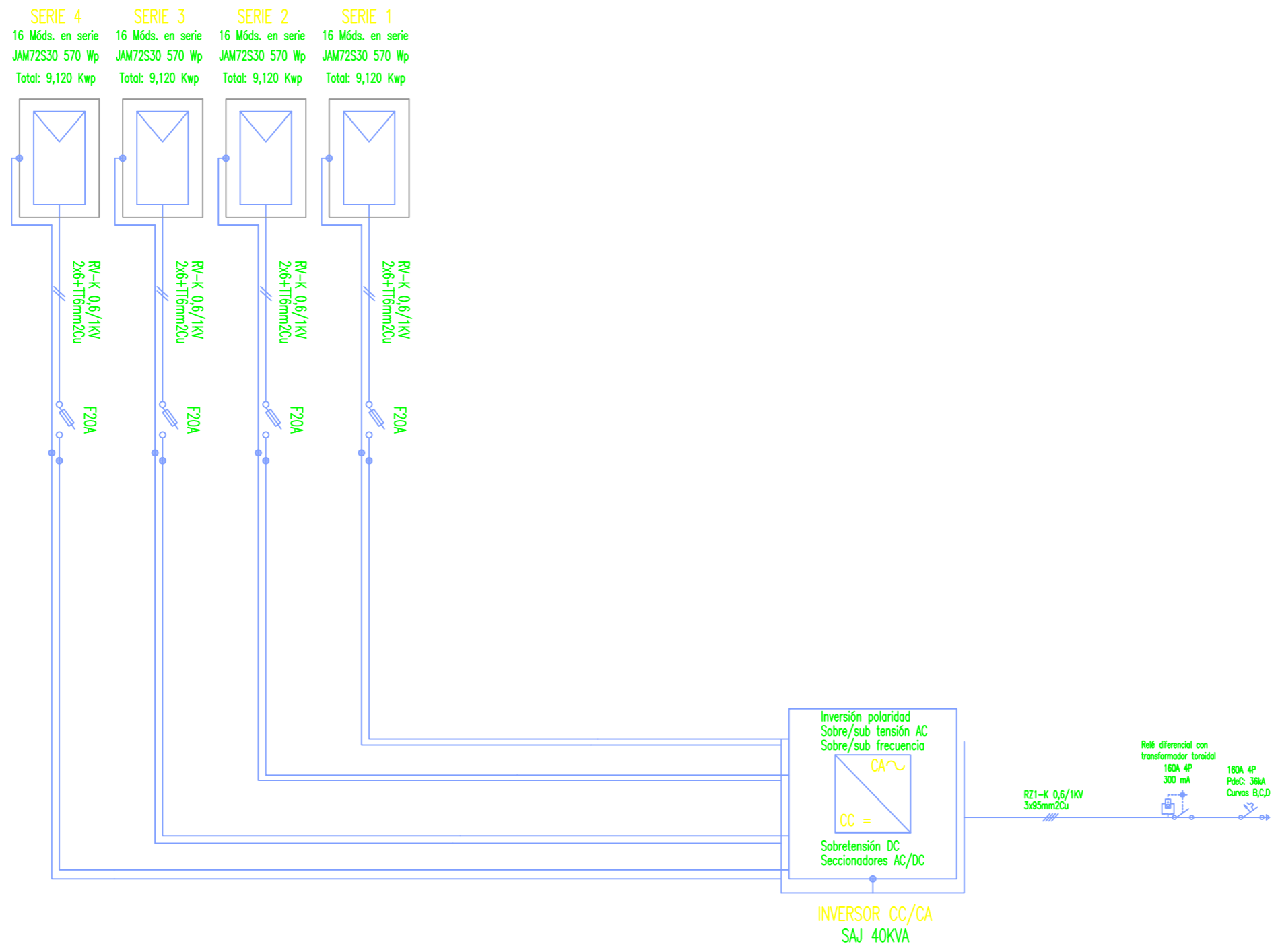


Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

Escala

Esquema unifilar del CT

Nº8

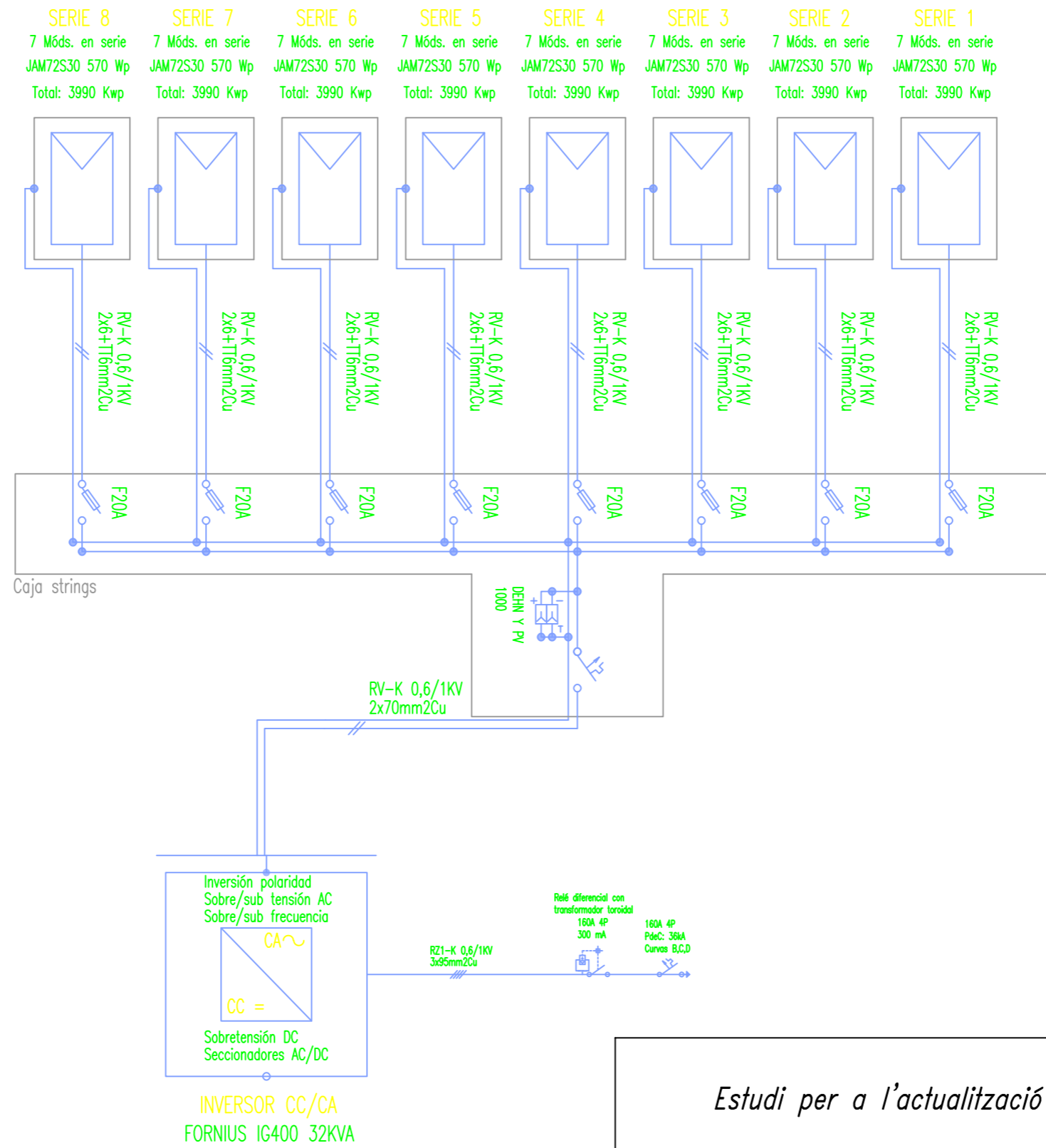


Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

Escala

Esquema unifilar connexió a 1 inversor SAJ 40kVA

Nº 9

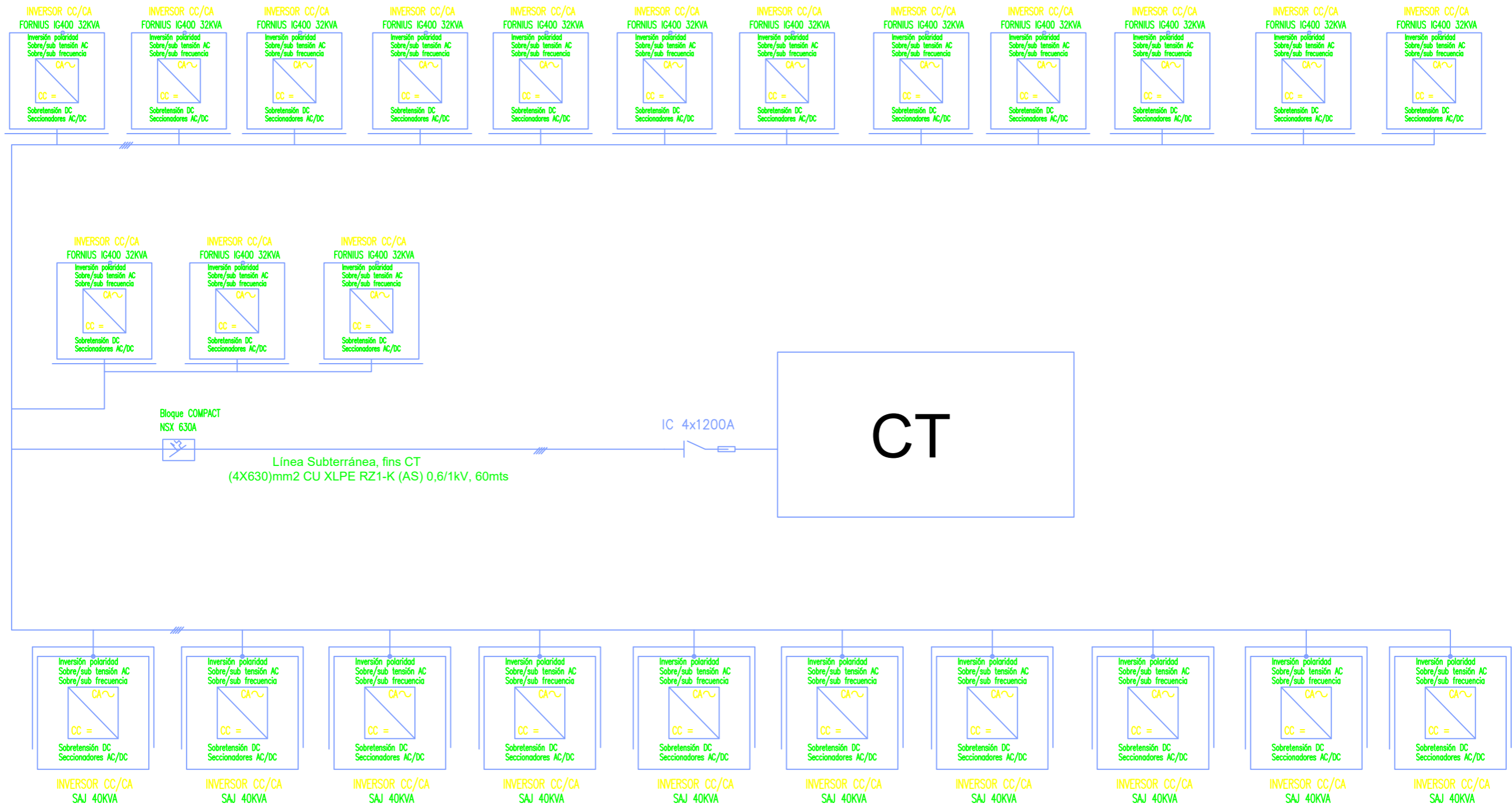


Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

Escala

Esquema unifilar connexió a 1 inversor FORNIUS 32kVA

Nº 10

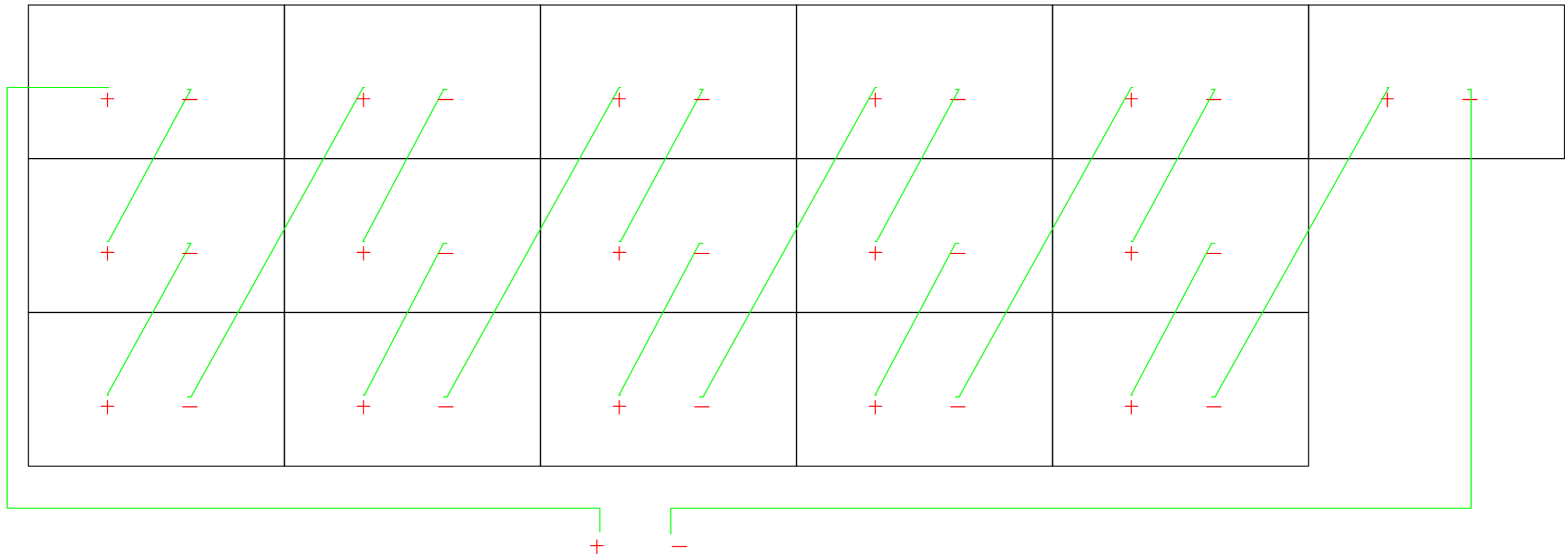


Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

Escala

Esquema unifilar connexió inversors a CT

Nº 11

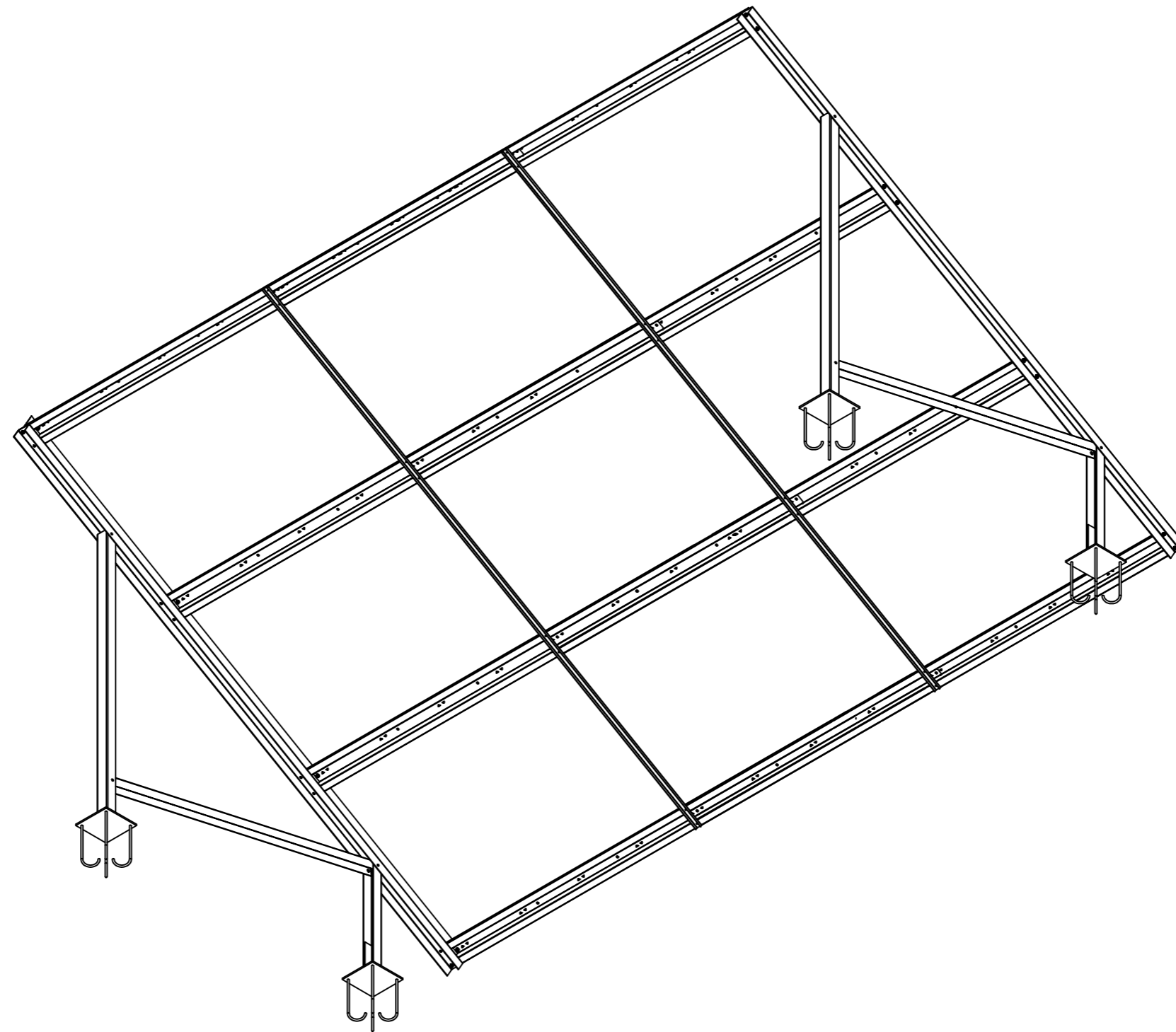


Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

Escala

Interconnexions d'un string de 16 plaques

Nº 12

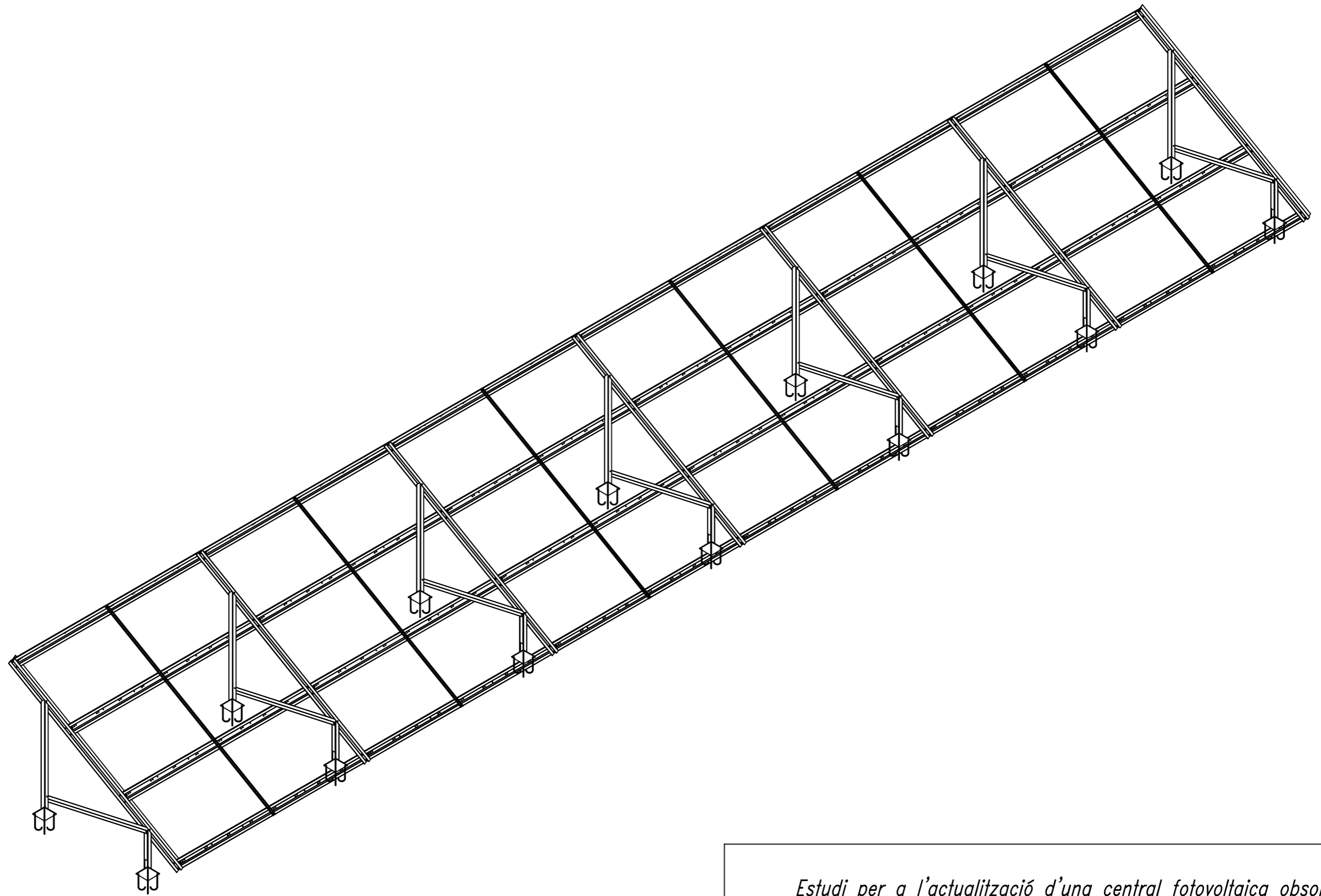


Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

Escala

Suport de 9 mòduls

Nº13



Estudi per a l'actualització d'una central fotovoltaica obsoleta

Escala

Conjunt de suports dels mòduls

Nº 14