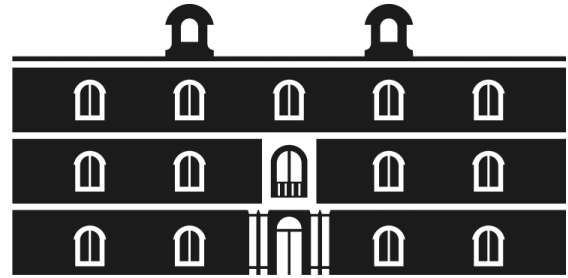


Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

Monitorización de consumos residenciales y estudio de la implantación de autoconsumo con fuentes de energías renovables: aplicación a instalaciones fotovoltaicas

Titulación: Ingeniería de Organización
Industrial

Alumno/a: M^a Dolores Martínez Medina
Director/a/s: Ángel Molina García

Cartagena, 6 de Junio de 2013

INDICE

| | |
|---|-----------|
| Memoria..... | 2 |
| 1.1 Características generales..... | 2 |
| 1.1.1 Antecedentes..... | 2 |
| 1.1.2 Objeto del proyecto..... | 2 |
| 1.1.3 Tecnologías empleadas..... | 2 |
| 1.1.3.1 Energía solar fotovoltaica..... | 3 |
| 1.1.3.2 Energía solar térmica..... | 4 |
| 1.1.4 Descripción de parcela y vivienda..... | 5 |
| 1.1.5 Reglamentos y disposiciones..... | 5 |
| 1.2 Necesidades energéticas..... | 7 |
| 1.2.1 Suministro de energía..... | 7 |
| 1.2.2 Programa de necesidades..... | 9 |
| 1.2.2.1 Potencia eléctrica requerida para los diferentes usos..... | 9 |
| 1.2.2.2 Analizador de red..... | 10 |
| 1.3 Recursos energéticos..... | 17 |
| 1.3.1 Instalación solar fotovoltaica..... | 17 |
| 1.3.1.1 Idoneidad de la cubierta de la vivienda..... | 17 |
| 1.3.1.2 Descripción de la instalación..... | 20 |
| 1.3.1.3 Disposición física de la instalación..... | 26 |
| 1.3.1.4 Clasificación según riesgo de la instalación de entrada de energía solar fotovoltaica..... | 28 |
| 1.3.1.5 Mantenimiento de la instalación..... | 28 |
| 1.3.2 Instalación solar térmica..... | 28 |
| 1.3.2.1 Idoneidad de la cubierta de la vivienda..... | 28 |
| 1.3.2.2 Descripción de la instalación..... | 28 |
| 1.3.2.3 Disposición de la instalación..... | 30 |
| 1.3.2.4 Mantenimiento de la instalación..... | 31 |
| 1.4 Ahorro energético estimado..... | 32 |
| 1.4.1 Instalación solar fotovoltaica..... | 32 |
| 1.4.2 Instalación solar térmica..... | 38 |

ANEXO 1. Cálculos

ANEXO 2. Presupuesto y amortización

ANEXO 3. Planos

Memoria

1.1 Características generales

1.1.1 Antecedentes

El siguiente estudio se realiza como proyecto final de carrera del segundo ciclo de Ingeniería de Organización Industrial de la alumna M^a Dolores Martínez Medina.

Dado el aumento del coste de la energía eléctrica, la disminución del coste de las instalaciones solares y las características climatológicas de la zona, se plantea la instalación de estas tecnologías para: el aprovechamiento de los recursos naturales, el ahorro económico que esto produciría y la reducción de las emisiones de CO₂ a la atmosfera.

El estudio consiste en la realización de una instalación de energía solar fotovoltaica y otra más reducida de energía solar térmica, en una vivienda unifamiliar ya construida, en régimen especial.

1.1.2 Objeto del proyecto

El presente proyecto tiene por objeto el diseño de dos instalaciones para aprovechar la energía solar, por un lado una solar fotovoltaica y por otro una instalación de energía solar térmica.

La instalación solar fotovoltaica será de 2 kW para abastecer la vivienda de energía eléctrica, si en algún momento se produce un pico de consumo la diferencia será suministrada por la red.

La placa solar térmica se instalará con un depósito acumulador de 150 litros y servirá para abastecer de agua caliente sanitaria la vivienda y para precalentar el agua de la caldera en invierno.

Los dos sistemas de aprovechamiento solar se instalarán sobre la cubierta en una vivienda unifamiliar situada en Santomera (Murcia).

La vivienda objeto del proyecto es utilizada por la familia principalmente los fines de semana, en navidad y en verano exceptuando el mes de agosto. Por los usos que se realizan en ella se considera que una instalación solar fotovoltaica reducirá de manera considerable el gasto en electricidad, ya que los periodos en los que se consumiría más de lo producido serían muy escasos.

Complementariamente al proyecto de diseño se pretende hacer un estudio de ahorro de emisiones de CO₂ al medio ambiente, así como un análisis económico y su amortización.

1.1.3 Tecnologías empleadas

El sol es una fuente inagotable de energía, esta energía el hombre ha tratado de aprovecharla de diferentes maneras a lo largo de la historia.

Actualmente el calor y la luz del sol se pueden aprovechar a través células fotovoltaicas, heliostatos y colectores térmicos, en energía eléctrica o térmica.

1.1.3.1 Energía solar fotovoltaica

Las ventajas de la utilización de instalaciones fotovoltaicas son que no producen contaminación, son silenciosas, tienen una larga vida útil, son resistentes a las condiciones climatológicas, no requieren un mantenimiento complejo, son versátiles y no requieren de ningún combustible para su funcionamiento.

Para el aprovechamiento de la energía solar en energía eléctrica se realiza una instalación fotovoltaica formada por un captador, baterías o acumuladores, si se trata de una instalación aislada, un regulador para las baterías, un inversor y las protecciones correspondientes.

Esta tecnología está basada en el efecto fotovoltaico, mediante el cual en las células fotovoltaicas, fabricadas con material semiconductor, normalmente silíceo, se produce una corriente eléctrica monofásica. Una célula fotovoltaica a base de silíceo cristalino puede suministrar solo del orden de 0.5V, además es muy frágil. Por este motivo se unen entre sí formando los módulos fotovoltaicos. Los módulos fotovoltaicos con células de silíceo cristalino suelen comercializarse como unidades de unos 12 a 48V (en corriente continua) y con potencias entre 50 y 200 W, de modo que será necesaria la asociación de varias de estas unidades para satisfacer los requerimientos eléctricos de tensión, corriente y potencia. Su tamaño oscila entre 0,5 y 1 m² y su vida útil es mayor de 30 años.

Al conjunto formado por una estructura de varios módulos fotovoltaicos interconectados se le denomina panel fotovoltaico. La conexión entre paneles puede ser en serie o en paralelo, así como combinaciones de ambos, siempre en función de las características que se deseen a la salida del campo fotovoltaico.

Dentro de los módulos fotovoltaicos de silíceo podemos encontrar tres tipos:

- de silíceo monocristalino, son los que más rendimiento proporcionan pero son los más costosos.
- de silíceo policristalino, son los más utilizados para este tipo de instalaciones por la relación entre su coste y rendimiento. Proporcionan actualmente un rendimiento aproximado del 15%.
- de silíceo amorfo, son los más baratos pero tiene un rendimiento a pleno sol de entre 5 y 7%, se utiliza en relojes y calculadoras solares.

El siguiente elemento en una instalación fotovoltaica aislada son las baterías. La energía se genera en las horas de radiación solar, estas no tienen por qué ser las mismas que las horas de consumo, por ese motivo es necesario acumularla. Como el presente proyecto carece de ellas no se profundizará en su funcionamiento. Lo mismo ocurre con el regulador para las baterías.

El generador fotovoltaico proporciona tensión y corriente continua. En algunos casos, estos valores proporcionados nos son adecuados para el consumo y se hace necesaria su adaptación o transformación a las características de la potencia consumida. Este proceso se realiza a través de un convertidor de corriente. Existen dos tipos, de corriente continua a corriente continua (CC-CC) o de corriente continua a corriente alterna (CC-CA), este último es llamado inversor.

Para la presente instalación será necesario un inversor, ya que toda la instalación de la vivienda está diseñada para funcionar a una tensión de 230V en corriente alterna y 50Hz de frecuencia.

Actualmente los inversores tienen rendimientos de hasta el 95%, parámetro importante ya que indica cómo se comporta éste para niveles de potencia distintos al nominal.

Como último elemento de la instalación se deberán colocar las debidas protecciones.

Para el presente proyecto se producirá energía a través de esta instalación para el abastecimiento de la vivienda, y si fuera necesaria más potencia ésta se obtendrá de la red. Por este motivo podemos clasificar la instalación dentro de los sistemas conectados a la red.

1.1.3.2 Energía solar térmica

Otro modo de aprovechar la energía procedente del sol es a través de instalaciones solares térmicas. La radiación del sol calienta un fluido, generalmente agua o aire y este fluido es utilizado en diferentes aplicaciones, por ejemplo para agua caliente sanitaria, para calefacción en viviendas, hoteles, hospitales, incluso para calentar fluidos en procesos industriales. Actualmente se puede utilizar también para la alimentación de una máquina de refrigeración por absorción para producir frío y así acondicionar locales.

Una de las ventajas de la utilización de esta tecnología es el ahorro de electricidad y combustible para calentar el agua sanitaria y para calefacción. Como consecuencia de esto se reducen las emisiones de CO₂ a la atmosfera y el gasto económico. Este tipo de instalaciones suelen tener una vida útil de 20 años y no son muy costosas, con lo que se puede amortizar la inversión en unos 5 años, dependiendo del nivel de utilización, a mayor uso más rápido se amortiza.

Los colectores de energía solar térmica se clasifican en colectores de baja, media y alta temperatura. Los colectores de baja temperatura generalmente son placas planas usadas para calentar agua. Los colectores de temperatura media, también suelen ser placas planas, son usadas para calentar agua o aire en complejos residenciales o comerciales. Los colectores de alta temperatura concentran la luz solar usando espejos o lentes y generalmente son usados para la producción de energía eléctrica.

En el presente proyecto será necesaria una instalación de colectores de baja temperatura de placas planas, ya que la energía calorífica será utilizada para agua caliente sanitaria y como apoyo a la caldera de la vivienda. Para ello en la instalación serán necesarios los siguientes elementos:

- Captadores solares aislados y con superficie transparente.
- Acumulador o interacumulador de agua caliente aislado y con protección catódica.
- Intercambiador de calor (puede no existir) compatible con el fluido portador del calor y dimensionado para resistir temperaturas y presiones de trabajo.

- Interconexión con el sistema convencional existente, sistema de distribución y auxiliares: tuberías, vasos de expansión, bombas, válvulas, purgadores, sistemas de control.

1.1.4 Descripción de parcela y vivienda

La parcela esta situada en un carril de huerta en la localidad de Santomera (Murcia), en el que hay diferentes viviendas aisladas. Tiene forma rectangular y una superficie de 6.600m², con las siguientes dimensiones:

Longitud: 120 metros

Anchura: 55 metros

La vivienda se sitúa a 15 metros de las parcelas colindantes y a 19.57 metros del carril de acceso.

Las superficies totales construidas de la vivienda son las siguientes:

Superficie planta principal: 273.89 m²

Superficie altillo: 26.23 m²

Superficie sótano: 273.89 m²

Superficie terraza principal: 84.94m²

Superficie terraza altillo: 15.54m²

En los planos 3, 4 y 5 adjuntos se incluyen las plantas generales de la vivienda.

Según la orientación de la vivienda, se dispone de un total de 88,8 m² de superficie para las instalaciones, esta superficie está repartida en dos cubiertas de la vivienda, una más elevada, cota de +7,525 metros, con una superficie disponible de 21,43 m² (cubierta B) y otra más baja, cota de +4,45 metros, con 67,40 m² (cubierta A). En el plano 7 se indican las superficies de las cubiertas que tienen la orientación adecuada para el proyecto, sus dimensiones y la orientación.

1.1.5 Reglamentos y disposiciones

- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Ley 54/1997 de 27 de noviembre del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, así como sus instrucciones complementarias.
- Orden del 6 de Julio de 1984 (BOE del 1 de Agosto de 1984), por el que se aprueban las instrucciones técnicas complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Orden de 18 de Octubre de 1984 (BOE de 25 de Octubre de 1984), complementaria a la anterior.

- Real Decreto 1955 / 2000, de 1 de diciembre, por el cual se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. (Modificada por el R.D. 1699/2011)
- Orden de 5 de septiembre de 1985 para la que se establecen normas administrativas y técnicas para el funcionamiento y conexión a las redes eléctricas de centrales hidroeléctricas de hasta 5000 kVA y centrales de autogeneración eléctrica.
- Real Decreto 2366/1994, de 9 de diciembre de sobre producción de energía eléctrica para las instalaciones hidráulicas, de cogeneración y otras abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables. (BOE de 31 de diciembre de 1994)
- Real Decreto 436/2004, de 27 de marzo, sobre producción de energía eléctrica para instalaciones alimentadas por recursos o fuentes de energías renovables, residuos o cogeneración.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Corrección de errores del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. BOE 26/7/07
- Real Decreto 1565/2010, de 19 de noviembre, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Corrección de errores del Real Decreto 1565/2010, de 19 de noviembre, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por recursos o fuentes de energías renovables, residuos y cogeneración.
- Condiciones técnicas que han de cumplir las instalaciones fotovoltaicas para su conexión a la red de Iberdrola.
- Pliego de condiciones técnicas para instalaciones conectadas a la red PCT-C, IDAE 2011.
- Real Decreto 1663/2000, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 1614/2010, de 7 de diciembre, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica a partir de tecnologías solar termoeléctrica y eólica.

- Real Decreto-ley 6/2009, de 30 de abril, por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social.
- Real Decreto 198/2010, de 26 de febrero, por el que se adaptan determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico a lo dispuesto en la Ley 25/2009, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales. Y las modificaciones que sobre ésta ha producido las leyes 50/1998, 54/2003 y el Real Decreto Legislativo 5/2000.
- Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención; el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.
- Ley 4/2009, de 14 de Mayo, de Protección Ambiental Integrada de la Región de Murcia.
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de junio por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Con una corrección de errores en el Real Decreto 1826/2009, de 27 de noviembre.
- Real Decreto 238/2013, de 5 abril. Revisión del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Real Decreto 1244/1979 de 4 de abril por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos a Presión RAP.
Modificado por el Real Decreto 507/1982 de 15 de enero de 1982 por el que se modifica el Reglamento de Aparatos a Presión aprobado por el RD 1244/1979 de 4 de abril de 1979 y por el Real Decreto 1504/1990 por el que se modifican determinados artículos del RAP.

Además, se aplicarán las normas UNE y las recomendaciones UNESA

1.2 Necesidades energéticas

1.2.1 Suministro de energía

Características de la energía suministrada a la vivienda de B.T.:

- Corriente: Alterna monofásica
- Alimentación: Red de distribución pública

- Frecuencia: 50 Hz
- Tensión: 230 V
- Sistema de distribución: TT (ITC-BT-08)
- Factor de potencia: 0.8138 (valor medio medido en el analizador)

El suministro de energía que tiene la vivienda actualmente es energía eléctrica en último recurso en baja tensión monofásica. Con tarifa de acceso 2.0 A y potencia contratada 3,3 kW.

Los consumos correspondientes a un año completo disponible son los siguientes:

| Mes | Consumo kWh |
|----------------------|----------------|
| oct-11 | 468 |
| nov-11 | 321 |
| dic-11 | 562 |
| ene-12 | 245 |
| feb-12 | 316 |
| mar-12 | 0 |
| abr-12 | 322,94 |
| may-12 | 178,03 |
| jun-12 | 439,42 |
| jul-12 | 0 |
| ago-12 | 711 |
| sep-12 | 324 |
| TOTAL | 4211,39 |
| Media mensual | 350,95 |

Tabla 1 Consumo por meses

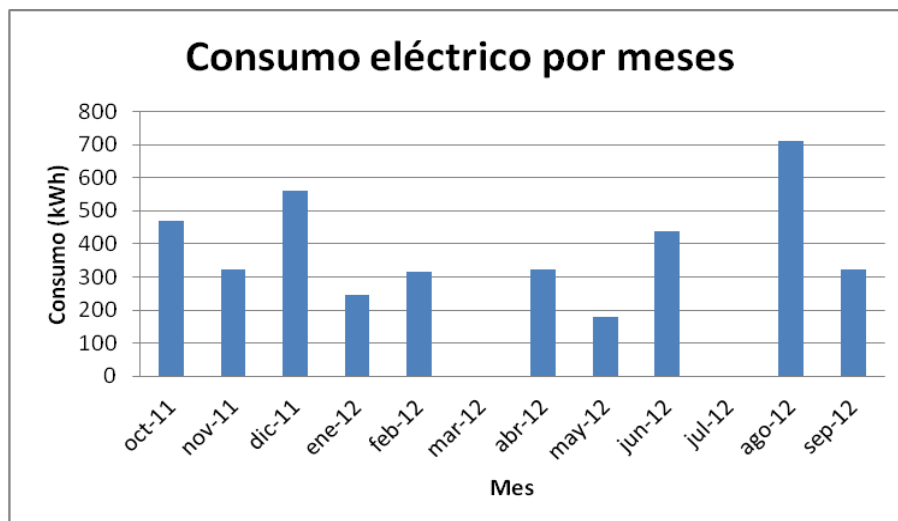


Ilustración 1 Consumo eléctrico por meses

Se observa que las mayores demandas de energía son en los meses de diciembre y agosto, seguida por los meses de octubre y junio. Al tratarse de una zona alejada del casco urbano hay dos meses, marzo y julio, de los cuales no hay

lectura, con lo cual la lectura del mes de agosto no se puede atribuir solo a ese mes y por los usos que tiene la vivienda sabemos que en julio el consumo debe ser alto, mientras que en agosto debe ser bajo.

Teniendo en cuenta el tipo de contrato hecho con la empresa Iberdrola y tomando el precio de la energía actualizado (tarifas de último recurso segundo trimestre del año 2013) se calcula el gasto promedio cada mes:

Término de potencia: 21,893189 €/kW año

Término de energía: 0,138658€/kWh

Suponiendo de media al mes un consumo de 350kW, se tendrá:

- Término de potencia:
 $0,059981\text{€/kW día} \times 3,3\text{kW} \times 30\text{días} = 5,938119\text{€}$
- Término de energía:
 $0,138658\text{€/kWh} \times 350\text{kWh} = 48,5303\text{€}$
- Impuesto sobre la electricidad:
 $(5,938119+48,5303) \times 1,05113 = 57,25338$
 $57,25338 \times 4,864\% = 2,7848\text{€}$
- Alquiler equipos de medida: $30 \text{ días} \times 0,017705\text{€/día} = 0,53115\text{€}$

Resultando un total de 57,784 € al mes.

Este consumo equivale a unas emisiones de CO₂ de:

$350\text{kWh/mes} \times 267\text{g de CO}_2/\text{kWh} = 93450\text{g de CO}_2 \text{ al mes.}$

(Según equivalencia para 2011 de la Oficina Catalana de Cambio Climático)

1.2.2 Programa de necesidades

La vivienda dispone de diferentes aparatos eléctricos con un consumo significativo, pero para realizar un estudio lo más aproximado a la realidad se instaló durante un mes un analizador de red.

1.2.2.1 Potencia eléctrica requerida para los diferentes usos.

A continuación se enumeran los consumos de los aparatos eléctricos de la vivienda más significativos:

- Frigorífico 1, Samsung SR-L3916A: potencia 200W
- Frigorífico 2, LYNX 4FE24B00: potencia 324W
- Vinoteca: consumo 0,42 kWh/día
- Termo eléctrico (50 litros): potencia 1600W

Es decir, contando solo con estos electrodomésticos se necesita una potencia de 2,14kW. A esta suma hay que añadir la potencia de aparatos que no se utilizan de forma continuada como lavadora, secadora, microondas, iluminación y demás pequeños electrodomésticos.

1.2.2.2 Analizador de red

Se instaló un analizador de red modelo FLUKE 430-II, en el cuadro general de la vivienda.



Ilustración 2 Analizador de red instalado

Siguiendo el siguiente esquema de conexión monofásica:

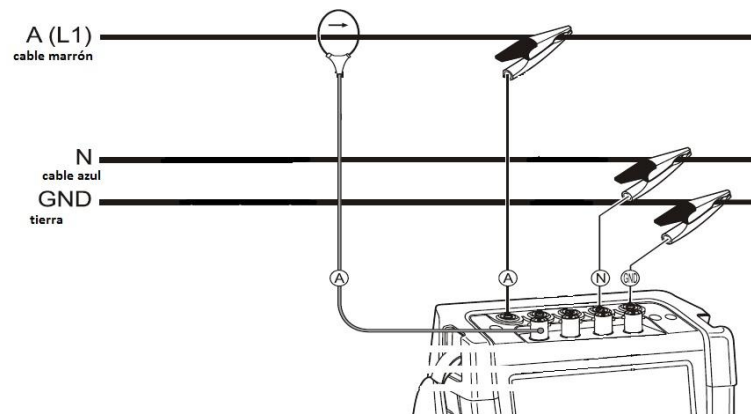


Ilustración 3 Esquema conexión analizador

Como la vivienda dispone de un termo de agua eléctrico, durante dos días se conectó este también al analizador siguiendo el siguiente esquema:

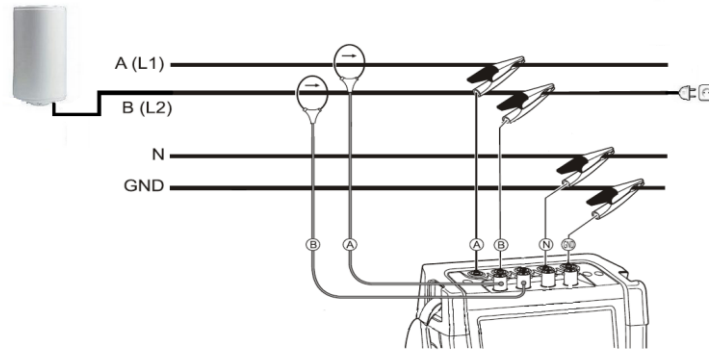


Ilustración 4 Esquema conexión analizador con termo

El analizador de red se instaló, como se ha mencionado antes, durante un mes aproximadamente. Este aparato permitió medir, entre otros parámetros:

- Tensión
- Intensidad
- Frecuencia
- Potencia activa
- Potencia reactiva
- Potencia aparente
- Factor de potencia

Se tomaron todos estos datos cada hora, teniendo como resultado un total de 694 medidas. Para este proyecto al tratarse de corriente monofásica interesan los datos tomados en la L1.

Para cada periodo de medida el software Power Log muestra las siguientes pantallas:

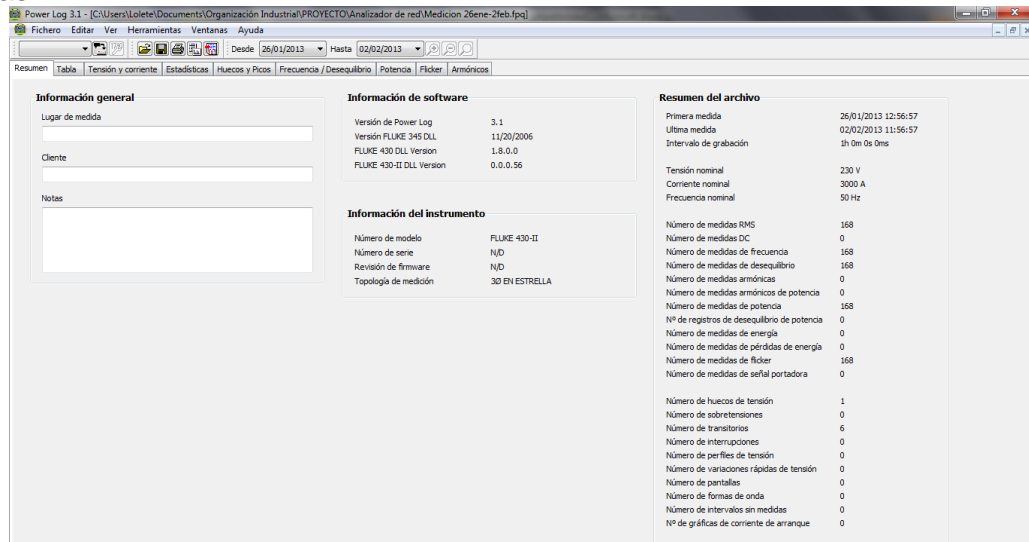


Ilustración 5 Pantalla resumen Power Log

| Fecha | Función | Duración | L1N(V) / L1(A) Min | L1N(V) / L1(A) Med | L1N(V) / L1(A) Max | L2N(V) / L2(A) Min | L2N(V) / L2(A) Med | L2N(V) / L2(A) Max | L3N(V) / L3(A) Min | L3N(V) / L3(A) Med | L3N(V) / L3(A) Max |
|---------------------|---------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 26/01/2013 12:56:57 | Vrms ph-n | | 221 V | 230,46 V | 235,1 V | 62,49 V | 66,17 V | 67,89 V | 62,51 V | 66,19 V | 67,91 V |
| 26/01/2013 12:56:57 | Vrms ph-ph | | 163,35 V | 169,15 V | 172,06 V | 0,09 V | 0,1 V | 0,1 V | 163,37 V | 169,17 V | 172,08 V |
| 26/01/2013 12:56:57 | Tensión Fundamental | | 221 V | 230,5 V | 235,1 V | 62,5 V | 66,2 V | 67,9 V | 62,5 V | 66,2 V | 67,9 V |
| 26/01/2013 12:56:57 | Corriente Fundamental | | 1,8 A | 6,8 A | 18 A | 0,4 A | 0,6 A | 0,6 A | 2 A | 2,2 A | 2 A |
| 26/01/2013 12:56:57 | Tensión de Medio Ciclo | | 217,28 V | 230,6 V | 235,86 V | 60,92 V | 65,23 V | 68,14 V | 60,94 V | 66,25 V | 68,16 V |
| 26/01/2013 12:56:57 | Corriente de Medio Ciclo | | 1,5 A | 6,7 A | 22,5 A | 0,4 A | 0,6 A | 1,8 A | 1,9 A | 2,1 A | 2,6 A |
| 26/01/2013 12:56:57 | Arms | | 1,8 A | 6,7 A | 18,5 A | 0,4 A | 0,6 A | 1,2 A | 2 A | 2,1 A | 2,4 A |
| 26/01/2013 12:56:57 | Frecuencia | | 49,951 Hz | 50,001 Hz | 50,047 Hz | | | | | | |
| 26/01/2013 12:56:57 | Desequilibrio Vn | | | | | | | | | | |
| 26/01/2013 12:56:57 | Desequilibrio Vz | | | | | | | | | | |
| 26/01/2013 12:56:57 | Desequilibrio An | | | | | | | | | | |
| 26/01/2013 12:56:57 | Desequilibrio Az | | | | | | | | | | |
| 26/01/2013 12:56:57 | Pst | | | 0,798 | | | 1,097 | | | 1,097 | |
| 26/01/2013 12:56:57 | Pft | | | 0 | | | 0 | | | 0 | |
| 26/01/2013 12:56:57 | Potencia Activa | | 0,361 kW | 1,247 kW | 3,452 kW | -18 W | -14 W | -11 W | -147 W | -139 W | -125 W |
| 26/01/2013 12:56:57 | Potencia Aparente | | 0,403 kVA | 1,394 kVA | 4,085 kVA | 29 VA | 39 VA | 76 VA | 127 VA | 142 VA | 159 VA |
| 26/01/2013 12:56:57 | Potencia Reactiva | | 0,169 kvar | 0,619 kvar | 1,711 kvar | -35 var | -32 var | -27 var | -22 var | -20 var | -16 var |
| 26/01/2013 12:56:57 | Distorsión armónica | | 0 kVA | 0,002 kVA | 1,326 kVA | 0 VA | 14 VA | 70 VA | 0 VA | 0 VA | 55 VA |
| 26/01/2013 12:56:57 | Desequilibrio de potencia | | 0,56 | 0,89 | 0,97 | -0,24 | -0,23 | -0,19 | -0,99 | -0,98 | -0,9 |
| 26/01/2013 12:56:57 | Factor de Potencia | | 0,81 | 0,9 | 0,97 | 99 | 0 | 0 | -0,99 | -0,99 | -0,99 |
| 26/01/2013 12:56:57 | THD V | | 1,28 % | 1,48 % | 1,74 % | 1,39 % | 1,59 % | 1,89 % | 1,39 % | 1,59 % | 1,89 % |
| 26/01/2013 12:56:57 | THD A | | 11,35 % | 16,42 % | 19,4 % | 4,16 % | 5,87 % | 9,07 % | 1,61 % | 1,9 % | 2,43 % |
| 26/01/2013 13:56:57 | Vrms ph-n | | 224,78 V | 230,03 V | 236,94 V | 64,05 V | 65,76 V | 68,28 V | 64,07 V | 65,78 V | 68,3 V |
| 26/01/2013 13:56:57 | Vrms ph-ph | | 165,72 V | 169,06 V | 173,3 V | 0,1 V | 0,1 V | 0,1 V | 165,74 V | 169,09 V | 173,32 V |
| 26/01/2013 13:56:57 | Tensión Fundamental | | 224,8 V | 230 V | 236,9 V | 64 V | 65,8 V | 68,3 V | 64,1 V | 65,8 V | 68,3 V |
| 26/01/2013 13:56:57 | Corriente Fundamental | | 1,6 A | 7 A | 9,2 A | 0,4 A | 0,6 A | 0,6 A | 2,2 A | 2,2 A | 2,2 A |
| 26/01/2013 13:56:57 | Corriente de Medio Ciclo | | 224,71 V | 230,11 V | 237,04 V | 64,02 V | 65,79 V | 68,31 V | 64,04 V | 65,81 V | 68,33 V |
| 26/01/2013 13:56:57 | Corriente de Medio Ciclo | | 1,4 A | 7 A | 9,3 A | 0,3 A | 0,6 A | 1,9 A | 1,9 A | 2,1 A | 2,6 A |
| 26/01/2013 13:56:57 | Arms | | 1,5 A | 7 A | 9,1 A | 0,4 A | 0,6 A | 1,4 A | 2,1 A | 2,1 A | 2,4 A |
| 26/01/2013 13:56:57 | Frecuencia | | 49,962 Hz | 50,006 Hz | 50,05 Hz | | | | | | |
| 26/01/2013 13:56:57 | Desequilibrio Vn | | | | | | | | | | |
| 26/01/2013 13:56:57 | Desequilibrio Vz | | | | | | | | | | |

Ilustración 6 Tabla de datos Power Log

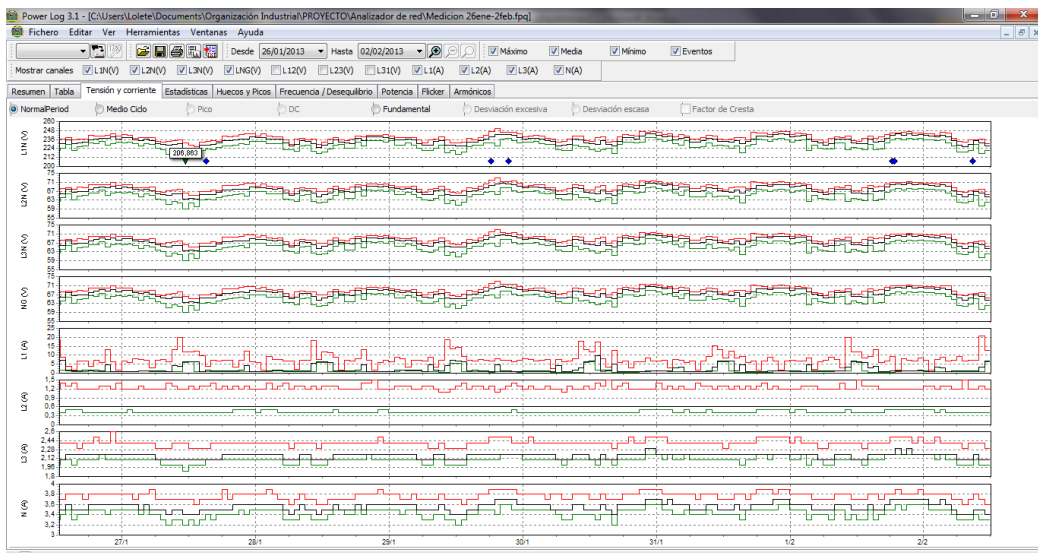


Ilustración 7 Gráficos de tensión y corriente Power Log

Permite la realización de estadísticas para ese periodo de cualquier parámetro medido, ya sea de fase o entre fase y neutro, y permite también mostrar los valores mínimos, medios y máximos.

En el siguiente ejemplo se muestra la estadística para potencia activa media en la fase 1 en una de las semanas medidas, mostrando el número de datos en cada rango de medida:

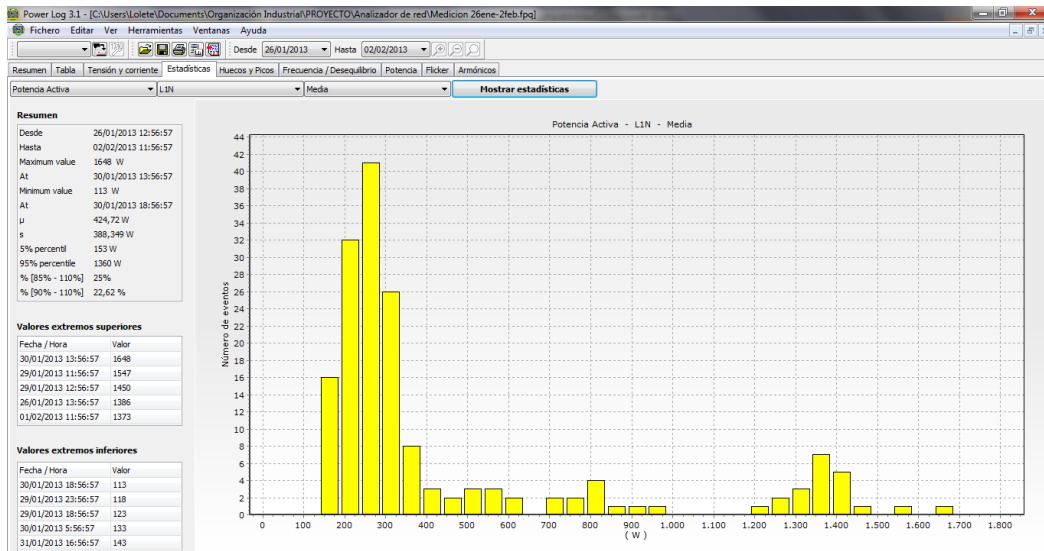


Ilustración 8 Gráfica de potencia activa media en L1 para una semana medida en Power Log

Viendo la gráfica se aprecia que la mayor parte de los datos está entre 150 y 350 vatios.

También muestra los datos de potencia que se deseen ver, en este ejemplo se muestran los datos de potencia activa (mínima, media y máxima) tomados para ese periodo de tiempo.

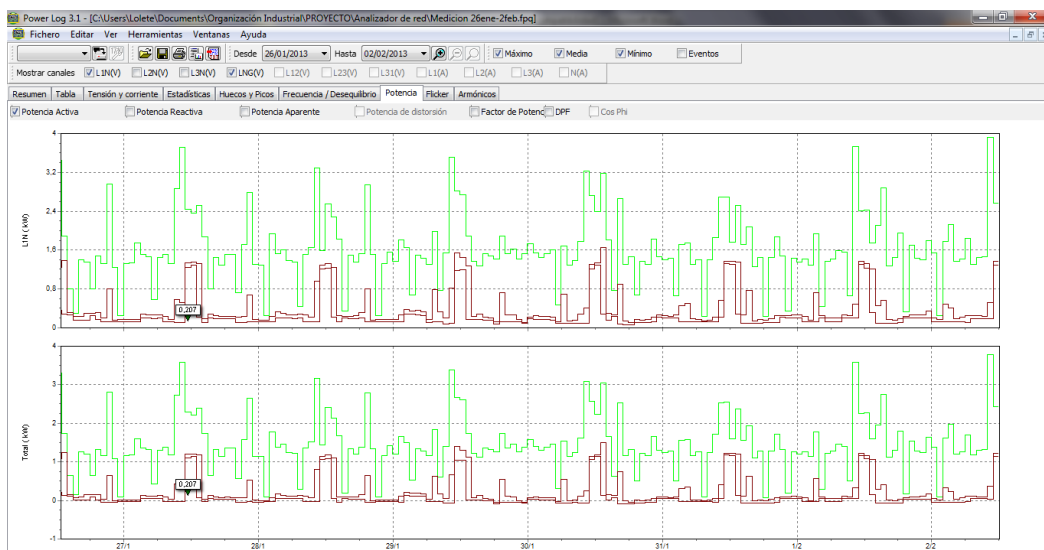


Ilustración 9 Ejemplo de potencia activa para un periodo de tiempo en Power Log

Para el presente proyecto interesan los datos de potencia activa y factor de potencia para el periodo. Todos estos datos se han exportado a Excel, y con ellos se han realizado las siguientes gráficas:

Potencia activa:

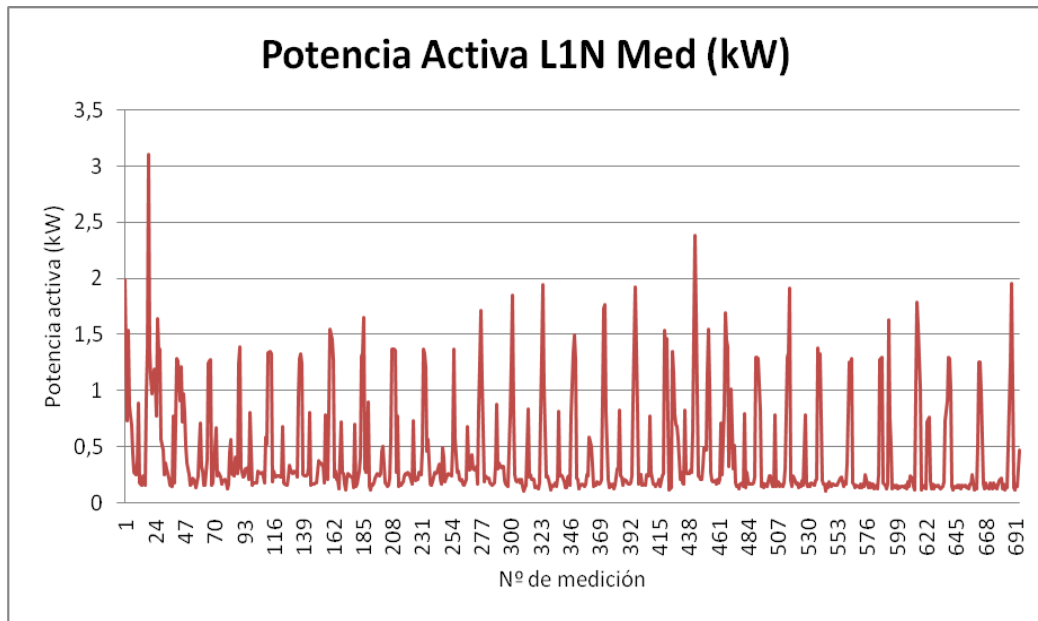


Ilustración 10 Potencia activa media (kW)

La potencia media es de 0,431 kW para este periodo, teniendo el pico más alto en 3,103 kW.

En cambio la gráfica de potencias activas máximas muestra los siguientes resultados:

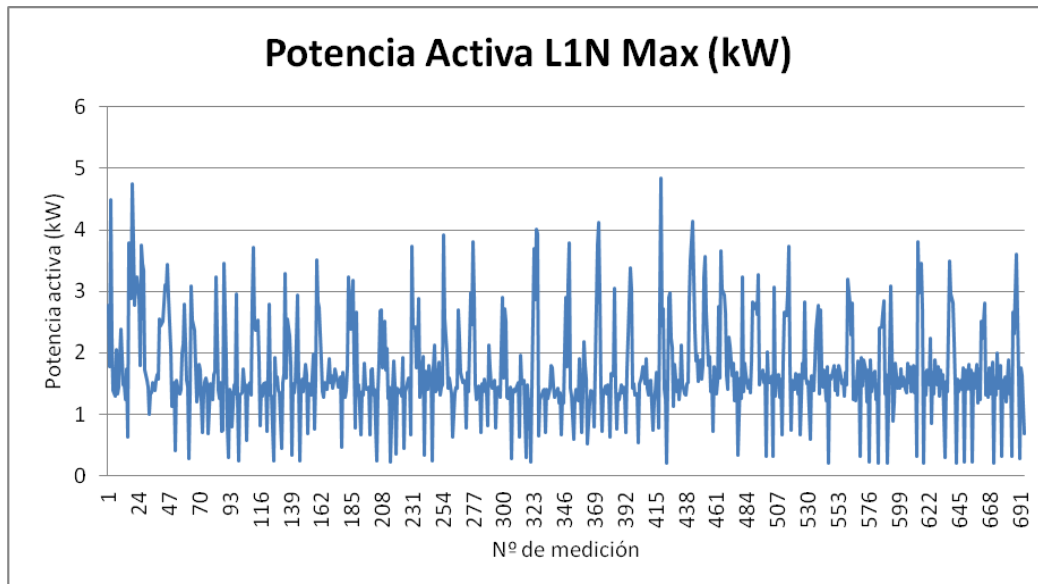


Ilustración 11 Potencia activa máxima

Siendo en este caso el valor medio 1,708 kW y el máximo alcanzado de 4,837kW.

El analizador también nos muestra la potencia activa mínima:

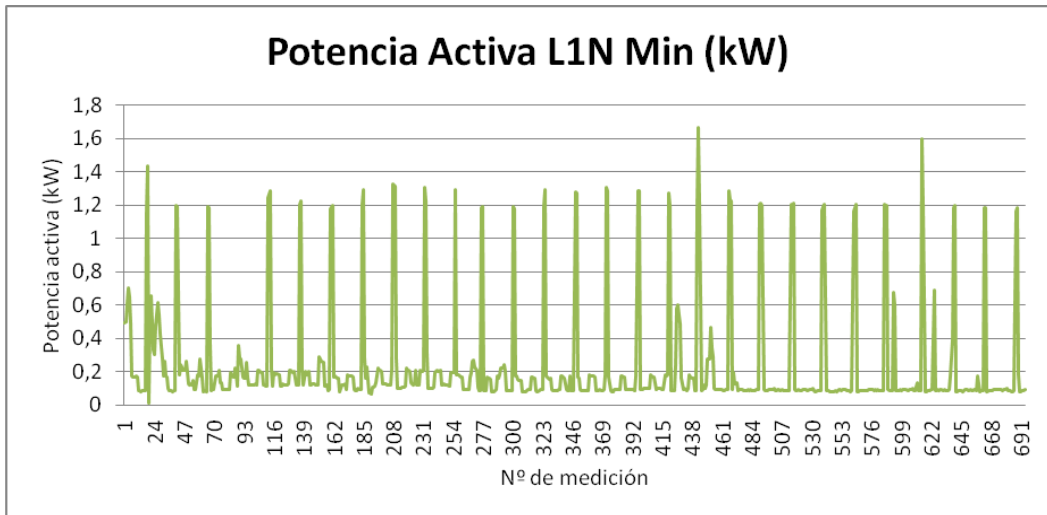


Ilustración 12 Potencia activa mínima

En los tres casos parece que los datos tienden a repetir un patron, esto es debido al consumo de un termo electrico existente en la vivienda.

Factor de potencia:

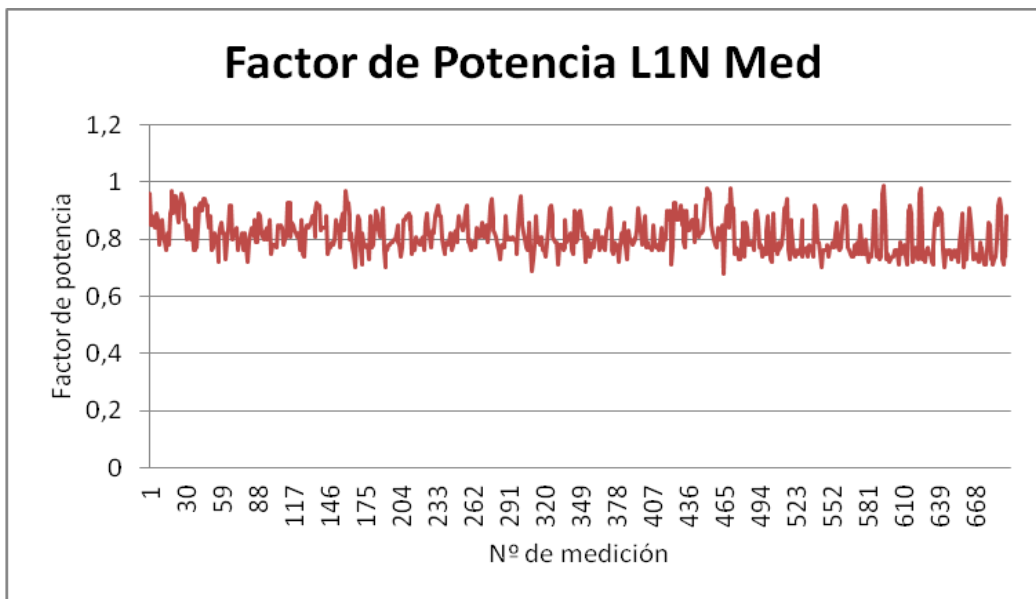


Ilustración 13 Factor de potencia medio

Siendo el factor de potencia medio de 0,8138.

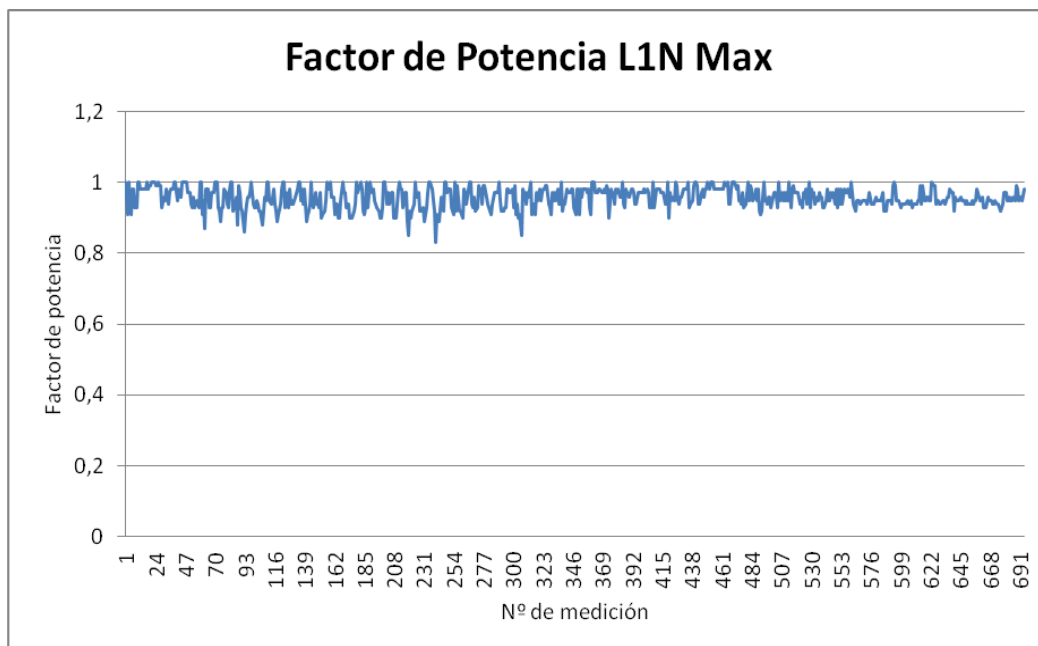


Ilustración 14 Factor de potencia máximo

Siendo el valor medio para valores máximos de 0,9566.

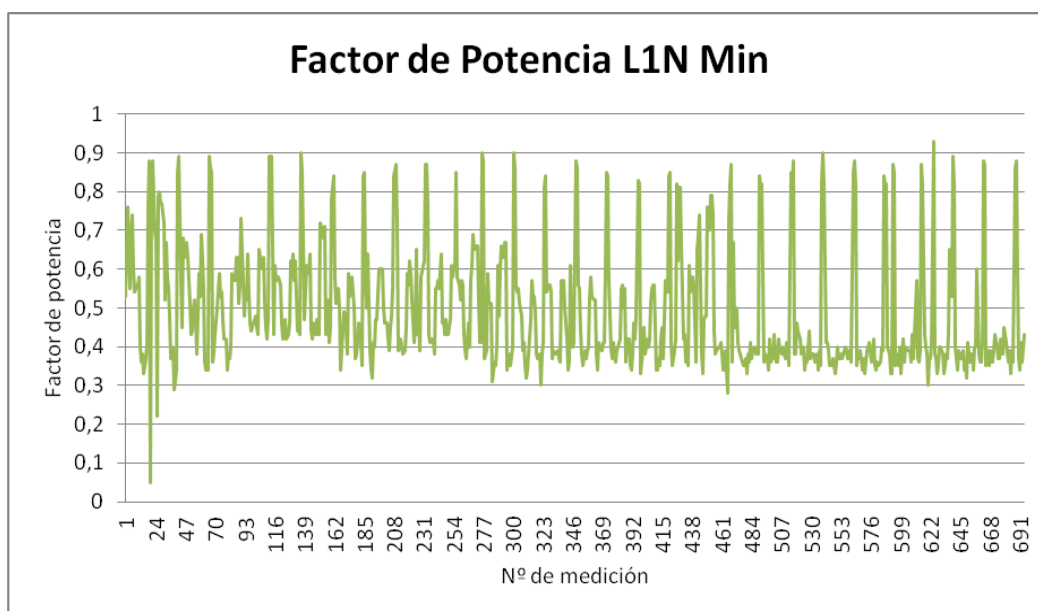


Ilustración 15 Factor de potencia mínimo

Por otro lado se realizó la medida de todos los parametros con el termo electrico mencionado anteriormente conectado al analizador. Se realizó la medida durante 48 horas, tomando datos cada minuto, dando como resultado un total de 2880 mediciones. Durante el tiempo que estuvo conectado al analizador se encendió la resistencia en cuatro ocasiones, una media de 25,75 minutos cada vez. Los datos de este se muestran a continuación en la siguiente gráfica.

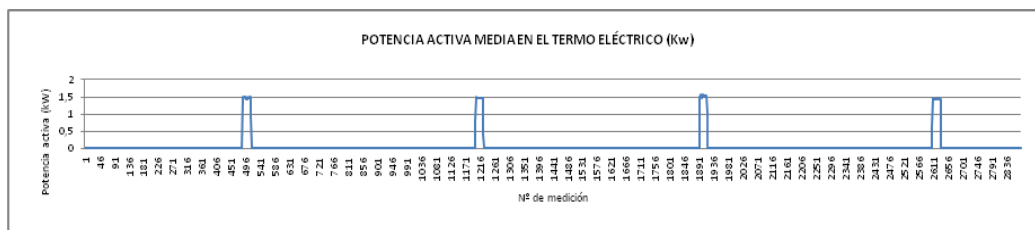


Ilustración 16 Potencia activa media en el termo eléctrico

Se aprecian los cuatro momentos en los que la resistencia se encendió, alcanzando la potencia de 1,5 kW en cada ocasión.

El consumo del termo eléctrico depende en gran medida del uso que se haga de él, pero teniendo en cuenta los datos de los que se dispone, este electrodoméstico consume una media de 1,23 kWh. Este consumo supone un gasto económico casi despreciable al mes, pero si esta instalación es sustituida por una instalación solar térmica, el consumo eléctrico se reducirá a cero. Por otro lado ya no será necesario tener en cuenta la potencia demandada por este aparato.

1.3 Recursos energéticos

Como se ha mencionado anteriormente el recurso energético del que disponemos es la energía del sol. La energía solar será aprovechada a través de paneles solares fotovoltaicos y con un panel solar térmico.

En el caso de la energía solar fotovoltaica, teniendo en cuenta las diferentes alternativas de las que se dispone, se ha considerado más interesante la opción de autoconsumo, evitando así la necesidad de colocar baterías de condensadores, y tomar de la red la energía que falte para los usos de la vivienda, disminuyendo la curva de demanda.

En cuanto a la energía solar térmica, se colocará una placa sobre el tejado de la vivienda, sirviendo de apoyo a la caldera de la vivienda y para el suministro de agua caliente sanitaria.

1.3.1 Instalación solar fotovoltaica

1.3.1.1 Idoneidad de la cubierta de la vivienda

Según la orientación de la vivienda se han elegido dos pendientes de la cubierta, indicadas en el plano 7, para la colocación de los módulos solares. Una vez elegida esta localización se calculan las pérdidas por orientación e inclinación del generador distinta de la óptima. Para ello se ha utilizado el procedimiento del Anexo II del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red (IDAE).

En primer lugar se aprecia en la siguiente tabla las pérdidas que pueden existir en la instalación en función de la inclinación, orientación y sombras.

| | Orientación e inclinación (OI) | Sombras (S) | Total (OI+S) |
|----------------------------|--------------------------------|-------------|--------------|
| General | 10% | 10% | 15% |
| Superposición | 20% | 15% | 30% |
| Integración arquitectónica | 40% | 20% | 50% |

Tabla 2 Pérdidas por orientación e inclinación

En el caso de este proyecto tendremos unas pérdidas del 20%, las correspondientes a superposición por orientación e inclinación.

En la instalación objeto de este proyecto no hay pérdidas por sombras ya que el arbolado existente no sobrepasa la altura de la vivienda.

Los restantes datos de la ubicación son:

- Angulo de inclinación tejado: 22°
- Angulo de azimut: 70°
- Latitud del lugar: 38.07°

Para calcular los límites de inclinación aceptables se utiliza la siguiente figura:

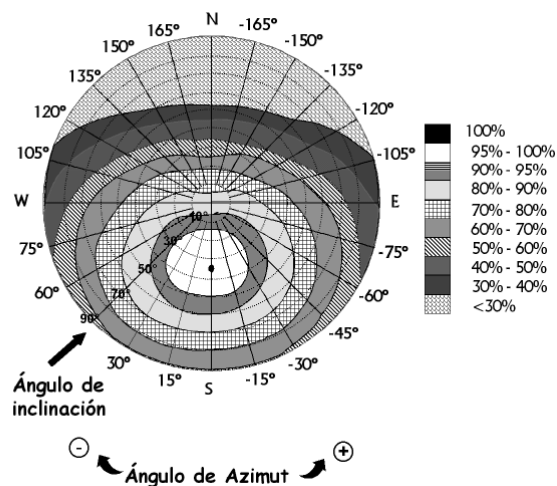


Ilustración 17 Cálculo inclinación mínima y máximas

Como en este caso hay unas pérdidas del 20% se mira la franja de 80%-90%. Se entra en la figura a partir del azimut, en este caso de 70°.

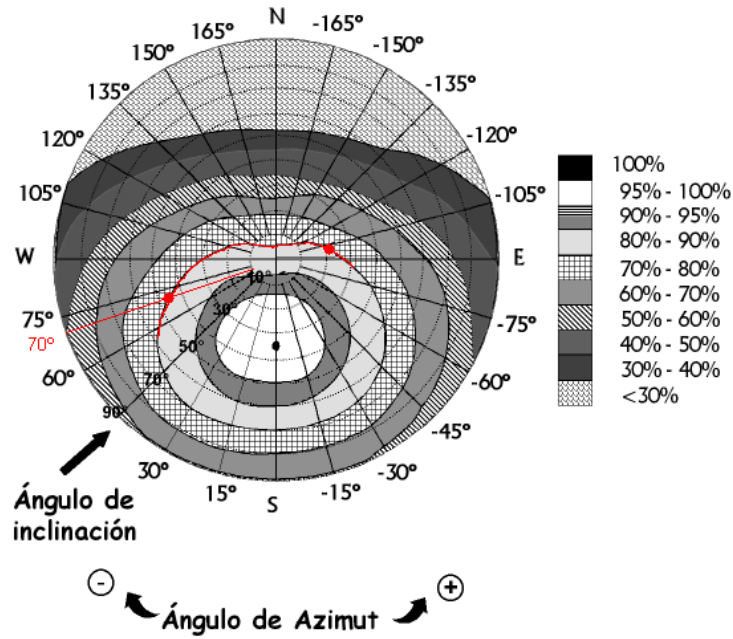


Ilustración 18 Cálculo inclinación mínima y máxima con acimut 70°

La figura proporciona los valores:

- Inclinación máxima: 45°
- Inclinación mínima: -20°

Corregimos para la latitud del lugar:

- Inclinación máxima: $45^\circ - (41^\circ - 38.07^\circ) = 42.07^\circ$
- Inclinación mínima: $-20^\circ - (41^\circ - 38.07^\circ) = -22.93^\circ$ Valor fuera de rango, por lo tanto se toma inclinación como inclinación mínima 0°

Una inclinación de 22°, que es la de la cubierta de la vivienda, está dentro del rango de inclinaciones calculado y por tanto cumple los requisitos de pérdidas por orientación e inclinación.

Perfil de obstáculos simulación pvSist

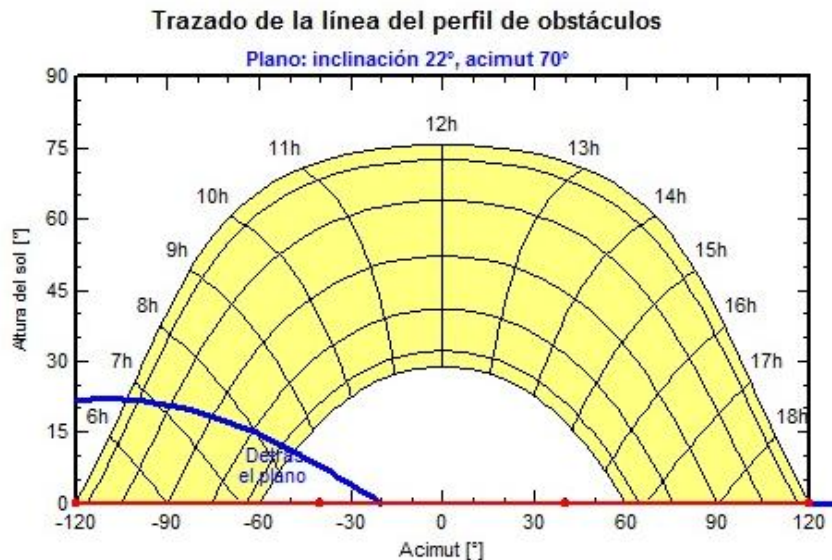


Ilustración 19 Perfil de obstáculos PvSist

1.3.1.2 Descripción de la instalación

Los elementos que forman la instalación son:

- Módulos fotovoltaicos
- Inversor de corriente
- Estructura de sujeción
- Cableado y protecciones
- Puesta a tierra

Elección de los módulos fotovoltaicos e inversor

Para la elección del modulo adecuado a las necesidades de la vivienda se deben tener en cuenta además de las necesidades energéticas, la superficie de la que disponemos y la tecnología que deseamos emplear.

- Datos de partida:

Superficie de la que se dispone:

Aunque la vivienda dispone de dos cubiertas sobre las que se pueden colocar los módulos, por motivos estéticos se intentará reducir al máximo su extensión, colocándolos únicamente en la cubierta A, sobre la planta baja, con una superficie útil de 67,40 m². Por otro lado en la misma cubierta ha de ir instalada también la placa de energía solar térmica, por lo que debe quedar sitio para ella.

Tecnología utilizada:

Por la superficie reducida de la que se dispone se ha decidido utilizar módulos policristalinos, las cuales tienen un rendimiento más alto que los de capa fina, la desventaja es que son más costosos.

Utilizando el simulador Pvsist, primero realizamos un pre-diseño, introduciendo la localización, el acimut, la inclinación y el consumo diario en Wh. Como lo que se pretende es hacer una instalación con respaldo de la red, se ha considerado un consumo medio diario 2kWh/día. Posteriormente se realiza el diseño.

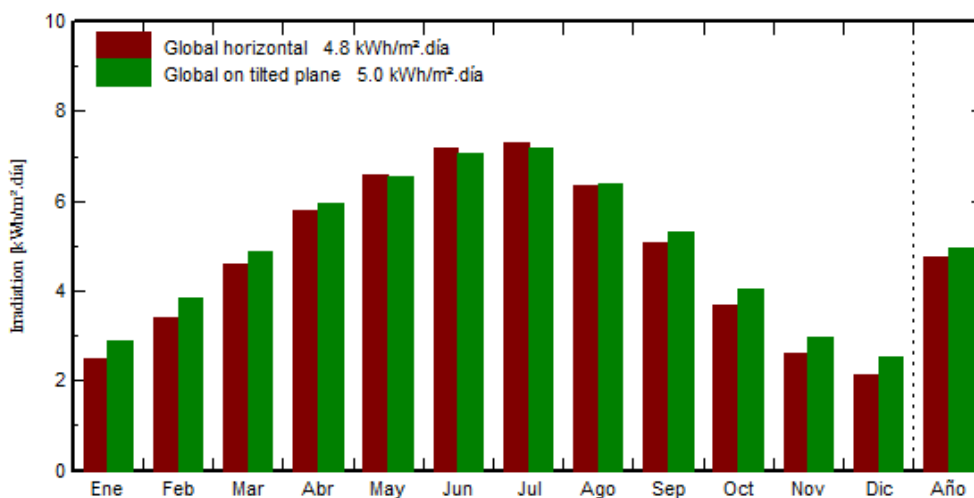


Ilustración 20 Radiación y producción solar, simulación PvSist

Realizando esta estimación también el programa nos muestra la siguiente tabla de radiación solar incidente para Murcia:

| | Gl. horiz. kWh/m ² .día | Coll. Plane kWh/m ² .día | System output kWh/día | System output kWh |
|------|---------------------------------------|--|--------------------------|----------------------|
| Ene. | 2.47 | 2.90 | 4.88 | 151 |
| Feb. | 3.41 | 3.82 | 6.43 | 180 |
| Mar. | 4.58 | 4.86 | 8.17 | 253 |
| Abr. | 5.81 | 5.95 | 10.00 | 300 |
| May. | 6.60 | 6.56 | 11.03 | 342 |
| Jun. | 7.20 | 7.05 | 11.85 | 356 |
| Jul. | 7.30 | 7.18 | 12.07 | 374 |
| Ago. | 6.34 | 6.38 | 10.72 | 332 |
| Sep. | 5.06 | 5.33 | 8.95 | 269 |
| Oct. | 3.70 | 4.05 | 6.81 | 211 |
| Nov. | 2.59 | 2.98 | 5.02 | 150 |
| Dic. | 2.14 | 2.52 | 4.24 | 131 |
| Año | 4.77 | 4.97 | 8.36 | 3050 |

Tabla 3 Radiación solar incidente en Murcia

Una vez que se tienen todos estos datos ya se puede decidir que modulo e inversor se utilizará para la instalación.

Se define el sistema para 2,2kWp (10% más de la potencia que se desea de salida), de este modo se ha decidido poner el módulo policristalino Atersa A-240P. Las características de este modulo son las siguientes:

| Características eléctricas (STC: 1kW/m ² , 25°C±2°C y AM 1,5)* | | | |
|---|---------|---------|---------|
| | A-240P | A-245P | A-250P |
| Potencia Nominal (0/+5 W) | 240 W | 245 W | 250 W |
| Eficiencia del módulo | 14,74% | 15,04% | 15,35% |
| Corriente Punto de Máxima Potencia (Imp) | 8,21 A | 8,33 A | 8,45 A |
| Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp) | 29,21 V | 29,37 V | 29,53 V |
| Corriente en Cortocircuito (Isc) | 8,73 A | 8,82 A | 8,91 A |
| Tensión de Circuito Abierto (Voc) | 37,16 V | 37,38 V | 37,60 V |

| Parámetros térmicos | |
|---|------------|
| Coefficiente de Temperatura de Isc (α) | 0,04% /°C |
| Coefficiente de Temperatura de Voc (β) | -0,32% /°C |
| Coefficiente de Temperatura de P (γ) | -0,43% /°C |

| Características físicas | |
|-------------------------------|---|
| Dimensiones (mm ± 2 mm) | 1645x990x40 |
| Peso (kg) | 21,5 |
| Área (m ²) | 1,63 |
| Tipo de célula | Policristalina 156x156 mm (6 pulgadas) |
| Células en serie | 60 (6x10) |
| Cristal delantero | Cristal templado ultra claro de 4 mm |
| Marco | Aleación de aluminio pintado en poliéster |
| Caja de conexiones / Opcional | QUAD IP54 / QUAD IP65 |
| Cables | Cable Solar 4 mm ² 1100 mm |
| Conectores | MC4 o combinable MC4 |

| Rango de funcionamiento | |
|---|---|
| Temperatura | -40°C a +85°C |
| Máxima Tensión del Sistema / Protección | 1000 V / CLASS II |
| Carga Máxima Viento / Nieve | 2400 Pa (130 km/h) / 5400 Pa (551 kg/m ²) |
| Máxima Corriente Inversa (IR) | 15,1 A |
| *Especificaciones eléctricas medidas en STC. NOCT: 47±2°C. Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±10% (Isc, Voc, Imp, Vmp). | |

Tabla 4 Características módulos fotovoltaicos

Curvas de funcionamiento del modelo A-240P

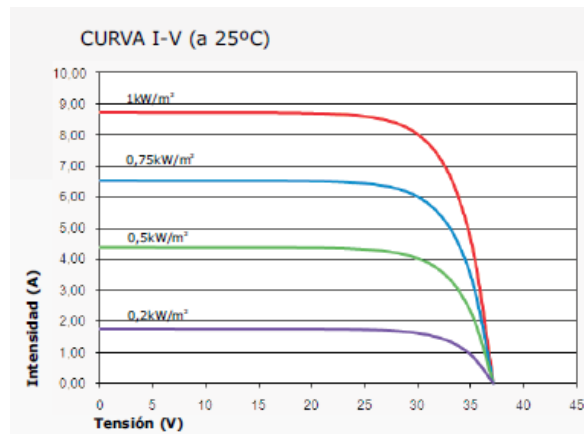
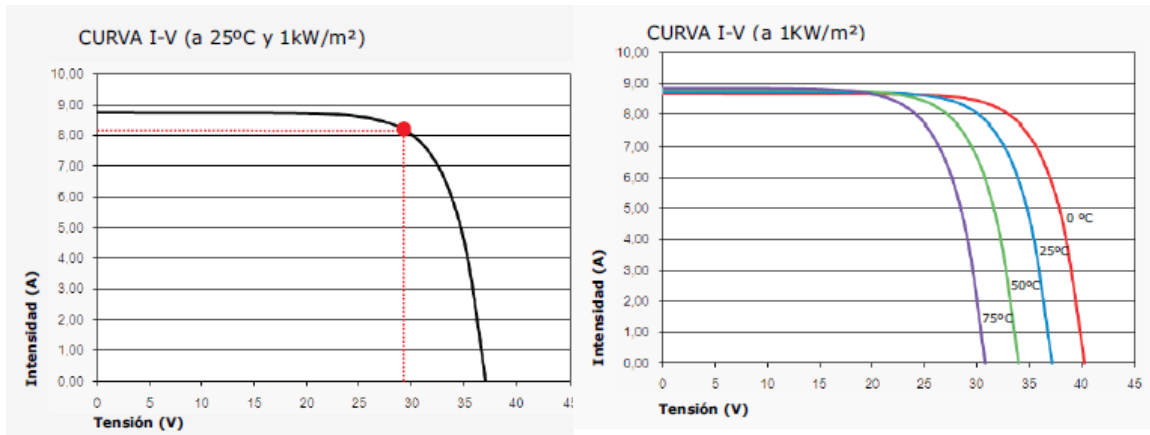
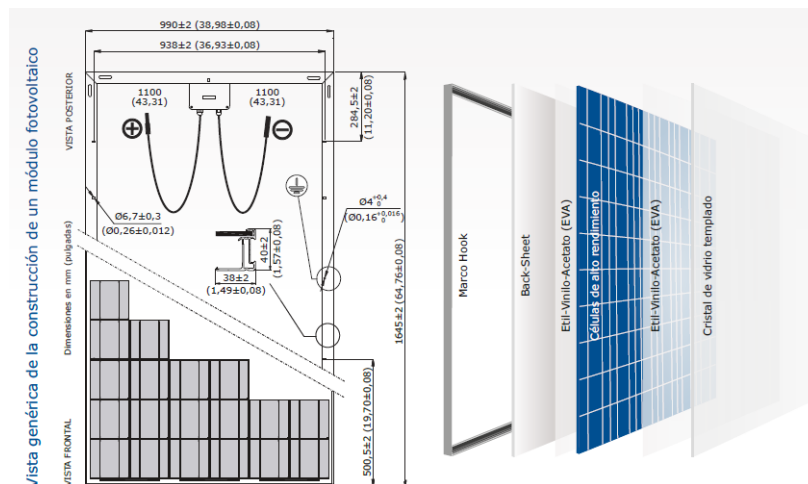


Ilustración 21 Curvas de funcionamiento módulo fotovoltaico



Este modulo cumple con todas características que se indican en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones conectadas a red, apartado 5.2, marcado CE, cumplen las normas UNE-EN 61730 y 50380, cada módulo lleva instalado un diodo de derivación, grado de protección IP65, preparación para su conexión a tierra, garantía de 10 años y garantía de rendimiento durante 25 años.

En cuanto al inversor se ha decidido poner un Sunny Boy 2000HF, el cual tiene las siguientes características:

| Modelo comercial | SUNNY BOY 2000HF |
|---|---|
| Entrada (CC) | |
| Potencia máxima de CC (con $\cos\Phi=1$) | 2100 W |
| Tensión de entrada máxima | 700 V |
| Rango de tensión MPP/tensión asignada de entrada | 175 V - 560 V / 530V |
| Tensión de entrada mínima/tensión de entrada de inicio | 175 V / 220 V |
| Corriente máx. de entrada | 12 A |
| Corriente máx. de entrada por String | 12 A |
| Número de entradas de punto de máxima potencia (MPP) independientes/ String por entrada de punto de máxima potencia (MPP) | 1 / 2 |
| Salida (CA) | |
| Potencia nominal de CA (a 230 V, 50 Hz) | 2000 W |
| Potencia aparente de CA máxima | 2000 VA |
| Tensión nominal de CA; rango | 220, 230, 240 V / 180 – 280 V |
| Frecuencia de red de CA; rango | 50 Hz, 60 Hz / -4,5Hz...+4,5 Hz |
| Frecuencia asignada de red/tensión asignada de red | 50Hz / 230V |
| Corriente máx. de salida | 11,4 A |
| Factor de potencia asignada | 1 |
| Factor de desfase ajustable | - |
| Fases de inyección/ fases de conexión | 1 / 1 |
| Rendimiento | |
| Rendimiento máx./ rendimiento europeo | 96,3% / 95% |
| Dispositivos de protección | |
| Punto de desconexión en el lado de entrada | De serie |
| Monitorización de toma a tierra / monitorización de red | De serie / De serie |
| Descargador de sobretensión de CC (tipo II) integrable | - |
| Protección contra polarización inversa (CC) / resistencia al cortocircuito (CA) / con separación galvánica | De serie / De serie / De serie |
| Unidad de monitorización de la corriente fallo sensible a la corriente universal | - |
| Tipo de protección (según IEC62103) / categoría de sobretensión (según IEC60664-1) | I / III |
| Datos generales | |
| Dimensiones (ancho / alto / fondo) mm | 348 / 580 / 145 mm (19,3 / 20,4 / 7,3 in) |
| Peso | 17 kg |
| Rango de temperatura de servicio | -25°C...+60°C |
| Emisiones de ruido (típicas) | 38 dB(A) |
| Consumo característico (nocturno) | 1 W |
| Topología | Transformador de alta frecuencia |
| Sistema de refrigeración | Convección |
| Tipo de protección (según IEC 60529) | IP65 |
| Tipo de protección área de conexión (según IEC 60529) | IP65 |
| Clase climática (según CEI 60721-3-4) | 4K4H |

| | |
|--|---|
| Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación) | 100% |
| Características | |
| Conexión de CC | SUNCLIX |
| Conexión de CA | Conector |
| Pantalla | Gráfica |
| Interfaces: RS485 / Bluetooth | Opcional / De serie |
| Garantía: 5 / 10 / 15 / 20 / 25 años | De serie/ Opcional/ Opcional/ Opcional/ Opcional |
| Relé multifunción | Opcional |
| Certificados y autorizaciones (otros a petición) | CE, VDEO126-1-1, G83/1-1, RD1663/2000, RD661/2007, PPC, AS4777, EN50438*, PPDS, IEC61727, ENEL-Guida, UTE C15-712-1, C10/11 |
| Modelo comercial | SB 2000HF-30 |
| *Solo válido para todas las ediciones nacionales de la norma EN 50438. | |

Tabla 5 Características inversor

El inversor elegido cumple con todas las características que se indican en el apartado 5.4 del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red.

Con estos módulos y este inversor serán necesarios **9 módulos** fotovoltaicos conectados **en serie**, una sola cadena. Dándonos esta configuración una potencia pico de 2,16kWp, una potencia nominal en CA de 2 kW y un rendimiento aproximado de la instalación del 81,9%.

Tanto módulos como inversor han de cumplir el Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas, además de las normas que se han mencionado del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas de Red. Para ello se le solicitarán al fabricante todos los certificados necesarios.

Estructura de sujeción

La estructura de sujeción, según el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones conectadas a Red y según el Código Técnico de la Edificación, debe reunir las siguientes características:

- Ha de resistir además del peso de los módulos las sobrecargas por viento y nieve.
- El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.
- Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.
- El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

- La tornillería será realizada en acero inoxidable. En el caso de que la estructura sea galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.
- Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.
- Tanto si esta realizada con perfiles de acero laminado conformado en frío, como si es galvanizada en caliente se cumplirá la norma UNE correspondiente.

Se debe hacer un proyecto a parte con los cálculos correspondientes, hecho por un ingeniero de estructuras, pero como el presente proyecto es docente no es necesario.

Cableado y protecciones

El cableado según el Pliego de Condiciones Técnicas ha de cumplir las siguientes características:

- Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.
- Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %.
- El cable deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.
- Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

Las protecciones deberán cumplir:

- Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 11) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- En conexiones a la red trifásicas las protecciones para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 Hz y 49 Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 Um y 0,85 Um respectivamente) serán para cada fase.

Puesta a tierra

- Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 12) sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Cuando el aislamiento galvánico entre la red de distribución de baja tensión y el generador fotovoltaico no se realice mediante un transformador de aislamiento, se explicarán en la Memoria de Diseño o Proyecto los elementos utilizados para garantizar esta condición.
- Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección continua como de la alterna, estarán conectadas a una única tierra. Esta

tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con el Reglamento de Baja Tensión.

Generalidades sobre la instalación

En el Pliego de condiciones técnicas relacionan también todas estas generalidades:

- Como principio general se ha de asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico clase I en lo que afecta tanto a equipos (módulos e inversores), como a materiales (conductores, cajas y armarios de conexión), exceptuando el cableado de continua, que será de doble aislamiento de clase 2 y un grado de protección mínimo de IP65.
- La instalación incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.
- El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no deberá provocar en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable.
- Asimismo, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.
- Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.
- Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.
- En la Memoria de Diseño o Proyecto se incluirán las fotocopias de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de todos los componentes.
- Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc. de los mismos estarán en castellano y además, si procede, en alguna de las lenguas españolas oficiales del lugar de la instalación.

1.3.1.3 Disposición física de la instalación

La instalación fotovoltaica constará de 9 módulos formando una sola cadena. Cada modulo mide 1,645 x 0,99 metros. Para su colocación sobre la cubierta se dispondrán formando la siguiente figura:

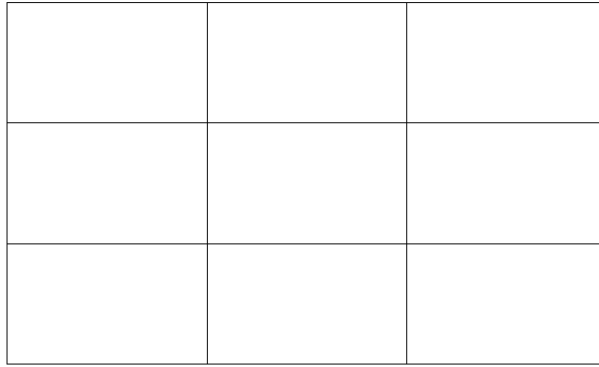


Ilustración 22 Distribución módulos fotovoltaicos

Ocupando una longitud de 4,94 metros y un ancho de 2,97 metros.
Quedando la planta de la cubierta de este modo:

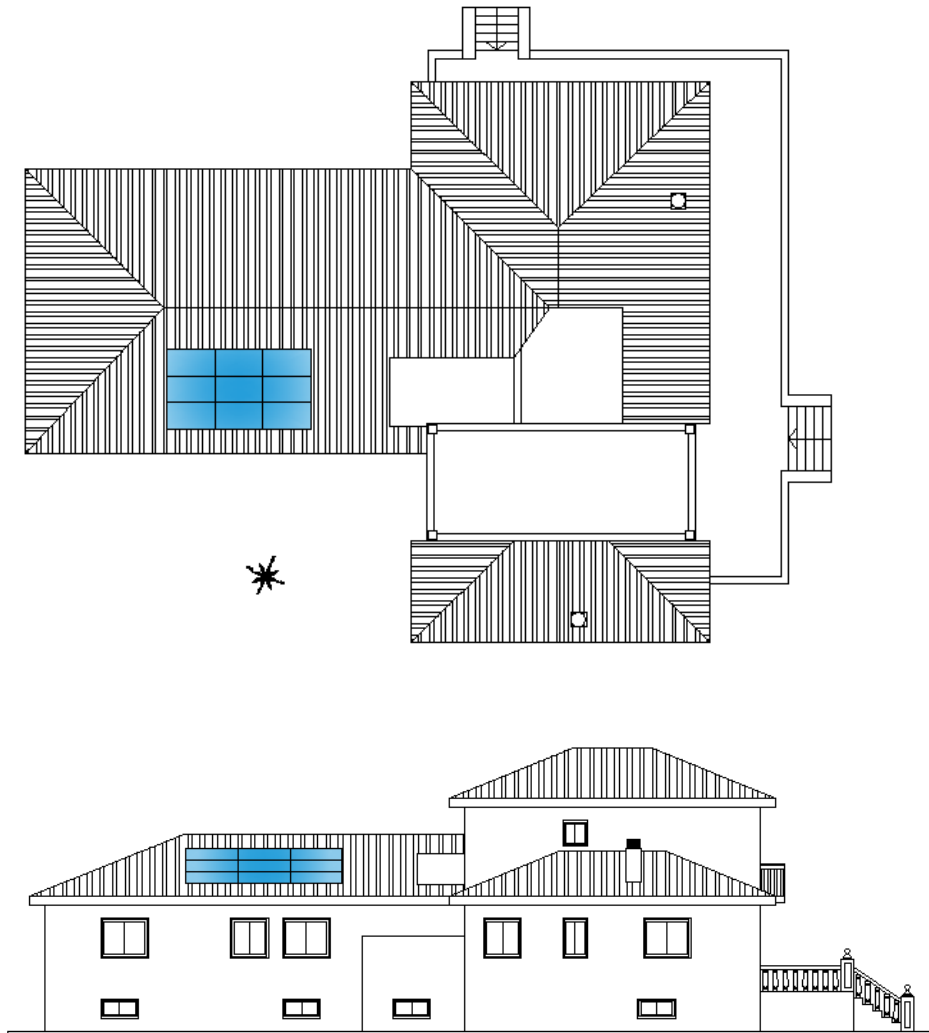


Ilustración 23 Ubicación módulos fotovoltaicos

En los planos adjuntos 11 y 12 se incluyen planta, alzado y perfil con sus correspondientes cotas.

1.3.1.4 Clasificación según riesgo de la instalación de entrada de energía solar fotovoltaica

La electrificación general se realizará en baja tensión y se adaptará a las disposiciones que indica el vigente Reglamento Electrotécnico para baja tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.

El montaje será realizado por instalador autorizado por la Dirección General de Industria y siempre de acuerdo con este proyecto y lo ordenado en el citado reglamento electrotécnico para baja tensión, teniendo en cuenta que el suministro de energía se realizará a la tensión de 230/400 V y una frecuencia de 50 Hz.

No obstante lo anterior y para mayor seguridad para personas y cosas, los elementos que intervengan en la instalación cumplirán las especificaciones que se indican en la ITC-BT-30, instalaciones en locales de características especiales. Para presente proyecto solo sería de aplicación:

- Locales polvorientos sin riesgo de incendio o explosión, S/ ITC-BT-30. La ubicación al estar situada a la intemperie y junto a una zona de árboles se encuentra sometida a polvo, siendo este eliminado cada cierto tiempo de los módulos mediante agua a presión.

1.3.1.5 Mantenimiento de la instalación

La instalación solar fotovoltaica tendrá que estar sometida a un mantenimiento preventivo y correctivo de al menos tres años. Las pautas para este mantenimiento están reflejadas en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red en su apartado 8. Por otro lado el instalador deberá proporcionar al usuario manuales de uso y mantenimiento en español.

1.3.2 Instalación solar térmica

1.3.2.1 Idoneidad de la cubierta de la vivienda

La instalación solar térmica se colocará en la misma cubierta que la instalación solar fotovoltaica, por lo que tenemos la misma inclinación y acimut. Con estos datos ya se comprobó en el apartado 1.3.1.1 de la presente memoria la idoneidad de la ubicación elegida.

1.3.2.2 Descripción de la instalación

Actualmente la vivienda dispone de un termo eléctrico para verano y de caldera, para calefacción y ACS, en invierno. Lo que se pretende con esta instalación es evitar el uso del calentador eléctrico y que sirva de apoyo a la caldera para reducir su consumo de gasoil. Dadas las características de la vivienda y del uso que se realiza de ella se ha optado como solución más ventajosa la colocación de un equipo compacto, el cual dispone de un captador, acumulador de 150 litros, tubos de conexión, soporte y accesorios. Se ha decidido colocar un equipo con un acumulador de estos litros ya que se ha considerado que para una ducha son necesarios 15 litros por minuto, a una media de 5 minutos por ducha, podrían ducharse 2 personas consecutivamente.

En el mercado existen multitud de fabricantes de este tipo de equipos compactos de las características requeridas y con un precio muy similar. Se ha optado por un equipo de marca Saunier Duval, modelo HelioBlock 150/1, que dispone de un acumulador de 150 litros, se puede conectar a la caldera de la vivienda y permite poner las placas superpuestas en la cubierta. Se trata de un sistema termosifónico, fácil de instalar, mantener y no necesita electricidad. Será necesario un solo captador, el cual incluye:

- Garantía de 5 años en depósito y captador.
- 2 kits para instalación en tejado plano o inclinado a elegir para cada modelo según necesidades.
- Retención de líquido solar en caso de aumento de temperatura.
- Seguridad de cerrado del circuito contra riesgo de aumento de presión.
- Seguridad del circuito de ACS contra aumento de presión en el depósito.
- Incluye el líquido solar de fábrica (bidón de 3 litros de glicol para el HELIOBLOCK 150/1 y de 5 litros para el HELIOBLOCK 250/1).



Ilustración 24 Equipo compacto energía solar térmica

Características del equipo:

| | | |
|--|------|-------------------------------|
| Depósito | | |
| Instalación en tejado inclinado | Ref. | 0010013325 |
| Capacidad agua caliente | L | 140 |
| Longitud x diámetro | mm | 1.270 x 526 |
| Peso vacío | kg | 57 |
| Peso lleno | kg | 197 |
| Grosor del aislamiento | mm | 50 (espuma de poliuretano) |
| Presión máx. en ACS en funcionamiento | bar | 10 |
| Temperatura máxima ACS | °C | 85 |
| Capacidad mezcla fluido solar | L | 6,3 |
| Presión máx. de trabajo en circuito solar | bar | 3,5 |
| Temperatura máx. de fluido solar | °C | 110 |
| Capacidad de retención del vaso de expansión | L | 4 |
| Resistencia eléctrica (opcional) | W | 2 |

| Tabla de mezcla de líquido solar (glicol) / agua (destilada) | | | | | | | | | |
|--|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Nivel anticongelante | °C | -8 | -12 | -15 | -25 | -30 | -40 | -45 | -55 |
| Fluido solar | % | 20 | 25 | 30 | 44 | 48 | 54 | 57 | 62 |
| Agua destilada | % | 80 | 75 | 70 | 56 | 52 | 46 | 43 | 38 |

| | | |
|-----------------|----------------|-------------|
| Captador Solar | | |
| Área bruta/neta | m ² | 2,25 / 2,10 |

| | | |
|---|-----|--------------------|
| Longitud /Anchura /Altura | mm | 2.150 / 1.050 / 80 |
| Peso vacío | kg | 40 |
| Absorción α | % | 95 \pm 2 |
| Emisión ϵ | % | 15 \pm 3 |
| Eficiencia solar η_0 | % | 83,6 |
| Coefficiente de eficiencia k_1/k_2 | % | 3,793/0,020 |
| Capacidad fluido solar (mezcla glicol/agua) | L | 3,07 |
| Transparencia del vidrio | % | 91 \pm 1 |
| Máxima resistencia de presión | bar | 6 |
| Grosor del aislamiento | mm | 50 |

Tabla 6 Características equipo compacto solar térmica

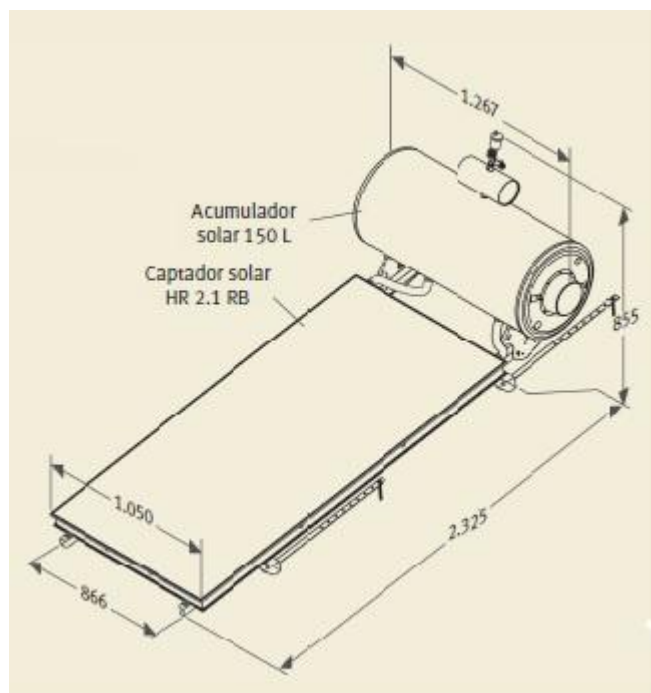


Ilustración 25 Dimensiones equipo compacto para tejado inclinado

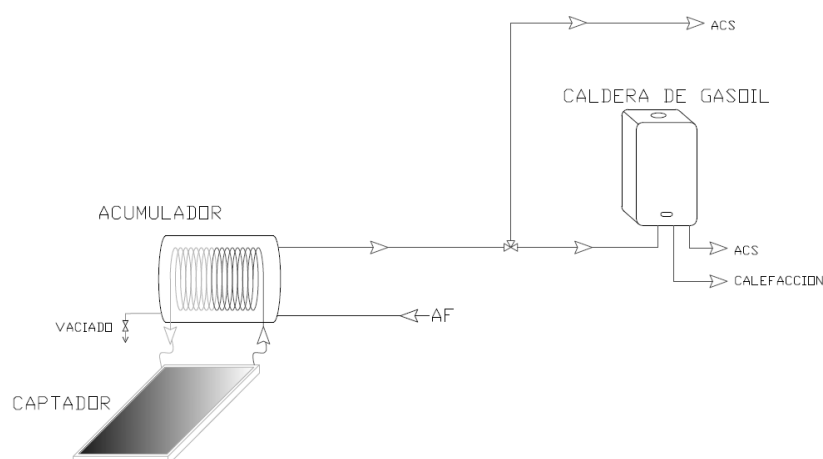


Ilustración 26 Esquema sencillo de la instalación solar térmica conectada a caldera

1.3.2.3 Disposición de la instalación

En la ilustración 25 se aprecia como es la instalación. El captador mide 2,25x1,05 metros y el acumulador tiene 1,27 metros de longitud y 0,526 metros de

diámetro. Esta instalación será colocada en la cubierta A junto a los módulos de fotovoltaica, quedando de este modo:

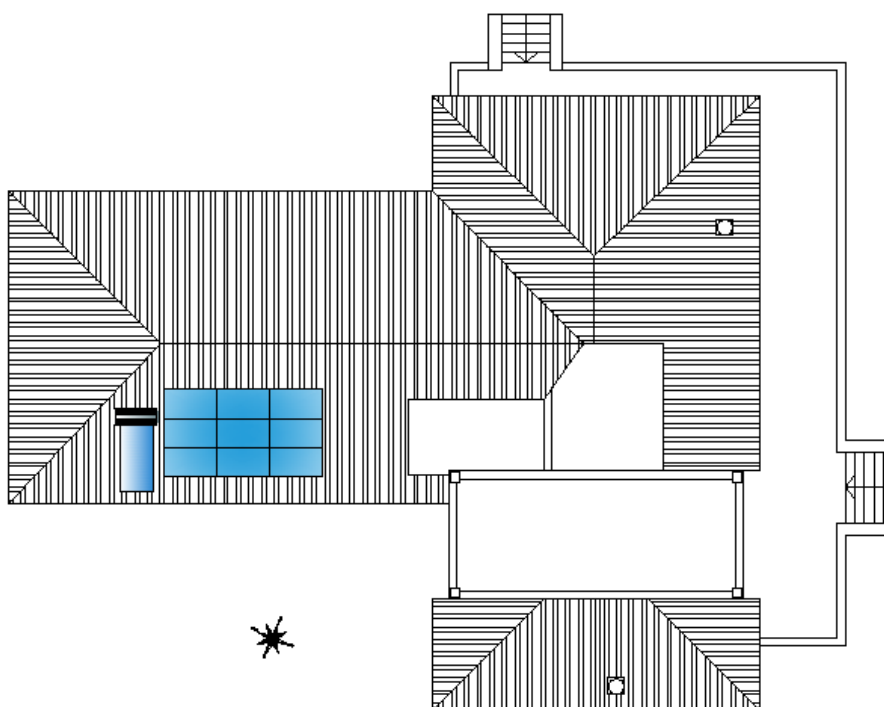


Ilustración 27 Planta situación instalaciones

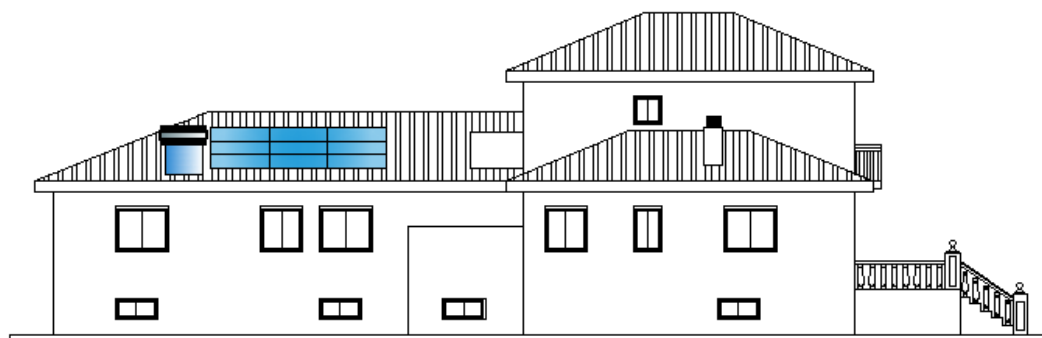


Ilustración 28 Alzado este vivienda, situación instalaciones

En los planos 11 y 12 se adjuntan planta, alzado y perfil acotados.

1.3.2.4 Mantenimiento de la instalación

Una vez instalado el equipo cumpliendo con todas las especificaciones del fabricante y realizando la puesta en marcha correctamente será necesario periódicamente hacerle revisiones a la instalación. Para ello se seguirán las pautas que dispone el fabricante en el "Manual de uso y mantenimiento". El titular de la instalación está obligado a contratar a una empresa de mantenimiento autorizada. Poniendo en conocimiento del responsable de mantenimiento cualquier anomalía

que se observe en el sistema. La empresa mantenedora deberá realizar el mantenimiento tanto preventivo como correctivo, según el manual y cumpliendo con el RITE, aunque no es de obligado cumplimiento para esta instalación, y expedirá un certificado de mantenimiento.

1.4 Ahorro energético estimado

1.4.1 Instalación solar fotovoltaica

El presente proyecto pretende conseguir un ahorro de consumo de energía eléctrica y emisiones de CO₂ a la atmósfera. El ahorro energético supone una disminución del coste económico en la factura eléctrica de la vivienda. En este apartado se estimará el ahorro energético para cuatro días distintos, dos días de enero, uno en el que se estaba haciendo uso de la vivienda y otro en el que estaba vacía, y otros dos días de mayo, igualmente un día vacía y otro día en uso.

Para poder realizar la comparativa de lo que se consumió y lo que se puede producir eran necesarios los datos de radiación solar de la zona por horas. Esto se ha conseguido en la web www.wunderground.com.

El primer día analizado es el 18 y 19 de enero (24 horas), este día la vivienda estaba siendo utilizada y se dispone de los datos de consumo del analizador de red. En la siguiente tabla se incluyen los datos de potencia activa para esas 24 horas, la radiación solar, la producción estimada de la instalación y la diferencia de ambas. En la diferencia se han corregido a cero los valores negativos (mayor producción que consumo) ya que ese excedente se perdería.

| Hora | Potencia Activa Med (kWh) | Radiación solar (W/m2) | Producción neta (kWh) | Diferencia |
|----------|---------------------------|------------------------|-----------------------|------------|
| 18:50:05 | 1,982 | 0 | 0 | 1,982 |
| 19:50:05 | 0,732 | 0 | 0 | 0,732 |
| 20:50:05 | 1,533 | 0 | 0 | 1,533 |
| 21:50:05 | 0,872 | 0 | 0 | 0,872 |
| 22:50:05 | 0,778 | 0 | 0 | 0,778 |
| 23:50:05 | 0,688 | 0 | 0 | 0,688 |
| 00:50:05 | 0,438 | 0 | 0 | 0,438 |
| 01:50:05 | 0,272 | 0 | 0 | 0,272 |
| 02:50:05 | 0,254 | 0 | 0 | 0,254 |
| 03:50:05 | 0,372 | 0 | 0 | 0,372 |
| 04:50:05 | 0,886 | 0 | 0 | 0,886 |
| 05:50:05 | 0,177 | 0 | 0 | 0,177 |
| 06:50:05 | 0,166 | 0 | 0 | 0,166 |
| 07:50:05 | 0,155 | 0 | 0 | 0,155 |
| 08:50:05 | 0,244 | 23 | 0,208 | 0,036 |
| 09:50:05 | 0,157 | 114 | 1,030 | 0 |
| 10:50:05 | 0,939 | 299 | 2,702 | 0 |
| 11:50:05 | 1,37 | 102 | 0,922 | 0,448 |
| 12:50:05 | 3,103 | 105 | 0,949 | 2,154 |
| 13:50:05 | 1,356 | 118 | 1,066 | 0,289 |

| | | | | |
|----------|-------|-----|-------|-------|
| 14:50:05 | 1,103 | 148 | 1,337 | 0 |
| 15:50:05 | 0,968 | 475 | 4,293 | 0 |
| 16:50:05 | 1,193 | 98 | 0,886 | 0,307 |
| 17:50:05 | 1,074 | 23 | 0,208 | 0,866 |

Tabla 7 Consumos y radiación solar, día 1

El total de consumo para ese día es de 20,812kWh, la producción total sería de 13,60kWh, siendo posible utilizar solo una parte de ella, la necesidad final de electricidad de la red sería de 13,40kWh. Esta reducción supone un 35,61% menos de consumo.

Comparativa 18-19 Enero (vivienda en uso)

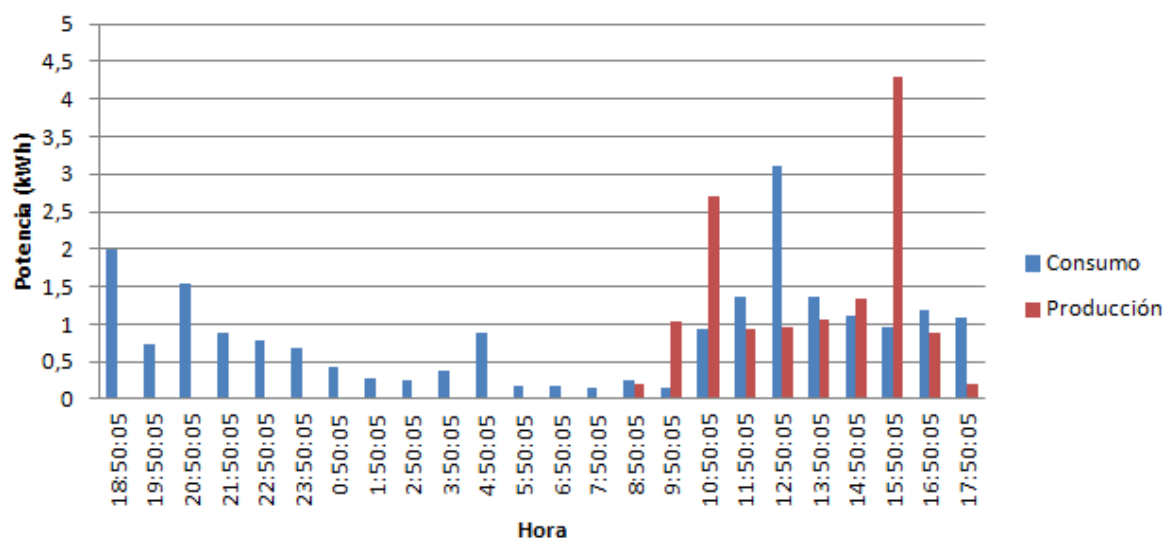


Ilustración 29 Comparativa consumo-producción, día 1

Haciendo el mismo proceso para el día 31 de enero, que fue un día en el que la casa estaba vacía, tenemos los siguientes datos:

| Hora | Potencia Activa Med (kWh) | Radiación solar (W/m2) | Producción neta (kWh) | Diferencia |
|----------|---------------------------|------------------------|-----------------------|------------|
| 0:56:57 | 0,251 | 0 | 0 | 0,251 |
| 1:56:57 | 0,241 | 0 | 0 | 0,241 |
| 2:56:57 | 0,265 | 0 | 0 | 0,265 |
| 3:56:57 | 0,459 | 0 | 0 | 0,459 |
| 4:56:57 | 0,502 | 0 | 0 | 0,502 |
| 5:56:57 | 0,182 | 0 | 0 | 0,182 |
| 6:56:57 | 0,168 | 0 | 0 | 0,168 |
| 7:56:57 | 0,148 | 0 | 0 | 0,148 |
| 8:56:57 | 0,161 | 111 | 1,003 | 0 |
| 9:56:57 | 0,224 | 297 | 2,684 | 0 |
| 10:56:57 | 0,569 | 464 | 4,193 | 0 |
| 11:56:57 | 1,373 | 575 | 5,196 | 0 |
| 12:56:57 | 1,37 | 624 | 5,639 | 0 |
| 13:56:57 | 1,36 | 613 | 5,540 | 0 |

| | | | | |
|----------|-------|-----|-------|-------|
| 14:56:57 | 0,274 | 536 | 4,844 | 0 |
| 15:56:57 | 0,778 | 413 | 3,732 | 0 |
| 16:56:57 | 0,143 | 236 | 2,133 | 0 |
| 17:56:57 | 0,175 | 23 | 0,208 | 0 |
| 18:56:57 | 0,155 | 0 | 0 | 0,155 |
| 19:56:57 | 0,191 | 0 | 0 | 0,191 |
| 20:56:57 | 0,245 | 0 | 0 | 0,245 |
| 21:56:57 | 0,257 | 0 | 0 | 0,257 |
| 22:56:57 | 0,248 | 0 | 0 | 0,248 |
| 23:56:57 | 0,27 | 0 | 0 | 0,27 |

Tabla 8 Consumos y radiación solar, día2

En este caso el consumo total fue de 10kWh, la producción total del día sería de 35,17kWh, muy por encima de la necesidades pero concentrada en las horas centrales del día, con lo que la necesidad de electricidad de la red quedaría en 3,58kWh. Una reducción del consumo de 64,2%.

Comparativa 31 enero (vivienda vacia)

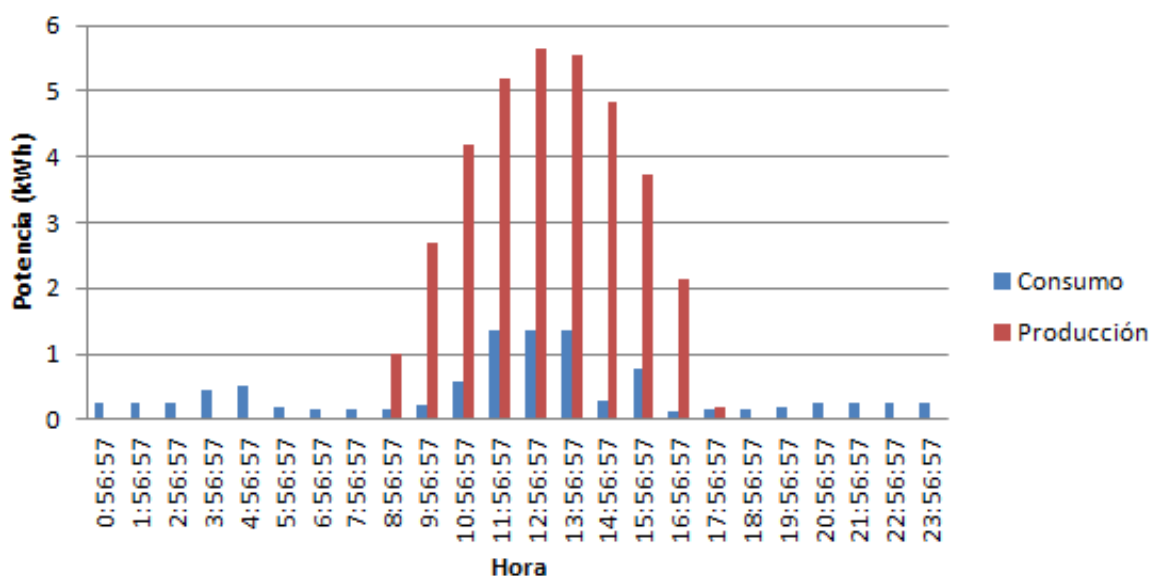


Ilustración 30 Comparativa consumo-producción, día 2

Los datos del analizador de los que se dispone son de invierno, pero dado que los meses de invierno son los más desfavorables en cuanto a radiación solar, se ha realizado el mismo estudio para un día de mayo, el 14 de mayo. Considerando por un lado los datos disponibles de consumo de un día con la vivienda en uso y otro con la vivienda vacia.

Estudio suponiendo la vivienda en uso

| Hora | Potencia Activa Med (kWh) | Radiación solar (W/m2) | Producción neta (kWh) | Diferencia |
|----------|---------------------------|------------------------|-----------------------|------------|
| 18:50:05 | 1,982 | 250 | 2,259 | 0 |
| 19:50:05 | 0,732 | 90 | 0,813 | 0 |

| | | | | |
|----------|-------|-----|-------|-------|
| 20:50:05 | 1,533 | 14 | 0,126 | 1,406 |
| 21:50:05 | 0,872 | 0 | 0 | 0,872 |
| 22:50:05 | 0,778 | 0 | 0 | 0,778 |
| 23:50:05 | 0,688 | 0 | 0 | 0,688 |
| 0:50:05 | 0,438 | 0 | 0 | 0,438 |
| 1:50:05 | 0,272 | 0 | 0 | 0,272 |
| 2:50:05 | 0,254 | 0 | 0 | 0,254 |
| 3:50:05 | 0,372 | 0 | 0 | 0,372 |
| 4:50:05 | 0,886 | 0 | 0 | 0,886 |
| 5:50:05 | 0,177 | 0 | 0 | 0,177 |
| 6:50:05 | 0,166 | 0 | 0 | 0,166 |
| 7:50:05 | 0,155 | 26 | 0,235 | 0 |
| 8:50:05 | 0,244 | 183 | 1,654 | 0 |
| 9:50:05 | 0,157 | 156 | 1,409 | 0 |
| 10:50:05 | 0,939 | 524 | 4,736 | 0 |
| 11:50:05 | 1,37 | 610 | 5,513 | 0 |
| 12:50:05 | 3,103 | 911 | 8,233 | 0 |
| 13:50:05 | 1,356 | 575 | 5,196 | 0 |
| 14:50:05 | 1,103 | 712 | 6,435 | 0 |
| 15:50:05 | 0,968 | 452 | 4,085 | 0 |
| 16:50:05 | 1,193 | 216 | 1,952 | 0 |
| 17:50:05 | 1,074 | 359 | 3,244 | 0 |

Tabla 9 Consumos y radiación solar, día 3

Se supone un consumo total para el día de 20,81kWh, la producción para ese día según la radiación solar sería de 45,89kWh, el consumo final de la red quedaría en 6,30kWh para ese día. Esto supone una reducción del consumo en un 69,72%.

Comparativa 14 mayo (vivienda en uso)

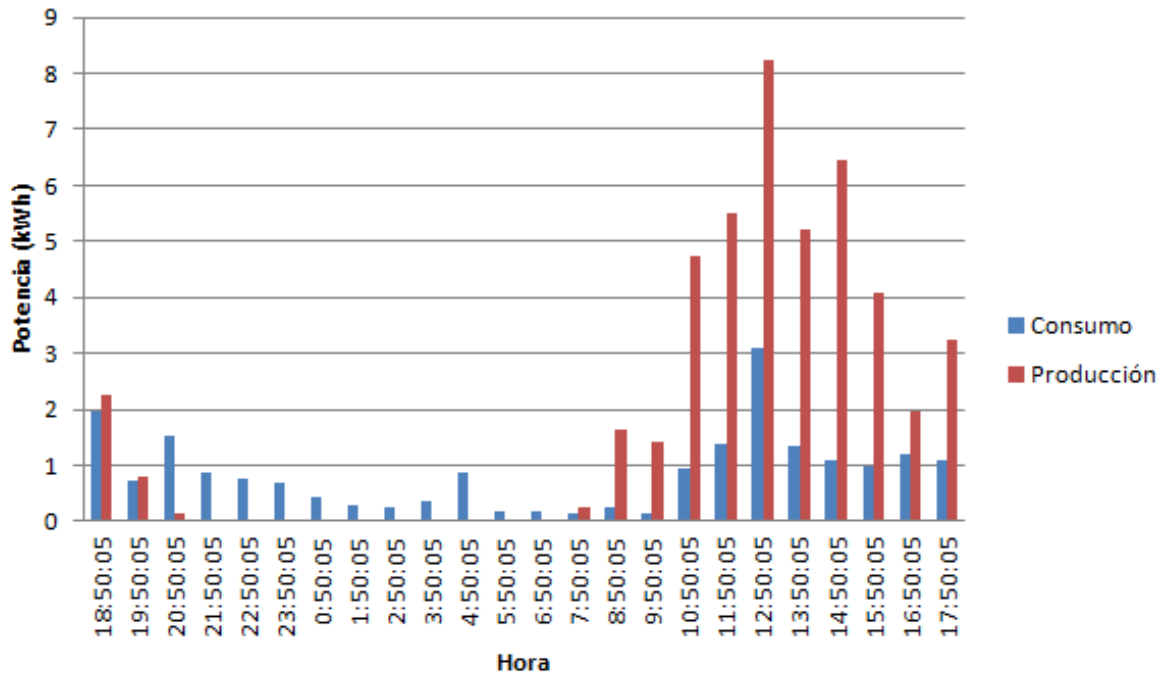


Ilustración 31 Comparativa consumo-producción, día 3

Por último haciendo lo mismo para la misma fecha (14 de mayo) pero con la vivienda vacía tendremos los siguientes datos.

| Hora | Potencia Activa Med (kWh) | Radiación solar (W/m ²) | Producción neta (kWh) | Diferencia |
|----------|---------------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------|
| 0:56:57 | 0,251 | 0 | 0 | 0,251 |
| 1:56:57 | 0,241 | 0 | 0 | 0,241 |
| 2:56:57 | 0,265 | 0 | 0 | 0,265 |
| 3:56:57 | 0,459 | 0 | 0 | 0,459 |
| 4:56:57 | 0,502 | 0 | 0 | 0,502 |
| 5:56:57 | 0,182 | 0 | 0 | 0,182 |
| 6:56:57 | 0,168 | 0 | 0 | 0,168 |
| 7:56:57 | 0,148 | 28 | 0,253 | 0 |
| 8:56:57 | 0,161 | 241 | 2,178 | 0 |
| 9:56:57 | 0,224 | 179 | 1,618 | 0 |
| 10:56:57 | 0,569 | 316 | 2,856 | 0 |
| 11:56:57 | 1,373 | 555 | 5,016 | 0 |
| 12:56:57 | 1,37 | 642 | 5,802 | 0 |
| 13:56:57 | 1,36 | 490 | 4,428 | 0 |
| 14:56:57 | 0,274 | 729 | 6,588 | 0 |
| 15:56:57 | 0,778 | 399 | 3,606 | 0 |
| 16:56:57 | 0,143 | 178 | 1,608 | 0 |
| 17:56:57 | 0,175 | 299 | 2,702 | 0 |
| 18:56:57 | 0,155 | 274 | 2,476 | 0 |
| 19:56:57 | 0,191 | 91 | 0,822 | 0 |

| | | | | |
|----------|-------|----|-------|-------|
| 20:56:57 | 0,245 | 14 | 0,126 | 0,118 |
| 21:56:57 | 0,257 | 0 | 0 | 0,257 |
| 22:56:57 | 0,248 | 0 | 0 | 0,248 |
| 23:56:57 | 0,27 | 0 | 0 | 0,27 |

Tabla 10 Consumos y radiación solar, día 4

En este caso el consumo que se supone es de 10kWh, la producción para la radiación solar de ese día sería de 40,08kWh, con lo que el consumo de la red se quedará en 2,96kWh. Suponiendo una reducción del consumo del 70,4%.

Comparativa 14 mayo (vivienda vacia)

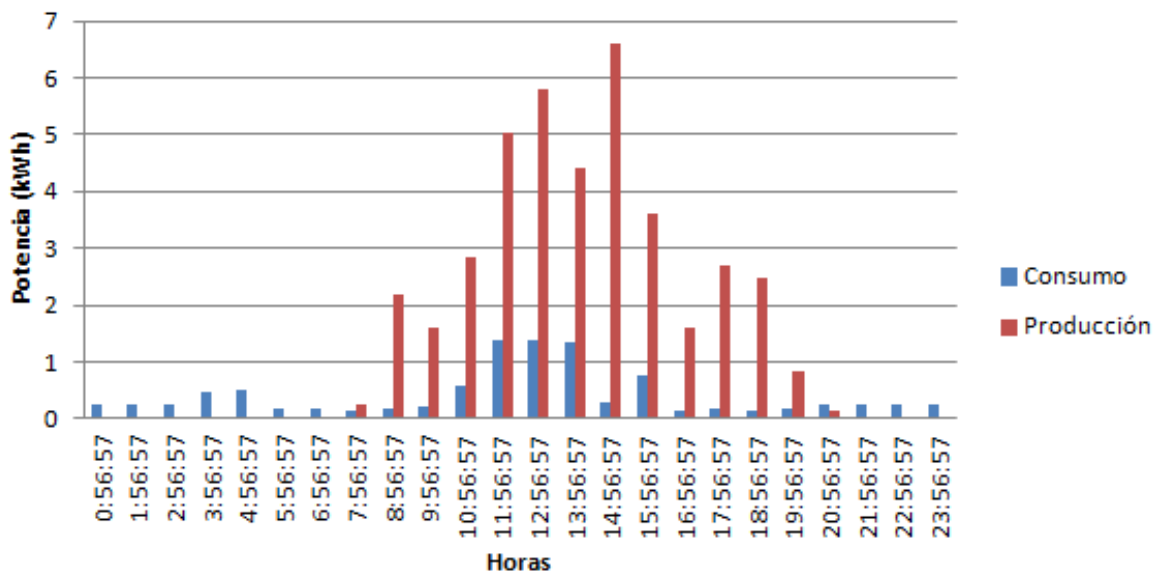


Ilustración 32 Comparativa consumo-producción, día 4

Una vez hecha la comparativa para estos cuatro casos se puede decir que la instalación supondrá un ahorro de entre el 35 y el 70%, dependiendo del mes.

Con todos estos datos se ha realizado un estudio de el ahorro de emisiones de CO2 a la atmosfera.

Primer día estudiado:

Consumo actual = 20,81 kWh/día

Emisiones de CO2 = 20,81kWh/día x 267 gr de CO2/kWh = 5556,27 gr de CO2

Consumo con la instalación de fotovoltaica = 13,40kWh/día

Emisiones de CO2 = 13,40kWh/día x 267 gr de CO2/kWh = 3577,8 gr de CO2

Ahorro de emisiones: 5556,27gr de CO2 – 3577,8gr de CO2 = 1978,47 gr de CO2 ≈ 2 Kg de CO2/día

Haciendo este mismo calculo para los cuatro días se obtienen los siguientes datos:

| Día | ACTUAL | | CON LA INSTALACIÓN FV | | AHORRO DE EMISIONES | |
|-----------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-----------|
| | Consumo red (kWh/día) | Emisiones actuales CO2 | Consumo red (kW/día) | Emisiones de CO2 con FV | Ahorro de emisiones de CO2 | Kg de CO2 |
| 18/19 Enero | 20,81 | 5556,27 | 13,4 | 3577,8 | 1978,47 | 1,98 |
| 31 Enero | 10 | 2670 | 3,58 | 955,86 | 1714,14 | 1,71 |
| 14 Mayo Ocupada | 20,81 | 5556,27 | 6,3 | 1682,1 | 3874,17 | 3,87 |
| 14 Mayo Vacía | 10 | 2670 | 2,96 | 790,32 | 1879,68 | 1,88 |

Tabla 11 Ahorro emisiones CO2 por días

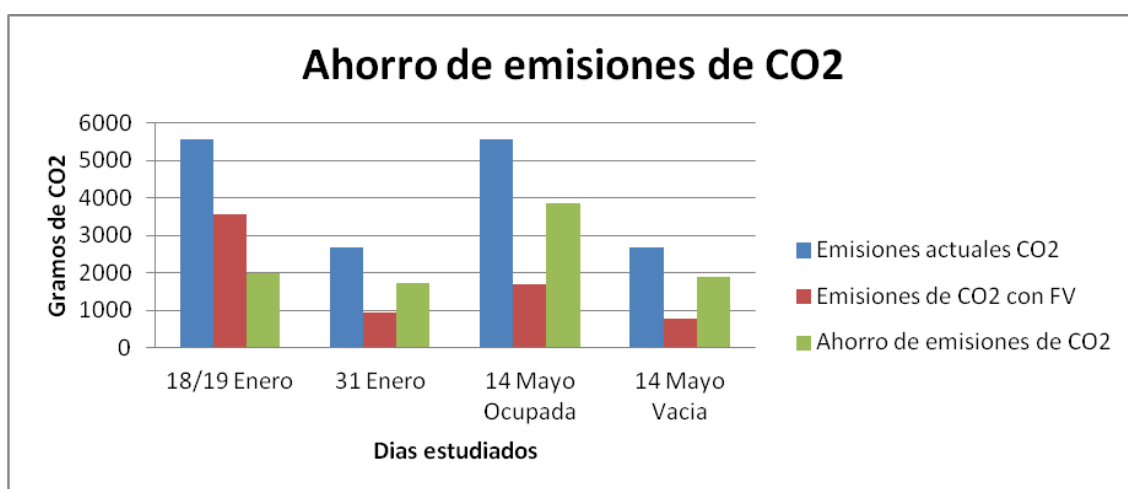


Ilustración 33 Ahorro de emisiones por días

En un año hay 104 días en fin de semana y 260 días el resto. Suponiendo los primeros como vivienda ocupada y los segundos como vacía estimamos el ahorro de emisiones al año:

| | Nº de días con ese uso | Media de ahorro de CO2/día | Ahorro (kg de CO2) |
|-------|------------------------|-----------------------------|--------------------|
| Usada | 104 | 2,93 | 304,34 |
| Vacía | 260 | 1,80 | 467,20 |
| | | Total ahorro al año= | 771,53 |

Tabla 12 Ahorro emisiones CO2 al año

1.4.2 Instalación solar térmica

Según información disponible en la "Guía Práctica de la Energía" del IDAE de 2011, la instalación solar térmica permitirá la reducción de consumo de la caldera de gasoil entre un 50 y un 80%, porcentaje que varía en función la época del año y el lugar geográfico donde se encuentre la instalación. En este caso como la caldera está encendida desde noviembre a marzo, los meses de menos horas de sol, se considerará un ahorro del 50%.

Por otro lado, instalando este tipo de sistema se dejará de utilizar el termo eléctrico existente, con lo que también se ahorrará en energía eléctrica, aunque el ahorro económico es muy bajo.

El consumo de gasoil en el invierno de 2012-2013 ha sido de 1360 litros, si con la instalación se reduce al 50% se necesitarán 680 litros para pasar todo el invierno. Pasando estos 680 litros de ahorro de combustible a kWh se obtiene:

$$\begin{aligned} 680\text{litros} \times 8700\text{kcal/litro} \times 0,8 &= 4.732.800 \text{ kcal} \\ 1\text{kWh} &= 860 \text{ kcal} \Rightarrow 4.732.800 \text{ kcal} = 5503.25 \text{ kWh} \\ 0,287 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} &\Rightarrow \mathbf{1.579,43 \text{ kg CO}_2 \text{ de ahorro}} \end{aligned}$$

| | |
|--|----|
| Ilustración 1 Consumo eléctrico por meses..... | 8 |
| Ilustración 2 Analizador de red instalado | 10 |
| Ilustración 3 Esquema conexión analizador | 10 |
| Ilustración 4 Esquema conexión analizador con termo | 11 |
| Ilustración 5 Pantalla resumen Power Log | 11 |
| Ilustración 6 Tabla de datos Power Log..... | 12 |
| Ilustración 7 Gráficos de tensión y corriente Power Log | 12 |
| Ilustración 8 Gráfica de potencia activa media en L1 para una semana medida en Power Log | 13 |
| Ilustración 9 Ejemplo de potencia activa para un periodo de tiempo en Power Log | 13 |
| Ilustración 10 Potencia activa media (kW)..... | 14 |
| Ilustración 11 Potencia activa máxima | 14 |
| Ilustración 12 Potencia activa mínima | 15 |
| Ilustración 13 Factor de potencia medio | 15 |
| Ilustración 14 Factor de potencia máximo | 16 |
| Ilustración 15 Factor de potencia mínimo | 16 |
| Ilustración 16 Potencia activa media en el termo eléctrico | 17 |
| Ilustración 17 Cálculo inclinación mínima y máximas..... | 18 |
| Ilustración 18 Cálculo inclinación mínima y máxima con acimut 70° | 19 |
| Ilustración 19 Perfil de obstáculos PvSist..... | 19 |
| Ilustración 20 Radiación y producción solar, simulación PvSist | 20 |
| Ilustración 21 Curvas de funcionamiento módulo fotovoltaico | 22 |
| Ilustración 22 Distribución módulos fotovoltaicos..... | 27 |
| Ilustración 23 Ubicación módulos fotovoltaicos | 27 |
| Ilustración 24 Equipo compacto energía solar térmica..... | 29 |
| Ilustración 25 Dimensiones equipo compacto para tejado inclinado..... | 30 |
| Ilustración 26 Esquema sencillo de la instalación solar térmica conectada a caldera | 30 |
| Ilustración 27 Planta situación instalaciones..... | 31 |
| Ilustración 28 Alzado este vivienda, situación instalaciones | 31 |
| Ilustración 29 Comparativa consumo-producción, día 1 | 33 |
| Ilustración 30 Comparativa consumo-producción, día 2 | 34 |
| Ilustración 31 Comparativa consumo-producción, día 3 | 36 |
| Ilustración 32 Comparativa consumo-producción, día 4 | 37 |
| Ilustración 33 Ahorro de emisiones por días | 38 |

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Consumo por meses..... | 8 |
| Tabla 2 Pérdidas por orientación e inclinación | 18 |
| Tabla 3 Radiación solar incidente en Murcia | 21 |
| Tabla 4 Características módulos fotovoltaicos | 22 |
| Tabla 5 Características inversor..... | 24 |
| Tabla 6 Características equipo compacto solar térmica | 30 |
| Tabla 7 Consumos y radiación solar, día 1 | 33 |
| Tabla 8 Consumos y radiación solar, día2 | 34 |
| Tabla 9 Consumos y radiación solar, día 3 | 35 |
| Tabla 10 Consumos y radiación solar, día 4..... | 37 |
| Tabla 11 Ahorro emisiones CO2 por días | 38 |
| Tabla 12 Ahorro emisiones CO2 al año | 38 |

ANEXO 1. CÁLCULOS

1. Configuración de módulos fotovoltaicos

Datos módulo e inversor utilizados:

Módulo Atersa A-240P (240W)

| | |
|---|---------|
| Potencia nominal: | 240 W |
| Voltaje MPP (V_{mpp}): | 29,21 V |
| Corriente MPP (I_{mpp}): | 8,21 A |
| Voltaje en vacío ($V_{oc\ max}$): | 37,16 V |
| Corriente de cortocircuito ($I_{oc\ max}$): | 8,73 A |

Inversor Sunny Boy 2000HF

| | |
|---|--------------|
| Potencia máxima de cc: | 2100 W |
| Tensión de entrada máxima ($V_{cc\ max}$): | 700 V |
| Rango de tensión MPP/tensión asignada de entrada: | 175 V- 560 V |
| Corriente máxima de entrada: | 12 A |

Cálculo de número de módulos y configuración

La corriente máxima que admite el inversor es de 12 amperios, cada generador fotovoltaico tiene una corriente de salida de 8,21 amperios, lo cual indica que solo ha de ser **una cadena** de módulos.

El número máximo de módulos que se pueden instalar es:

$$N_{s\ max} = \frac{V_{cc\ max}}{V_{oc\ max}} = \frac{700\ V}{37,16\ V} = 18,83$$

$$N = \frac{\text{Máximo de la ventana}}{V_{mpp}} = \frac{560\ V}{29,21\ V} = 19,17$$

El número mínimo de módulos es de:

$$N_{min} = \frac{V_{mpp\ min}}{V_{mpp}} = \frac{175\ V}{29,21\ V} = 5,99$$

Con lo cual se pueden en serie de 6 a 18 paneles.

Por la potencia que se necesita en la instalación se calcula la potencia pico que se obtendría con nueve módulos:

$$P_g = 9 \times P_p = 9 \times 240 = 2.160\ W$$

$$\frac{Pg_{pv}}{P_{maxcc}} = \frac{2160}{2100} = 1,028$$

Se cumple que este parámetro está entre 1 y 1,25, por lo que **nueve módulos** es el número óptimo para la instalación.

2. Línea de corriente continua (paneles fotovoltaicos-inversor)

La línea de corriente continua tendrá las siguientes características:

Potencia pico de la instalación: 2,16kW

Tensión línea: $U = 9 \times 29,21 = 262,89V$

Intensidad línea: $I = 1 \times 8,73 = 8,73A$

Longitud: 20 metros

Sección cable: **4 mm²**

Calculo de protecciones en CC

La protección de la línea se realizará mediante fusibles. El calibre del fusible se calcula:

$$I = I_{cc} \times n^{\circ} \text{ de ramas} \times 1,5 = 8,73 \times 1 \times 1,5 = 13,095A$$

Por lo tanto hay que poner un fusible de 16 A.

3. Línea de corriente alterna, inversor-acometida

3.1. Datos generales

Potencia nominal salida inversor: 2000 W

Longitud línea: 12 metros

3.2. Cálculos eléctricos

Criterio de la intensidad admisible (criterio de calentamiento)

La intensidad máxima en régimen permanente que va a circular por el cable va a ser 8,73 A, valor que debe ser incrementado en un 25% según indica el punto 5 de la ITC-BT40 (Instalaciones generadoras de BT) del RBT.

La línea va a ser interior, tipo C, cables unipolares o multipolares sobre bandejas no perforadas. Se deben aplicar también los siguientes coeficientes de corrección:

- Tabla 52-D1: para temperatura ambiente de 40°C y cable tipo XLPE \Rightarrow 1

| Aislamiento | Temperatura ambiente (t _a) (°C) | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 |
| Tipo PVC (termoplástico) | 1,40 | 1,34 | 1,29 | 1,22 | 1,15 | 1,08 | 1,00 | 0,91 | 0,82 | 0,70 | 0,57 |
| Tipo XLPE o EPR (termoestable) | 1,26 | 1,23 | 1,19 | 1,14 | 1,10 | 1,05 | 1,00 | 0,96 | 0,90 | 0,83 | 0,78 |

Fuente: Prysmian (<http://www.prysmian.es>)

- Para instalaciones generadoras se debe aplicar un factor de corrección del 1,25.

Con estos datos aplicamos la formula siguiente:

$$I = 1,25 \times 8,73 = 10,9125A$$

Con este valor se va a la tabla A.52-1bis para obtener la sección.

| Número de conductores con carga y naturaleza del aislamiento | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| A1 | | PVC3 | PVC2 | | XLPE3 | XLPE2 | | | | | | | |
| A2 | | PVC3 | PVC2 | | XLPE3 | XLPE2 | | | | | | | |
| B1 | | | | PVC3 | PVC2 | | XLPE3 | | XLPE2 | | | | |
| B2 | | | PVC3 | PVC2 | | XLPE3 | XLPE2 | | | | | | |
| C | | | | | PVC3 | | PVC2 | XLPE3 | | XLPE2 | | | |
| D* | | | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | PVC3 | | PVC2 | XLPE3 | | XLPE2 | | |
| F | | | | | | | PVC3 | | PVC2 | XLPE3 | | XLPE2 | |
| Cobre | mm ² | 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 | - | - | - | 190 | 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 | |
| 240 | - | - | - | 315 | 350 | 374 | 401 | 435 | 468 | 490 | 552 | 590 | |
| Aluminio | 2,5 | 11,5 | 12 | 13,5 | 14 | 16 | 17 | 18 | 20 | 20 | 22 | 25 | - |
| | 4 | 15 | 16 | 18,5 | 19 | 22 | 24 | 24 | 26,5 | 27,5 | 29 | 35 | - |
| | 6 | 20 | 21 | 24 | 25 | 28 | 30 | 31 | 33 | 36 | 38 | 45 | - |
| | 10 | 27 | 28 | 32 | 34 | 38 | 42 | 42 | 46 | 50 | 53 | 61 | - |
| | 16 | 36 | 38 | 42 | 46 | 51 | 56 | 57 | 63 | 66 | 70 | 83 | - |
| | 25 | 46 | 50 | 54 | 61 | 64 | 71 | 72 | 78 | 84 | 88 | 94 | 105 |
| | 35 | - | 61 | 67 | 75 | 78 | 88 | 89 | 97 | 104 | 109 | 117 | 130 |
| | 50 | - | 73 | 80 | 90 | 96 | 106 | 108 | 118 | 127 | 133 | 145 | 160 |
| | 70 | - | - | - | 116 | 122 | 136 | 139 | 151 | 162 | 170 | 187 | 206 |
| | 95 | - | - | - | 140 | 148 | 167 | 169 | 183 | 197 | 207 | 230 | 251 |
| | 120 | - | - | - | 162 | 171 | 193 | 196,5 | 213 | 228 | 239 | 269 | 293 |
| | 150 | - | - | - | 187 | 197 | 223 | 227 | 246 | 264 | 277 | 312 | 338 |
| | 185 | - | - | - | 212 | 225 | 236 | 250 | 281 | 301 | 316 | 359 | 388 |
| | 240 | - | - | - | 248 | 265 | 300 | 306 | 332 | 355 | 372 | 429 | 461 |

Al ser una instalación monofásica con cable XLPE de CU la tabla nos lleva a una sección de 1,5mm².

Criterio de caída de tensión

En el punto 5 de la ITC-BT40 del RBT dice que “la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la red de distribución pública o a la instalación interior no será superior al 1,5% para la intensidad nominal”.

La caída de tensión admisible será:

$$e = 0,015 \times 230 = 3,45V$$

Se aplica la fórmula para calcular la sección:

$$S = \frac{2 \times P \times L}{\gamma \times e \times U}$$

Siendo:

L=longitud de la línea: 12 metros

P= Potencia en W: 2000 W

γ =conductividad del cobre: 48m/Ωxmm²

e=caída de tensión máxima: 3,45 V

$$S = \frac{2 \times 12 \times 2000}{48 \times 3,45 \times 230} = 1,26 \text{ mm}^2$$

La siguiente sección comercial es la de 1,5 mm².

Con lo que finalmente la sección de la línea será de **1,5 mm²**.

Calculo de protecciones en CA

El calibre del magnetotérmico será el valor del consumo real multiplicado por 1,3, según aconsejan algunos fabricantes:

$$I = 1,3 \times I_N$$

Por lo que para esta instalación se tiene:

$$I_{Mag} = I_{paso} \times 1,3 \times n^{\circ} \text{ de ramas} = 12 \times 1,3 \times 1 = 15,6 \text{ A}$$

Con lo que resulta un magnetotérmico de 16 A.

Se adjunta esquema unifilar de la instalación en el plano número 13

ANEXO 2. PRESUPUESTO Y AMORTIZACIÓN

1. Instalación solar fotovoltaica

1.1. Presupuesto

| Ud. | Cantidad | Descripción | Precio Ud. | Total |
|----------------------|----------|-------------------------------------|------------|----------------|
| Ud. | 9 | Módulo policristalino Atersa A-240P | 358 € | 3.222 € |
| Ud. | 1 | Inversor Sunny Boy 2000HF | 1.030 € | 1.030 € |
| Ud. | 1 | Instalación eléctrica y estructura | 500 € | 500 € |
| Importe total | | | | 4.752 € |

1.2. Amortización

Para el cálculo de la amortización se ha estimado el ahorro en energía eléctrica al año, utilizando la tarifa eléctrica actualizada a abril de 2013.

| | Consumo actual (kWh) | Energía que hay que pagar (kWh) | Energía ahorrada con la instalación (kWh) |
|-----------------|----------------------|---------------------------------|---|
| 18/19 enero | 20,812 | 13,406 | 7,406 |
| 31-ene | 10,009 | 3,582 | 6,427 |
| 14 mayo (uso) | 20,812 | 6,309 | 14,503 |
| 14 mayo (vacía) | 10,009 | 2,961 | 7,048 |

| | | | |
|---|-----|------------|--------------------|
| Invierno: de octubre a marzo (6 meses) | | | |
| Días de uso | 60 | 7,406 kWh | 444,36 kWh |
| Días vacía | 120 | 6,427 kWh | 771,24 kWh |
| Verano: de abril a septiembre (6 meses) | | | |
| Días de uso | 50 | 14,503 kWh | 725,15 kWh |
| Días vacía | 140 | 7,048 kWh | 986,72 kWh |
| Total ahorro de energía eléctrica al año | | | 2927,47 kWh |

Precio kWh abril 2013 = 0,138658 €

Amortización anual = 2927,35192 x 0,138658 = **405,90 €**

| Año | Amortización anual | Amortización acumulada | Inmovilizado neto |
|-----|--------------------|------------------------|-------------------|
| 0 | - | - | 4.752,00 € |
| 1 | 405,90 € | 405,90 € | 4.346,10 € |
| 2 | 405,90 € | 811,80 € | 3.940,20 € |
| 3 | 405,90 € | 1.217,70 € | 3.534,30 € |
| 4 | 405,90 € | 1.623,60 € | 3.128,40 € |
| 5 | 405,90 € | 2.029,50 € | 2.722,50 € |
| 6 | 405,90 € | 2.435,40 € | 2.316,60 € |
| 7 | 405,90 € | 2.841,31 € | 1.910,69 € |
| 8 | 405,90 € | 3.247,21 € | 1.504,79 € |

| | | | |
|-----------|-----------------|-------------------|------------|
| 9 | 405,90 € | 3.653,11 € | 1.098,89 € |
| 10 | 405,90 € | 4.059,01 € | 692,99 € |
| 11 | 405,90 € | 4.464,91 € | 287,09 € |
| 12 | 405,90 € | 4.870,81 € | 0 € |

Se observa que la instalación queda amortizada en 12 años, quedándole aun a la instalación unos 13 años de vida útil.

2. Instalación solar térmica

2.1. Presupuesto

| Ud. | Cantidad | Descripción | Precio Ud. | Total |
|----------------------|----------|--|------------|----------------|
| Ud. | 1 | Equipo compacto Saunier Duval, modelo HelioBlock 150/1 | 1.395 € | 1.395 € |
| Ud. | 1 | Anclajes para un captador | 111 € | 111 € |
| Ud. | 1 | Resistencia eléctrica para acumulador | 98 € | 98 € |
| Ud. | 1 | Instalación fontanería | 300 € | 300 € |
| Importe total | | | | 1.904 € |

2.2. Amortización

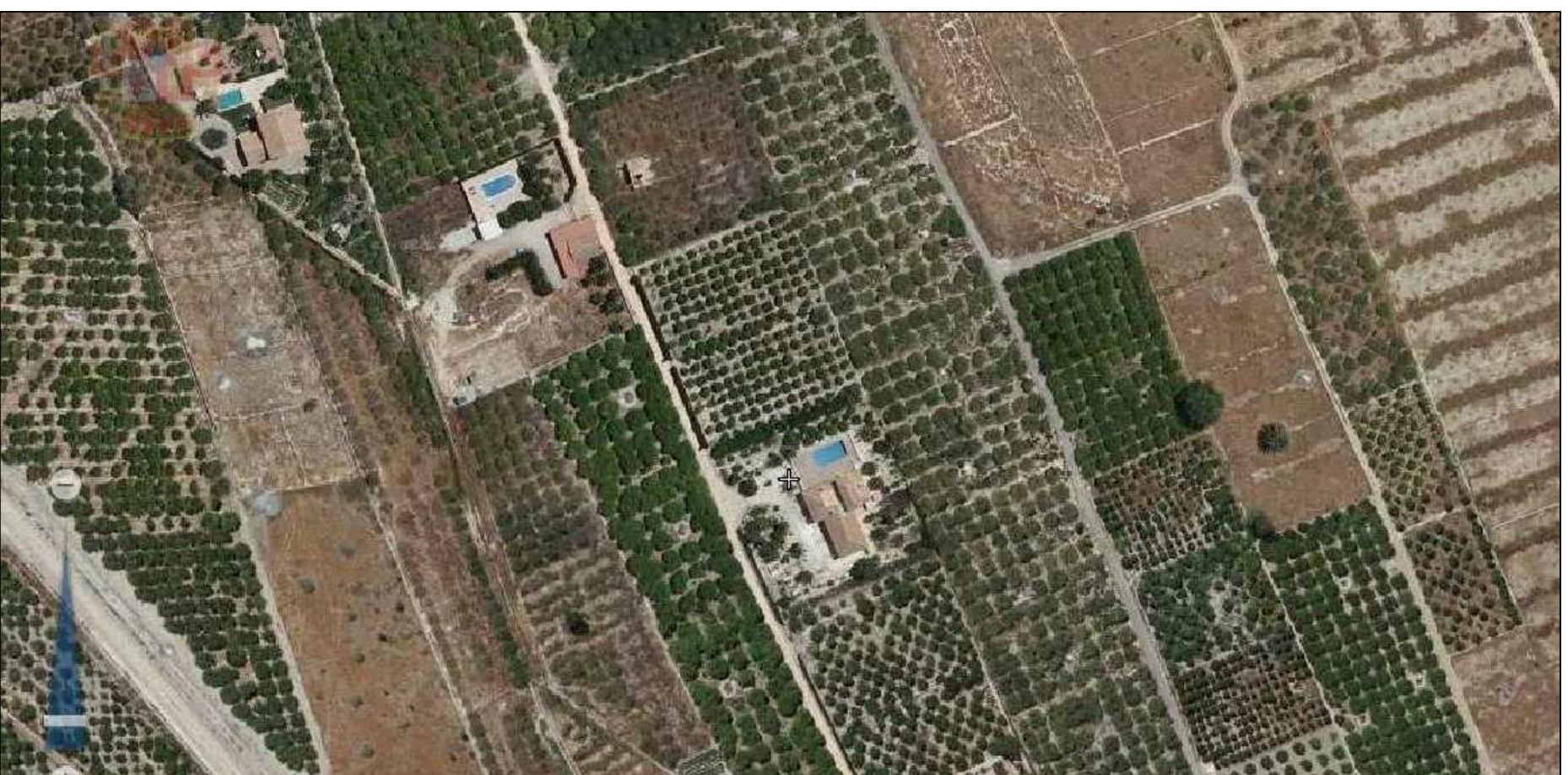
| Litros por carga (l) | Nº cargas al año | Consumo anual (l) | Precio gasoil (enero 2013) | Gasto al año | % Ahorro con instalación | Ahorro económico anual |
|----------------------|------------------|-------------------|----------------------------|--------------|--------------------------|------------------------|
| 680 | 2 | 1360 | 0,7892562 € | 1.073,39 € | 50 | 536,69 € |


| Año | Amortización anual | Amortización acumulada | Inmovilizado neto |
|----------|--------------------|------------------------|-------------------|
| 0 | - | - | 1.904,00 € |
| 1 | 536,69 € | 536,69 € | 1.367,31 € |
| 2 | 536,69 € | 1.073,39 € | 830,61 € |
| 3 | 536,69 € | 1.610,08 € | 293,92 € |
| 4 | 536,69 € | 2.146,78 € | - € |

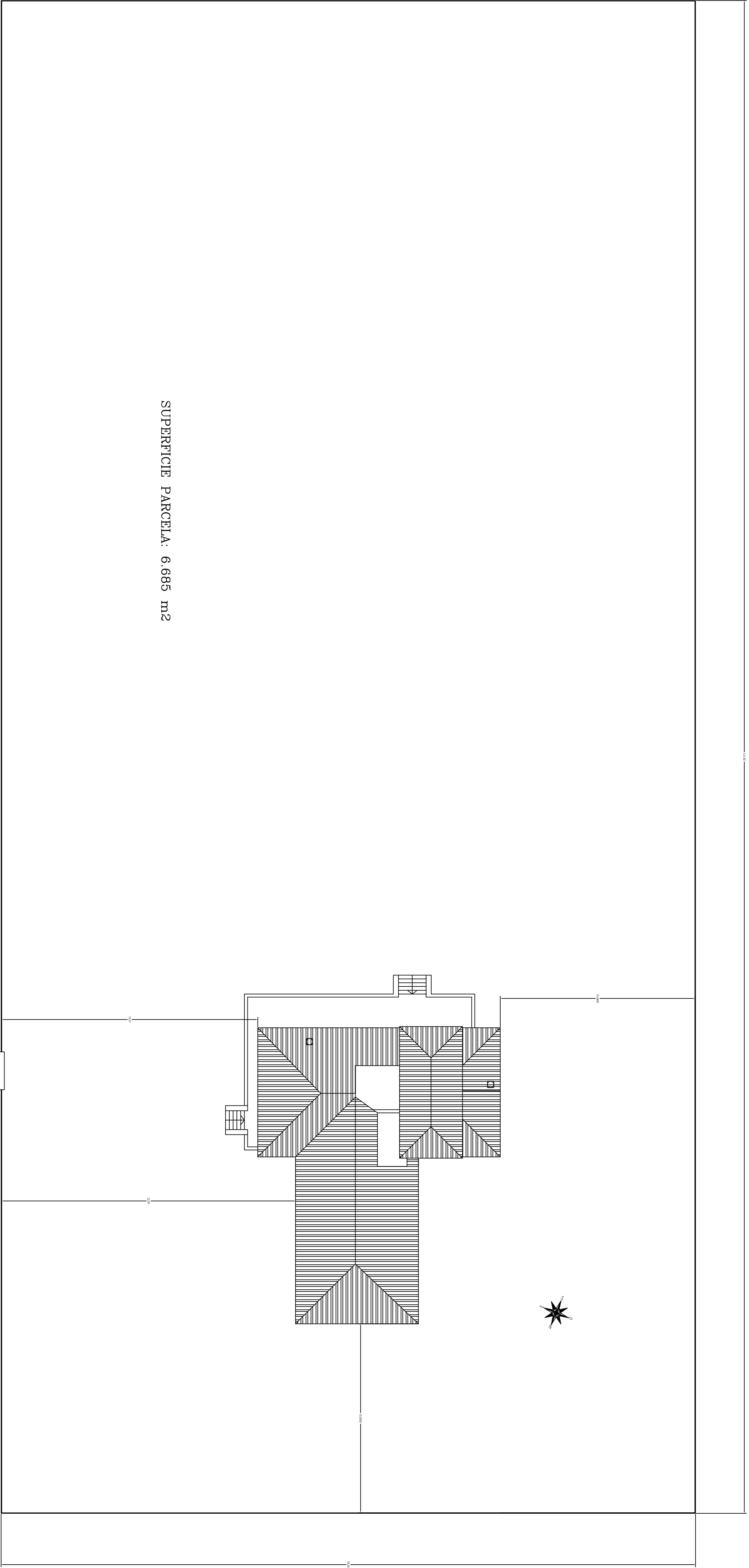
Esta instalación quedará amortizada en 4 años, quedándole aun una vida útil de 16 años.


ANEXO 3. Planos

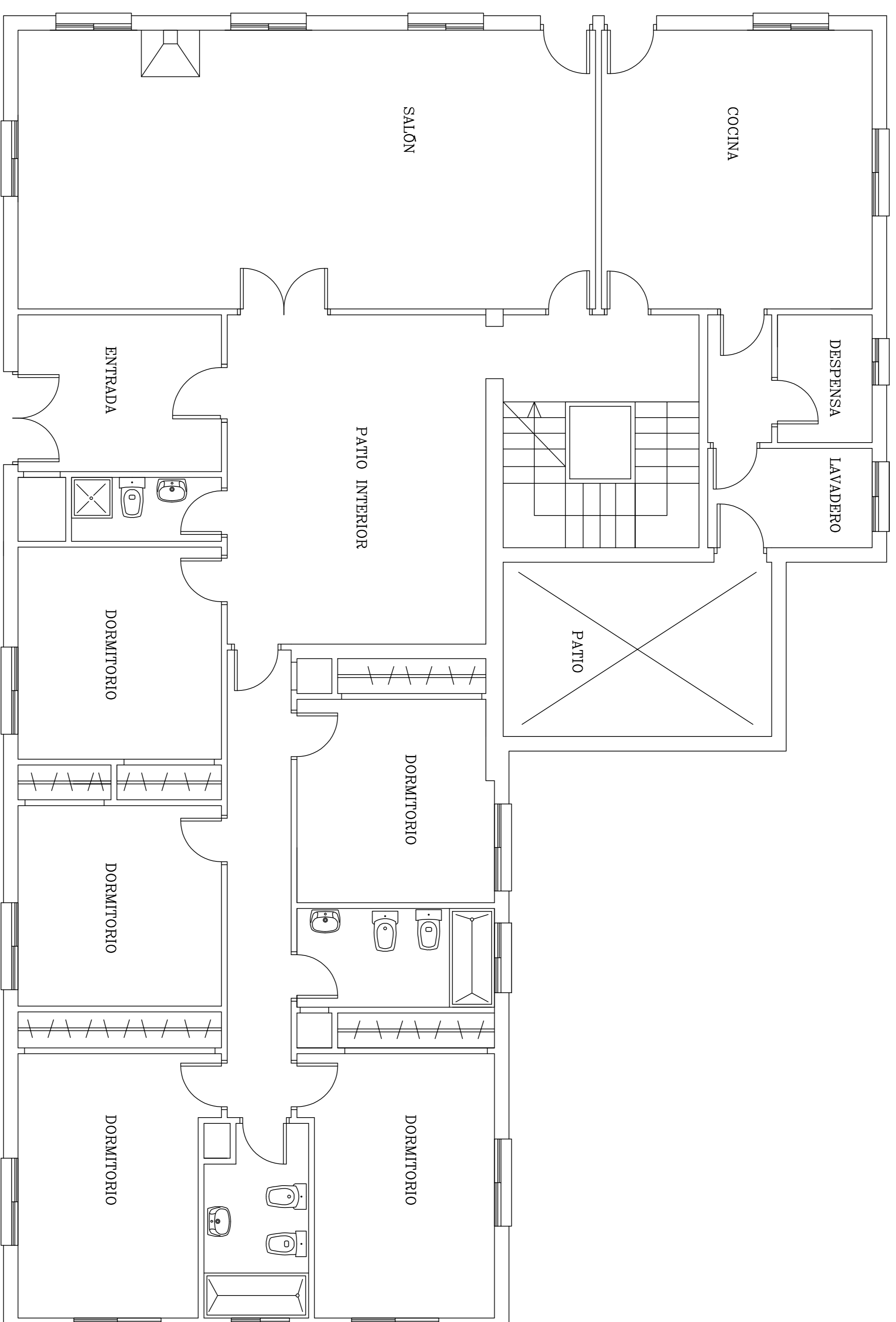
1. Situación.
2. Emplazamiento.
3. Planta baja, usos
4. Planta altillo, usos
5. Planta semisótano, usos
6. Planta de cubierta
7. Detalle cubiertas instalaciones, cotas
8. Plano de alzados norte y sur
9. Plano de alzados este y oeste
10. Plano de secciones
11. Plano emplazamiento instalaciones solares.
12. Detalle emplazamiento instalaciones solares, cotas
13. Esquema unifilar instalación fotovoltaica




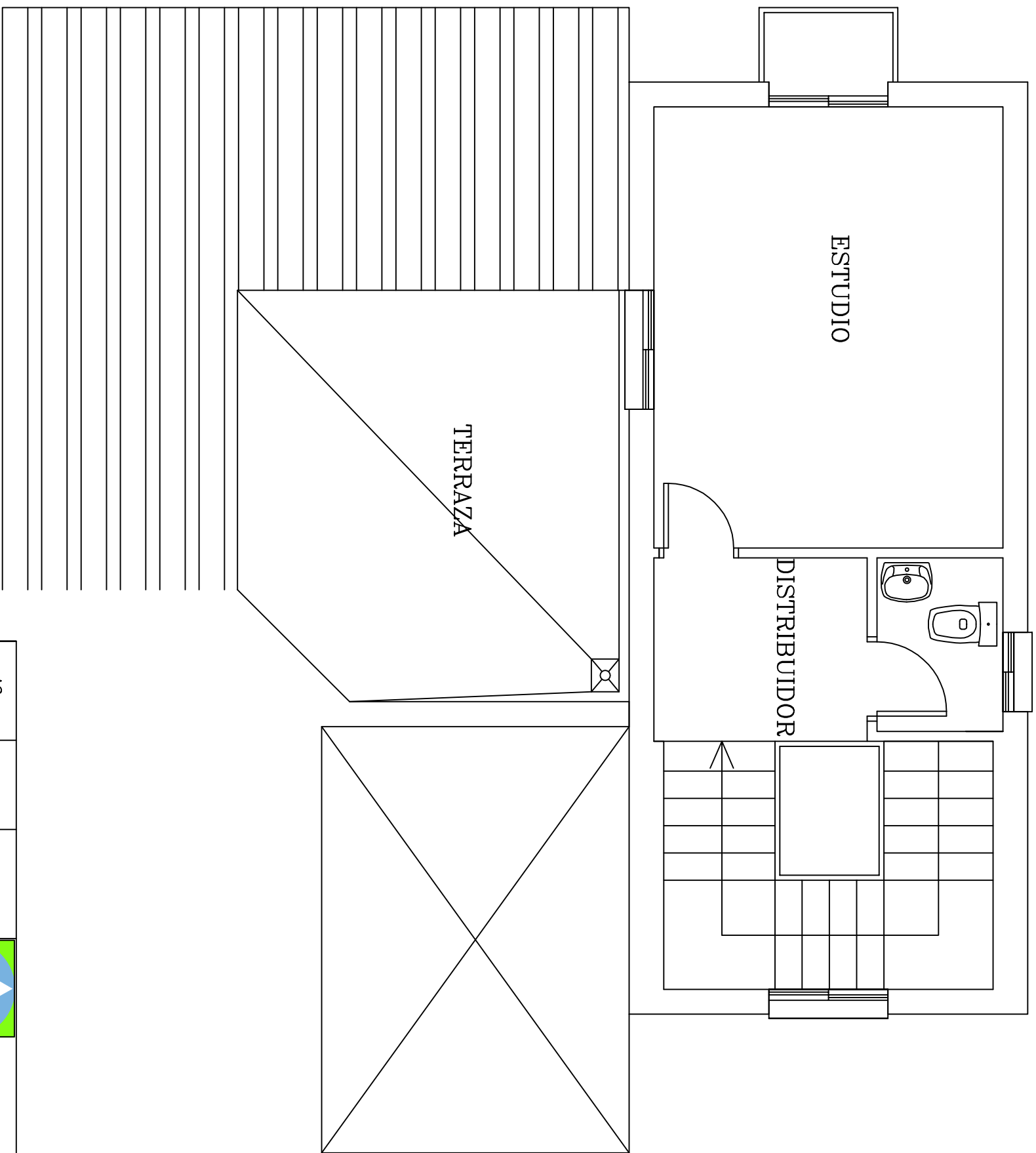
| | | | | |
|----------|---------------------------|---------------|---|---|
| A3 | Fecha | Nombre |  | ESTUDIO DE IMPALNTACION DE AUTOCONSUMO CON FUENTES DE ENERGIA RENOVABLES EN VIVIENDA UNIFAMILIAR |
| Dibujado | Jun - 2013 | M.D. Martínez | | |
| Escala | PLANO DE SITUACION | | | n.º Plano |
| S/E | | | | 1 |



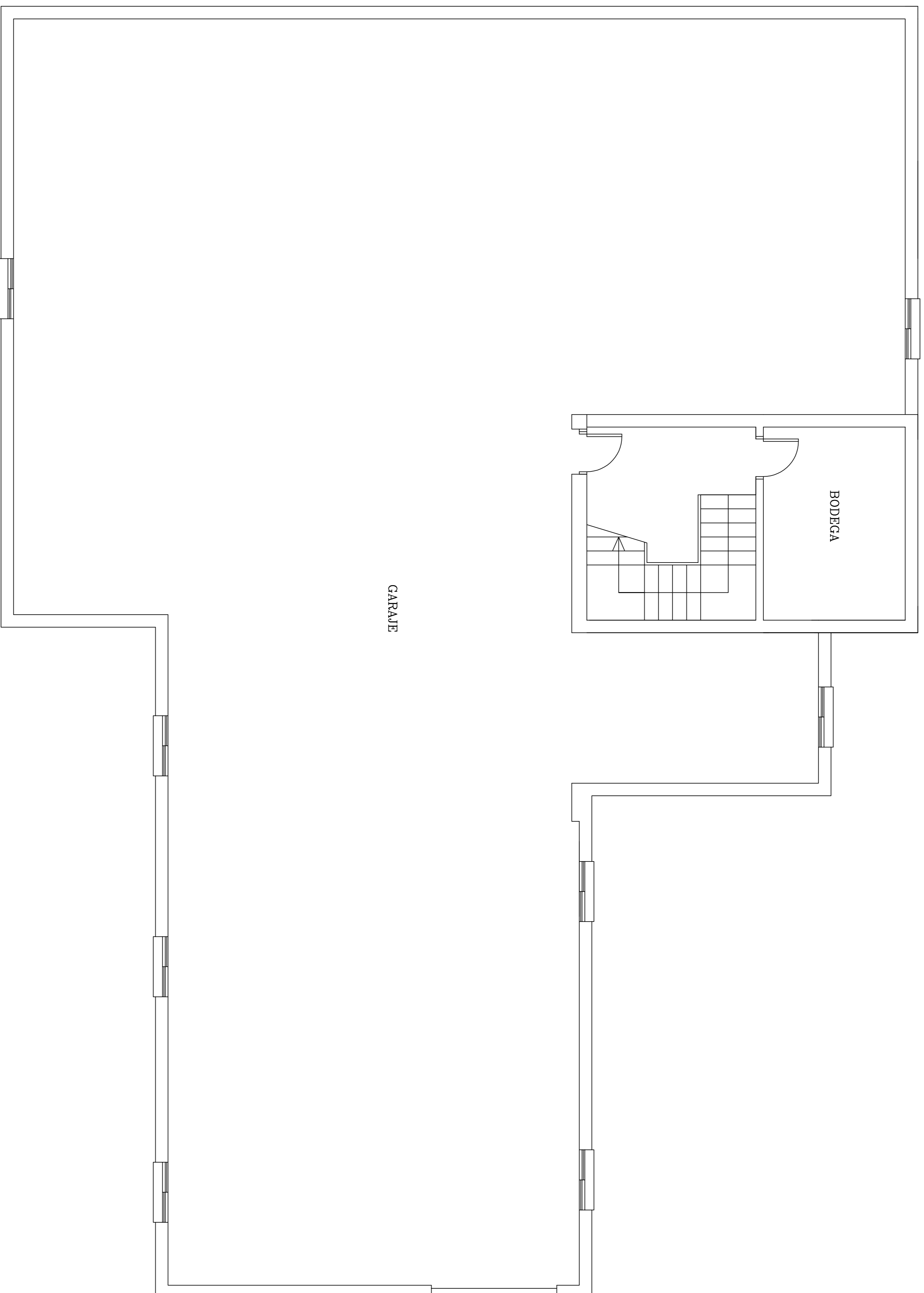
| | | | | |
|----------|----------|--------------|---|--|
| Al | Fecha | Nombre |  | ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN DE AUTOCONSUMO CON FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES EN VIVIENDA UNIFAMILIAR |
| Dibujado | Jun-2019 | M.D.Martinez | | |
| Escala | | | PLANO DE EMPLAZAMIENTO | |
| 1/200 | | | | |



| | | | |
|----------|----------|--------------|---|
| Al | Fecha | Nombre |  ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN DE AUTOCONSUMO CON FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES EN VIVIENDA UNIFAMILIAR |
| Dibujado | Jun-2013 | M.D.Martínez | |
| Escala | | | PLANTA BAJA, USOS |
| 1/50 | | | |
| | | | 3 |




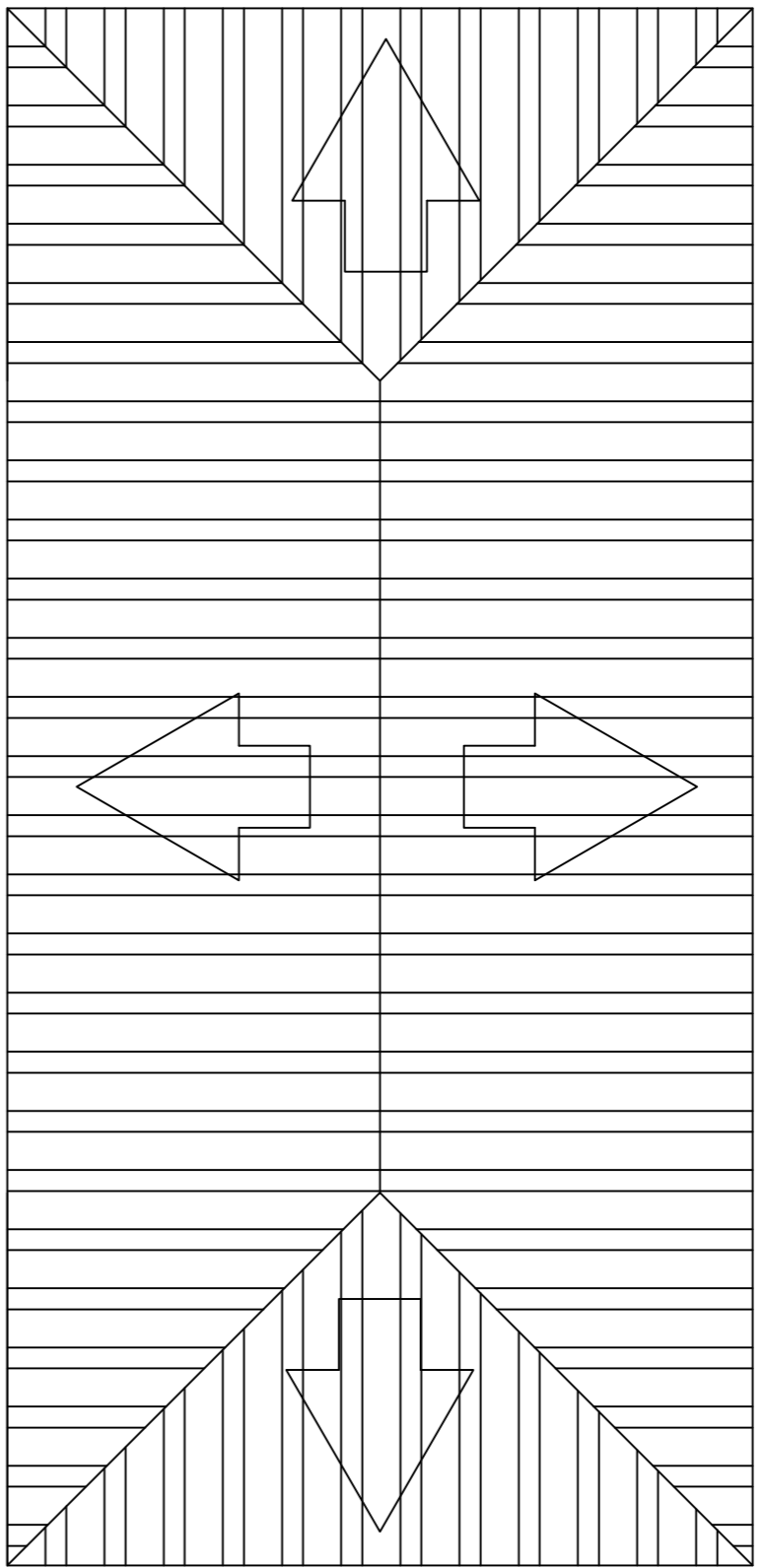
| | | | |
|----------|----------|--------------|---|
| A3 | Fecha | Nombre |  ESTUDIO DE IMPALANTACION DE AUTOCONSUMO CON FUENTES DE ENERGIA RENOVABLES EN VIVIENDA UNIFAMILIAR |
| Dibujado | Jun-2013 | M.D.Martínez | |
| Escala | | | PLANTA DE ALTILLO, USOS |
| 1/50 | | | |



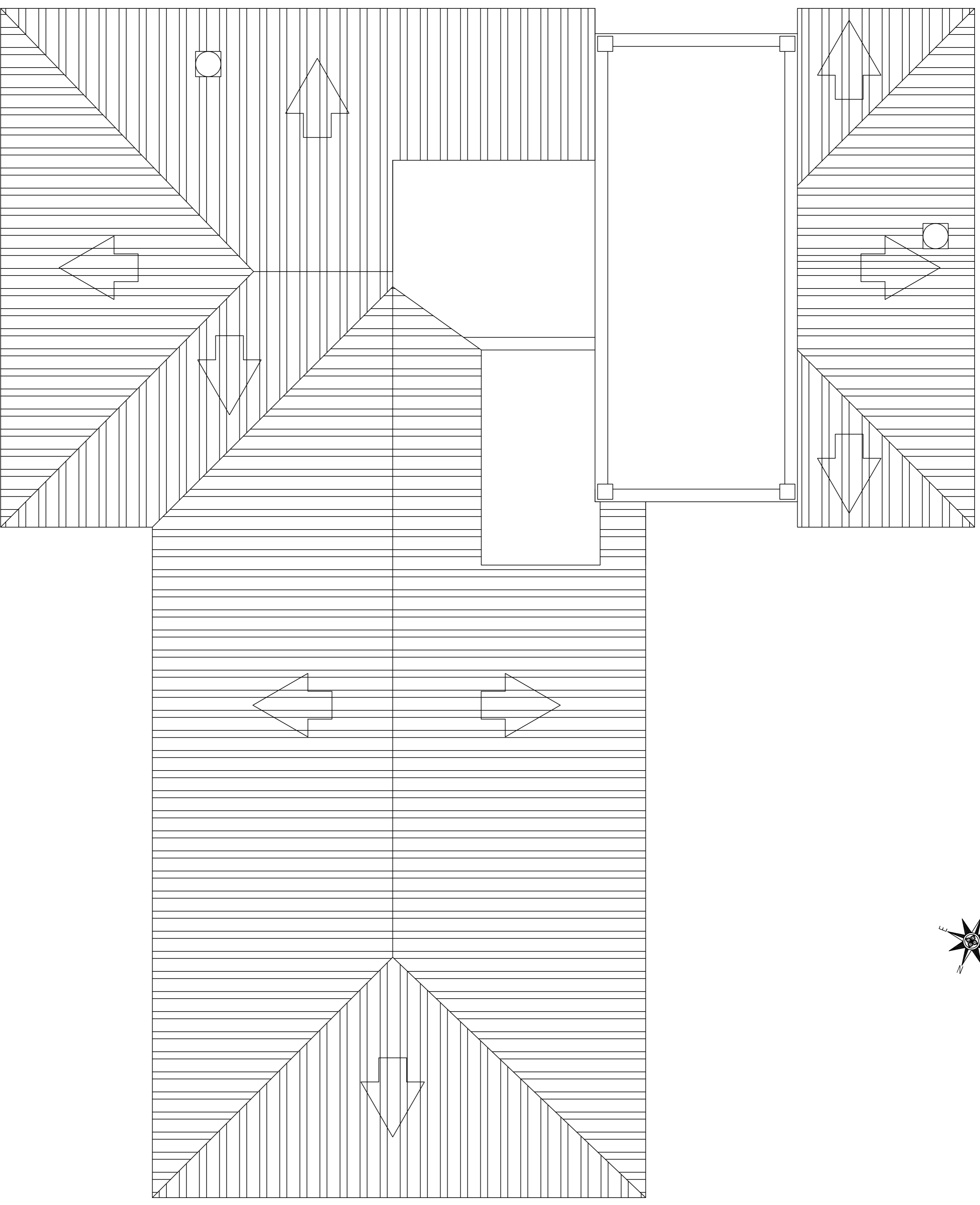
GARAJE

BODEGA

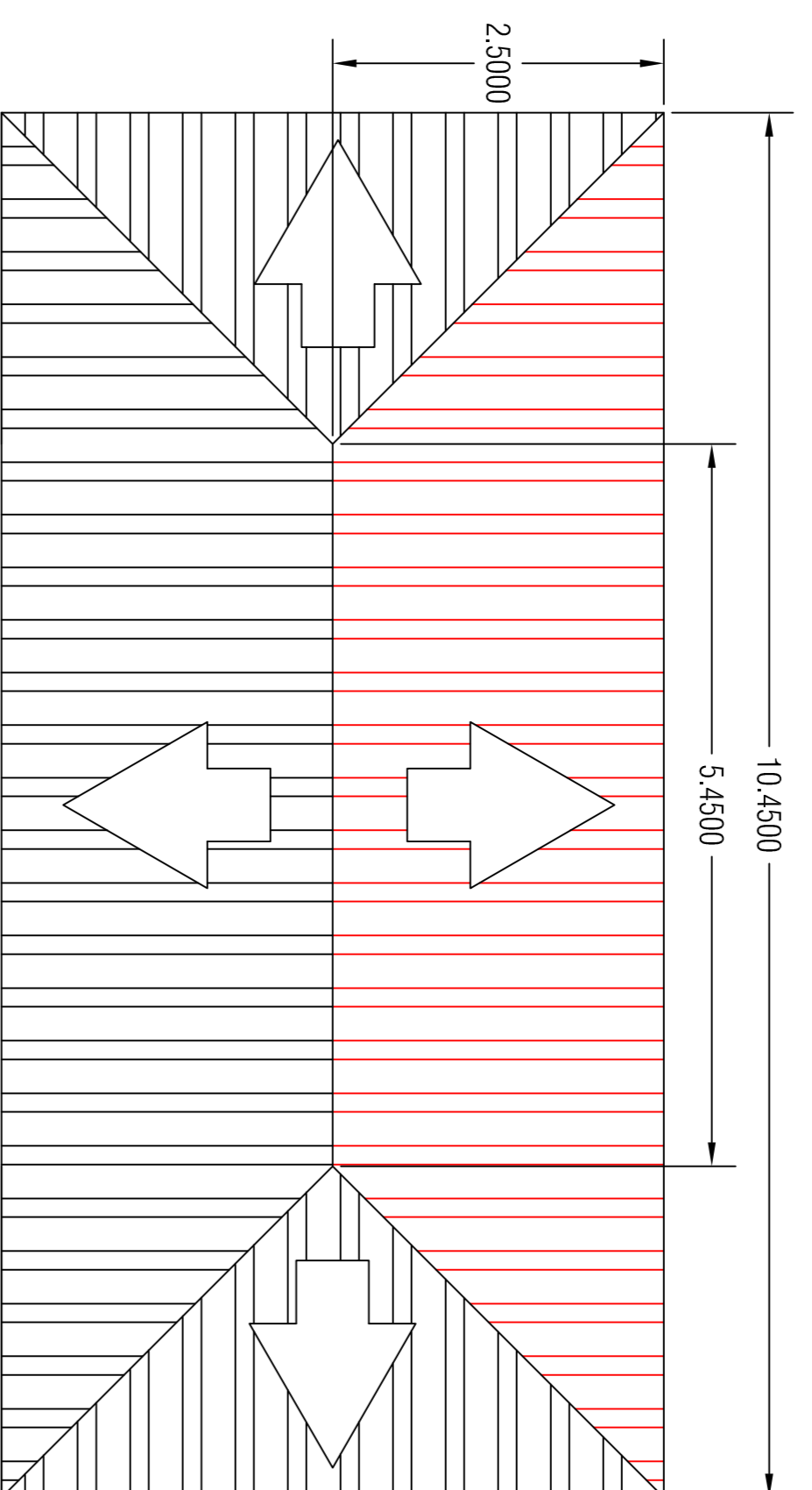
| | | | |
|----------|----------|--------------|---|
| Al | Fecha | Nombre |  ESTUDIO DE IMPLANTACION DE AUTOCONSUMO CON FUENTES DE ENERGIA RENOVABLES EN VIVIENDA UNIFAMILIAR |
| Dibujado | Jun-2019 | M.D.Martinez | |
| Escala | | | |
| 1/50 | | | PIANTA SEMISOTANO, USOS |
| | | | nº Plano |
| | | | 5 |



CUBIERTA DE ATILLO

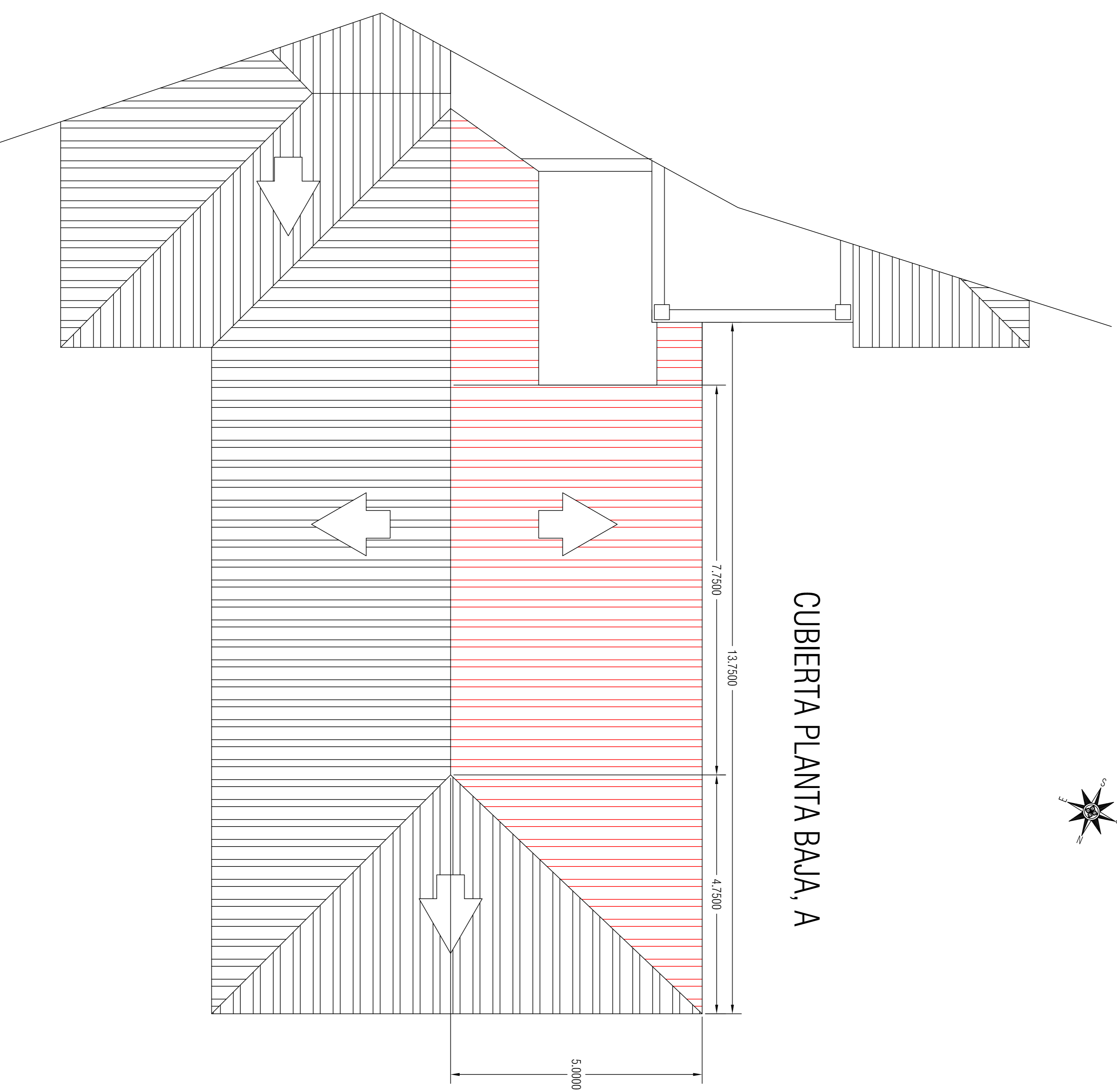


| | | | | |
|----------|----------|--------------------|---|--|
| Al | Fecha | Nombre |  | ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN DE AUTOCONSUMO CON FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES EN VIVIENDA UNIFAMILIAR |
| Dibujado | Jun-2019 | M.D.Martinez | | |
| Escala | | PLANTA DE CUBIERTA | | nº Plano |
| 1/50 | | | | 6 |

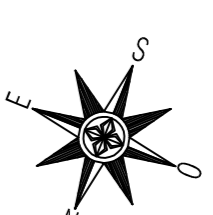


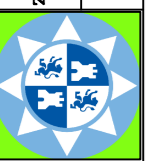
CUBIERTA DE ALTILLO, B

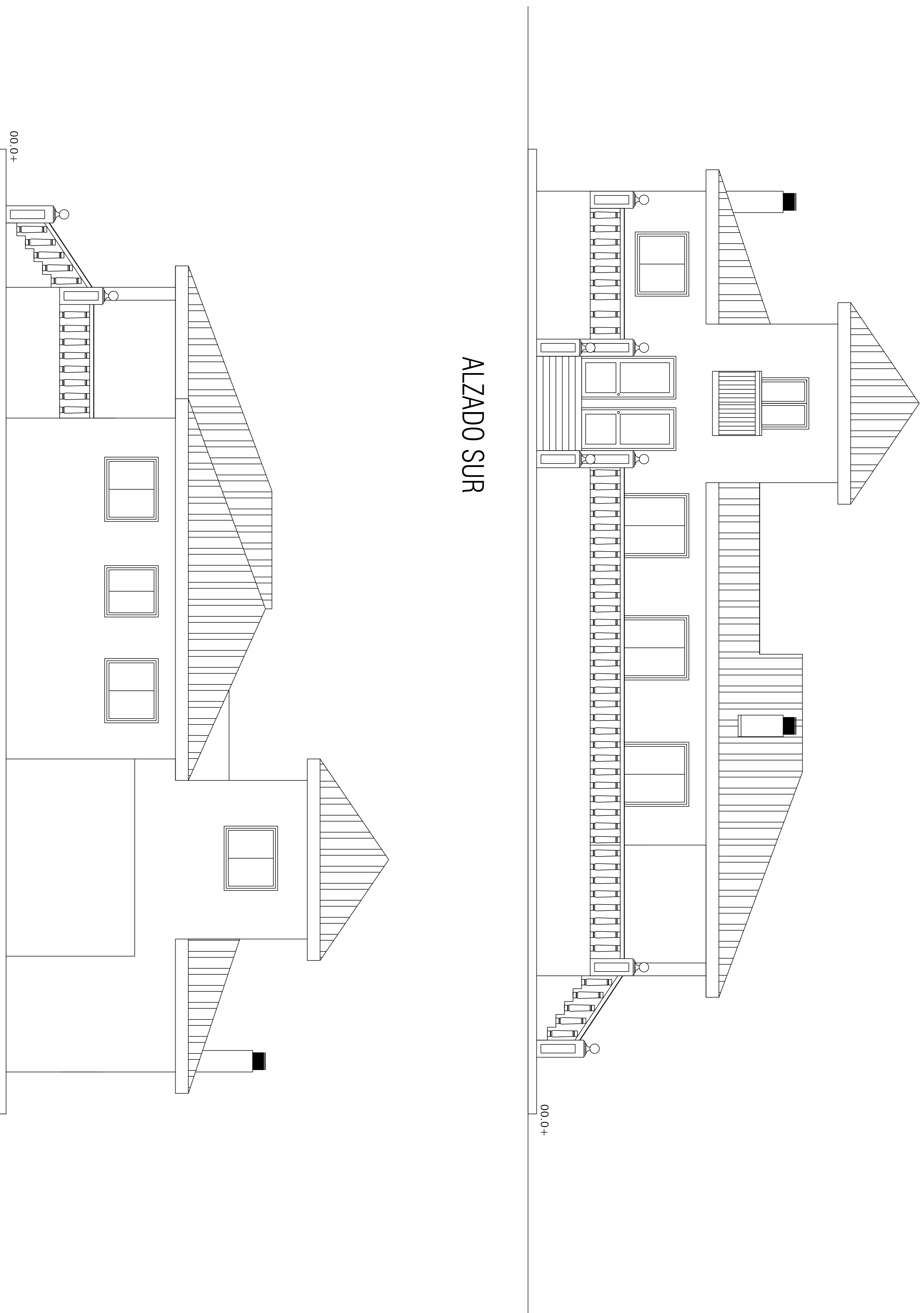
INCLINACIÓN CUBIERTAS: 22°



CUBIERTA PLANTA BAJA, A




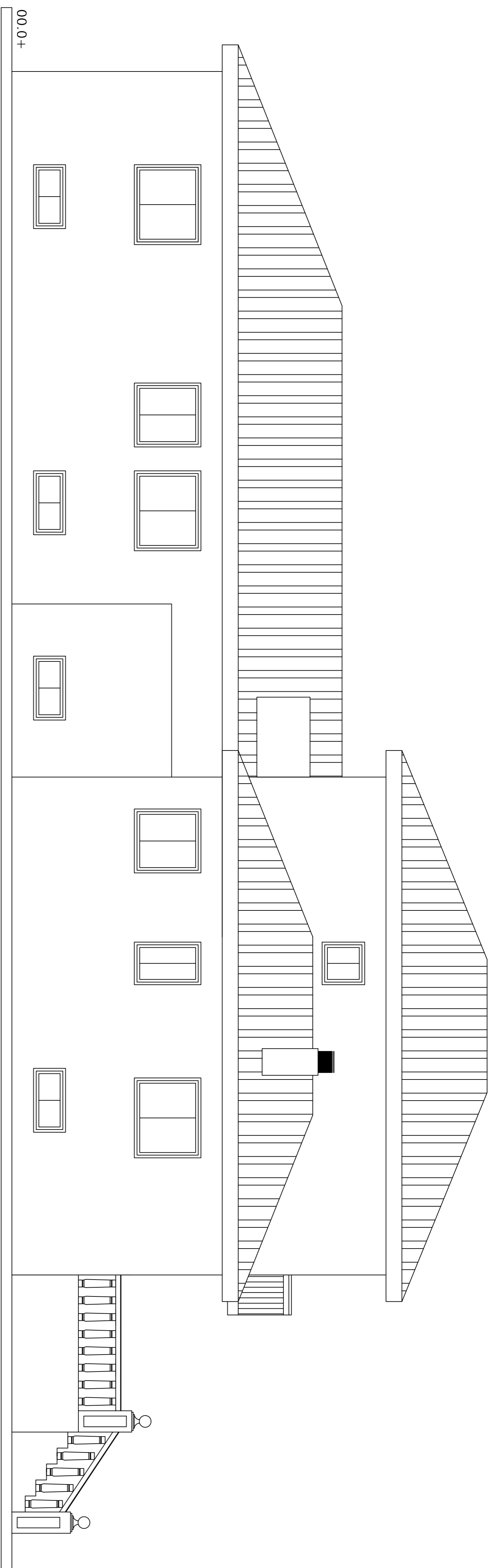
| AI | Fecha | Nombre | |
|----------|----------|--|--|
| Dibujado | Jun-2013 | M.D. Martínez |  ESTUDIO DE IMPLANTACION DE AUTOCONSUMO CON FUENTES DE ENERGIA RENOVABLES EN VIVIENDA UNIFAMILIAR |
| Escala | 1/50 | DETALLE CUBIERTAS INSTALACIONES, COTAS | |



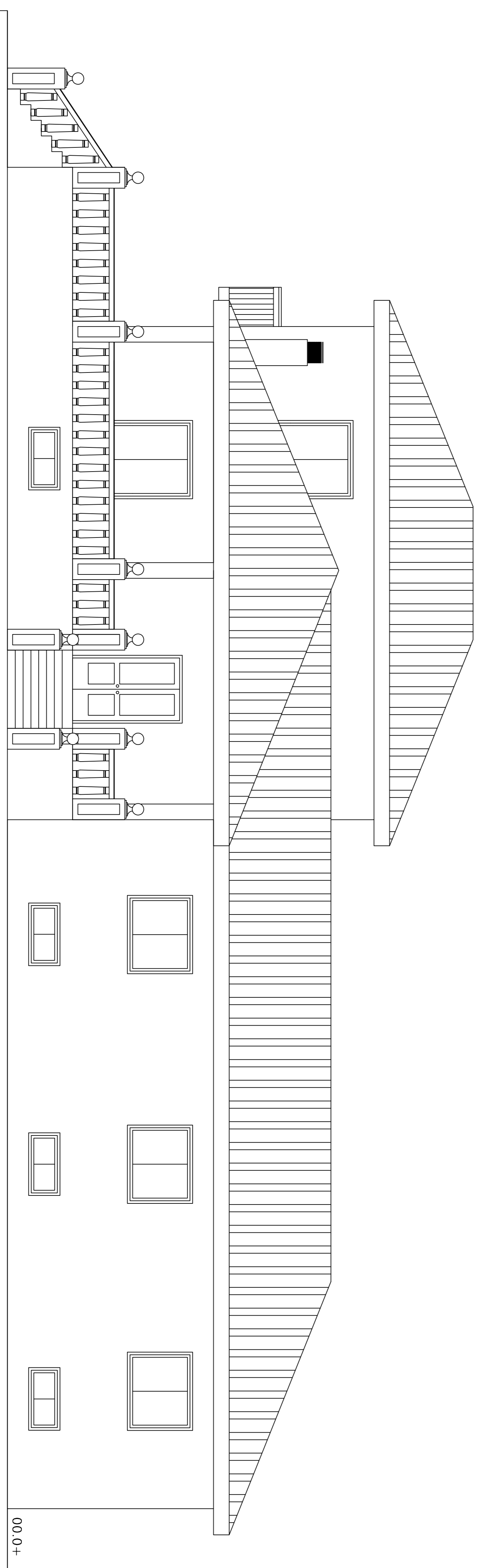
ALZADO SUR

ALZADO NORTE


| | | | |
|----------|----------|--------------|--|
| Al | Fecha | Nombre |  ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN DE AUTOCONSUMO CON FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES EN VIVIENDA UNIFAMILIAR |
| Dibujado | Jun-2013 | M.D.Martinez | |
| Escala | | | PLANO DE ALZADOS NORTE Y SUR |
| 1/50 | | | nº Plano |
| | | | 8 |

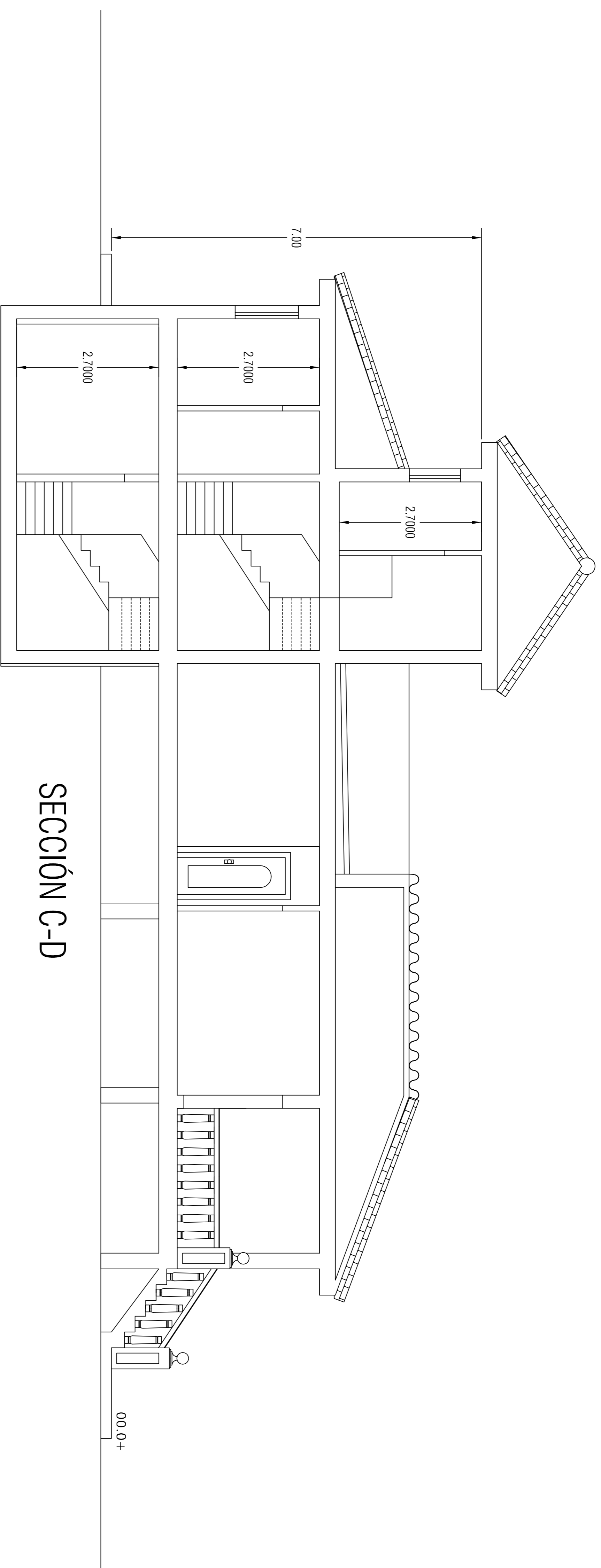


ALZADO OESTE

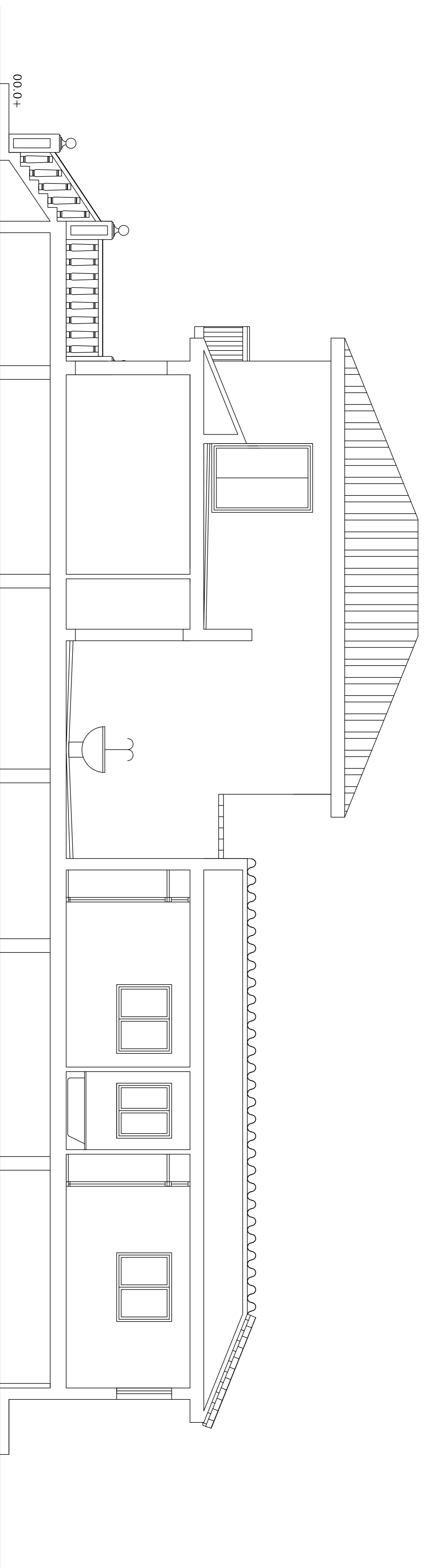


ALZADO ESTE


| Al | Fecha | Nombre |  ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN DE AUTOCONSUMO CON FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES EN VIVIENDA UNIFAMILIAR | n.º Plano 9 |
|----------|----------|--------------|---|-----------------------|
| Dibujado | Jun-2019 | M.D.Martinez | | |
| Escala | | | PLANO DE ALZADOS ESTE Y OESTE | |
| 1/50 | | | | |

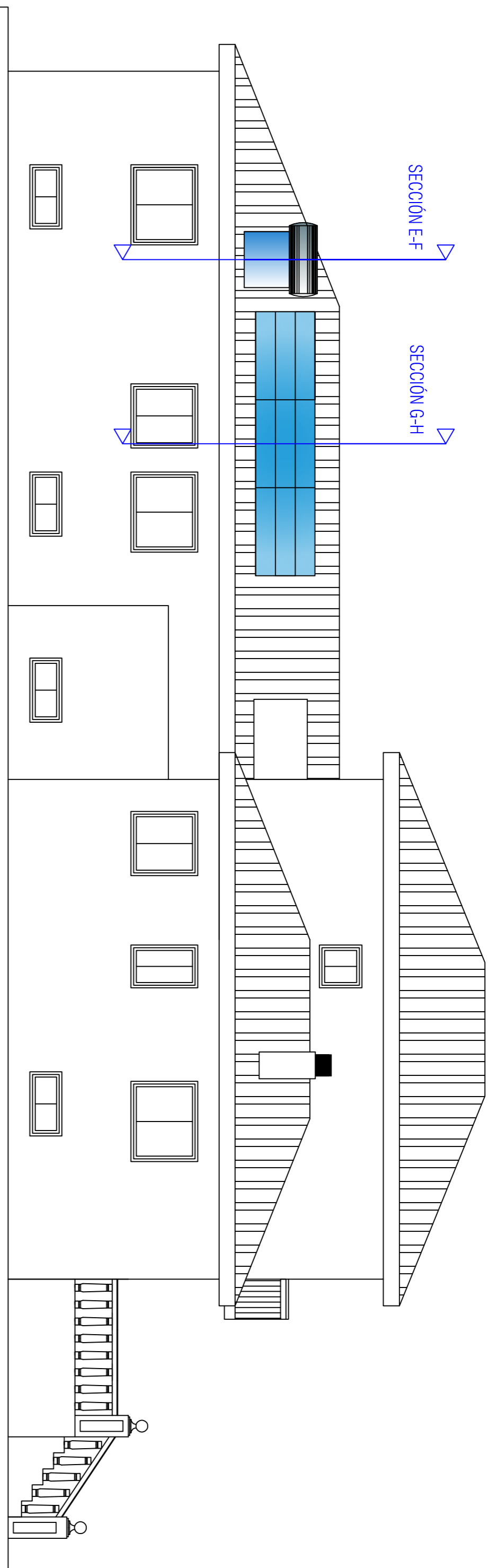


SECCIÓN C-D

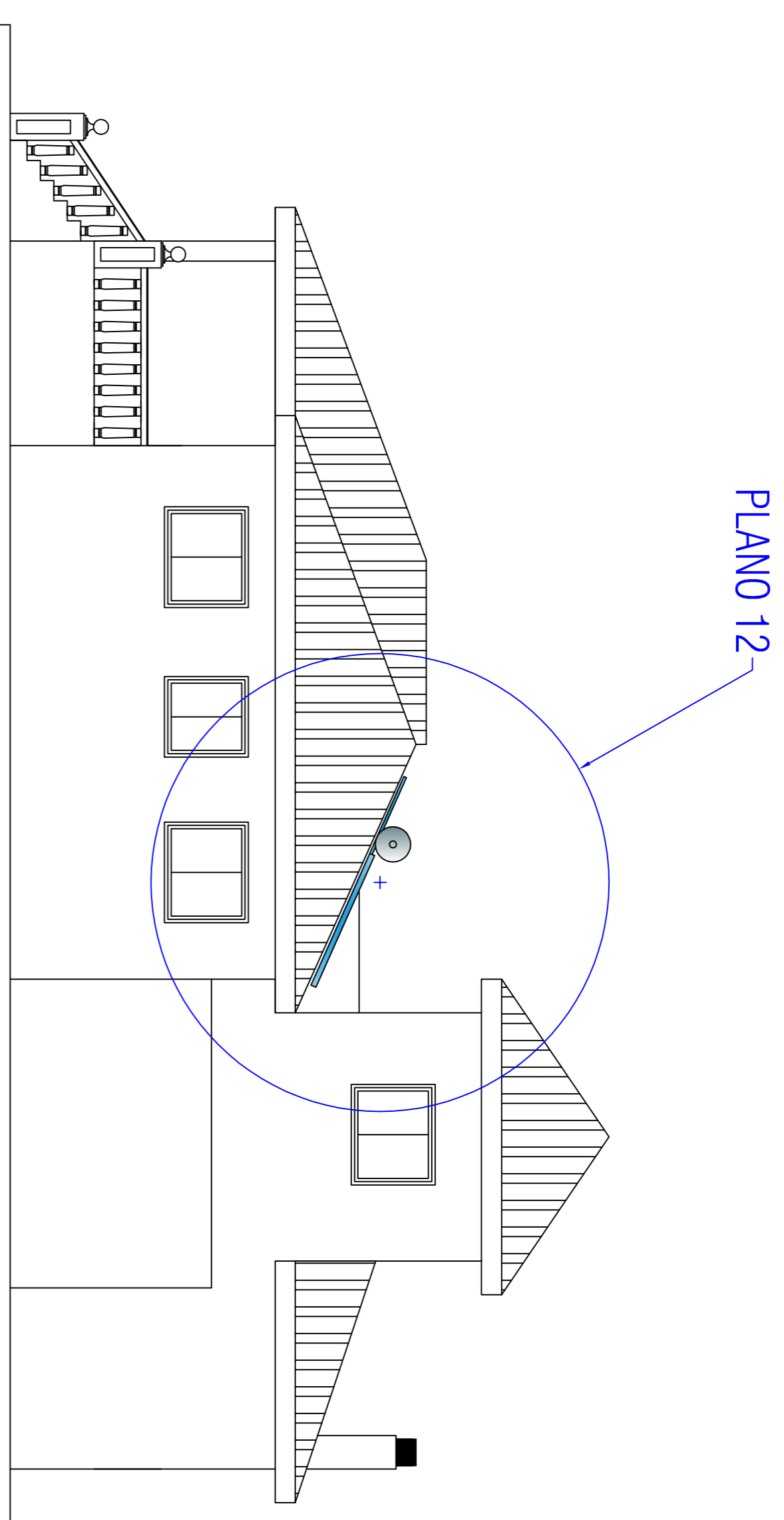


SECCIÓN A-B

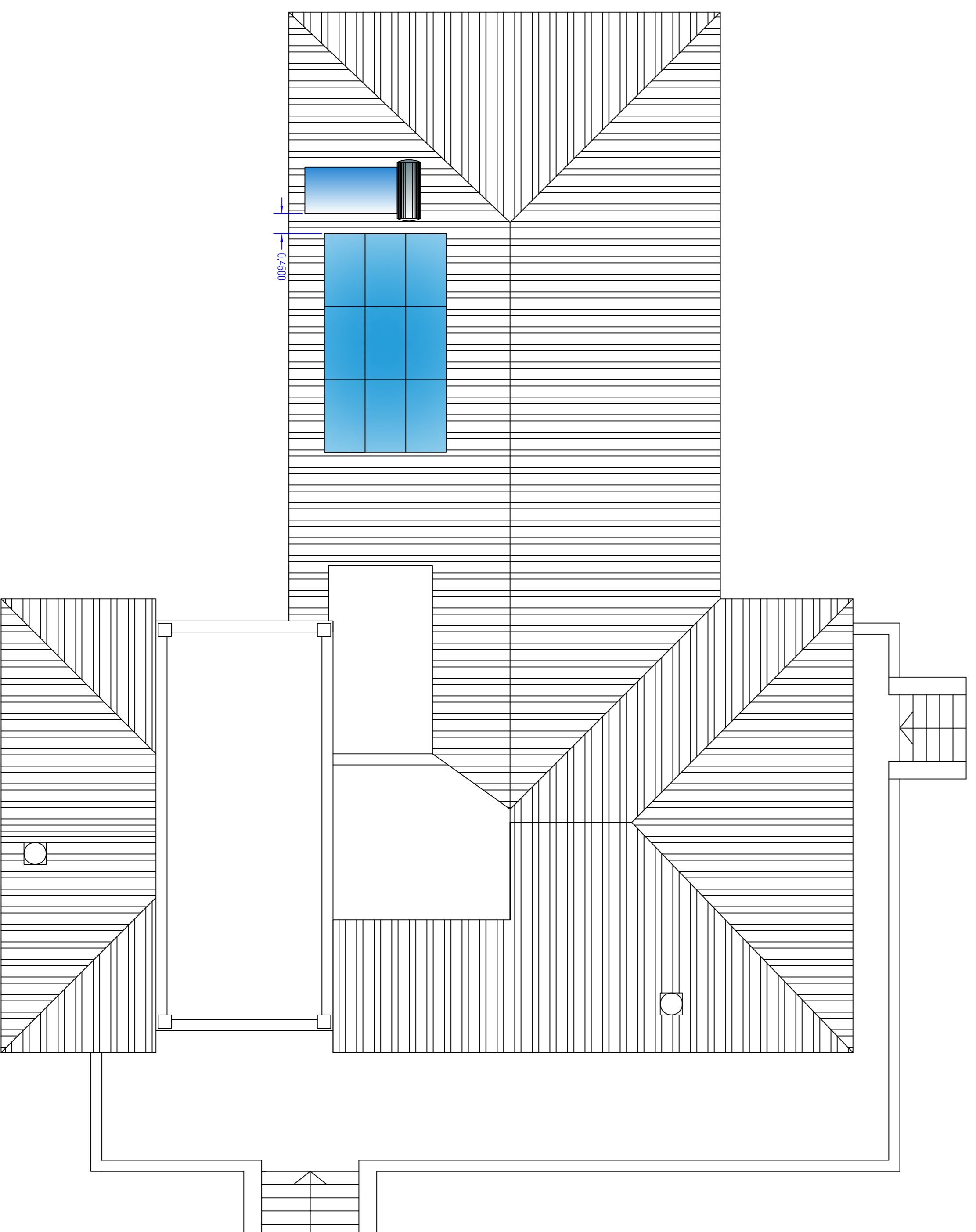
| AI | Fecha | Nombre |  ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN DE AUTOCONSUMO CON FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES EN VIVIENDA UNIFAMILIAR |
|----------|----------|--------------|---|
| Dibujado | Jun-2013 | M.D.Martinez | |
| Escala | | | PLANO DE SECCIONES |
| 1/50 | | | |




ALZADO OESTE



ALZADO NORTE

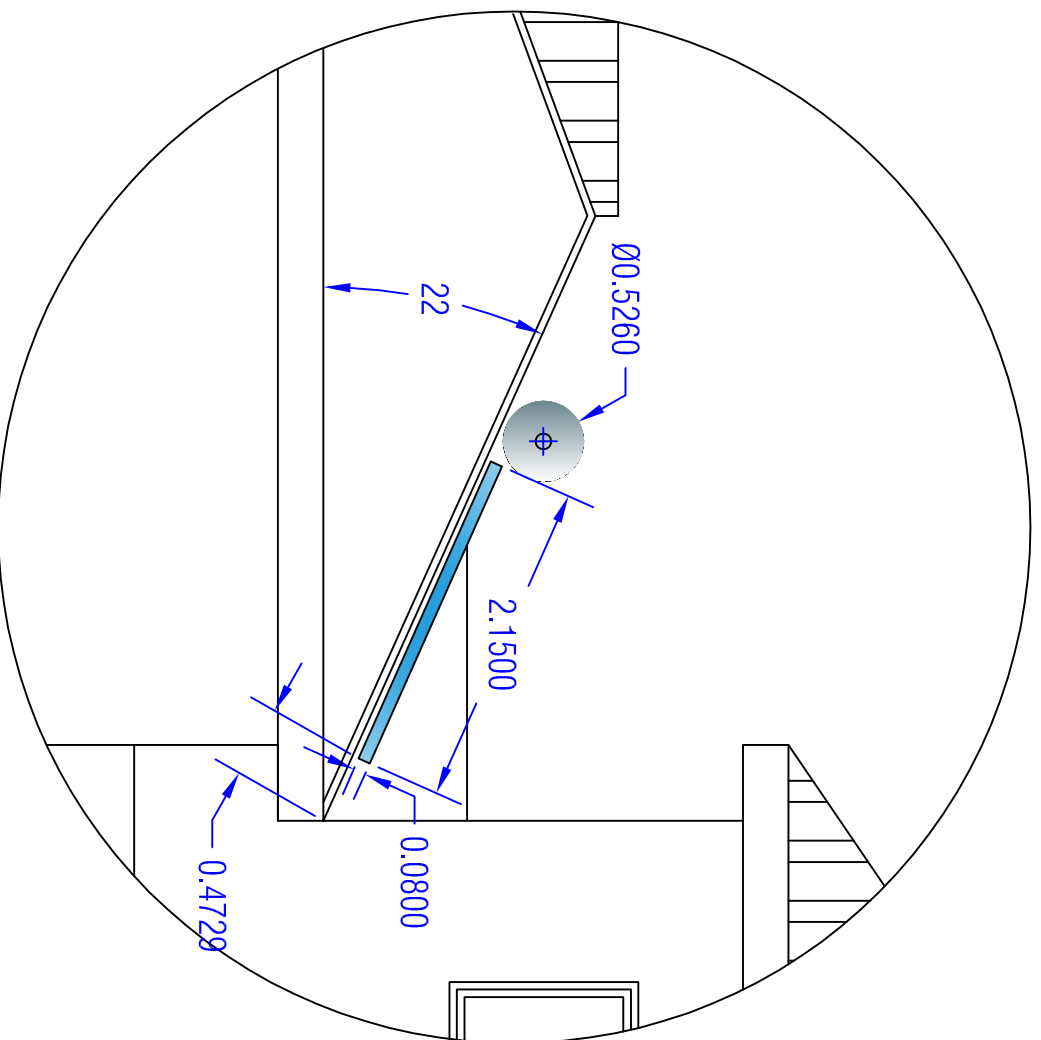


| Al | Fecha | Nombre |  |
|----------|----------|--------------|---|
| Dibujado | Jun-2013 | M.D.Martinez | |

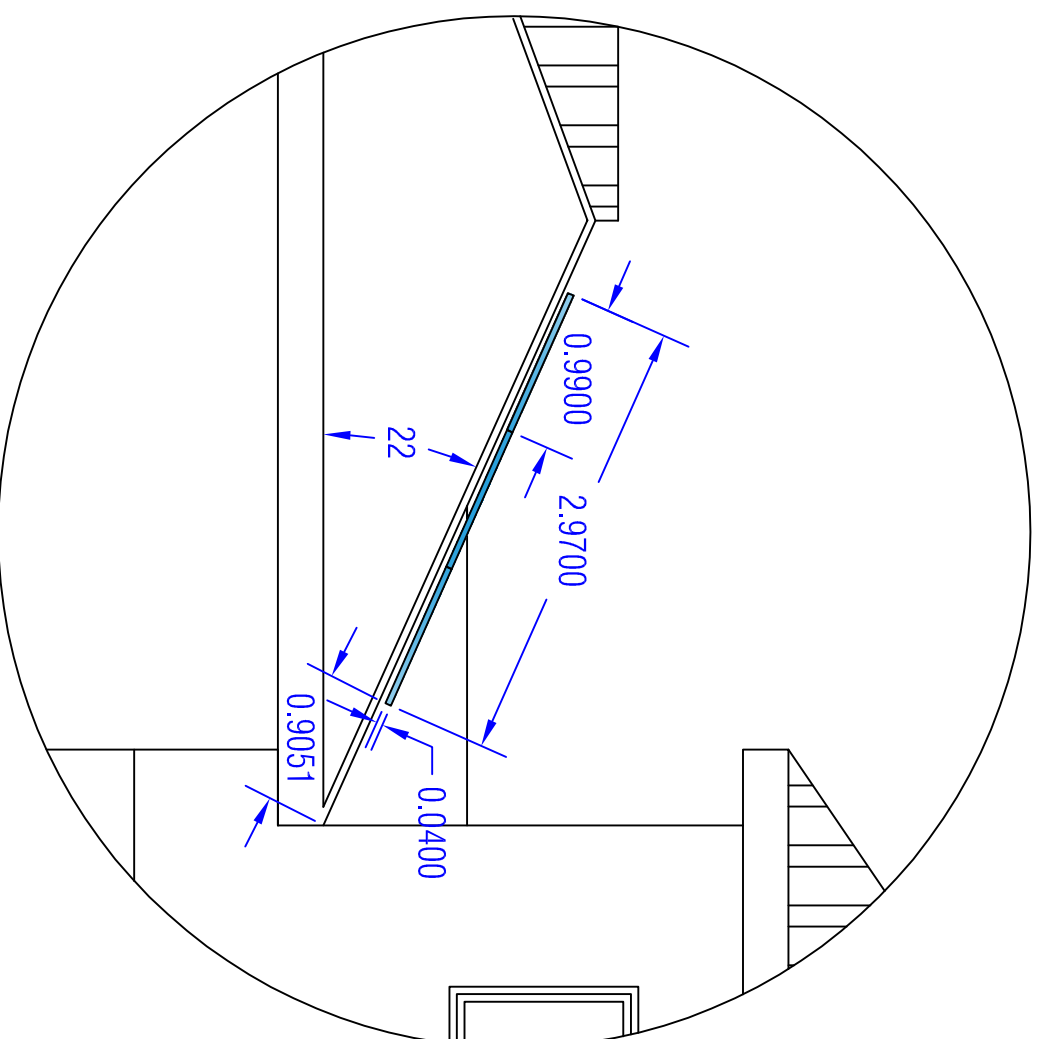
ESTUDIO DE IMPLANTACION DE AUTOCONSUMO
CON FUENTES DE ENERGIA RENOVABLES EN
VIVIENDA UNIFAMILIAR

Escala
1/75


PLANO EMPLAZAMIENTO
INSTALACIONES SOLARES

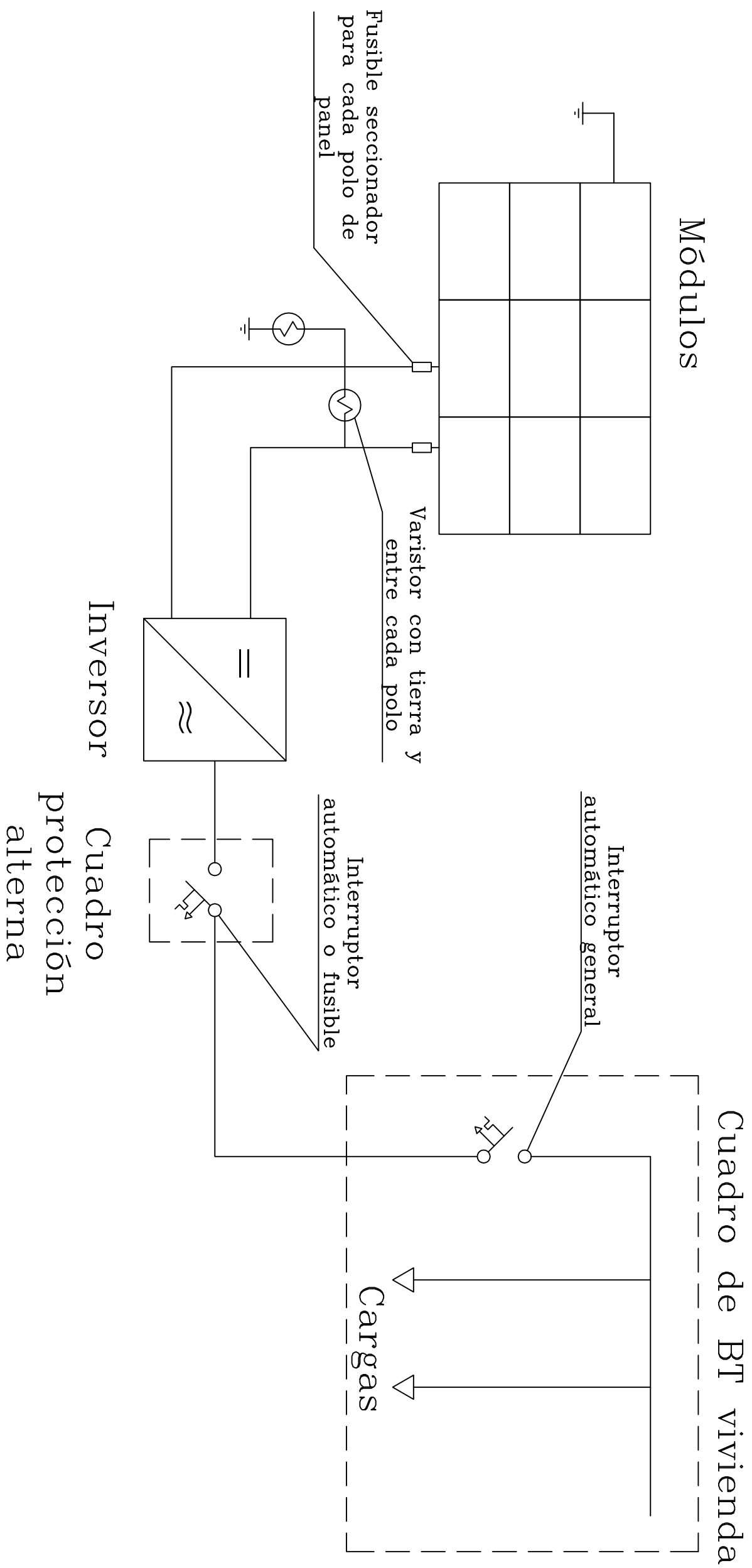



SECCIÓN E-F



SECCIÓN G-H

| | | | |
|----------|--|--------------|---|
| A3 | Fecha | Nombre |  <p>ESTUDIO DE IMPALNTACION DE AUTOCONSUMO CON FUENTES DE ENERGIA RENOVABLES EN VIVIENDA UNIFAMILIAR</p> |
| Dibujado | Jun-2013 | M.D.Martínez | |
| Escala | DETALLE EMPLAZAMIENTO INSTALACIONES SOLARES | | n.º Plano |
| 1/50 | | | 12 |



| | | | |
|---------------|---|--------------|--|
| A3 | Fecha | Nombre |  ESTUDIO DE IMPALNTACION DE AUTOCONSUMO CON FUENTES DE ENERGIA RENOVABLES EN VIVIENDA UNIFAMILIAR |
| Dibujado | Jun-2013 | M.D.Martínez | |
| Escala S/E | ESQUEMA UNIFILAR INSTALACION FOTOVOLTAICA | | nº Plano 13 |