

PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERÍA TÉCNICA ESPECIALIDAD ELECTRICIDAD



MEMORIA

Proyecto de Autoconsumo en dos centros de educación públicos
de Valladolid

Profesor: Don Julián Pérez García

Alumnos: Luis Miguel Alonso Pérez y Arturo Cambero Fernández



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

ÍNDICE

Contenido

1-. ANTECEDENTES	4
2-. OBJETO	4
3-. INTRODUCCION.....	4
3.1-. Que es la energía eléctrica solar fotovoltaica	6
4-. Descripción de la climatología y radiación solar.....	11
4.1-. Potencial de la generación fotovoltaica en España	11
4.2-. Radiación solar de la zona.	12
5-. EMPLAZAMIENTO Y SITUACION.....	14
6-. REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA APLICABLES.....	15
7-. ENERGIA SOLAR: FUNDAMENTOS Y TECNOLOGÍA	17
7.1-. Breve introducción sobre la física de los semiconductores	17
7.2-. Las cuatro generaciones de células fotovoltaicas.	18
8-. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA	20
8.1-. Generador Fotovoltaico	20
8.2-. Inversor	20
8.3-. Equipo de medida	21
8.4-. Estructura de soporte de las placas.....	21
8.5-. Caja General de Protección	22
8.6-. Puesta a tierra.....	22
8.7-. Cableado de Interconexión.....	22
8.8-. Equipos de protección	23
9-. REALIZACION DEL ESTUDIO PREVIO DE LA INSTALACION	26
9.1-. Estudio físico de la instalación	26
10-. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN	37
11-. CARACTERISTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO A INSTALAR.....	39
11.1-. Generador Fotovoltaico.....	39
11.2-. Estructura Soporte.....	40



11.4.- Cableado del Campo Fotovoltaico	42
11.5.- Protecciones y Seguridad.....	42
11.5.1.- Protecciones de Corriente continua	44
11.5.2.- Protecciones de alterna.....	47
12.- ESTUDIO ENERGETICO DE LAS INSTALACIONES	50
12.1.- Estudio de sombras.....	50
12.2.- Estudio de rendimientos y pérdidas	51
13.- Análisis de Viabilidad. Estudio Económico.	54
13.1.- Introducción.....	54
13.2.- VAN (Valor Actual Neto)	54
13.3.- TIR (Tasa Interna de Retorno).....	55
13.4.- Periodo de Retorno.....	55
13.5.- Estudio económico para las instalaciones	56
14.- Conclusiones.....	61

1- ANTECEDENTES

Con el precio de la energía eléctrica en continuo ascenso, con los costes de las instalaciones solares fotovoltaicas en caída libre y con lo mucho que queremos ser consumidores inteligentes, lo lógico es preguntarse si ha llegado ya el momento de la energía solar fotovoltaica para autoconsumo.

Se están empezando a realizar estudios e instalaciones, y desde el punto de vista estrictamente económico, los números salen, aunque desde el punto de vista legal, quedan unas cuantas incertidumbres por resolver, sobre todo las que deben regular nuestra relación con la compañía eléctrica una vez pasamos de ser meros consumidores a ser también productores.

El presente proyecto pretende la evaluación e instalación de un sistema de aprovechamiento de Energía Solar Fotovoltaica para autoconsumo de energía de las instalaciones que se han analizado, tratándose de un sistema energético no contaminante, inagotable y rentable en su explotación.

2- OBJETO

El objeto de este proyecto es el estudio de consumo de dos instalaciones solares fotovoltaicas, así como el dimensionado de las mismas, cálculo de la producción energética, la descripción funcional y realización del balance económico, como también fijar las condiciones y requisitos técnicos que han de cumplir ambas instalaciones de energía solar fotovoltaica para el autoconsumo de energía.

Con este proyecto se intentara también demostrar que el sistema de Energía Solar Fotovoltaica con autoconsumo y balance neto es más rentable que comprar directamente toda la energía a las eléctricas de aquí en un futuro.

Con este proyecto se pretende que en las horas de mayor consumo (horas punta) de la instalación se use la energía solar para reducir el gasto en la factura a lo largo de los años.

3- INTRODUCCION

Para empezar, las energías renovables son la alternativa más limpia para el medio ambiente. Se encuentran en la naturaleza en una cantidad ilimitada y, una vez consumidas, se pueden regenerar de manera natural o artificial. Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

(IDAE), frente a las fuentes convencionales, las energías renovables son recursos limpios cuyo impacto es prácticamente nulo y siempre reversible.

Las **energías renovables** son recursos abundantes y limpios que no producen gases de efecto invernadero ni otras emisiones dañinas para el medio ambiente como las emisiones de CO₂, algo que sí ocurre con las energías no renovables como son los combustibles fósiles. Una de sus principales desventajas, es que la producción de algunas energías renovables es intermitente ya que depende de las condiciones climatológicas, como ocurre, por ejemplo, con la energía eólica. Con todo, el IDAE apunta que por su carácter autóctono, este tipo de energías "verdes" contribuyen a disminuir la dependencia de nuestro país de los suministros externos, aminoran el riesgo de un abastecimiento poco diversificado y favorecen el desarrollo tecnológico y la creación de empleo.

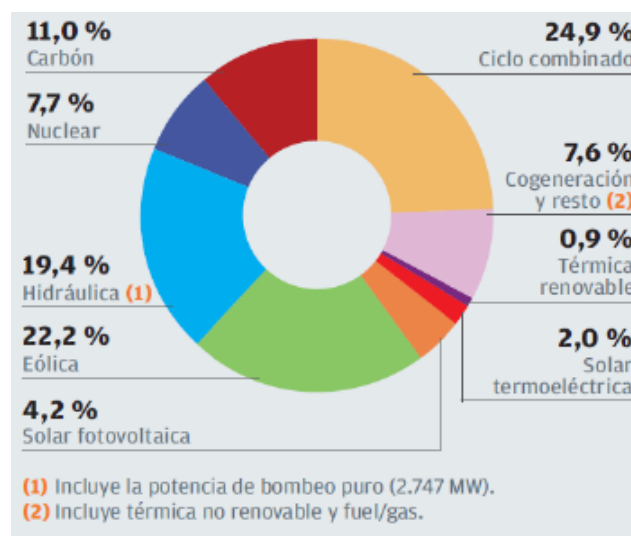
Entre los principales **tipos de energías renovables** encontramos los siguientes:

- Energía hidráulica. Es la producida por la caída del agua. Las centrales hidroeléctricas en presas utilizan el agua retenida en embalses o pantanos a gran altura. El agua en su caída pasa por turbinas hidráulicas, que transmiten la energía a un alternador, el cual la convierte en energía eléctrica.
- Energía eólica. Es la energía cinética producida por el viento. A través de los aerogeneradores o molinos de viento se aprovechan las corrientes de aire y se transforman en electricidad. Dentro de la energía eólica, podemos encontrar la eólica marina, cuyos parques eólicos se encuentran mar adentro.
- Energía solar. Este tipo de energía nos la proporciona el sol en forma de radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta principalmente). El uso de la energía del sol se puede derivar en energía solar térmica (usada para producir agua caliente de baja temperatura para uso sanitario y calefacción) solar fotovoltaica (a través de placas de semiconductores que se alteran con la radiación solar), etc.
- Energía geotérmica. Es una de las fuentes de energía renovable menos conocidas y se encuentra almacenada bajo la superficie terrestre en forma de calor y ligada a volcanes, aguas termales, fumarolas y géiseres. Por tanto, es la que proviene del interior de la Tierra.

- Energía mareomotriz. El movimiento de las mareas y las corrientes marinas son capaces de generar energía eléctrica de una forma limpia. Si hablamos concretamente de la energía producida por las olas, estaríamos produciendo energía undimotriz. Otro tipo de energía que aprovecha la energía térmica del mar basado en la diferencia de temperaturas entre la superficie y las aguas profundas se conoce como maremotérmica.

- Energía de la biomasa. Es la procedente del aprovechamiento de materia orgánica animal y vegetal o de residuos agroindustriales. Incluye los residuos procedentes de las actividades agrícolas, ganaderas y forestales, así como los subproductos de las industrias agroalimentarias y de transformación de la madera.

En el siguiente grafico podemos observar la potencia instalada en el sistema eléctrico peninsular con la diferente proporción de tecnologías a 31 - 12 - 2012 según datos de red eléctrica.



3.1- Que es la energía eléctrica solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica se basa en la captación de energía solar y su transformación en energía eléctrica por medio de módulos fotovoltaicos.

Entre las principales ventajas e inconvenientes de esta energía podemos encontrar:

VENTAJAS:

- La más importante de todas las ventajas es que este tipo de energía no contamina.
- Al estar hablando de la energía solar podemos afirmar que es una fuente inagotable.
- Es un sistema de aprovechamiento de energía idóneo para zonas donde el tendido eléctrico no llega (zonas rurales, montañosas, islas), o es dificultoso y costoso su traslado.

- Los sistemas de captación solar que se suelen utilizar son de fácil mantenimiento, lo que facilita su elección.
- El coste disminuye a medida que la tecnología va avanzando, mientras que el coste de los combustibles fósiles aumenta con el paso del tiempo porque cada vez son más escasos.
- La única inversión es el coste inicial de la infraestructura, pues no requiere de ningún combustible para su funcionamiento, y se pueda amortizar a los 5 años de su implantación.
- La energía solar fotovoltaica no requiere ocupar ningún espacio adicional, pues puede instalarse en tejados y edificios.
- La disponibilidad de energía solar reduce la dependencia de otros países para el abastecimiento de energía de la población.
- Es un sector que promueve la creación de empleo, necesario para la fabricación de células y paneles solares, como para realizar la instalación y el mantenimiento de la misma.

INCONVENIENTES:

- Pero además, el nivel de radiación de esta energía fluctúa de una zona a otra, y lo mismo ocurre entre una estación del año y otra, lo que puede no ser tan atractivo para el consumidor.
- Cuando se decide utilizar la energía solar para una parte importante de la población, se necesitan grandes extensiones de terreno, lo que dificulta que se escoja este tipo de energía.
- Además, otra de las desventajas, es que inicialmente requiere una fuerte inversión económica a la que muchos consumidores no están dispuestos a arriesgarse
- Los lugares donde hay mayor radiación, son lugares desérticos y alejados, (energía que no se aprovecha para desarrollar actividad agrícola o industrial, etc...)

Existen fundamentalmente tres tipos de aplicaciones de la energía solar fotovoltaica, dos son las instalaciones más conocidas, que son: las instalaciones aisladas de la red eléctrica y centrales de generación conectadas a la red. La tercera es a la que dedicaremos nuestro proyecto, que consiste en el autoconsumo, que explicaremos más adelante. Dada la situación de economía y evolución energética, está surgiendo esta nueva modalidad de autoabastecimiento.



Sistemas aislados de energía solar fotovoltaica, gracias a esta tecnología podemos disponer de electricidad en lugares alejados de la red de distribución eléctrica. De esta manera, podemos suministrar electricidad a casas de campo, refugios de montaña, bombeos de agua, instalaciones ganaderas, sistemas de iluminación o balizamiento, sistemas de comunicaciones, etc.

Los sistemas aislados se componen principalmente de captación de energía solar mediante paneles solares fotovoltaicos y almacenamiento de la energía eléctrica generada por los paneles en baterías.

Sistemas fotovoltaicos conectados a red, esta aplicación consiste en generar electricidad mediante paneles solares fotovoltaicos e inyectarla directamente a la red de distribución eléctrica. Actualmente, en países como España, Alemania o Japón, las compañías de distribución eléctrica están obligadas por ley a comprar la energía inyectada a su red por estas centrales fotovoltaicas.

El precio de venta de la energía también está fijado por ley de manera que se incentiva la producción de electricidad solar al resultar estas instalaciones amortizables en un periodo de tiempo que puede oscilar entre los 7 y 10 años, aunque últimamente se ha frenado la instalación de este tipo de sistemas, debido a la reducción de subvenciones y primas.

Este tipo de centrales fotovoltaicas pueden ir desde pequeñas instalaciones de 1 a 5 kWp en nuestra terraza o tejado, a instalaciones de hasta 100 kWp sobre cubiertas de naves industriales o en suelo, e incluso plantas de varios megavatios.

El modelo más desarrollado en España es el conocido como huerta solar, que consiste en la agrupación de varias instalaciones de distintos propietarios en suelo rústico. Cada instalación tiene una potencia de hasta 100 kW que es el umbral que establecía la legislación para el máximo precio



de venta de energía eléctrica. Estas instalaciones pueden ser fijas o con seguimiento, de manera que los paneles fotovoltaicos están instalados sobre unas estructuras que se mueven siguiendo el recorrido del sol para maximizar la generación de electricidad.

La demanda de este tipo de instalaciones ha sido tal que en los últimos años se han saturado las líneas eléctricas de muchas zonas rurales, a la vez que se ha aumentado el precio de parcelas rústicas y se han disparado las solicitudes de punto de conexión.

Actualmente, España en el mercado de la fotovoltaica se encuentra con 4.381 MW de potencia instalada, aunque en este último año las inversiones y primas han caído, haciendo que se frene el crecimiento de esta tecnología. En otras partes del mundo las instalaciones fotovoltaicas a las cifras de potencia total instalada a final del 2012 en , Alemania (32.509 MW), Italia (15.930MW) en Estados Unidos (8.683MW), es evidente que esta tecnología tiene aún mucho recorrido.

Es necesario fomentar que los ciudadanos de a pie se involucren y conozcan la posibilidad de compensar su balanza de consumo energético, sólo así será posible movernos en cifras de MW instalados similares a países como Japón o Alemania.

Autoconsumo

El autoconsumo de energía eléctrica es un planteamiento que permite a los consumidores producir parte de la electricidad que se emplea en hogares o negocios.

Esto supone una evolución radical desde el modelo actual de **generación centralizada** (la energía se produce en grandes plantas como centrales hidroeléctricas o nucleares y recorre largas distancias hasta consumirla) a la **generación distribuida** (la electricidad se produce en muchas centrales pequeñas situadas muy cerca de donde se consume).

Beneficios

La primera ventaja del autoconsumo es el **ahorro**: al producir parte de la energía consumida, la factura eléctrica del consumidor se puede reducir un 30-60%. Si además tenemos en cuenta la subida continuada de los precios de la electricidad (un 40% desde 2005), producir energía resulta más rentable que comprarla a fecha de hoy, según calcula el Instituto para el Ahorro y la Diversificación de la Energía.



Una segunda ventaja del autoconsumo es que, como la electricidad no recorre grandes distancias, se evitan las **pérdidas de energía** en la red. Conviene recordar que, con el actual modelo de generación centralizada, un 10% de la energía eléctrica se pierde durante el transporte y la distribución, con un coste anual de 2.000 millones de euros.

Un tercer beneficio del autoconsumo es que la producción se realiza con **tecnologías limpias**, lo cual reduce el uso de combustibles fósiles y la dependencia energética. En este sentido, la energía fotovoltaica se presenta como la fórmula más adecuada para generar electricidad destinada al autoconsumo en los hogares por varios motivos: su avanzado nivel de desarrollo, que permite conectar directamente las placas solares a la red doméstica; los precios a la baja, ya que el coste de los paneles solares ha caído un 70% en los últimos cuatro años; y el hecho de que la electricidad se produce de día, que es cuando más se consume. Sin embargo, el autoconsumo también es posible con otras energías renovables como la minieólica, la minitermosolar o la biomasa.

En cuarto lugar, el autoconsumo fomentará el **empleo y la actividad económica** en el sector de las energías renovables. Su implantación aumentará la demanda de paneles solares y permitirá la creación de empresas locales de servicios energéticos para instalar y mantener las centrales domésticas. Ahora que las primas a las energías renovables se han suprimido en España, el autoconsumo puede asegurar el futuro del sector.

4-. Descripción de la climatología y radiación solar.

4.1-. Potencial de la generación fotovoltaica en España

España, por su localización y climatología, es uno de los países de Europa donde el recurso solar es más abundante. Adicionalmente presenta la ventaja de distribuirse por el territorio de una manera relativamente homogénea, produciéndose escasas variaciones en la irradiación solar en distancias inferiores a los 100 km. Esta característica permite distribuir la potencia instalada en torno a las grandes aglomeraciones de consumo, en lugar de adecuar dicha distribución a las características geográficas del territorio.

Esta capacidad, de ser aprovechada adecuadamente, permitiría reducir las necesidades de infraestructuras de transporte y distribución. Cabe destacar la importancia de esta característica a la luz de la resistencia pública al desarrollo de nuevas infraestructuras de transporte y distribución en España, uno de los principales responsables de los problemas de calidad de suministro que presenta nuestro sistema.

Adicionalmente las instalaciones solares fotovoltaicas no requieren de características geográficas específicas para ser productivas. En esto, la solar fotovoltaica difiere de otras fuentes renovables como la biomasa, hidráulica y eólica, en la que la selección de emplazamientos debe considerar las características del viento y en numerosas ocasiones obliga a situar la generación en zonas de baja demanda. Los emplazamientos económicamente explotables limitarán también el desarrollo de la energía eólica.

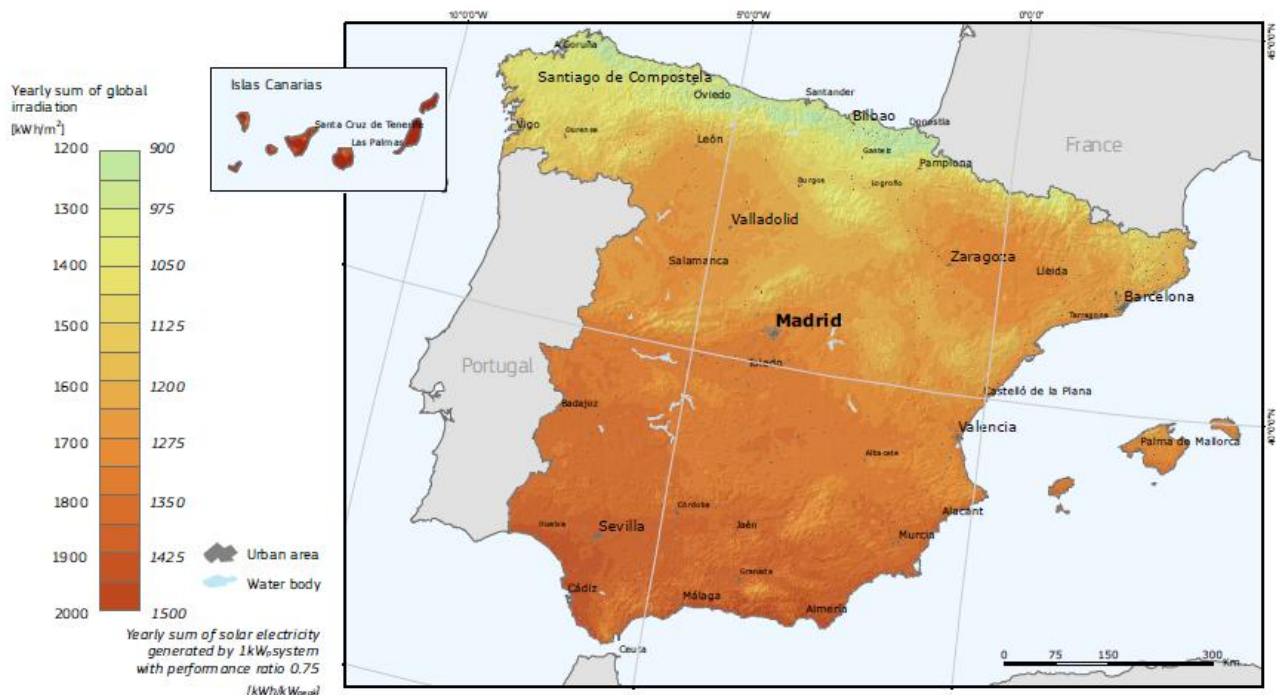
El recurso solar presenta unas posibilidades de desarrollo prácticamente ilimitadas, estando tan sólo limitado por el territorio disponible.

4.2.- Radiación solar de la zona.

Para tener producción en el campo de la energía fotovoltaica hay que tener en cuenta donde colocamos la instalación en nuestro caso la latitud de la ciudad de Valladolid es de 41,7º siendo la radiación por día en superficie horizontal según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) de:

RADIACION HORIZONTAL POR DIA	
ENERO	1,53
FEBRERO	2,45
MARZO	3,86
ABRIL	4,78
MAYO	5,53
JUNIO	6,28
JULIO	6,98
AGOSTO	6,39
SEPTIEMBRE	5,09
OCTUBRE	3,11
NOVIEMBRE	1,92
DICIEMBRE	1,17

A continuación se muestra un grafico de la radiación horizontal en España sacados de la página web de Pvgist siendo las regiones más favorables las que se acercan a 2000 kWh/m².





Quedándonos la radiación anual de Valladolid teniendo en cuenta la inclinación de las placas fotovoltaicas correspondientes, resumida en la siguiente tabla:

INCLIN	ENERO	FEBRE.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
0°	47,43	68,6	119,66	143,4	171,43	188,4	216,38	198,09	152,7	96,41	57,6	36,27
10°	54,54	76,83	130,42	152,00	178,28	194,05	225,03	209,97	169,49	110,87	67,96	42,43
20°	60,23	83,00	137,60	156,30	178,28	194,05	227,19	217,89	180,18	123,40	77,18	47,87
30°	64,50	87,80	142,39	156,30	174,85	188,4	220,70	217,89	187,82	132,08	84,09	52,22
40°	67,35	89,86	142,39	152,00	166,28	177,09	209,88	213,93	189,34	136,90	88,70	55,13
50°	68,29	89,86	138,80	143,4	152,57	162,02	194,74	202,05	184,76	138,83	91,58	56,58
60°	67,82	87,80	131,62	131,92	135,42	141,3	173,10	184,22	175,60	135,93	91,58	56,94
70°	65,45	83,00	120,85	116,15	114,85	116,80	144,97	162,43	163,38	130,15	89,28	55,49
80°	61,65	76,83	107,69	97,51	90,85	90,43	114,68	136,68	145,06	120,51	84,67	52,95
90°	56,44	68,6	90,94	77,43	65,14	60,28	82,22	106,96	123,68	107,97	78,33	48,96

La temperatura máxima media anual en la ciudad de Valladolid ronda los 17° – 18° siendo la temperatura mínima media anual de 5°.

5- EMPLAZAMIENTO Y SITUACION

Los edificios objeto de este estudio son dos edificaciones publicas siendo un instituto y un colegio estando localizadas en Valladolid en la localidad de Valladolid, provincia de Valladolid y se ubicaran en la Calle Villabañez y Calle Cigüeña en la zona este de la ciudad, con el objeto de dar suministro eléctrico al instituto Galileo y al colegio Cristóbal Colón respectivamente.

- El instituto está compuesto de dos plantas con clases, varios talleres y el gimnasio dispone de una superficie útil en la cubierta en forma de dientes de sierra que es donde se instalaran las placas solares de aproximadamente 430 m².



- El colegio está formado por un polideportivo dispone de una superficie útil de aproximadamente 800 m² en la cubierta donde se instalarán las placas solares.



6. REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA APLICABLES

Para la redacción del presente proyecto se tendrán en cuenta las siguientes normas:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto, publicado en el BOE N°224 del 18 de Septiembre de 2002.
- Ley 54/1997 del 27 de Noviembre, del Sector Eléctrico.
- 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.
- Real decreto 1955/2000, de 1 de Diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.



- R.D. 661/2007, de 25 de Mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica de régimen especial.
- REAL DECRETO 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- R.D. 1663/2000, de 29 de Septiembre, que establece las normas de conexión a red de baja tensión de instalaciones fotovoltaicas.
- Autorización de las Instalaciones Eléctricas. Aprobado por Ley 40/94, de 30 de Diciembre, B.O.E. de 31-12-1994.
- Normas de carácter particular dictadas por la empresa suministradora (Iberdrola)
- Código Técnico de la Edificación (CTE) aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo.
- Ordenanza General de Higiene y Seguridad en el Trabajo (OSHT).
- Ley de protección del ambiente atmosférico, decreto 833/1975.
- Ley número 3/85 de 18 de Marzo: Metrología. Normas Reguladoras.
- Normativa de carácter local y regional afectada por esta instalación.

7-. ENERGIA SOLAR: FUNDAMENTOS Y TECNOLOGÍA

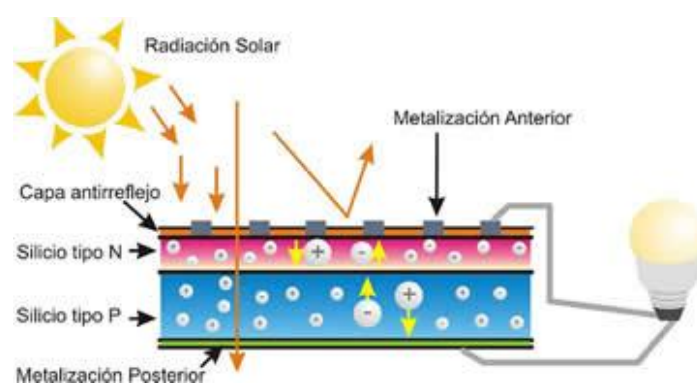
7.1-. Breve introducción sobre la física de los semiconductores

En una muestra de metal, los electrones exteriores de sus átomos, denominados electrones de valencia pueden moverse libremente. Se dice que están deslocalizados en regiones del espacio que ocupan toda la red cristalina, como si de una malla se tratase. En términos energéticos esto quiere decir que los electrones de la última capa del átomo ocupan niveles de energía altos que les permite escaparse del enlace que les une a su átomo.

El conjunto de estos niveles, muy próximos unos de otros, forman parte de la llamada banda de conducción. Esta banda está formada, además, por niveles de energía vacíos y es, precisamente, la existencia de estos niveles vacíos la que permite que los electrones puedan saltar a ellos cuando se les pone en movimiento, al aplicar un campo eléctrico. Precisamente esta circunstancia permite que los metales sean conductores de la electricidad.

Los demás electrones del átomo, con energías menores, forman la banda de valencia. La distancia entre ambas bandas, en términos de energía, es nula. Ambas bandas se solapan de manera que los electrones de la banda de valencia con más energía se encuentran, también, en la banda de conducción.

En las sustancias aislantes, la banda de conducción está completamente vacía porque todos los electrones, incluidos los de la última capa, están ligados al átomo, tienen una energía más baja, y por lo tanto se encuentran en la banda de valencia, y además la distancia entre las bandas (se denomina a esta distancia energética banda prohibida, o gap) es bastante grande, con lo que les es muy difícil saltar a la banda de conducción. Como la banda de valencia está llena, los electrones no pueden moverse y no puede haber corriente eléctrica al aplicar un voltaje entre los extremos del aislante.



En los semiconductores, las bandas de valencia y conducción presentan una situación intermedia entre la que se da en un conductor y la que es normal en un aislante. La banda de conducción tiene muy pocos electrones. Esto es debido a que la separación que hay entre la banda de valencia y la banda de conducción no es nula, pero sí pequeña. Así se explica que los semiconductores aumentan su conductividad con la temperatura, pues la energía térmica suministrada es suficiente para que los electrones puedan saltar a la banda de conducción, mientras que los conductores la disminuyen, debido a que las vibraciones de los átomos aumentan y dificultan la movilidad de los electrones.

Lo interesante de los semiconductores es que su pequeña conductividad eléctrica es debida tanto a la presencia de electrones en la banda de conducción, como a que la banda de valencia no está totalmente llena.

7.2.- Las cuatro generaciones de células fotovoltaicas.

La **primera generación** de células fotovoltaicas consistían en una gran superficie de cristal simple. Una simple capa con unión diodo p-n, capaz de generar energía eléctrica a partir de fuentes de luz con longitudes de onda similares a las que llegan a la superficie de la Tierra provenientes del Sol. Estas células están fabricadas, usualmente, usando un proceso de difusión con obleas de silicio. Esta primera generación (conocida también como células solares basadas en oblea) son, actualmente, (2007) la tecnología dominante en la producción comercial y constituyen, aproximadamente, el 86% del mercado de células solares terrestres.

La **segunda generación** de materiales fotovoltaicos se basa en el uso de depósitos epitaxiales muy delgados de semiconductores sobre obleas con concentradores. Hay dos clases de células fotovoltaicas epitaxiales: las espaciales y las terrestres. Las células espaciales, usualmente, tienen eficiencias más altas (28-30%), pero tienen un costo por vatio más alto. En las terrestres la película delgada se ha desarrollado usando procesos de bajo coste, pero tienen una eficiencia (7-9%), más baja, y, por razones evidentes, se cuestionan para aplicaciones espaciales.

Las predicciones antes de la llegada de la tecnología de película delgada apuntaban a una considerable reducción de costos para células solares de película delgada. Reducción que ya se ha producido. Actualmente hay un gran número de tecnologías de materiales semiconductores bajo investigación para la producción en masa. Se pueden mencionar, entre estos materiales, al silicio



amorfo, silicio monocristalino, silicio policristalino, telururo de cadmio y sulfuros y seleniuros de indio. Teóricamente, una ventaja de la tecnología de película delgada es su masa reducida, muy apropiada para paneles sobre materiales muy ligeros o flexibles. Incluso materiales de origen textil.

La llegada de películas delgadas de Ga y As para aplicaciones espaciales (denominadas células delgadas) con potenciales de eficiencia AM0 por encima del 37% están, actualmente, en estado de desarrollo para aplicaciones de elevada potencia específica. La segunda generación de células solares constituye un pequeño segmento del mercado fotovoltaico terrestre, y aproximadamente el 90% del mercado espacial.

La **tercera generación** de células fotovoltaicas que se están proponiendo en la actualidad son muy diferentes de los dispositivos semiconductores de las generaciones anteriores, ya que realmente no presentan la tradicional unión p-n para separar los portadores de carga fotogenerados. Para aplicaciones espaciales, se están estudiando dispositivos de huecos cuánticos (puntos cuánticos, cuerdas cuánticas, etc.) y dispositivos que incorporan nanotubos de carbono, con un potencial de más del 45% de eficiencia AM0. Para aplicaciones terrestres, se encuentran en fase de investigación dispositivos que incluyen células fotoelectroquímicas, células solares de polímeros, células solares de nanocristales y células solares de tintas sensibilizadas.

Una hipotética **cuarta generación** de células solares consistiría en una tecnología fotovoltaica compuesta en las que se mezclan, conjuntamente, nanopartículas con polímeros para fabricar una capa simple multiespectral. Posteriormente, varias capas delgadas multiespectrales se podrían apilar para fabricar las células solares multiespectrales definitivas. Células que son más eficientes, y baratas. Basadas en esta idea, y la tecnología multiunión, se han usado en las misiones de Marte que ha llevado a cabo la NASA. La primera capa es la que convierte los diferentes tipos de luz, la segunda es para la conversión de energía y la última es una capa para el espectro infrarrojo. De esta manera se convierte algo del calor en energía aprovechable. El resultado es una excelente célula solar compuesta. La investigación de base para esta generación se está supervisando y dirigiendo por parte de la DARPA5 (Defense Advanced Research Projects Agency) para determinar si esta tecnología es viable o no.

8- ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA

Los elementos que componen una instalación fotovoltaica de autoconsumo son iguales a los necesarios para una conexión a red, sin embargo, en el balance neto habría que tener en cuenta la cantidad de energía inyectada a la red, por lo que habría que utilizar un contador bidireccional por si producimos más energía de la que consumimos para poder contabilizarla.

Dichos elementos son:

8.1- Generador Fotovoltaico

Es aquel que transforma la energía solar en energía eléctrica. Está constituido por paneles solares y estos a su vez están formados por varias células iguales (también llamadas celdas) conectadas eléctricamente entre si, en serie y/o en paralelo, de forma que la tensión y corriente suministradas por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado. La mayor parte de los paneles solares se construyen asociando primero células en serie hasta conseguir el nivel de tensión deseado, y luego asociando en paralelo varias asociaciones serie de células para alcanzar el nivel de corriente deseado. Además, el panel cuenta con otros elementos a parte de las células solares, que hacen posible la adecuada protección del conjunto frente a los agentes externos; asegurando una rigidez suficiente, posibilitando la sujeción a las estructuras que lo soportan y permitiendo la conexión eléctrica.

8.2- Inversor

Es el equipo encargado de transformar la energía recibida del generador fotovoltaico (en forma de corriente continua) y adaptarla a las condiciones requeridas según el tipo de cargas, normalmente en corriente alterna y el posterior suministro a la red. Los inversores vienen caracterizados principalmente por la tensión de entrada, que se debe adaptar al generador, la potencia máxima que puede proporcionar y la eficiencia. Esta última se define como la relación entre la potencia eléctrica que el inversor entrega a la utilización (potencia de salida) y la potencia eléctrica que extrae del generador (potencia de entrada).

Los aspectos importantes que habrán de cumplir los inversores son:

- Deberán tener una eficiencia alta, pues en caso contrario se habrá de aumentar innecesariamente el número de paneles para alimentar la carga.
- Estar adecuadamente protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas.

- Incorporar rearme y desconexión automáticos.
- Admitir demandas instantáneas de potencia mayores del 150% de su potencia máxima.
- Cumplir con los requisitos, que establece el Reglamento de Baja Tensión.
- Baja distorsión armónica.
- Bajo consumo.
- Aislamiento galvánico.
- Sistema de medidas y monitorización.

8.3-. Equipo de medida

Es el encargado de controlar numéricamente la energía generada y volcada a la red, en nuestro caso, la energía que generen las placas, irá directamente al consumo de los dos edificios y la sobrante se evacuará a la red.

En el caso de que se produzca una demanda mayor del consumo en ambos edificios y en la instalación fotovoltaica no se genere la suficiente energía, esta se adquirirá del suministro de la propia compañía que lo facturará al precio de tarifa y periodo correspondiente.

Dado que las instalaciones proyectadas están previstas para el autoconsumo, y este tipo de instalaciones aun no están todavía homologadas, esta energía sería entregada de forma gratuita, aunque en un futuro los planes que se tiene para esa energía sobrante cedida a la red sea medirla para poder facturarla a la Compañía a lo largo del año a los precios acordados dependiendo de la tarifa y zona horaria.

8.4-. Estructura de soporte de las placas

Son las encargadas de asegurar un buen anclaje del campo de paneles a la cubierta, facilitando la instalación y mantenimiento de los paneles.

La perfilaría soporte está fabricada en acero galvanizado de gran resistencia estructural y larga vida a la intemperie.

El soporte es el encargado de sujetar el panel solar, y muchas veces será un kit de montaje para instalarlo adecuadamente. Se realizará de acuerdo a la normativa existente, además de tener en cuenta la fuerza del viento entre otras cosas. La estructura deberá soportar como mínimo una velocidad del viento de 150 Km/h. Esta estructura es la que fijará la inclinación de los paneles solares.

8.5-. Caja General de Protección

La caja general de protección es la encargada de salvaguardar toda la instalación eléctrica de un posible cortocircuito o punta de intensidad la cual afectaría a todos los componentes conectados a la red. Esta caja general de protección llevará tanto protecciones térmicas como fusibles.

En la instalación se tendrán que diferenciar tanto los circuitos de corriente continua como los de alterna distinguiendo también las protecciones.

8.6-. Puesta a tierra.

La puesta a tierra de la instalación es muy importante ya que delimita la tensión que pueda presentarse en un momento dado en las masas metálicas de los componentes, asegurando la actuación de las protecciones y eliminando el riesgo que supone el mal funcionamiento o avería de alguno de los equipos. Las tomas a tierra se establecen principalmente a fin de limitar la tensión que puedan presentar, en un momento dado, las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados, por lo tanto se conectará a tierra todas las partes metálicas, tanto de las placas solares como inversor, estructura de sujeción de las placas y demás piezas metálicas.

8.7-. Cableado de Interconexión

Es el encargado de conectar los distintos paneles solares con las cajas de interconexión y con el resto de instrumentación.

Este cableado de paneles se realizará con materiales de alta calidad para que se asegure la durabilidad y la fiabilidad del sistema a la intemperie. El cableado evidentemente tendrá que cumplir con el reglamento técnico de baja tensión. Las conexiones, cables, equipos y demás elementos tendrán que tener el grado de protección IP.535, concepto que se define en la norma UNE 20-234.

Los cables utilizados tendrán una última capa de protección con un material resistente a la intemperie y la humedad, de tal forma que no le afecten internamente los agentes atmosféricos.

Entre las conexiones eléctricas entre paneles usaremos siempre terminales. Los terminales de los paneles serán bornas en la parte de detrás del panel, tendremos capuchones de goma para la protección de los terminales contra los agentes atmosféricos.

En instalaciones donde se monten paneles en serie y la tensión sea igual o mayor a 24V instalaremos diodos de derivación.

Es necesario también cuidar los sistemas de paso de los cables por muros y techos para evitar la entrada de agua en el interior. La técnica de tendido para la fijación de los cables han de ser las habituales en una instalación convencional. Los conductores iran al aire. La sujeción se efectuará mediante bridas de sujeción, procurando no someter una excesiva doblez a los radios de curvatura. Los empalmes se realizarán con accesorios a tal efecto, usando cajas de derivación siempre que sea posible.

8.8-. Equipos de protección

Fusibles

Los fusibles son pequeños dispositivos que permiten el paso constante de la corriente eléctrica hasta que ésta supera el valor máximo permitido. Cuando aquello sucede, entonces el fusible, inmediatamente, cortará el paso de la corriente eléctrica a fin de evitar algún tipo de accidente, protegiendo los aparatos eléctricos de "quemarse" o estropearse.

El mecanismo que posee el fusible para cortar el paso de la electricidad consta básicamente en que, una vez superado el valor establecido de corriente permitido, el dispositivo se derrite, abriendo el circuito, lo que permite el corte de la electricidad. De no existir este mecanismo, o debido a su mal funcionamiento, el sistema se recalentaría a tal grado que podría causar, incluso, un incendio.

Por lo general, los fusibles están instalados entre la fuente de alimentación eléctrica y el circuito que se quiere electrificar, y consta de un hilo que, a medida que la corriente eléctrica pasa, se calienta. Por lo tanto, cuando uno de estos dispositivos se quema, entonces significa que alguna parte del aparato ha consumido más electricidad de la necesaria, siendo necesaria una revisión completa de éste y una reposición del fusible quemado por uno de las mismas características.

Interruptor magnetotérmico

El interruptor magnetotérmico es un dispositivo diseñado para proteger la instalación eléctrica (y los aparatos conectados a ella) tanto de sobrecargas como de cortocircuitos. En realidad suele haber varios de ellos, ya que por lo general la distribución eléctrica se realiza en varias líneas, necesitando un interruptor de este tipo para cada una de ellas.

Los magnetotérmicos, como su propio nombre indica, poseen dos sistemas de protección ante el paso de corriente: uno de tipo magnético y otro de tipo térmico.

·Protección magnética

El magnético se basa en una bobina que, colocada en serie con la corriente, no se activa a no ser que circule por ella una intensidad varias veces superior a la nominal. Este margen se da para que el magnetotérmico no se dispare durante los arranques de ciertos aparatos con motores potentes porque suelen meter unos picos de corriente bastante elevados en el preciso momento de su puesta en marcha.

La protección magnética sirve para proteger la instalación ante cortocircuitos (contacto directo entre dos conductores de la instalación), ya que cuando tiene lugar uno de ellos la intensidad aumenta de forma brutal (en teoría se hace infinita) y la bobina a la que me refería antes entra en acción instantáneamente abriendo el circuito y cortando, por tanto, el paso de la corriente eléctrica.

·Protección térmica

Por su parte, la protección térmica está encaminada sobre todo a proteger el cableado de la instalación, ya que se trata de una lámina bimetálica que se curvará en mayor o menor medida en función de la cantidad de corriente que circule por ella. Esto es debido a que cuando por un conductor circula una corriente éste se calentará en función de la intensidad, de modo que si esta se mantiene durante unos instantes por encima de la nominal que soporta el interruptor, la lámina bimetálica se curvará más de la cuenta y abrirá el circuito eléctrico evitando que una corriente demasiado elevada pueda quemar los cables de la instalación eléctrica.

El sistema de protección térmica va a dispararse en aquellos casos en los que estamos sobrepasando el consumo máximo de la instalación eléctrica y para el cual han sido dimensionados los cables. Cuando se dispara cualquiera de las dos protecciones que hay en un magnetotérmico debemos de corregir la situación que ha propiciado su activación y a continuación subir la palanca que posee para así rearmar el circuito. En caso de que la situación que ha provocado su disparo no se haya subsanado como medida de seguridad no será posible rearmar el automático por mucho que lo intentemos.

Interruptor diferencial.

El diferencial tiene como misión evitar que una persona que toque un conductor de la instalación se pueda quedar electrocutada por conducir la electricidad a través de su cuerpo; y de ahí que sea un componente vital en cualquier instalación eléctrica para garantizar la seguridad de las personas que la utilicen.

Para que la corriente eléctrica pueda circular es necesario cerrar el circuito por el que transita, y si por lo que sea tocamos un cable eléctrico sin estar aislados del suelo, nuestro propio cuerpo va a hacer de “cable” llevando la electricidad a tierra con el riesgo de electrocución que esto conlleva.

Los diferenciales se basan en un principio muy simple y es que la intensidad que entra por uno de los cables de un circuito eléctrico es igual a la que sale por el otro.

Dentro del diferencial hay una toroidal que se encarga de monitorizar constantemente tanto la corriente de entrada como la de salida. Por tanto, en caso de que esas corrientes no tengan el mismo valor es que se está derivando directamente a tierra por algún sitio (posiblemente a través de una persona que ha tocado una parte de la carga mal aislada) y como medida de seguridad el interruptor se abre cortando la corriente.

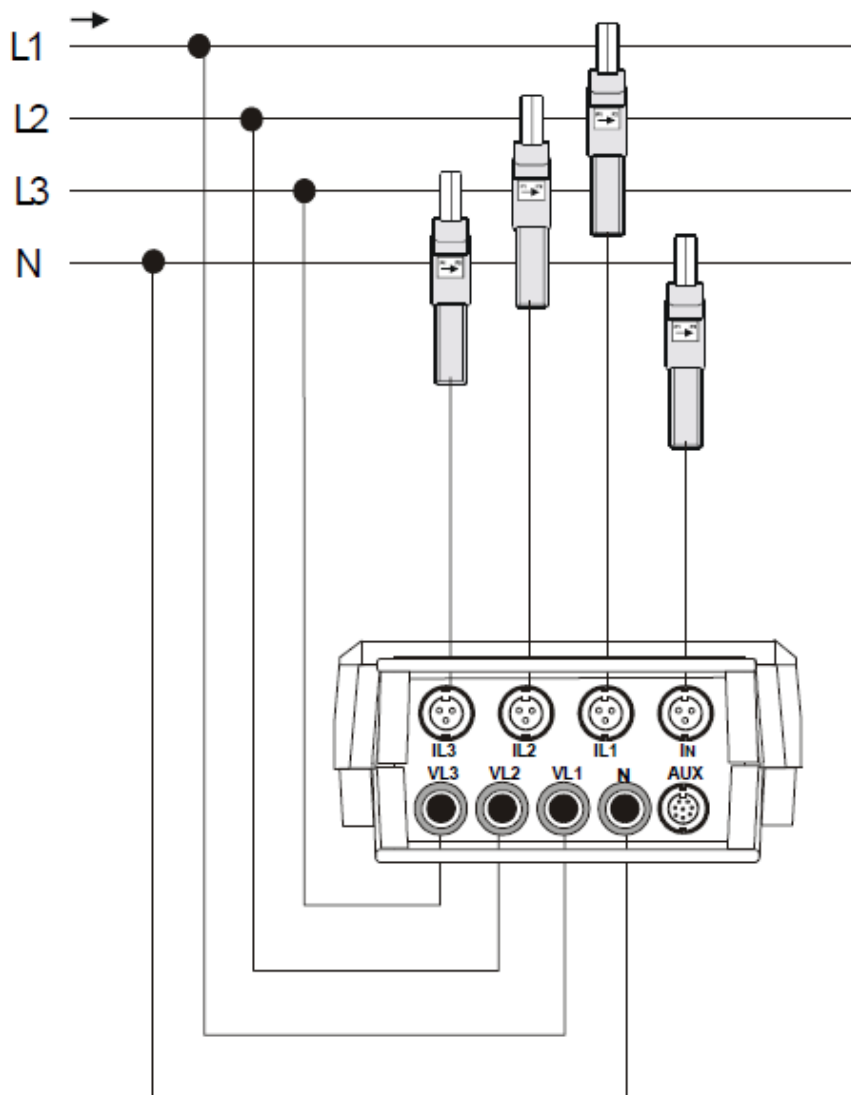
Para instalaciones industriales se suelen emplear valores elevados (sensibilidades de 300 mA o incluso algo más para los diferenciales más generales) porque al haber tantos elementos puede darse el caso de que algunos de ellas tengan pequeñas derivaciones a tierra sin que ello suponga un riesgo para la seguridad y evitando así que el diferencial esté saltando cada poco tiempo con los problemas que esto acarrearía.

9-. REALIZACION DEL ESTUDIO PREVIO DE LA INSTALACION

9.1-. Estudio físico de la instalación

El procedimiento a seguir para la realización del estudio será el siguiente: nos desplazaremos a las diferentes instalaciones, dispondremos de un analizador de redes que conectaremos en el embarrado del cuadro general, previo permiso solicitado, de la instalación para la recopilación de datos durante 10 días con una frecuencia de medida de 10 minutos, aunque posteriormente calcularemos el valor de consumo por hora de la instalación.

Para poder conseguir los datos que necesitamos, conectaremos el analizador de redes en el embarrado del cuadro general, según el esquema de conexión trifásico que se muestra a continuación:






Una vez transcurrido el tiempo de medida, retiraremos el analizador de redes y sacaremos los datos obtenidos durante los días para hacer una tabla de Excel con todos ellos y poder estudiarlos.

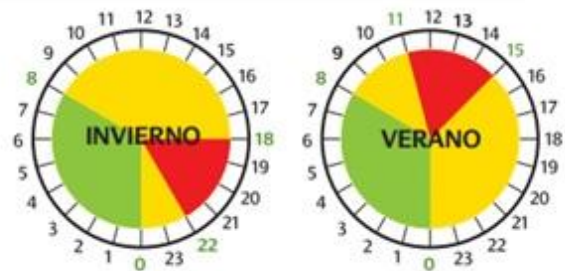
Dado que solo hemos medido unos días y no todo el año, tuvimos que pedir las facturas eléctricas de las instalaciones para hacer una estimación de cada uno de los diferentes meses del año, además dado que una de las instalaciones tenía el modelo de facturación 3.0.A tuvimos que tenerlo en cuenta para la realización de las diferentes horas de cada día y dependiendo el mes.

Teniendo en cuenta que el contrato de facturación de ambos edificios es el 3.0.A tendremos que tener en cuenta el modelo, respetando las horas de punta, llano y valle en los diferentes meses en la que está funcionando.

	INVIERNO	VERANO
PUNTA	18-22H	11-15H
LLANO	8-18H / 22-24H	8-11h / 15-24H
VALLE	0-8H	0-8H

Gráficamente podemos distinguir las 3 zonas claramente:

-  4 h. diarias de punta
-  12 h. diarias de llano
-  8 h. diarias de valle



ESTUDIO CON LA HOJA DE CÁLCULO DE EXCEL

IES Galileo:

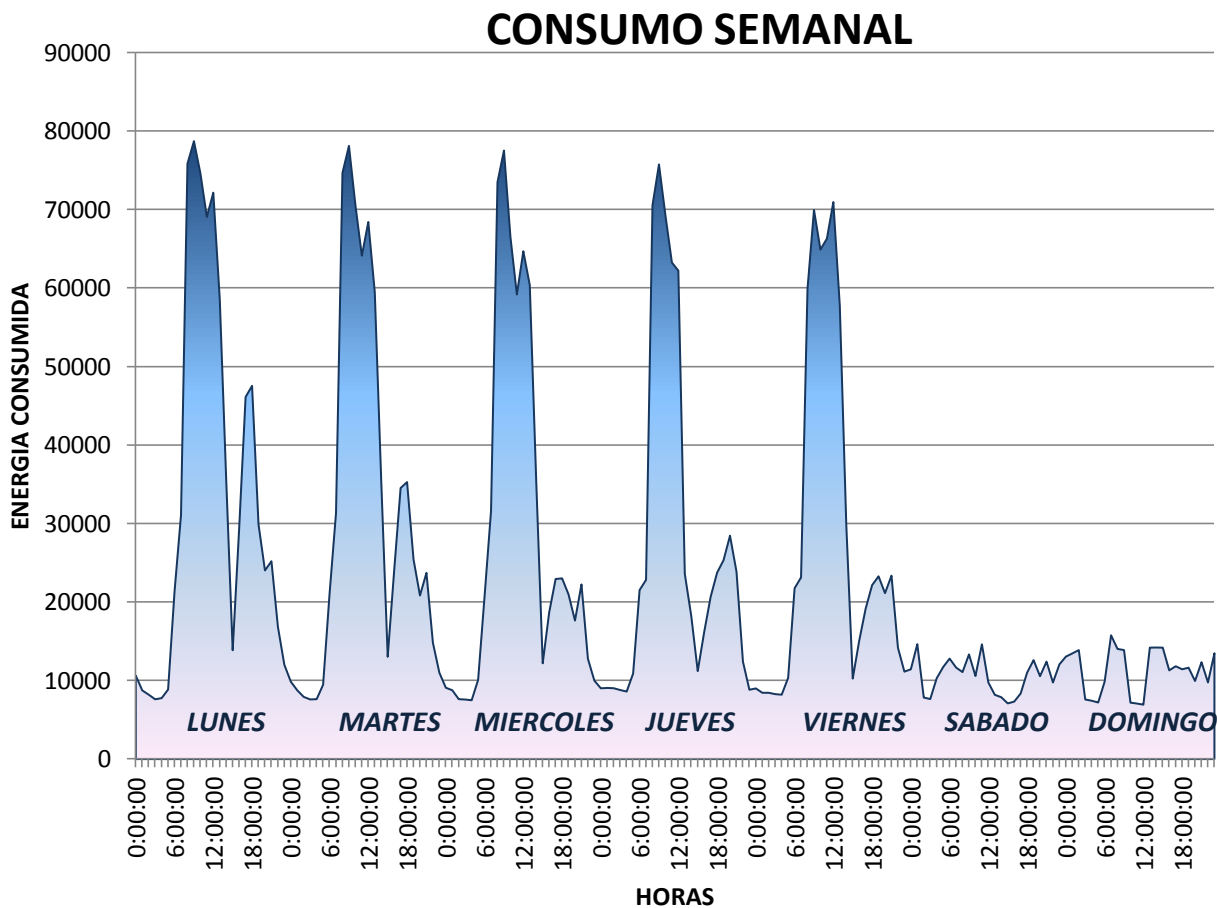
Con los datos de las facturas de cada mes realizamos una estimación de cómo varía el consumo de energía durante todo el año, teniendo como mes de referencia el de la medida, en nuestro caso Abril. Para hacer dicha estimación sacamos una tabla de factores que representan a cada mes, siendo este factor el resultando de la formula siguiente, dándonos como factores mensuales los valores de la tabla que se muestra a continuación siguiente:

$$\text{Factor mensual} = \frac{\text{Consumo del mes}}{\text{Consumo de Abril}}$$

Factor mensual	
<i>Enero</i>	0,852
<i>Febrero</i>	1,762
<i>Marzo</i>	1,411
<i>Abril</i>	1
<i>Mayo</i>	0,74
<i>Junio</i>	0,805
<i>Julio</i>	0,544
<i>Agosto</i>	0,2
<i>Septiembre</i>	0,259
<i>Octubre</i>	0,653
<i>Noviembre</i>	1,166
<i>Diciembre</i>	1,045

Estos factores se multiplicaran por la semana tipo de medida, suponiendo que los días de fiesta son como días de fin de semana medidos en la semana tipo, teniendo en cuenta los periodos de vacaciones de verano, navidad, semana santa y puentes que hay durante el curso lectivo, así obtenemos los datos de energía consumida cada hora del año.

Esta sería la semana tipo que hemos usado para la obtención del consumo anual teórico, medido directamente en la instalación en el instituto Galileo.



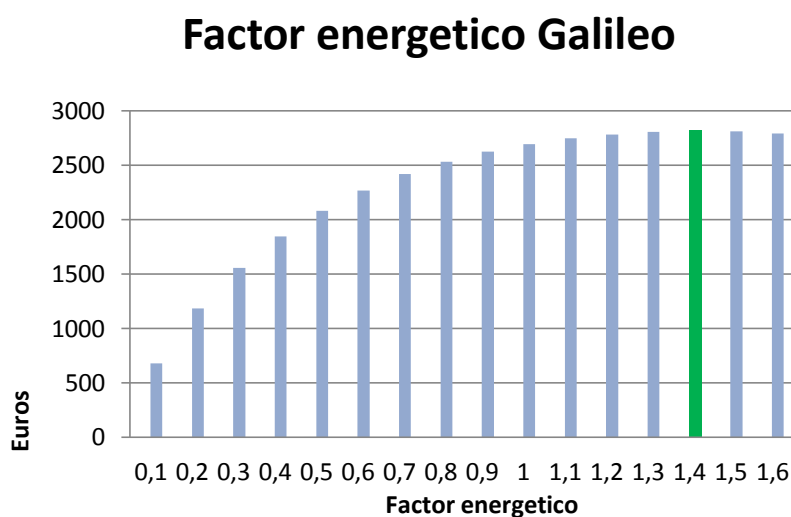
Para la realización de una hipotética factura, obtuvimos el precio por kWh de los tres periodos del día: **punta llano y valle**.

En un principio para esta instalación estimamos una potencia de 50 kW por lo que en el programa PVSyst realizamos un estudio previo con una potencia lo más cercana a ésta. Una vez obtenido el tipo de paneles, inversores y demás instrumentación procedimos a calcular, mediante los datos climatológicos del terreno cuál sería la energía producida con dicho sistema para cada hora del año. Lo siguiente fue calcular cuál sería el precio de la instalación, sumándole a ello el precio del cableado, de la estructura de sujeción...y todo esto dividiéndolo por 25 que son los años de vida aproximada de una instalación solar fotovoltaica. Con los datos de la energía producida por los

paneles cada hora del año podemos restárselo a los datos obtenidos al principio, lo que nos daría una estimación de cómo sería una factura con fotovoltaica.

Una vez conseguido esta factura, lo siguiente será restárselo a la factura original y ver el ahorro que nos supondrá el tener la instalación solar fotovoltaica. En la tabla de Excel procedemos a aplicar en la columna de energía producida con la instalación solar fotovoltaica un factor que, modificándolo, variará el ahorro, puesto que la potencia del sistema viene ligada al presupuesto de la instalación. Este factor se reducirá o aumentará, tanteando el cómo varía el ahorro, por lo que se modificará el factor para un ahorro máximo. En nuestro caso tuvimos que aumentar el factor a 1.4, lo que equivale a una potencia de 70000 Wp.

Factor energético	Ahorro
0,1	679,31
0,2	1181,94
0,3	1555,59
0,4	1847,97
0,5	2083,56
0,6	2269,92
0,7	2418,28
0,8	2534,39
0,9	2624,43
1	2694,96
1,1	2746,91
1,2	2784,44
1,3	2808,32
1,4	2816,52
1,5	2810,78
1,6	2791,49
1,7	2759,6



Una vez realizado este procedimiento, acudimos al PVSyst y realizamos de nuevo una nueva instalación para una potencia con la potencia ajustada a 70000 W. Conseguimos los valores de energía producida para cada hora del año con el nuevo sistema y calculamos el ahorro real de la instalación que es de **2816.52 €** al año.

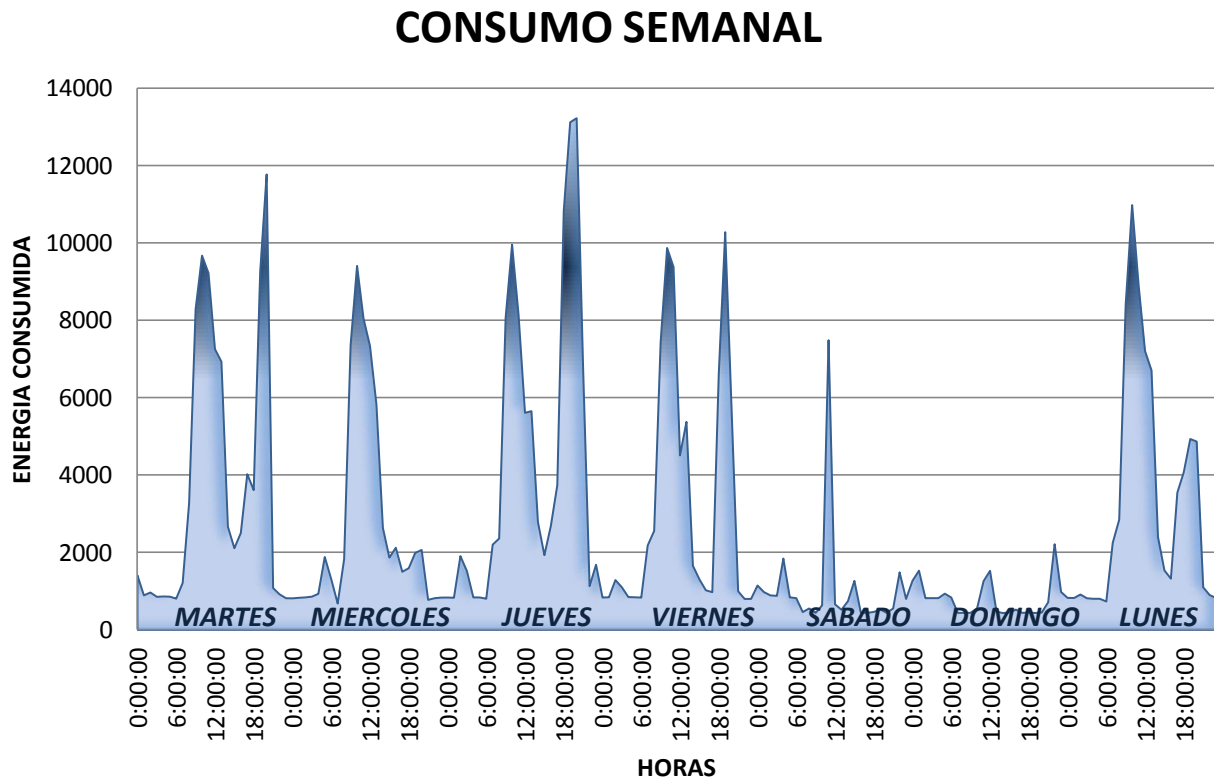


La gráfica resultante nos da una idea de cómo está estructurada la hoja de cálculo utilizada.

Mes	Semana	Dia	Hora	Produccion de energia	Produccion con factor	Hora punta, valle, llano	Consumo estimado	Fact actual	Consumo FV	Fact actual con FV
E N E R O	3^{ra}	16-01-13	0:00:00	0	0	VALLE	7747,52	0,57683385	7747,52	0,5768339
			1:00:00	0	0	VALLE	7475,732	0,55659815	7475,732	0,5565982
			2:00:00	0	0	VALLE	6507,434	0,48450449	6507,434	0,4845045
			3:00:00	0	0	VALLE	6465,828	0,48140676	6465,828	0,4814068
			4:00:00	0	0	VALLE	6390,994	0,47583507	6390,994	0,4758351
			5:00:00	0	0	VALLE	8597,106	0,64008893	8597,106	0,6400889
			6:00:00	0	0	VALLE	17681,13	1,31643085	17681,13	1,3164309
			7:00:00	0	0	VALLE	26931,294	2,00514256	26931,294	2,0051426
			8:00:00	244,6039	342,44546	VALLE	62626,402	4,66278613	62283,957	4,6372897
			9:00:00	3045,5713	4263,79982	LLANO	66061,808	8,89845948	61798,008	8,3241299
			10:00:00	5931,0151	8303,42114	LLANO	56693,784	7,63659601	48390,363	6,5181335
			11:00:00	4281,8296	5994,56144	LLANO	50438,4	6,79400204	44443,839	5,9865406
			12:00:00	18522,4434	25931,4208	LLANO	55127,808	7,42566061	29196,387	3,9327242
			13:00:00	9830,8086	13763,132	LLANO	51450,15	6,93028375	37687,018	5,0764036
			14:00:00	3318,5442	4645,96188	LLANO	30148,02	4,06090815	25502,058	3,4351017
			15:00:00	28578,3145	40009,6403	LLANO	10396,53	1,40040219	0	0
			16:00:00	22448,7148	31428,2007	LLANO	15910,674	2,14315188	0	0
			17:00:00	0	0	LLANO	19550,418	2,63342175	19550,418	2,6334218
			18:00:00	0	0	PUNTA	19619,288	3,49476415	19619,288	3,4947642
			19:00:00	0	0	PUNTA	17879,078	3,18478229	17879,078	3,1847823
			20:00:00	0	0	PUNTA	15040,072	2,67907299	15040,072	2,679073
			21:00:00	0	0	PUNTA	18959,982	3,37732263	18959,982	3,3773226
			22:00:00	0	0	LLANO	10884,158	1,4660852	10884,158	1,4660852
			23:00:00	0	0	LLANO	8515,314	1,14700428	8515,314	1,1470043

Colegio Cristóbal Colón:

Con los datos sacados con el medidor de redes que habíamos colocado en la instalación del colegio Cristóbal Colón comenzamos a crear la tabla de Excel con la generación por hora de la semana tipo de consumo semanal del mes de mayo, la cual podemos ver en el siguiente grafico:



Con estos datos y los datos obtenidos mediante las facturas proporcionadas por el centro, estimamos el consumo de cada hora del año mediante la fórmula:

$$\text{Factor mensual} = \frac{\text{Consumo del mes}}{\text{Consumo de Mayo}}$$

Obteniendo así la siguiente tabla de factores:

Factor mensual	
Enero	1,09
Febrero	0,93
Marzo	0,95
Abril	1,5
Mayo	1
Junio	1,15
Julio	0,25
Agosto	0,52
Septiembre	0,88
Octubre	1,11
Noviembre	0,98
Diciembre	1,05

Con estos factores, y suponiendo días de fiesta como días de fin de semana, y teniendo en cuenta los días de vacaciones escolares, obtenemos los consumos de cada año totales. Una vez calculado estos días procedemos a multiplicarlos por el precio por kWh de cada zona horaria, distinguiendo: valle, llano y punta, dándonos como resultado la hipotética factura que tendríamos en un año con esos consumos.

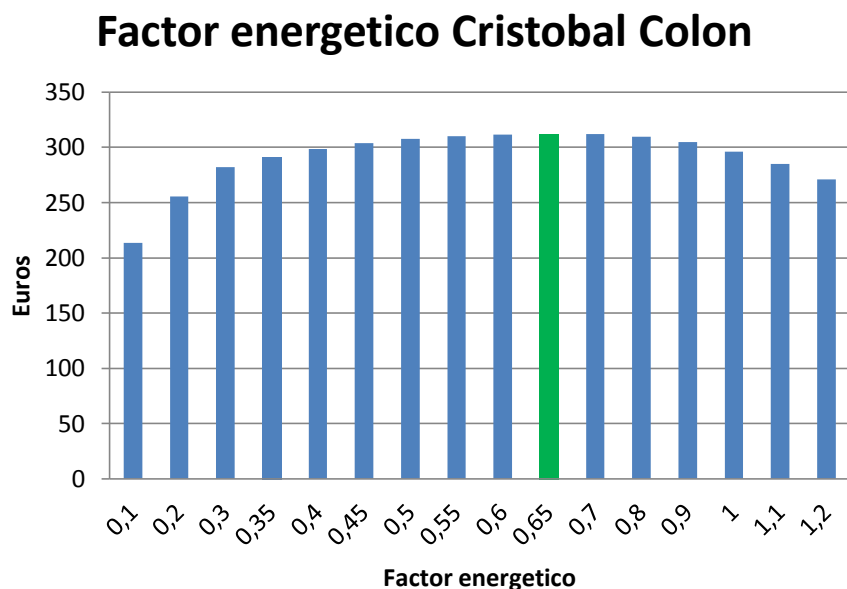
En un principio estimamos una potencia de instalación de 10 kW, por lo que, acudimos al programa PVSyst y procedemos a dimensionar la instalación. Introduciendo la potencia necesaria en el programa y habiendo previamente definido la ubicación, comenzamos con la elección de los paneles e inversores.

Escogemos la mejor distribución de los paneles, módulos, cadenas, inversores...y, mediante un simulador de sombras, vemos que el diseño está correctamente diseñado, y que en el peor de los casos tiene una pérdida de potencia mínima. Una vez que tenemos el diseño, extraemos del programa la energía que produciría nuestra instalación cada hora del año.

Con esta información, procedemos a restar la energía generada hipotéticamente por nuestra instalación a la energía calculada anteriormente, lo que nos resultaría una energía que incluso podría ser negativa, ya que habría casos (por ejemplo en verano) que la energía generada por los paneles sea mayor que la energía consumida. Estas energías las dejaremos en un principio como nulas.

Calculando el precio de la instalación, y lo que ello conlleva (estructura, cableado...) procedemos a calcular, el ahorro que obtendríamos que será de **312,13 €** al año en el caso de autoconsumo y de **1724,57 €** en caso de balance neto ya que tendríamos que sumar la energía vertida a la red y que posteriormente nos devolverían. Una vez obtenido este ahorro, variamos la potencia de nuestra instalación para ajustar nuestra potencia de instalación a aquella que más ahorro nos genere. En este caso, nos resulta una potencia de 6500 Wp.

Factor energético	Ahorro
0,1	213,43
0,2	255,7
0,3	282,05
0,35	291,2
0,4	298,41
0,45	303,75
0,5	307,55
0,55	309,95
0,6	311,47
0,65	312,13
0,7	312,12
0,8	309,72
0,9	304,58
1	296,33
1,1	285,06
1,2	271,18



Una vez calculado el ahorro máximo, volvemos a diseñar la instalación, esta vez con la potencia calculada anteriormente 6,5 kW, resultando la siguiente ventana en el programa PVSyst:



Configuración global sistema

N° de tipos de sub-campos: 1

Esquema Simplificado

Resumen sistema global

N° de módulos	27	Potencia nominal FV	6.8 kWp
Superficie módulos	45 m ²	Potencia máxima FV	6.4 kWdc
N° de inversores	3	Potencia nominal CA	6.0 kWac

Sistema Homogéneo

Ayuda al Dimensionado

No Sizing Entrar Pnom deseada: 6.5 kWp, ... o superficie disponible: 44 m²

Selección del módulo FV

Disponibles actualmente: Lista módulos por Potencia Tecnología

SolarWorld 250 Wp 26V Si-poly SW 250 Poly Since 2011 SolarWorld, 5/2011 Abrir

Módulos aprox. necesarios: 26 Tensiones de dimensionado: 25.6 V (20°C), 42.7 V (-10°C)

Selección del inversor

Disponibles actualmente: Lista inversores por Potencia Tensión (máx)

Power-One 2.0 kW 90 - 580 V TL 50/60 Hz PVI-2000-OUTD Since 2004 Abrir

N° de inversores: 3 Tensión Funciona.: 90-580 V Pglobal inversor: 6.0 kWac
 Tensión máx de entrada: 600 V

Diseño del generador FV

N° de módulos y cadenas

Mód. en serie: 9 Ver condiciones entre 4 y 14

N° de cadenas: 3 única posibilidad 3

Perdida sobrecarg: 0.0 %

Relación Pnom: 1.13

N° módulos: 27 Superficie: 45 m²

Cond. de funcionamiento

Vmpp (60°C): 231 V
 Vmpp (20°C): 285 V
 Voc (-10°C): 384 V

Irradiancia plano: 1000 W/m²

Imp (STC): 24.2 A
 Isc (STC): 26.1 A
 Isc (en STC): 25.9 A

La potencia máxima del Generador es más grande que la potencia máxima especificada del inversor. (Info, not significant)

Máx. en bases STC

Pmáx en funcionamiento en 1000 W/m² y 50°C: 5.9 kW

Potencia nom gener. [STC]: 6.8 kWp

✖ Anular
✔ OK

Como podemos observar, para una potencia de 6500 Wp hemos seleccionado 3 cadenas de 9 módulos en serie cada una, y cada grupo estará conectado a su inversor monofásico de 2 kW.

Una vez diseñado la nueva instalación, y calculando mediante el simulador de sombras que todo está correcto procedemos a obtener mediante PVSyst la energía generada para cada hora del año, obteniendo así una columna que añadimos a nuestra hoja de cálculo de Excel.

Para este colegio hemos elegido un nuevo modelo de pago, denominado balance neto, que consiste en consumir, siempre que se pueda, de nuestra instalación solar, y en el caso de que produzcamos más energía de la que consumimos, se inyectara a la red, obteniendo un beneficio económico al final del año. Por ello hemos hecho la tabla de Excel diferenciando el momento en el que se inyecta a la red, ya sea punta, llano o valle, obteniendo la siguiente tabla:

Mes	Semana	Dia	Hora	Produccion de energia	Produccion con factor	Hora punta, valle, llano	Consumo estimado	Factura actual	Consumo FV Bal.	Factura con FV Bal.	Punta	Llano	Valle	Consumo FV Autoc.	Factura con FV Autoc.		
E N E R O	3ª	16-01-13	0:00:00	0	0	VALLE	888,35	0,07428116	888,35	0,07428116	0	0	0	888,35	0,07428116		
			1:00:00	0	0	VALLE	903,065	0,07551159	903,065	0,07551159	0	0	0	903,065	0,07551159		
			2:00:00	0	0	VALLE	914,51	0,07646858	914,51	0,07646858	0	0	0	914,51	0,07646858		
			3:00:00	0	0	VALLE	935,401667	0,07821548	935,401667	0,07821548	0	0	0	935,401667	0,07821548		
			4:00:00	0	0	VALLE	1014,06333	0,08479293	1014,06333	0,08479293	0	0	0	1014,06333	0,08479293		
			5:00:00	0	0	VALLE	2052,10667	0,171591	2052,10667	0,171591	0	0	0	2052,10667	0,171591		
			6:00:00	0	0	VALLE	1428,445	0,11944229	1428,445	0,11944229	0	0	0	1428,445	0,11944229		
			7:00:00	0	0	VALLE	742,108333	0,06205287	742,108333	0,06205287	0	0	0	742,108333	0,06205287		
			8:00:00	0	0	VALLE	1991,61167	0,16653259	1991,61167	0,16653259	0	0	0	1991,61167	0,16653259		
			9:00:00	0	0	LLANO	8023,12667	0,67086978	8023,12667	1,14287835	0	0	0	8023,12667	1,14287835		
			10:00:00	80,9932	80,9932	LLANO	10254,9017	0,85748411	10173,9085	1,44925291	0	0	0	10173,9085	1,44925291		
			11:00:00	1951,3005	1951,3005	LLANO	8769,77667	0,73330242	6818,47617	0,97127829	0	0	0	6818,47617	0,97127829		
			12:00:00	1512,241	1512,241	LLANO	7999,87333	0,66892541	6487,63233	0,92415025	0	0	0	6487,63233	0,92415025		
			13:00:00	2212,7688	2212,7688	LLANO	6345,79833	0,53061662	4133,02953	0,58874179	0	0	0	4133,02953	0,58874179		
			14:00:00	4610,2529	4610,2529	LLANO	2874,33	0,24034285	-1735,9229	0	0	-247,27875	0	0	0	0	
			15:00:00	3037,7969	3037,7969	LLANO	2035,39333	0,17019348	-1002,4036	0	0	-142,79038	0	0	0	0	
			16:00:00	2380,3525	2380,3525	LLANO	2313,88833	0,1934804	-66,464167	0	0	-9,4676876	0	0	0	0	
			17:00:00	1260,017	1260,017	LLANO	1636,45333	0,13683532	376,436333	0,0536226	0	0	0	0	0	376,436333	0,0536226
			18:00:00	0	0	PUNTA	1736,37	0,14519005	1736,37	0,33819105	0	0	0	0	0	1736,37	0,33819105
			19:00:00	0	0	PUNTA	2166,375	0,18114578	2166,375	0,42194269	0	0	0	0	0	2166,375	0,42194269
			20:00:00	0	0	PUNTA	2252,30333	0,18833085	2252,30333	0,43867887	0	0	0	0	0	2252,30333	0,43867887
			21:00:00	0	0	PUNTA	845,476667	0,07069622	845,476667	0,16467264	0	0	0	0	0	845,476667	0,16467264
			22:00:00	0	0	LLANO	891,62	0,07455459	891,62	0,12700949	0	0	0	0	0	891,62	0,12700949
			23:00:00	0	0	LLANO	909,605	0,07605844	909,605	0,12957141	0	0	0	0	0	909,605	0,07605844

Hemos puesto en la tabla también cómo sería el ahorro con autoconsumo, es decir, sin recibir beneficio económico al inyectar, para hacer una comparativa del ahorro que generaríamos al elegir el modo de balance neto.

ESTUDIO TEORICO CON PVSYSY

El PVSyst es un programa informático que nos da la facilidad de poder simular una instalación solar fotovoltaica y mediante dicha simulación poder sacar distintos valores de energía producida anualmente, factores de sombreado, perdidas, presupuesto, amortización... todo ello gracias a su amplia base de datos.

Para comenzar un proyecto en PVSyst inicialmente se debe elegir la situación exacta donde se va a situar la instalación, mediante una herramienta llamada PVGys. Una vez exportados esos datos a PVSyst se comienza por elegir la orientación que tendrán los paneles, así como la inclinación de éstos.

Lo siguiente será elegir cuánta potencia queremos instalar o cuanto superficie de terreno queremos ocupar, ya que el programa, según el panel, te calcula una de las dos, es decir, si tu eliges potencia, el programa te calcula cuanto superficie necesitas, y si eliges cuanto superficie quieres utilizar, según el panel, te calculará la potencia que vas a utilizar.

Una vez elegido el panel, elegimos el inversor, que deberá de ser de la potencia instalada, o, como en nuestro caso del Cristóbal Colon, hemos elegido 3 de 2 kW para transportar la electricidad en trifásica. Disponemos las placas de la forma más equitativa posible. Los módulos en serie se refieren a cuantas placas están unidas entre sí en serie, mientras que los módulos en paralelo son el conjunto de módulos en serie, unidos en paralelo.

Detallamos las pérdidas que podrían ocasionarse debidas a la naturaleza, ya sea suciedad, mismatch, indisponibilidad del sistema... y procedemos a diseñar la instalación en una aplicación del programa que nos permite ver, en el peor de los casos, si se produce en algún momento alguna sombra que haga que nuestra instalación tenga perdidas por sombreado. Reproducimos la instalación y sus alrededores (los alrededores no son necesarios ya que ambas instalaciones están suficientemente altas como para que pueda recibir sombras de edificios colindantes) y comprobamos que la pérdida es mínima.

Simulamos la instalación y mediante dicha simulación podemos obtener distintos gráficos y tablas que utilizaremos para el posterior cálculo de diferentes características.

10-. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

INSTITUTO GALILEO

La primera instalación está desarrollada en una zona donde se sitúan las naves con talleres y el gimnasio colocando las placas en la cubierta del mismo edificio, aprovechando el ángulo de la misma, dicha cubierta tiene una superficie de 480 m² aproximadamente ocupando .

La instalación de energía solar fotovoltaica proyectada suministra energía eléctrica al edificio propiedad de I.E.S. Galileo.

En esta instalación hemos colocado las placas en la dirección de la cubierta, paralelas a la misma para aprovechar el ángulo de la cubierta en contra de la orientación hacia el sur evitando así un impacto visual negativo, con una inclinación de 45º

Se instalaran paneles para conseguir 70000 Wp de potencia y 1 inversor de 63 kW nominales para la conversión de corriente continua a corriente alterna y posterior conexión a la instalación.

COLEGIO CRISTÓBAL COLÓN

La segunda instalación está formada por 1 zona sobre la cubierta del polideportivo perteneciente al propio colegio con una superficie de 937,44 m² ocupando las placas instaladas 27 m².



Para una mayor optimización de la instalación tendremos en cuenta tanto la orientación como la inclinación, orientando las placas fotovoltaicas hacia el sur y con una inclinación de 35°.

La instalación de energía solar fotovoltaica proyectada abastece de energía eléctrica al colegio propiedad del Ayuntamiento de Valladolid.

Se instalarán paneles para conseguir 6500 Wp de potencia y 3 inversores de 2 kW nominales cada uno, para la conversión de corriente continua a corriente alterna y posterior conexión a la instalación.

11-. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO A INSTALAR

11.1 Generador Fotovoltaico

Cada campo fotovoltaico tiene sus diferentes características técnicas, evitando en ambas instalaciones que se generen sombras en las placas, en la disposición de las mismas se guardarán las distancias correspondientes que se marcan en los planos.

INSTITUTO GALILEO

El generador fotovoltaico está formado por un total de 255 módulos fotovoltaicos marca SolarWorld modelo SW 250 Poly.

Los módulos tienen una potencia nominal de 250 Wp constituidos por 60 células en serie.

El campo fotovoltaico está formado por 17 líneas en paralelo que se agruparan en grupos de dos grupos de 6 y uno de 5 en tres cajas de conexión para posteriormente unir a una caja de protección principal y de hay partir hacia el inversor. Cada una de las ramas está formada por 15 placas en serie. La distribución y conexionado se pueden ver en el plano.

La inclinación de las placas se adaptara a la cubierta siendo de 45° siendo al igual que la orientación que será en paralelo a la fachada de acuerdo con la construcción.

Las conexiones de salida están en una caja de conexiones con un grado de protección IP65. Las conexiones de salida llevan incorporados diodos by-pass para protección en caso de mal funcionamiento de una de las placas. Las especificaciones eléctricas y estructurales para una radiación estándar de 1000 W/m² y 25° C de temperatura son las siguientes.



Potencia Nominal	250 W
Tensión Circuito Abierto (Voc)	37.6 V
Corriente Cortocircuito (Isc)	8.64 A
Tensión Pot. Máxima (Vmax)	30,8 V
Corriente Máx. Pot. (Imax)	8.12 A
Eficiencia	14,92 %
Tensión Máx. Sistema	1000 V
Altura	1,675 mm
Ancho	1,001 mm
Profundidad	31 mm
Peso	21,2 Kg

COLEGIO CRISTÓBAL COLÓN

El generador fotovoltaico está formado por un total de 27 módulos fotovoltaicos marca SolarWorld modelo SW 250 Poly.

Los módulos son iguales a la instalación anterior teniendo la misma potencia nominal de 250 Wp y el mismo número de celdas.

De los 27 paneles que se instalaran, se distribuirán en 3 grupos de cadenas en paralelo de 9 módulos en serie cada uno. La distribución y conexionado se pueden ver en el plano.

La inclinación será de 35º siendo la óptima para esta zona, al igual que la orientación de los módulos que será hacia el sur.

Al igual que la otra instalación las conexiones de salida irán en una caja de conexiones con un grado de protección IP65. Llevando estas incorporados diodos by-pass para protección en caso de mal funcionamiento de una de las placas. Las especificaciones eléctricas y estructurales son las descritas en el apartado anterior.

11.2-. Estructura Soporte

Son las encargadas de asegurar un buen anclaje del campo de paneles a la cubierta, facilitando la instalación y mantenimiento de los paneles.

La perfilaría soporte está fabricada en acero galvanizado de gran resistencia estructural y larga vida a la intemperie.

Se empleará tornillería inoxidable para la sujeción de los módulos, asegurando un buen contacto eléctrico entre el marco de los módulos y los perfiles soporte, por seguridad frente a posibles pérdidas de aislamiento en el generador o efectos inducidos por descargas atmosféricas.

11.3- Inversor

Se dotara a cada instalación del inversor o inversores correspondientes para la conversión de corriente continua generada por los paneles a corriente alterna para el uso de la misma.

INSTITUTO GALILEO

En el caso del instituto Galileo se utilizara un inversor trifásico de la marca Solargate de modelo PV7M076NN de 63 kW.



Potencia Nominal	63000 W
Tensión Nominal de red (Vsc)	400 V
Tensión Máxima (Vmax)	800 V
Corriente Máxima (Imax)	46 A
Frecuencia Nominal	50 Hz
Tensión Máx. Sistema	1000 V
Máximo rendimiento	98%
Conexión a red AC	Trifásico

COLEGIO CRISTOBAL COLON

En el segundo edificio, el colegio Cristóbal Colón, los inversores a utilizar serán 3 inversores monofásicos de la marca Power One de modelo PVI2000 de 2000 W out door.



Potencia Nominal	2000 W
Tensión Arranque (Vstart)	200 V
Tensión Nominal de red (Vsc)	230 V
Tensión Máxima (Vmax)	600 V
Corriente Máxima (Imax)	10 A
Frecuencia Nominal	50 Hz
Tensión Máx. Sistema	1000 V
Máximo rendimiento	95,5%
Conexión a red AC	Monofásico

11.4-. Cableado del Campo Fotovoltaico

Todos los conductores son de cobre. El dimensionado de los cables (sección) es tal que las caídas de tensión desde los módulos fotovoltaicos hasta la entrada al cuadro general sea menor del 1,5%.

En el apartado cálculos se justificaran dichos cálculos para cada uno de los tramos que componen las diferentes instalaciones.

11.5-. Protecciones y Seguridad

Las instalaciones serán diseñadas de modo que se cumpla el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), el R.D. 1955/2002, y cuantas normas se establezcan y regulen la presente instalación. Además de consideran las especificaciones recomendada por Iberdrola, a cuya red se conectara la central fotovoltaica.

En concreto en la instalación se tomaran las siguientes medidas:

- Los conductores (secciones y aislamiento) serán calculados para cumplir el REBT.
- Los conductores de corriente alterna estarán protegidos mediante fusibles y magnetotérmicos contra sobreintensidades.
- Los conductores del campo fotovoltaico serán dimensionados para soportan, como mínimo el 150% de la intensidad el cortocircuito sin necesidad de protección. El cálculo de la secciones cumplirá según el REBT. Además las secciones serán tales que las pérdidas totales máximas sean inferiores al 1,5%.
- Los conductores del campo fotovoltaico se dotaran de fusibles seccionadores, fusibles rápidos, en cada una de las líneas que vienen del campo fotovoltaico en la línea total al inversor. Además se situaran diodos antiparalelo en cada línea del campo. en operaciones de mantenimiento (únicamente a realizar por personal especializado) es necesario advertir que aunque se abran los fusibles seleccionados pueden aparecer tensiones superiores a 400 V entre los terminales positivos y negativos de las líneas de los campos fotovoltaicos.
- La estructura y marco de los módulos fotovoltaicos estarán conectadas a tierra de acuerdo con el REBT. La conexión a tierra de la estructura soporte ofrecerá por un lado una buena protección contra sobrecargas atmosféricas y por otro lado una superficie equipotencial que previene ante contactos indirectos (en el caso de que uno de los polos activos del campo fotovoltaico presente en contacto del defecto con la estructura, si esta está puesta a tierra se evitan daños por contacto de una persona con la estructura).

- Los inversores utilizados evitaran que se puedan poner en contacto los conductores de corriente continua con los conductores de corriente alterna (aislamiento galvánico).

Además de lo mencionado anteriormente, la parte de la instalación de corriente alterna se realizara de acuerdo con la normativa aplicable.

A la hora de la realización de la puesta a tierra tendremos en cuenta la nota de interpretación técnica de conexión en instalaciones generadoras en baja tensión que hizo el ministerio de industria en la que al ser una instalación interconectada y estar integrada en la cubierta del edificio las masas de la instalación se unirán a la del edificio, tanto de la parte de continua como de la alterna, que además es independiente del neutro de la línea de distribución, de acuerdo con el REBT.

La instalación incluye los siguientes sistemas de protección:

1. Interruptor general manual, que es un interruptor magnetotérmicos con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por Iberdrola en el punto de conexión. Este interruptor será accesible a Iberdrola en todo momento, con el objetivo de poder realizar la desconexión manual.
2. Interruptor automático diferencial, con el fin de proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento a la parte continúa de la instalación.
3. El rearme del sistema de conmutación y, por tanto, de la conexión con la red, de la instalación fotovoltaica es automático, una vez restablecida la tensión de red por la empresa distribuidora.
4. Se integran en el equipo inversor las funciones de protección de máxima y mínima tensión y de máxima y mínima frecuencia y las maniobras automáticas de desconexión-conexión serán realizadas por éste.

Del mismo modo se integra un relé anti-isla para el caso de que la línea de distribución se desconecte de la red, bien sea por trabajos de mantenimiento requeridos por la empresa distribuidora o por haber actuado alguna protección de la isla. El relé debe actuar sobre el contactor de desconexión para que la instalación fotovoltaica no mantenga tensión en la línea de distribución.

11.5.1 Protecciones de Corriente continua

A la hora de interrumpir las corrientes presenta mayores problemas los tramos en corriente continua que en corriente alterna. En corriente continua para extinguir el arco que se forma es preciso que la corriente disminuya hasta anularse. Es necesario que la interrupción se realice gradualmente, sin bruscas anulaciones de la corriente que darían lugar a elevadas sobretensiones.

TRAMO PANELES – CAJA CONEXIONES

Fusible

Este tramo estará protegido contra sobre intensidades mediante fusibles en cada una de las ramas a la salida de los módulos caso de producirse una corriente superior a la admisible por el fusible en la línea, provocando la apertura del circuito. Cada ramal poseerá dos fusibles de idénticas características eléctricas, uno para el conductor de polaridad positiva y otro para el de polaridad negativa.

INSTITUTO GALILEO

Como tenemos 17 ramas en paralelo se colocará un fusible por rama siendo la marca del fusible a instalar Talergon con un calibre de 10 A cuyos cálculos se justifican en el apartado cálculos.

Como el instituto tiene instalada más potencia se colocará otra caja de conexiones de 3 fusibles en la caja principal en el tramo caja de conexiones – inversor.



COLEGIO CRISTÓBAL COLÓN

En el colegio tenemos 3 ramas se colocará un fusible por rama siendo el fusible a instalar de 10 A de la marca Talergon cuyos cálculos se justifican en el apartado cálculos

Descargador

Las instalaciones fotovoltaicas pueden estar expuestas a las descargas atmosféricas y las consiguientes sobretensiones transitorias. Las consecuencias de estas sobretensiones son la

reducción del rendimiento y la vida de la instalación. El uso de protecciones contra sobretensiones garantiza la optimización del rendimiento de la instalación y en consecuencia se muestra como una decisión altamente rentable. Los protectores de sobretensión descargan a tierra los picos de tensión transitorios que se transmiten a través de los cables de la instalación eléctrica debidas a descargas atmosféricas indirectas que se producen a una determinada distancia de la instalación fotovoltaica e inducen una sobretensión.

En cada una de las instalaciones colocaremos dos descargadores, uno a la salida de paneles en la parte de continua y otro en la parte de alterna a la salida del inversor.

INSTITUTO GALILEO

Como tenemos 15 paneles en serie siendo la Tensión de vacío $V_{CO} = 37,6$ V la tensión máxima será de 564 V así que el descargador a instalar será de $V_{DC} = 1000$ V de la marca Talergon.



COLEGIO CRISTÓBAL COLÓN

Como tenemos 3 ramas y 9 paneles en serie siendo la Tensión de vacío $V_{CO} = 37,6$ V la tensión máxima será de 338,4 V así que el descargador a instalar al igual que en la instalación anterior será de la marca Talergon de $V_{DC} = 1000$ V.

Interruptor Seccionador

Colocaremos un interruptor en cada una de las cajas de conexiones en el tramo entre la salida del fusible antes del inversor en el lado de continua, tendrán la función de aislar zonas del generador para labores de mantenimiento de los módulos solares como limpieza y reparación de incidencias.. Al abrirlos proporcionaran un aislamiento eficaz de cada rama.

Para la elección de los interruptores-seccionadores se tendrán en cuenta, la tensión de servicio de la línea y la corriente que deben ser capaces de interrumpir al abrirse.

INSTITUTO GALILEO

En el caso del instituto se colocaran 3 interruptores de este tipo, uno por cada 5 o 6 ramas, uno en cada caja de conexiones, de la marca Telergon modelo S5-0080PB0 de $I = 80 \text{ A}$ y 800 V_{dc} .



COLEGIO CRISTÓBAL COLÓN

Colocaremos un interruptor seccionador en la caja de protecciones de la marca Telergon modelo S5-00804PB0 de $I_e = 12,5 \text{ A}$ y $V_{dc} = 800 \text{ V}$



TRAMO CAJA CONEXIONES – CAJA DE CONEXIONES PRINCIPAL

INSTITUTO GALILEO

Dado que en el instituto tenemos más potencia y hemos colocado una caja principal antes de la llegada del inversor, deberemos proteger la línea que nos une con un nuevo fusible y un interruptor.

Fusible

De las tres cajas vendrán 3 líneas con sus dos cables de positivo y negativo, intercalaremos fusibles en la caja principal para que la salida nos quede un solo ramal antes del inversor, los fusibles que si instalaran en esta caja serán 3 de 50 A cada uno también de la misma marca, Telergon que en los otros casos.

Interruptor Seccionador

Para este último elemento antes de llegar al inversor colocaremos un interruptor que unirá las tres líneas en una sola. Estará instalado en la caja de conexiones principal, será de la marca Telergon modelo S5-01604PB0 de $I = 160 \text{ A}$ y 1000 V_{dc}



11.5.2-. Protecciones de alterna.

Las protecciones de alterna estará ubicadas aguas abajo del inversor, para la protección de los circuitos y conexión a red de la instalación, una vez sea convertida la corriente continua en corriente alterna.

TRAMO INVERSOR - CUADRO

Este es el último tramo antes del cuadro en el cual incluimos las protecciones de interruptor general manual y de interruptor automático diferencial, que ya se cumplen las siguientes condiciones:

1. Las funciones son realizadas mediante un contactor cuyo rearme es automático, una vez se restablezcan las condiciones normales de suministro de la red.
2. El contactor, gobernando normalmente por el inversor, puede ser activado manualmente.
3. El estado del contactor ("on/off") esta señalizado con claridad en el frontal del equipo, en un lugar destacado.
4. El fabricante del inversor certifica:
Los valores de tara de tensión;
Los valores de tara de frecuencia;
El tipo y características de equipo utilizado internamente para la detección de fallos (modelo, marca, calibración, etc.)

Las protecciones del tramo de corriente alterna se situaran en el cuadro general de la instalación.

Interruptor Magnetotermico

Colocaremos un interruptor magnetotérmico funcionar con corriente alterna. Este elemento también deberá ser calculado individualmente, así está justificado en el apartado cálculos:

INSTITUTO GALILEO

En el instituto se instalará un magnetotérmico tetrapolar de 125 A de calibre de la marca Legrand y un poder de corte de 25kA y una tensión de 400 V.



COLEGIO CRISTÓBAL COLÓN

En el colegio se instalará un interruptor magnetotérmico de 4 polos de 10 A de calibre de la marca ABB y un poder de corte de 6kA.



Interruptor Diferencial

Los interruptores diferenciales proporcionan protección a las personas contra descargas eléctricas, tanto en el caso de contactos directos como contactos indirectos y también protección a las instalaciones ya que detectan las fugas a tierra midiendo la corriente que circula por los conductores.

INSTITUTO GALILEO

En el instituto el diferencial elegido será de 125 A de la marca Legrand tetrapolar y una sensibilidad de 30mA.



COLEGIO CRISTÓBAL COLÓN

En la instalación del colegio se instalará un interruptor diferencial de tetrapolar de la marca ABB de 10 A de calibre y una sensibilidad de 30mA.



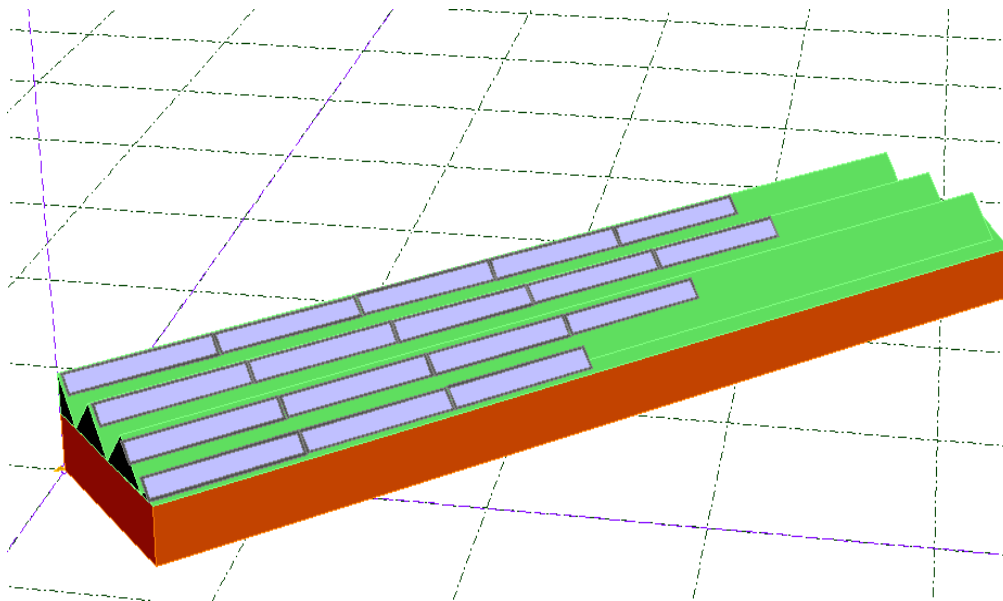
12-. ESTUDIO ENERGETICO DE LAS INSTALACIONES

12.1-. Estudio de sombras

En una instalación solar fotovoltaica, uno de los factores a tener en cuenta son el cómo evoluciona el entorno de la situación de las placas solares en cuanto a sombras se refiere. Estas sombras pueden proceder bien por edificios colindantes, arboles o incluso los propios paneles. Para que esto no ocurra, el programa PVSyst nos proporciona una aplicación donde podemos diseñar de una manera aproximada la situación de los paneles, y su entorno.

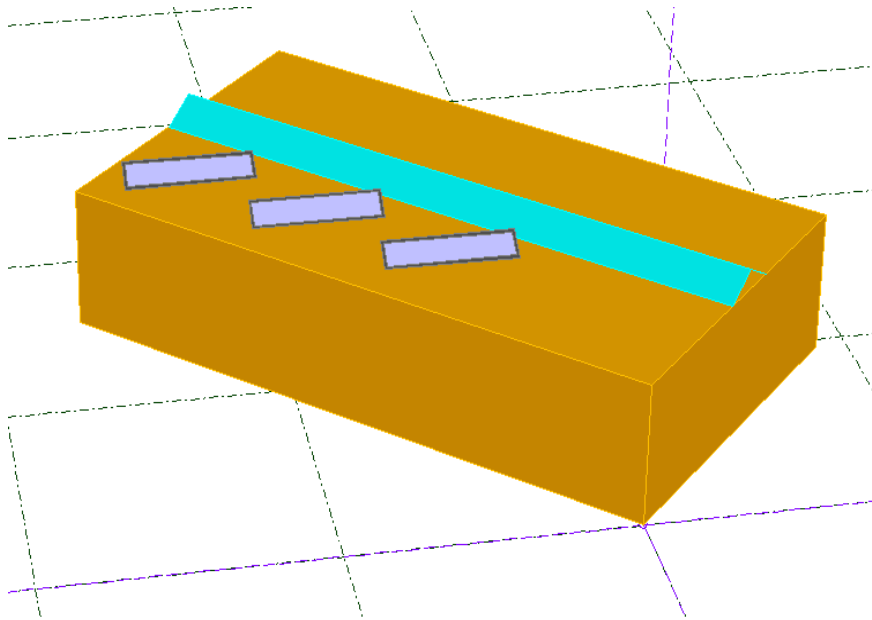
Galileo

Para el instituto Galileo diseñamos el tejado con dientes de sierra a la altura y ángulo adecuado. Para el caso de las placas solares las diseñamos con las medidas establecidas. Nuestra instalación tendrá la siguiente apariencia:



Cristóbal Colón

En esta instalación, el diseño será más fácil puesto que no tenemos ninguna barrera arquitectónica que nos dificulte la instalación de las placas, por lo que, nos quedará la de la siguiente manera:

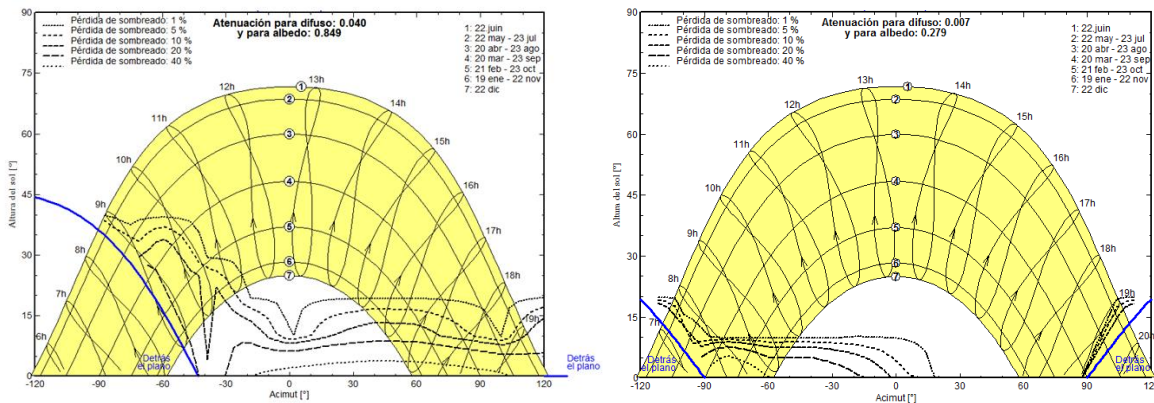


12.2.- Estudio de rendimientos y pérdidas

Durante el proyecto diseñado con el programa PVSyst tenemos la opción de que nos exporte cierta información, como puede ser el rendimiento de la instalación, las sombras generadas, el diseño aproximado en perspectiva, así como toda la información de los paneles, inversores etc.

A continuación mostramos un gráfico en el cual se ve el recorrido que hace el sol en cada una de las horas del día y nos dice a qué horas nuestros paneles se verán afectados por sombras.

En el caso de Galileo el diagrama de sombras el de la izquierda y en el de Cristóbal Colón es el de la derecha:

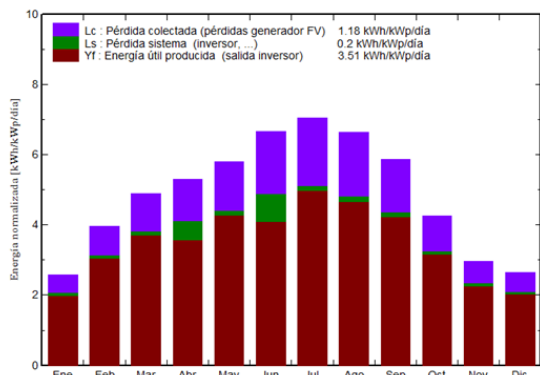


El programa PVSyst también nos dice la energía generada por los paneles en un año, ya sea, a la salida del inversor, energía inyectada a la red, energía a la salida del generador... y la radiación que

recibe el generador en cada mes. Además nos proporciona información sobre el rendimiento y el porcentaje de pérdidas que se producen en las placas, ya sea por sombreado, por polvo y suciedad, pérdidas en el cableado, mismatch etc.

A continuación mostramos todos los gráficos que genera el programa tanto de rendimientos como de pérdidas del instituto Galileo.

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 63.8 kWp



Factor de rendimiento (PR)

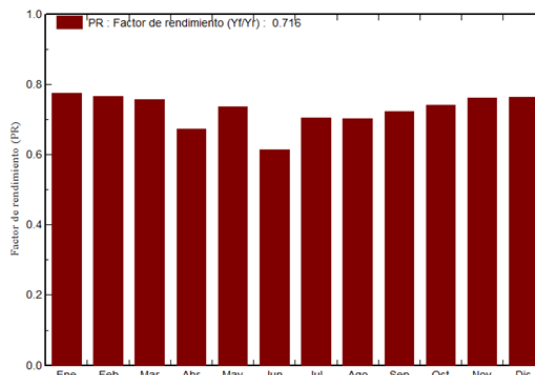
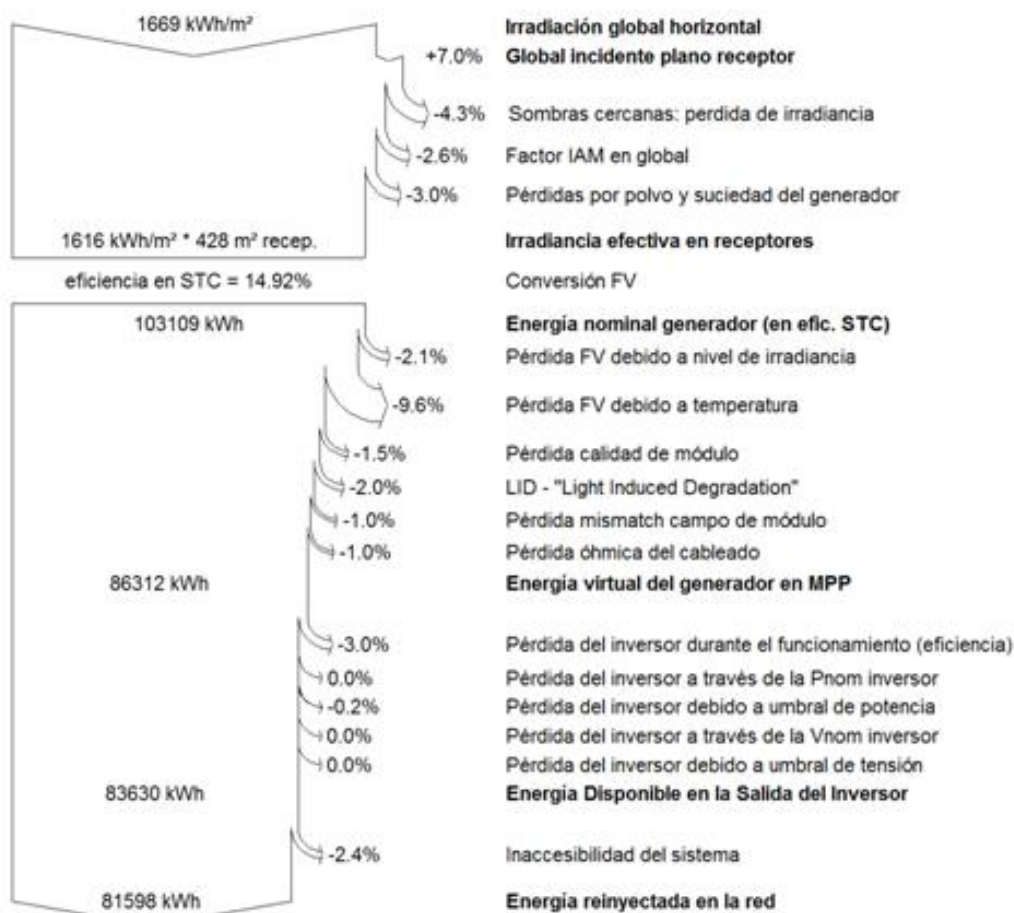
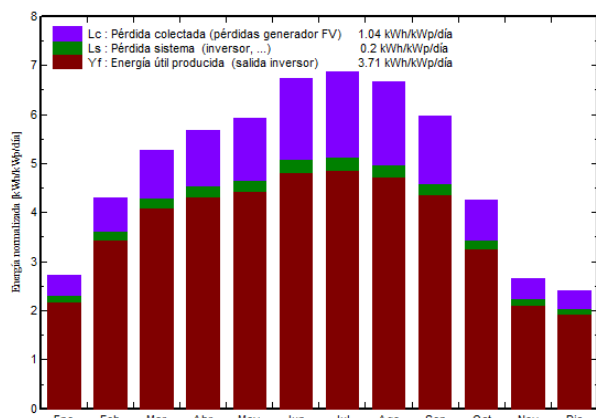


Diagrama de pérdidas durante todo el año



Lo mismo hacemos con el colegio, exponemos los gráficos que genera el programa tanto de rendimientos como de pérdidas.

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 6.75 kWp



Factor de rendimiento (PR)

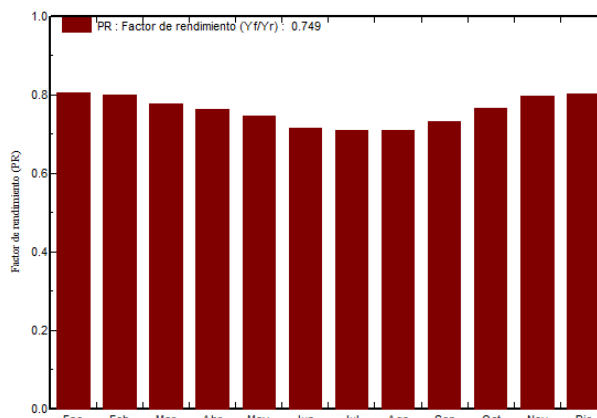
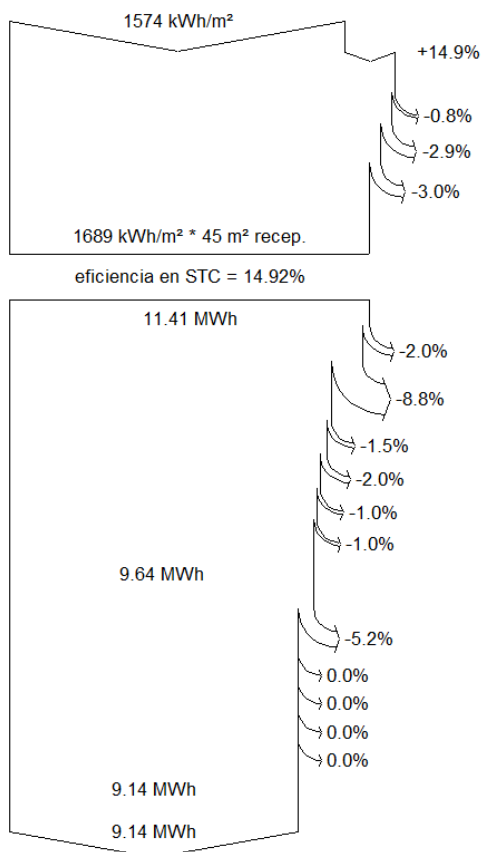


Diagrama de pérdidas durante todo el año



Irradiación global horizontal

Global incidente plano receptor

Sombras cercanas: pérdida de irradiancia

Factor IAM en global

Pérdidas por polvo y suciedad del generador

Irradiancia efectiva en receptores

Conversión FV

Energía nominal generador (en efic. STC)

Pérdida FV debido a nivel de irradiancia

Pérdida FV debido a temperatura

Pérdida calidad de módulo

LID - "Light Induced Degradation"

Pérdida mismatch campo de módulo

Pérdida óhmica del cableado

Energía virtual del generador en MPP

Pérdida del inversor durante el funcionamiento (eficiencia)

Pérdida del inversor a través de la Pnom inversor

Pérdida del inversor debido a umbral de potencia

Pérdida del inversor a través de la Vnom inversor

Pérdida del inversor debido a umbral de tensión

Energía Disponible en la Salida del Inversor

Energía reinyectada en la red

13-. Análisis de Viabilidad. Estudio Económico.

13.1-. Introducción.

El correcto análisis de viabilidad económica de un proyecto es fundamental, no solo para determinar la conveniencia de efectuar una inversión, sino también para predecir el posible comportamiento de la misma, pudiendo así evitar o limitar perjuicios económicos importantes para los inversores.

Es más, las entidades financieras exigen este tipo de estudios antes de aprobar los créditos que se requieran para la ejecución de cualquier tipo de actividad emprendedora.

En el siguiente estudio, se mostrará una previsión de la cuenta de resultados de la instalación durante los 25 años de vida útil estimada, se simula el flujo de caja anual y se estimarán los parámetros VAN, TIR y PR, indicadores utilizados habitualmente para el análisis de viabilidad de inversiones.

13.2-. VAN (Valor Actual Neto)

Uno de los criterios que se emplean para analizar la rentabilidad de la instalación FV será el VAN.

El Valor Actual Neto (VAN) de un proyecto de inversión se entiende como la suma algebraica de los valores equivalentes de todos los flujos de caja parciales, actualizada al inicio del proyecto. Los flujos de cada año son las sumas anuales de los gastos e ingresos, pudiendo ser de cualquier signo. De tal forma, que si en un año se tiene un flujo de caja negativo significaría que en ese periodo, los gastos han superado a los ingresos, e inversamente, indicaría que los ingresos han sido superiores.

Por lo tanto, el VAN nos proporciona una medida absoluta de rentabilidad de la instalación. Un VAN obtenido positivo nos indica que la instalación crea valor, pudiendo ser abordada. En caso contrario, VAN negativo, la instalación generará pérdidas y no es interesante la inversión.

A continuación se muestran los criterios para evaluar la inversión en función del VAN:

-Si $VAN > 0$ La Instalación es rentable.

-Si $VAN < 0$ La instalación no es rentable.

El VAN es un parámetro también cuantitativo, así, cuanto mayor sea este mayor rentabilidad aportará la inversión.

El gran inconveniente de un análisis de rentabilidad utilizando este criterio es que se ha de fijar la tasa de interés, la cual depende de muchos factores, como son: el precio del dinero, los costes de oportunidad y los riesgos del tipo de inversión.

Se obtiene por medio de la siguiente expresión:

$$VAN = -Inversion + \sum_1^n \frac{FC_n}{(1+r)^n}$$

Siendo r la tasa de descuento.

Se puede entender la tasa de descuento como el valor o interés mínimo que el inversor espera obtener por la financiación y ejecución del proyecto.

13.3- TIR (Tasa Interna de Retorno)

Se define la Tasa Interna de Retorno como la tasa de descuento o tipo de interés que iguala el VAN a cero.

$$VAN = -Inversion + \sum_1^n \frac{FC_n}{(1+r)^n} = 0$$

Para la realización de este cálculo se evalúa con procesos iterativos o ayudados de software de cálculo matemático. Se considera que si el TIR es superior a la tasa de descuento aplicada, el proyecto será rentable.

13.4- Periodo de Retorno

Se define como el periodo de tiempo en que la inversión inicial retorna gracias a los flujos de caja generados por el proyecto. Esto se produce en el año en que los flujos de caja acumulados superan la inversión inicial.

13.5- Flujo de Caja o “Cash Flow”

Se trata de una estimación anual del saldo neto del efectivo de la empresa, desglosando la diferencia entre los ingresos de las ventas previstas y los pagos mensuales previstos.

A diferencia de la Cuenta de Resultados, este análisis no incorpora elementos contables, representa las entradas o salidas netas de dinero anuales.

Su principal utilidad radica en la previsión de los momentos de necesidad de aportar capital, y en cuales, se producirán ingresos debido a la actividad productiva. Se emplea, asimismo para el cálculo de: PR, VAN y TIR

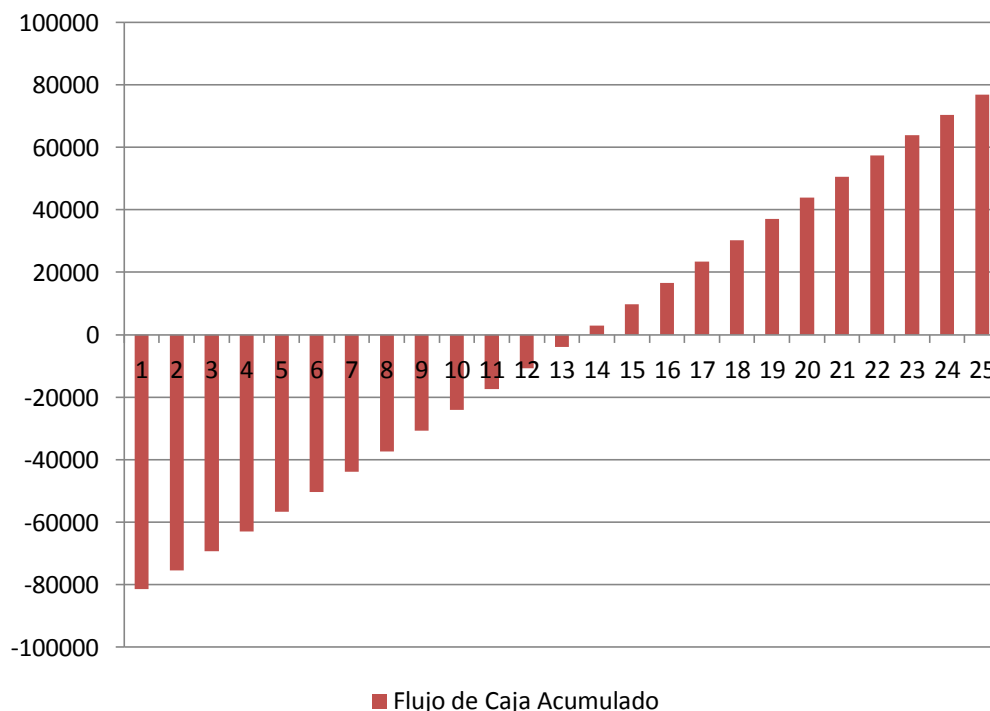
13.6.- Estudio económico para las instalaciones

GALILEO

A continuación mediante una tabla de Excel, calculamos cual sería la tasa interna de retorno, teniendo en cuenta la inversión inicial, el ascenso continuo del IPC y el precio de tarifa eléctrica y que la instalación tiene una vida útil de 25 años a buen rendimiento aproximadamente, entre otros factores.

Una vez introducidas las variantes necesarias la tasa interna de retorno que nos sale resulta ser aproximadamente de un **6%**, lo cual nos dice que nuestra inversión en la instalación de autoconsumo va a dar beneficios en un futuro.

Según la tabla y grafico que se muestra a continuación, a partir del año 14 en el que se instalaría la planta fotovoltaica la inversión empezaría a dar valores positivos y por tanto a ser rentable.





Estudio Económico Galileo Autoconsumo

Año	Inversión €	Potencia panel respecto a nominal %	Factura RED SIN fotovoltaica €	Factura RED CON fotovoltaica €	Ahorro Factura RED €	Gastos mantenimiento €	Ahorro REAL		Flujo de caja €	Flujo Caja acumulado €	TIR
							en euros	en euros			
							constantes	Corrientes			
1	-87500	100,0%	20342,78	14294,25	6048,53	-71,79	5976,74	5827,55	-81523,26	-81523,26	6,06%
2		99,2%	21066,98	14928,95	6138,03	-73,63	6064,40	5765,43	6064,40	-75458,87	
3		98,3%	21816,97	15591,84	6225,13	-75,51	6149,61	5700,51	6149,61	-69309,25	
4		97,5%	22593,65	16284,16	6309,49	-77,45	6232,05	5632,73	6232,05	-63077,21	
5		96,6%	23397,99	17007,22	6390,77	-79,43	6311,34	5562,01	6311,34	-56765,87	
6		95,8%	24230,95	17762,38	6468,57	-81,46	6387,11	5488,28	6387,11	-50378,76	
7		95,0%	25093,58	18551,08	6542,50	-83,55	6458,95	5411,48	6458,95	-43919,81	
8		94,2%	25986,91	19374,79	6612,11	-85,69	6526,43	5331,52	6526,43	-37393,38	
9		93,4%	26912,04	20235,08	6676,96	-87,88	6589,07	5248,34	6589,07	-30804,31	
10		92,6%	27870,11	21133,57	6736,54	-90,13	6646,40	5161,86	6646,40	-24157,91	
11		91,8%	28862,29	22071,96	6790,33	-92,44	6697,89	5072,00	6697,89	-17460,02	
12		91,0%	29889,78	23052,01	6837,77	-94,81	6742,96	4978,69	6742,96	-10717,05	
13		90,3%	30953,86	24075,58	6878,28	-97,23	6781,04	4881,83	6781,04	-3936,01	
14		89,5%	32055,82	25144,60	6911,22	-99,72	6811,49	4781,35	6811,49	2875,49	
15		88,7%	33197,00	26261,09	6935,92	-102,27	6833,64	4677,16	6833,64	9709,13	
16		88,0%	34378,82	27427,15	6951,67	-104,89	6846,78	4569,18	6846,78	16555,91	
17		87,2%	35602,70	28644,98	6957,72	-107,58	6850,14	4457,32	6850,14	23406,05	
18		86,5%	36870,16	29916,89	6953,26	-110,33	6842,93	4341,48	6842,93	30248,98	
19		85,8%	38182,74	31245,28	6937,45	-113,16	6824,30	4221,59	6824,30	37073,28	
20		85,0%	39542,04	32632,65	6909,39	-116,05	6793,33	4097,54	6793,33	43866,61	
21		84,3%	40949,74	34081,63	6868,11	-119,02	6749,09	3969,23	6749,09	50615,70	
22		83,6%	42407,55	35594,94	6812,61	-122,07	6690,54	3836,58	6690,54	57306,23	
23		82,9%	43917,26	37175,45	6741,81	-125,20	6616,61	3699,49	6616,61	63922,85	
24		82,2%	45480,71	38826,14	6654,58	-128,40	6526,17	3557,84	6526,17	70449,02	
25		81,5%	47099,83	40550,12	6549,71	-131,69	6418,02	3411,54	6418,02	76867,04	
Suma	-87500		778359	631864	166838	-2471	164367	119683	76867		

CRISTOBAL COLÓN

En el caso del colegio Cristóbal Colón tenemos que interpretar los dos casos propuestos, Autoconsumo y Balance Neto, por lo tanto realizaremos dos tablas que se mostraran a continuación.

Calcularemos cual sería la tasa interna de retorno, teniendo en cuenta la inversión inicial que en ambos casos será la misma y además el ascenso continuo del IPC y el precio de tarifa eléctrica y que la instalación tiene una vida útil de 25 años a buen rendimiento aproximadamente, entre otros factores.

Una vez introducidas las variantes necesarias la tasa interna de retorno en el caso del Autoconsumo nos sale aproximadamente de un **1,44%**, dado que ha salido positivo nos dice que nuestra inversión en la instalación de autoconsumo va a dar beneficios en un futuro.

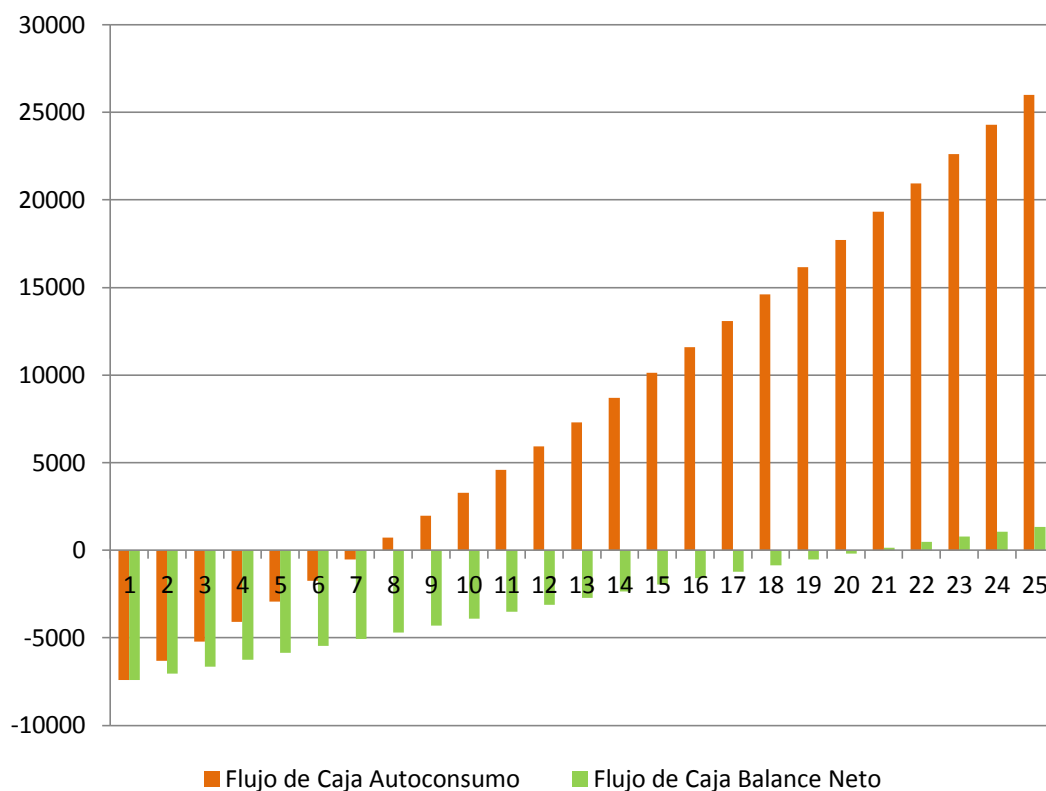
Según la tabla y grafico que se muestra a continuación, a partir del año 20 en el que se instalaría la planta fotovoltaica la inversión empezaría a dar valores positivos y por tanto a ser rentable.

En el caso del Balance Neto la tasa interna de retorno sale de **16,13%** y será rentable a partir del 8 año en el que se finalice la instalación.

Es normal que en el segundo caso se recupere el dinero antes dado que se recupera dinero de toda la energía que has vertido a la red anteriormente, teniendo en cuenta la tarifa y el periodo en el que se encontraba en esos momentos.

La conclusión es que ambos sistemas son viables pero entre elegir uno u otro sistema está bastante claro que el Balance Neto recupera bastante antes el dinero invertido y da beneficios más en anticipado.

Si el Balance Neto se llevara a la práctica habría bastantes ventajas para el usuario y la economía del país, el consumo y por tanto el gasto en la factura de la luz se vería reducida, nacerían nuevos puestos de trabajo, siendo más renovables cada uno a pequeña escala en su domicilio o industria, el país no dependería tanto de los combustibles fósiles



En el grafico se ve perfectamente la diferencia entre ambos métodos tanto en la rapidez de amortización de la instalación como de aumento del beneficio a lo largo de los años, siendo la inversión inicial igual.



Estudio económico Cristóbal Colón Autoconsumo

Año	Inversión €	Potencia panel respecto a nominal %	Factura RED SIN fotovoltaica €	Factura RED CON fotovoltaica €	Ahorro Factura RED €	Gastos mantenimiento €	Ahorro REAL		Flujo de caja €	Flujo Caja acumulado €	TIR
							en euros	en euros			
							constantes	corrientes			
1	-7800	100,0%	2473,41	2084,88	388,53	-6,67	381,87	372,33	-7418,13	-7418,13	1,44%
2		99,5%	2561,47	2169,90	391,57	-6,84	384,73	365,76	384,73	-7033,40	
3		99,0%	2652,65	2258,38	394,27	-7,01	387,26	358,98	387,26	-6646,14	
4		98,5%	2747,09	2350,47	396,61	-7,19	389,42	351,97	389,42	-6256,72	
5		98,0%	2844,88	2446,32	398,56	-7,38	391,19	344,74	391,19	-5865,54	
6		97,5%	2946,16	2546,08	400,08	-7,56	392,52	337,28	392,52	-5473,02	
7		97,0%	3051,05	2649,90	401,14	-7,76	393,39	329,59	393,39	-5079,63	
8		96,6%	3159,66	2757,96	401,70	-7,96	393,75	321,66	393,75	-4685,88	
9		96,1%	3272,15	2870,42	401,72	-8,16	393,56	313,48	393,56	-4292,32	
10		95,6%	3388,64	2987,47	401,16	-8,37	392,79	305,06	392,79	-3899,53	
11		95,1%	3509,27	3109,30	399,97	-8,58	391,39	296,38	391,39	-3508,14	
12		94,6%	3634,20	3236,09	398,11	-8,80	389,31	287,45	389,31	-3118,83	
13		94,2%	3763,58	3368,05	395,53	-9,03	386,50	278,25	386,50	-2732,33	
14		93,7%	3897,56	3505,39	392,17	-9,26	382,91	268,79	382,91	-2349,42	
15		93,2%	4036,32	3648,33	387,98	-9,50	378,48	259,05	378,48	-1970,93	
16		92,8%	4180,01	3797,11	382,90	-9,74	373,16	249,03	373,16	-1597,77	
17		92,3%	4328,82	3951,94	376,87	-9,99	366,88	238,73	366,88	-1230,89	
18		91,8%	4482,92	4113,10	369,83	-10,25	359,58	228,13	359,58	-871,31	
19		91,4%	4642,51	4280,82	361,69	-10,51	351,19	217,25	351,19	-520,12	
20		90,9%	4807,79	4455,38	352,40	-10,78	341,63	206,06	341,63	-178,50	
21		90,5%	4978,95	4637,07	341,88	-11,05	330,83	194,56	330,83	152,33	
22		90,0%	5156,20	4826,16	330,04	-11,34	318,70	182,76	318,70	471,03	
23		89,6%	5339,76	5022,96	316,80	-11,63	305,17	170,63	305,17	776,21	
24		89,1%	5529,85	5227,78	302,07	-11,92	290,14	158,18	290,14	1066,35	
25		88,7%	5726,71	5440,96	285,75	-12,23	273,52	145,39	273,52	1339,88	
Suma	-7800		94638	87742	9369	-229	9140	6781	1340		



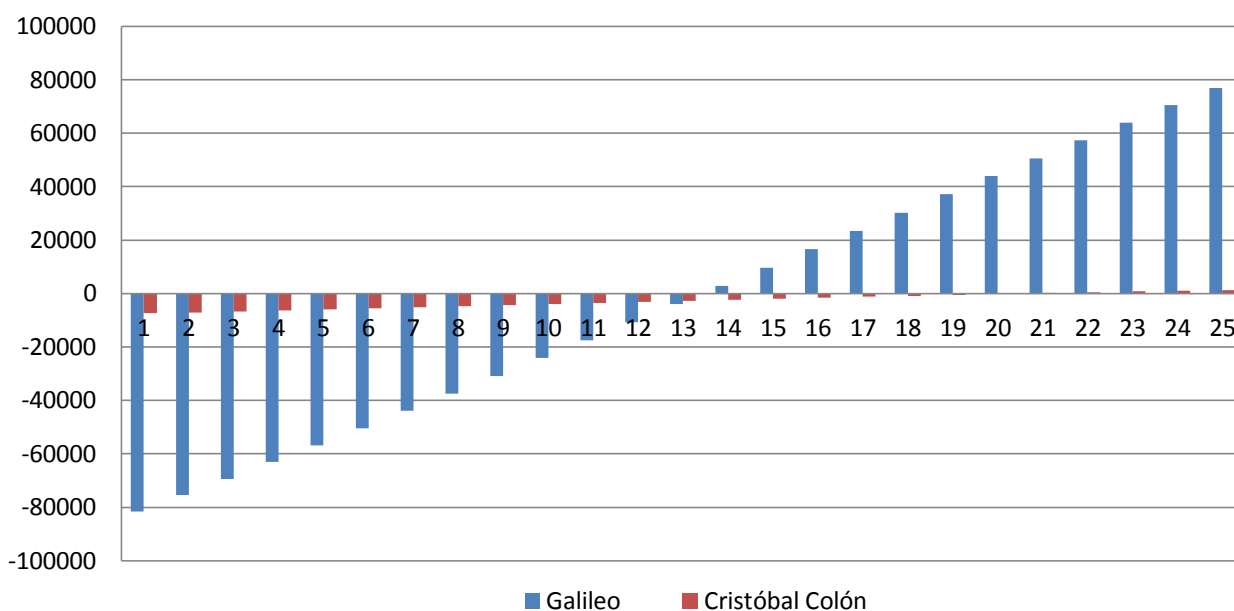
Estudio económico Cristóbal Colón Balance Neto											
Año	Inversión €	Potencia panel respecto a nominal	Factura RED SIN fotovoltaica €	Factura RED CON fotovoltaica €	Ahorro Factura RED €	Gastos mantenimiento €	Ahorro REAL		Flujo de caja €	Flujo Caja acumulado €	TIR
		%					en euros	en euros			
							constantes	corrientes			
1	-7800	100,0%	2473,41	1412,45	1060,96	-6,67	1054,30	1027,98	-7395,70	-7395,70	16,13%
2		99,2%	2561,47	1475,17	1086,30	-6,84	1079,46	1026,25	1079,46	-6316,24	
3		98,3%	2652,65	1540,67	1111,99	-7,01	1104,97	1024,28	1104,97	-5211,27	
4		97,5%	2747,09	1609,08	1138,01	-7,19	1130,82	1022,07	1130,82	-4080,45	
5		96,6%	2844,88	1680,52	1164,36	-7,38	1156,98	1019,62	1156,98	-2923,46	
6		95,8%	2946,16	1755,14	1191,02	-7,56	1183,45	1016,91	1183,45	-1740,01	
7		95,0%	3051,05	1833,08	1217,97	-7,76	1210,21	1013,95	1210,21	-529,80	
8		94,2%	3159,66	1914,47	1245,19	-7,96	1237,24	1010,71	1237,24	707,44	
9		93,4%	3272,15	1999,48	1272,67	-8,16	1264,51	1007,21	1264,51	1971,95	
10		92,6%	3388,64	2088,26	1300,38	-8,37	1292,01	1003,42	1292,01	3263,95	
11		91,8%	3509,27	2180,98	1328,29	-8,58	1319,70	999,35	1319,70	4583,65	
12		91,0%	3634,20	2277,83	1356,38	-8,80	1347,57	994,98	1347,57	5931,23	
13		90,3%	3763,58	2378,97	1384,61	-9,03	1375,58	990,31	1375,58	7306,81	
14		89,5%	3897,56	2484,60	1412,96	-9,26	1403,70	985,33	1403,70	8710,51	
15		88,7%	4036,32	2594,92	1441,39	-9,50	1431,90	980,03	1431,90	10142,41	
16		88,0%	4180,01	2710,14	1469,86	-9,74	1460,12	974,41	1460,12	11602,53	
17		87,2%	4328,82	2830,48	1498,34	-9,99	1488,35	968,45	1488,35	13090,88	
18		86,5%	4482,92	2956,16	1526,76	-10,25	1516,52	962,15	1516,52	14607,40	
19		85,8%	4642,51	3087,42	1555,09	-10,51	1544,58	955,50	1544,58	16151,98	
20		85,0%	4807,79	3224,51	1583,28	-10,78	1572,50	948,48	1572,50	17724,48	
21		84,3%	4978,95	3367,69	1611,26	-11,05	1600,20	941,10	1600,20	19324,68	
22		83,6%	5156,20	3517,22	1638,97	-11,34	1627,64	933,34	1627,64	20952,32	
23		82,9%	5339,76	3673,40	1666,36	-11,63	1654,73	925,20	1654,73	22607,06	
24		82,2%	5529,85	3836,51	1693,35	-11,92	1681,42	916,65	1681,42	24288,48	
25		81,5%	5726,71	4006,86	1719,86	-12,23	1707,63	907,70	1707,63	25996,11	
Suma	-7800		94638	62436	34676	-229	34446	24555	25996		

14-. CONCLUSIONES

Para finalizar realizaremos una pequeña comparación de las dos instalaciones estudiadas con el sistema de autoconsumo, uno de los factores que no juega a nuestro favor es que las instalaciones escogidas al ser centros educativos no tienen consumo durante todo el año, sino que hay periodos anuales y algunas horas del día que no hay casi demanda de energía, uno de los periodos que más afectaría sería el estival (vacaciones de verano) que es cuando más producción tendríamos.

En el caso de Galileo la instalación se comienza a amortizar a los 14 años, siendo en Cristóbal Colón de 7 años después, esto seguramente es debido a que en Galileo el periodo de consumo de energía durante el día es mayor y además demanda más energía en el momento en que la radiación es mayor.

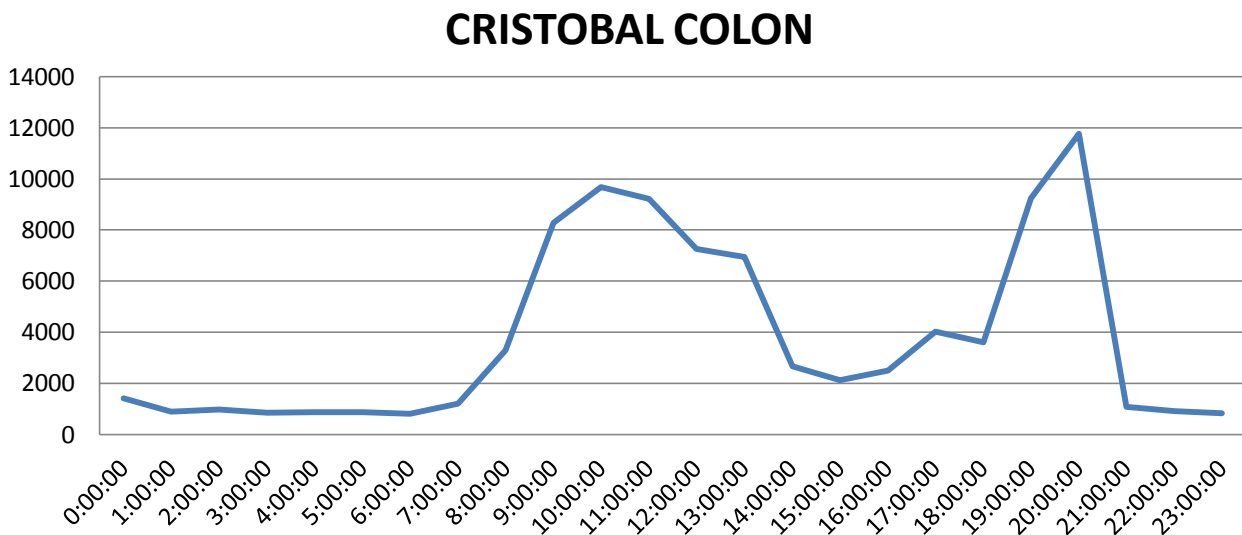
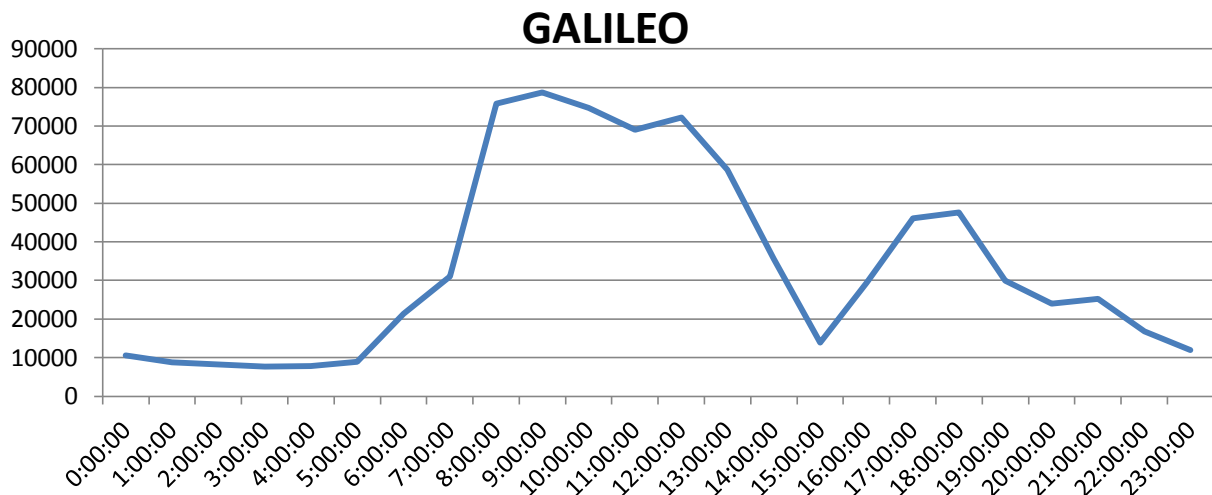
Flujo de caja Autoconsumo



Si comparamos dos días de consumo de ambas instalaciones vemos que en el instituto se inicia antes la actividad, además de continuar casi con ese consumo hasta las 14:00 sin embargo el colegio empieza a descender en consumo a partir de las 12:00 habiendo un periodo de unas 4 horas con mínimo consumo y máxima radiación en los paneles.

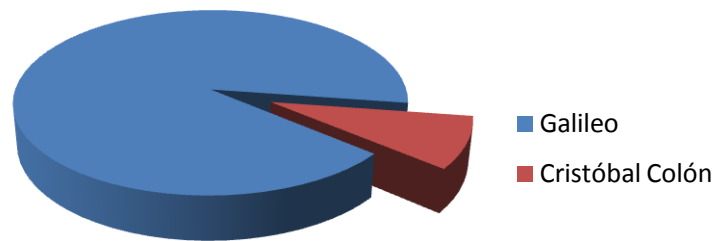
Luego en el periodo de la tarde el instituto tiene de nuevo actividad mientras que el colegio también la tiene pero de distinta forma, sufre un pico debido a entrenamientos que se producen en las horas finales de la tarde cuando ya casi no hay radiación para aguantar la demanda de los focos del polideportivo.

A continuación vemos las diferentes graficas de consumo de un día de la semana en cada una de las instalaciones medidas:



Hablando en general del sistema de autoconsumo también es interesante destacar que si esto se fomenta produciría la creación de puestos de trabajo, ya que mejoraría la actividad económica en el sector de las energías renovables, aumentando la demanda de paneles solares y la creación de empresas de servicios energéticos aumentando trabajadores para levantar el sector, como instaladores, técnicos de mantenimiento, comerciantes, ingenieros, fabricantes.... pudiendo continuar con el crecimiento económico.

Inversión económica inicial



Volviendo a nuestras instalaciones, en el gráfico que se muestra en la parte superior, podemos ver que aunque en Galileo se ha hecho una inversión inicial más grande después por otras causas, como la forma de consumo al final salió la más rentable, por lo que antes de realizar cualquier instalación, se debería hacer un pequeño estudio de cada instalación previo, dado que en otros sitios, hablando en general de otras instalaciones de la vida real se podría realizar por otros caminos como que en que todo pequeño punto de consumo tenga su pequeña generación con cualquiera de las energías renovables existentes ya sea de solar, termosolar o eólica, para disminuir consumos en la factura de la luz y demandas de combustibles fósiles en las grandes centrales y utilizar energías renovables.