

## RETRATOS DE LA CONEXIÓN FOTOVOLTAICA A LA RED (VI)

### “Primeras memorias de un empresario fotovoltaico”

Eduardo Lorenzo  
Instituto de Energía Solar  
Universidad Politécnica de Madrid

#### Introducción

Llegar a ser “empresario fotovoltaico”, es decir, llegar a vender al Sistema Eléctrico Español (SEE) la electricidad generada por sistemas fotovoltaicos de mi propiedad, era un anhelo personal, conscientemente alimentado desde hacía muchos años. Tanto es así que cuando en 1994 me embarqué en la reparación de la vieja terraza de mi vivienda, ubicada en el centro de Madrid, hice una auténtica profesión de fe en que tal venta llegaría a ser posible algún día, y decidí incluir y pagar (que, en estas cosas, la fe gratuita no tiene mérito) una estructura metálica específicamente pensada para sostener un generador fotovoltaico, y un amplio conducto para llevar cables desde la terraza hasta el cuadro eléctrico de mi vivienda. Así que, después de seis años durante los cuales la estructura sirvió sólo para soportar un toldo de tela y el conducto no sirvió para nada, tan pronto como el RD<sup>1</sup> 2818/1998 sentó los mecanismos para que en España fuese posible vender kilovatios-hora fotovoltaicos a la red eléctrica me puse manos a la obra. Diseñé, pedí subvenciones, compré, etc. y, finalmente, el 20 de noviembre de 2002 se firmó el contrato de compraventa de energía entre Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U. y yo, por el que la primera compra la energía que produce el flamante generador fotovoltaico de 2,7 kW que había sustituido al toldo de mi terraza.

Mis andanzas fotovoltaicas no terminaron ahí. Hoy también soy dueño (¡qué bien suena esto de ser dueño!) de un sistema de 6,25 kW en la primera huerta solar de Arguedas (Navarra) y, si las cosas no se tuercen, en breve seré propietario de un sistema más ubicado en otro lugar. Pero, además de tres sistemas, también tengo tres disgustos en relación con la actual situación fotovoltaica española. El primero porque resulta más excluyente que participativa; el segundo porque fomenta la difusión de algunas soluciones técnicas propias de la mala ingeniería; y el tercero porque limita excesivamente las posibilidades de aprendizaje.

*“O sea, que tienes tres disgustos, pero repicas. ¡Tú eres «masoca», Eduardiño!”*, me dijo un amigo del pueblo, una vez que le conté todo esto. Pero le respondí, muy afirmado en mi razón, que «masoca» no soy, y que una cosa es que esté disgustado con la cosa en general, y otra que en lo que a mi particular respecta los asuntos fotovoltaicos no estén yendo francamente bien.

---

<sup>1</sup> Este Real Decreto, publicado en el BOE el día 30 de diciembre de 1998, establecía una prima de 60 pta/kWh (0,36 €/kWh) para la electricidad fotovoltaica producida mediante sistemas de potencia inferior a 5 kW. Para potencias mayores, la prima se reducía a 30 pta/kWh (0,18 €/kWh).

Me metí en esto con dos objetivos (los objetivos no son lo mismo que las expectativas; para entendernos, los objetivos son como la táctica mientras que las expectativas son como la estrategia, y todo el mundo sabe que se pueden ganar batallas y perder la guerra): el uno, estar directamente en el ajo para que cuando llegara la ocasión de tener que hablar sobre esto de la conexión fotovoltaica a la red, que por razón de mi profesión debía llegar un día u otro, no tuviera que hablar sólo de oídas, que suele ser fuente de malos entendidos; y el otro objetivo era no perder tanto dinero como para que mis alcances económicos se vieran sensiblemente disminuidos, que una cosa es querer estar en el ajo y otra muy distinta despreocuparse del precio. Pues bien, al día de hoy no solamente estoy de lleno en el ajo, como demuestra el volumen que va adquiriendo el archivador donde se guardan los papeles relevantes al respecto de mis queridos sistemas fotovoltaicos, sino que además estoy incluso ganando dinero. Y quiero insistir en esto, no tanto para dar envidia a los que no son empresarios fotovoltaicos, sino para afirmar que el escenario económico actual, creado por el Real Decreto<sup>2</sup> 436/2004 que sustituyó al RD 2818/1999, es efectivamente ventajoso económicamente. Los problemas (que habrán, supongo, servido de semilla para mis disgustos) son de otra índole.

Intentaré contar mis memorias como empresario fotovoltaico en tres artículos sucesivos, y en cada uno de ellos describir, por orden cronológico, los pormenores de cada sistema, aprovechando la ocasión para explicar las razones de un disgusto y plantear alguna posible alternativa. Debo apresurarme a clarificar que la coincidencia del número de sistemas con el de disgustos es una mera casualidad. Ni mi ritmo en esto está siendo a razón de un disgusto por sistema, ni pierdo la esperanza de que el futuro asista al crecimiento de mis sistemas y a la disipación de mis disgustos. De hecho, el escribir estas memorias responde al intento de participar activamente en que ello pueda ser así, y no sólo para mí.

## **El sistema fotovoltaico de la Ronda de Segovia**

### *Aspectos técnicos*

Se trata de un generador de kilovatios que vierte electricidad a la red a través de un inversor de 2,5 kW. De los equipos, llega con saber que están totalmente fabricados en España y que cumplen a la perfección (los he medido) con las especificaciones que los fabricantes anuncian en sus catálogos. Los módulos son de silicio monocristalino y totalmente acordes con el estado del arte actual. El inversor es un desarrollo temprano (de los primeros que se fabricaron industrialmente en España) y su eficiencia es un 5% inferior a la que caracteriza el estado del arte actual.

La precaución de haber incluido, unos años antes de la instalación fotovoltaica, una estructura de soporte y un conducto para cables en la reparación de mi terraza permitió que el sistema entrase en funcionamiento al día siguiente de que los equipos llegaran a mi casa. Y desde aquella funcionan con normalidad, sin más anomalías dignas de mención que las dos veces que saltaron los dos disyuntores que incluye la línea de salida, uno justo a la salida del inver-

---

<sup>2</sup> Este Real Decreto, publicado en marzo de 2004, estableció una tarifa regulada, equivalente al 575% de la tarifa de referencia, para la energía fotovoltaica producida por sistemas de potencia inferior a 100 kW. Este escenario se mantiene durante 25 años, contados a partir de la fecha de instalación, y después se reduce al 490%. Para los sistemas con potencia superior a 100 kW, la tarifa regulada no es más que el 350% de la tarifa de referencia.

sor y el otro a la entrada del contador. Desconozco la causa que provocó la actuación de estas protecciones, pero el sistema volvió a funcionar con normalidad al rearmarlas manualmente. Una de las veces coincidió con el inicio de las vacaciones, así que no me enteré hasta la vuelta, un mes después, con la consiguiente pérdida de producción.

Felizmente, los técnicos de la compañía eléctrica encargados de revisar la instalación, como paso previo para autorizar su conexión a la red, hicieron una interpretación razonable de las prescripciones del Real Decreto<sup>3</sup> 1636/2000 respecto a la toma de tierra y el diferencial en DC. El sistema fotovoltaico cuenta con su propia línea de tierra, pero ésta se une con la general del edificio en el “punto de puesta a tierra” que existe en el cuarto de contadores. Una interpretación más estricta del RD 1636/2000 hubiera obligado, como les ha ocurrido a otros, a instalar una nueva pica de tierra que, además de ser de difícil instalación –habría que perforar el suelo del patio comunitario, a una distancia mínima de 15 m respecto de la pica ya existente– probablemente entraría en contradicción con alguna norma del RBT (MI BT 021, punto 2.6) que obliga a que todas las masas de un mismo edificio estén unidas mediante una conexión equipotencial. Respecto al diferencial en DC, en mi sistema simplemente no existe. La seguridad de mi instalación frente al contacto indirecto reside en utilizar una configuración flotante en el circuito DC (es decir, ambos polos aislados de tierra, de forma que en caso de un primer fallo de aislamiento no exista camino de retorno para la corriente de fugas, lo que hace que la instalación sea intrínsecamente segura frente al primer fallo) y en incorporar un vigilante de aislamiento en el inversor, que avisa si la resistencia de aislamiento desciende por debajo de 10 k $\Omega$ , lo que proporcionaría un camino a la corriente de fugas suficiente<sup>4</sup> como para permitir el paso de hasta 50 mA, que resultarían no muy graves pero ya molestos para el cuerpo humano.

La figura 1 muestra una vista de mi terraza, tal y como se ve desde otra terraza vecina, y la figura 2 presenta una vista de la parte posterior del generador, precisamente lo que se ve cuando se está en la terraza. El aspecto estético es realmente mucho mejor de lo que dicen las fotos (mis habilidades con las máquinas fotográficas nunca fueron muy allá), o al menos eso es la opinión unánime de los que la han visitado.

Particularmente interesante es el hecho de que mi vivienda, terraza incluida, esté integrada en un bloque de pisos. El hecho de que el cuarto de contadores se encuentre, como es normal, en el bajo del edificio obliga a tender un cable específico, conductor de protección incluido, desde la salida del inversor, que en mi caso está en un quinto piso, hasta el cuarto de contadores, donde se realiza la conexión con la red eléctrica. Esto, que a primera vista puede parecer una tontería, puede convertirse de hecho en un obstáculo muy difícil de franquear para quien esté interesado en instalar un sistema fotovoltaico en su piso porque, al pasar por dependencias comunes del edificio, el tendido de tal cable requiere de la autorización de la comunidad de vecinos, en la que suele manifestarse la ley de que el porcentaje de estúpidos es una constante universal. Estúpidos son los que causan daño a otras personas sin obtener provecho para ellos mismos, y en este caso adoptan la forma de los que, sin beneficiarse por ello, se oponen al paso del cable mitad por pura envidia y mitad por incordiar.

---

<sup>3</sup> Este Real Decreto estableció las condiciones técnicas para la conexión de sistemas fotovoltaicos a la red.

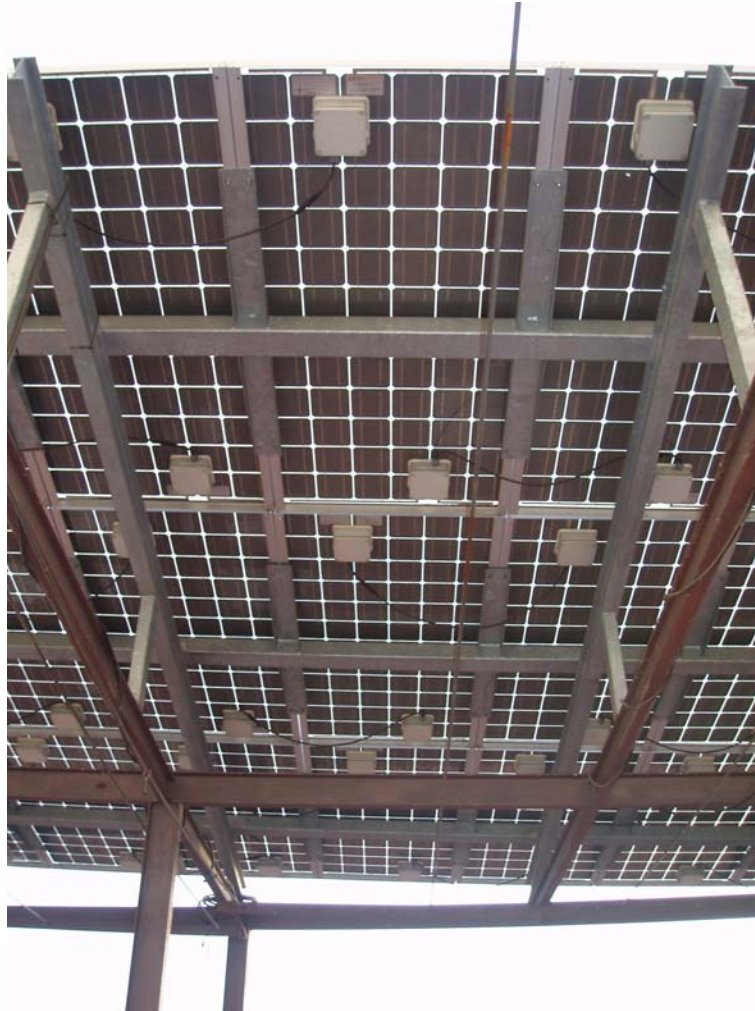
<sup>4</sup> La corriente de fugas en el caso peor puede estimarse como la razón entre 1,25 veces la tensión de circuito abierto en condiciones estándar de medida y la resistencia de aislamiento.



*Fig. 1. Vista del generador fotovoltaico desde una terraza vecina.*

En mi caso pude soslayar la situación porque debido a una casualidad, excesivamente anecdótica como para que merezca ser contada aquí, desde mi casa bajaban dos cables al cuarto de contadores, y los dos eran míos. Así que cuando, en una reunión de mi comunidad de vecinos, el estúpido de turno tomó la palabra para protestar por lo que estaba ocurriendo en mi terraza pude, primero, escuchar su perorata hasta el final con la mayor tranquilidad y, después, mandarlo a freír puñetas con no poco regocijo. Desde pequeñito, mis padres se esforzaron en enseñarme que hay que procurar ser comprensivo y tolerante con todas las personas, y yo intento continuamente apegarme a tan sabio consejo. Pero, en honor a la verdad, he de reconocer que cuando vi la cara de desazón que puso el estúpido, al caer en la cuenta de que su capacidad de incordiar había sido totalmente anulada por “mi” segundo cable, sentí por dentro un regustillo de alegría y satisfacción. ¡Lo siento, papá y mamá! En el futuro intentaré mejorar mis sentimientos y entender mejor a los estúpidos.

Además, la estructura de soporte (que también podría verse afectada por permisos de otros) ya estaba legalizada desde que había reparado la terraza en 1994. Así pues, pude abordar la instalación del sistema fotovoltaico en mi piso con la increíble suerte de no necesitar pedir permiso alguno.

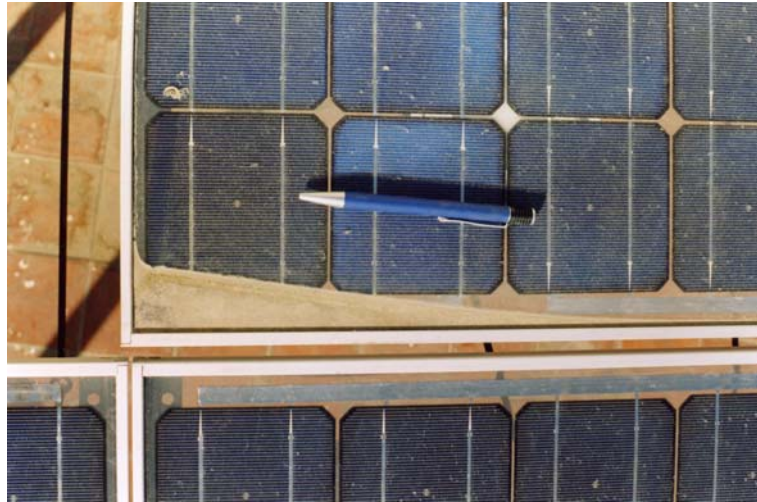


*Fig. 2. Vista de la parte posterior del generador fotovoltaico.*

### *Aspectos productivos*

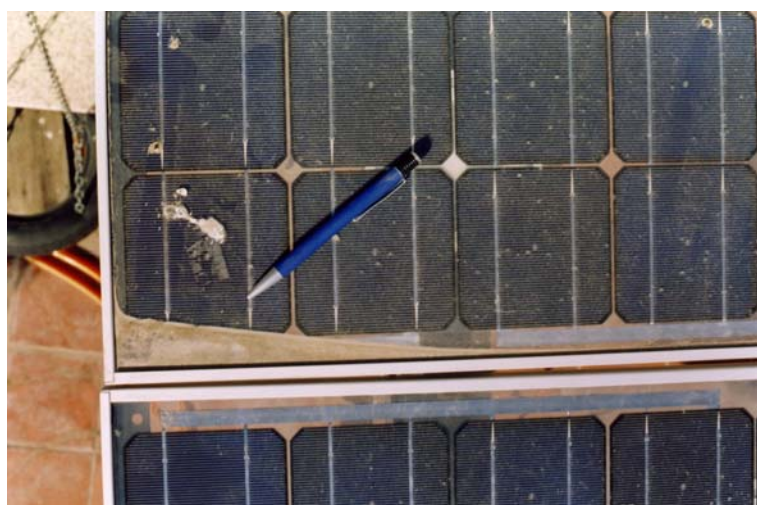
Integrar el generador fotovoltaico en la arquitectura de la vivienda fue, como ya dije, un acierto estético, pero tiene algún precio, en términos de productividad energética. La necesidad de parecerse a un toldo obligó a que el ángulo de inclinación del generador no sea más que de 10 grados. Esta inclinación tan baja supone que la captación anual de radiación es un 8 % inferior a la correspondiente a la inclinación óptima (véase la tabla 4) y, más grave, que el polvo, incluso cuando llueve, tiende a acumularse en el marco de los módulos (figura 3), llegando a tapar una porción significativa de las células solares. A esto se une el hecho de que la notable población de palomas del vecindario ha desarrollado querencia por mi generador fotovoltaico (a esto colaboran la sombra del generador, el frescor de las plantas, la provisión de migas que caen al suelo, etc.). Las palomas excretan palomina según les va viniendo en gana, lo que,

bastantes veces, ocurre cuando se pasean por encima del generador (figura 4). La alianza de polvo y palomina tiene, según mis estimaciones, un efecto que es aproximadamente equivalente a un grado de suciedad permanente del 8 %. Pero aun así no limpio periódicamente el generador, un poco por pereza y un mucho por pensar que la operación de los sistemas fotovoltaicos no debe traducirse en incrementar el consumo de agua de las viviendas.



*Fig. 3. Acumulación de polvo en el marco de la zona inferior de los módulos.*

La lección es clara. Por un lado, en los generadores muy horizontales conviene utilizar módulos “sin marco” y, por otro, hay que ponérselo lo más difícil posible a los pájaros. Para lo primero ya no estoy a tiempo; pero para lo segundo ya he iniciado la compra de artilugios “antipájaros”, destinados a que no les sea tan sencillo posarse en las inmediaciones de mi generador. Ya les contaré el resultado en otra ocasión.



*Fig. 4. Acumulaciones de polvo y palomina sobre los módulos.*

En otro orden de cosas, hay que mencionar que la terraza está orientada unos 35 grados hacia el Este y que recibe sombras de un edificio colindante que llegan a durar hasta un par de horas en las mañanas del verano, de lo que se deriva una pérdida energética que, a ojo de buen cubero, estimo próximas al 5 % anual.

Tiene interés comparar los resultados obtenidos realmente con los predichos por un ejercicio de simulación llevado a cabo con una herramienta específica desarrollada en el IES-UPM. La tabla 1 presenta los promedios mensuales de la irradiación global diaria horizontal, tal y como figuran en diferentes fuentes de información a las que he podido acceder. La discrepancia entre ellas es evidente. Esto ocurre para prácticamente todos los lugares que, por una u otra razón, han sido objeto de estudio en el IES-UPM, y la elección de una de ellas no puede hacerse más que atendiendo a la intuición. En el IES-UPM pensamos que la señalada como CIEMAT suele dar muy buenos resultados para la geografía española, y a ese criterio me atenderé aquí. Los valores han sido obtenidos para el punto de coordenadas geográficas: longitud = 3° 43' Oeste; latitud = 40° 24' Norte. La tabla 2 muestra, también en términos de promedios mensuales, los valores máximo y mínimo de la temperatura ambiente diaria, tal y como figuran en la “*Guía resumida del clima en España*”, que facilita el Instituto Nacional de Meteorología.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
<i>Satelitales</i>													
CIEMAT	2170	2990	4320	5400	5990	6870	6830	6240	4740	3600	2430	1750	4451
PVGIS	1969	2687	4433	5076	6478	7203	7309	6414	4962	3340	2117	1592	4476
NASA	1830	2560	3930	4660	5590	6380	6670	5800	4630	3000	1920	1550	4040
<i>Terrestres</i>													
IES	1990	2640	4320	5320	6280	7290	7470	6620	5110	3400	2160	1720	4530
Censolar	1860	2940	3780	5220	5800	6530	7220	6420	4690	3170	2080	1640	4290

Tabla 1. Datos de radiación solar, en términos de los promedios mensuales de la irradiación global diaria horizontal, en  $Wh/m^2$ , tal y como figuran en diferentes fuentes de información. La discrepancia entre ellas es evidente. En este trabajo utilizamos la señalada como CIEMAT.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
$T_{aM}$	9,7	12	15,7	17,5	21,4	26,9	31,2	30,7	26	19	13,4	10,1	19,4
$T_{am}$	2,6	3,7	5,6	7,2	10,7	15,1	18,4	18,2	15	10,2	6	3,8	9,7

Tabla 2. Valores de las temperaturas máxima y mínima diarias, en grados centígrados, tal y como figuran en la *Guía resumida del clima en España*, del I.N.M.

El escenario supuesto para la simulación se caracteriza por lo siguiente: potencia real del generador igual al 90% de la nominal; coeficiente de variación de la potencia con la temperatura = 0,45 % / °C; parámetros de rendimiento del inversor<sup>5</sup>, en %:  $k_{i0} = 1,1$ ;  $k_{i1} = 3,5$ ;  $k_{i2} = 0,2$ ;

<sup>5</sup> Para una explicación de lo que representan estos parámetros, véase el “Retrato” anterior: “*De la AIE a los inversores*”, *Era Solar* 126, págs. 52-58, 2005.

reflectividad del suelo = 0,2. La tabla 3 presenta los resultados para la producción mensual y anual, en kWh, tanto estimados por la simulación como reales, según las facturas pagadas por Iberdrola a lo largo de 2003, 2004 y 2005. Tiene interés resaltar el marcadisimo contraste entre las diferencias observadas en los valores mensuales, que oscilan mucho de unos meses a otros y pueden llegar a ser superiores al 150 %, y las escasas diferencias observadas en los valores anuales, que se ajustan razonablemente bien, sobre todo cuando se considera que las sombras matinales que afectan al sistema no han sido consideradas en la simulación. Por paradójico que este contraste pueda resultar a primera vista, se trata de un resultado perfectamente explicable a la luz de la variabilidad natural del clima. Basta, por ejemplo, con que el paso de una borrasca coincida con el final de un mes en vez de con el principio del siguiente, para se provoquen grandes diferencias en los ajustes mensuales sin que por ello afecten al ajuste anual. Lo mismo explica que se observen diferencias muy importantes entre unos años reales y otros. A esto contribuye también el que las compañías eléctricas lean los contadores en fechas no siempre coincidentes con las de emisión de las facturas. De hecho, en algunas facturas utilizan valores estimados, que ajustan a los reales en la factura siguiente. Incluso llegan a juntar varios meses en una sola factura. Por ejemplo, es lo que ocurrió el último trimestre de 2003. Todo apunta a que el valor que figura en la factura de octubre (300 kWh) fue estimado muy por encima del valor real, de forma que hubieron de transcurrir dos meses para compensar la diferencia y emitir una nueva factura.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Estimación	129	161	259	299	320	346	352	329	255	215	146	104	<b>2915</b>
Exp. 03	196	100	100	182	300	347	631	300	323	300	—	—	<b>2779</b>
Dif. (%)	-34,2	-61	159	64,3	6,6	0,3	-44,2	9,7	-21	-28,3	N.A	N.A	<b>5</b>
Exp. 04	100	83	100	265	221	390	230	469	303	284	199	92	<b>2736</b>
Dif. (%)	29	94	159	12,8	44,7	-11,3	53	-29,8	-15,8	-24,3	-26,6	13	<b>6,5</b>
Exp. 05	269	90	296	156	102	167	205	382	212	398	171	93	<b>2541</b>
Dif. (%)	-52	78,9	-12,5	91,7	214	107	71,7	-13,9	20,3	-46	-14,6	11,8	<b>14,7</b>

Tabla 3. Valores medidos y estimados para la producción de energía (cifras en kWh) del sistema considerado. Se observa un marcado contraste entre el ajuste de los valores anuales, bastante razonable, y el ajuste de los valores mensuales, muy variable. Las diferencias, o errores de la estimación, utilizan el valor experimental como referencia.

Los ejercicios de simulación sirven para entretener el tiempo<sup>6</sup>. Pero también para saber “lo que hubiera ocurrido si...”, que, como todo conocimiento a posteriori, tiene una utilidad sólo relativa: sus conclusiones no permiten enderezar lo que ya se ha andado (“*Caminante, son tus huellas/ el camino y nada más/ caminante, no hay camino/ se hace camino al andar./ Al andar se hace camino/ y al volver la vista atrás/ se ve la senda que nunca/ se ha de volver a pisar./ Caminante, no hay camino/ sino estelas en la mar*”). Antonio Machado, *Proverbios y cantares*, XXIX), pero sí intuir algo de por dónde, llegado el caso, podría discurrir el camino de otros en el futuro. La tabla 4 presenta los resultados de extender el ejercicio de simulación anterior a lo que hubiera ocurrido con el sistema fotovoltaico de mi vivienda si:

<sup>6</sup> Simular es un ejercicio que, como el saber, no ocupa lugar, pero sí mucho tiempo. Quizás sea por eso, por lo que entretiene, por lo que cuenta con tantos adeptos. No hay más que ojear cualquier revista técnica, como por ejemplo *Era Solar*, para comprobar que sus páginas contienen muchísimos más ejercicios de simulación –casi cada artículo cuenta con su correspondiente estimación– que de presentación de realidades. Esto no tendría mayor importancia –nada hay de malo en entretenerse– si no fuera por el riesgo de confundir simulación y realidad.



- a) No se acumulase el polvo en los marcos ni fuese un posadero de palomas. Entonces, el nivel de suciedad hubiera descendido a un 3 %, lo que hubiera incrementado la producción energética en un 9 %. El lector puede sorprenderse de que una reducción en la suciedad de un 5 % se traduzca en un incremento de la producción de un 9 %. Sin embargo, ello es así y se explica porque el impacto energético de la suciedad crece con el ángulo de incidencia, y el nivel de suciedad se refiere a incidencia perpendicular.
- b) Además de cumplirse las condiciones del apartado a), mi terraza hubiese estado perfectamente orientada al Sur. Entonces, la producción energética hubiera crecido en un 1,4 %.
- c) Si, además de cumplirse las condiciones de los apartados a) y b), el generador fotovoltaico hubiera estado inclinado a 32°, que es el valor óptimo para Madrid. Entonces, la producción energética hubiera crecido en un 11,5 %.

Caso	Suciedad: 8 % Orientación: -30° Inclinación: 10°	Suciedad: 3 % Orientación: -30° Inclinación: 10°	Suciedad: 3 % Orientación: 0° Inclinación: 10°	Suciedad: 3 % Orientación: 0° Inclinación: 32°
$G_a(0)$	1625	1625	1625	1625
$G_a(I)$	1774	1774	1763	1916
$G_{efa}(I)$	1469	1595	1615	1780
$E_{DC}/P_{NOM}$	1271	1373	1388	1528
$E_{AC}/P_{NOM}$	1080	1177	1193	1328
$PR$	0,61	0,66	0,68	0,69
<b>Diferencia</b>		<b>+9 %</b>	<b>+1,4 %</b>	<b>+11,3 %</b>

Tabla 4. Resultados de la simulación para diferentes escenarios. Los símbolos representan lo siguiente:  $G_a(0)$  es la irradiación global anual sobre superficie horizontal, en kWh/m<sup>2</sup>;  $G_a(I)$  es la irradiación global anual sobre la superficie receptora, en kWh/m<sup>2</sup>;  $G_{efa}(I)$  es la irradiación eficaz (es decir, descontada la suciedad) anual sobre la superficie receptora, en kWh/m<sup>2</sup>;  $E_{DC}/P_{NOM}$  es la productividad anual en DC, en horas;  $E_{AC}/P_{NOM}$  es la productividad anual en AC, en horas;  $PR$  es el "Performance Ratio". El concepto "Diferencia" expresa el incremento de productividad en AC respecto al caso inmediatamente anterior.

Una enseñanza de este ejercicio, que me parece interesante, es constatar que el precio energético de la integración arquitectónica del sistema de mi vivienda es una reducción de la producción en aproximadamente un 18% (11,3% por inclinación, 1,4% por orientación y 5% por sombras), que se me antoja bastante razonable, cuando se considera que la ubicación en un bloque de pisos asegura, por un lado, que la energía se consume in situ (es decir, sin pérdidas de conversión y transporte) y, por otro, que no hay inversiones en cimentación.

#### Aspectos económicos

La tabla 5 recoge las partidas más importantes del balance económico del sistema fotovoltaico. Su precio total fue de 19 533 € (7,2 €/W), pero recibí una importante subvención de la Comunidad Autónoma de Madrid de 12 451€, equivalente a casi el 64 % de mi inversión (por

aquel entonces aún no se había publicado el RD 436/2004, el escenario económico de futuro era muy incierto y, para apoyar a los poquitos que aun así nos embarcábamos en la compra de un sistema fotovoltaico, había subvenciones a la inversión inicial). Además, pude beneficiarme de una reducción en la cuota a pagar en el IRPF correspondiente a la declaración del año siguiente a la compra, equivalente al 10 % de la inversión una vez descontada la subvención, que representó 708 € a mi favor ( $19\,533 - 12\,451 = 7082$ ;  $7082 \times 0,1 = 708$ ). Así pues, descontando de la inversión inicial tanto la subvención como la reducción de la cuota del IRPF, resulta que mi inversión final fue de 6374 €.

<b>Partida</b>	<b>Importe (euros)</b>
Inversión inicial	19 532,89
Subvención CAM	12 450,75
Cuota IRPF	708,21
<b>Inversión final</b>	<b>6373,93</b>
Facturación 2004	1124,68
<i>Inversión/Facturación</i>	<i>5,7 años</i>

*Tabla 5. Balance económico del sistema.*

La venta de energía fue de 40 kWh, o 15,87 € en el año 2002; de 2779 kWh, o 1102 €, en el año 2003; de 2736 kWh, o 1125 € en el año 2004, y de 2541 kWh, o 1067 €, en el año 2005 (aquí se nota el mes en el que el sistema estuvo fuera de servicio porque las protecciones saltaron mientras yo estaba de vacaciones).

La razón entre la inversión final y la venta anual de electricidad en un año sin anomalías es de 5,7 años, que representa, aproximadamente, el tiempo de retorno de mi inversión. Considerando que el tiempo de vida esperable para el sistema es de, al menos, 30 años, y sin necesidad de hacer muchas más cuentas, se concluye que en términos económicos mi inversión ha resultado simplemente un chollo, incluso considerando el coste financiero que representó adelantar tanto el dinero de la cuota del IRPF como del IVA entre el 22/04/2002, fecha de la factura, y el 30 de julio de 2003 (la subvención la había cobrado un mes antes).

No tengo ni contrato de mantenimiento ni seguro alguno adicional al general de mi vivienda, por haber considerado que una terraza en un quinto piso es poco atractiva para los ladrones. Tampoco pago a nadie ni por la administración del “negocio” ni por las gestiones frente a Hacienda. Como ya expliqué, me metí en esto con el objetivo de no hablar de oídas y, para aprender de verdad, decidí hacer por mí mismo esas gestiones. Así pues, no corro con más gastos corrientes que los 13 € que pago anualmente en concepto de alquiler de contadores a Iberdrola.

A la hora de hacer el balance económico anual de mi negocio empresarial, a este gasto añado otro igual al 10 % de la inversión inicial en concepto de amortización en diez años. Y a los ingresos procedentes de la venta de electricidad añado el 10 % de la subvención, que debe repercutirse en el mismo número de años que la amortización. El resultado es un balance final prácticamente equilibrado. El epígrafe “Ingresos menos Gastos” de mi contabilidad es como sigue: 59,27€ en 2003; 316,33€ en 2004 y 223,68 en 2005.

### *Aspectos administrativos*

Pasaré por alto las muchas peripecias que ocurrieron en relación con la subvención de la CAM, por que afortunadamente las subvenciones a la inversión inicial prácticamente han desaparecido del panorama fotovoltaico español, según se ha ido implantando un escenario de primas estables que, por si sólo, garantiza la rentabilidad económica de las inversiones. Así, los muchos papeles y algún retraso que ocasionó mi subvención ya no son representativos de nada actual y, por tanto, no sería de utilidad relatarlos aquí; más allá de comentar que el proceso comenzó en febrero de 2001 (fecha de la solicitud) y finalizó en diciembre de 2004 (fecha de recuperación de las costas ocasionadas por un aval bancario exigido por la CAM para adelantar el dinero de la subvención, pero que retuvo en su poder varios meses después de confirmada la recepción de la instalación, lo que motivó una reclamación por mi parte).

Mucho más relevante resulta la lista de gestiones a las que estoy obligado anualmente en mi calidad de “empresario” fotovoltaico, y que son: doce facturas anuales (afortunadamente las hace sistemáticamente Iberdrola. Yo me limito a apuntarlas en mi contabilidad), cuatro declaraciones trimestrales de IVA (modelo 300), cuatro pagos fraccionados de IRPF (modelo 130), un resumen anual de IVA (modelo 390) y el balance contable para incluir en el IRPF. Total: 12 facturas, 5 IVA, 5 IRPF y 1 balance. Y todo ello para un volumen anual de negocio de 1125 €. Es decir, ¡una gestión por cada 49 €! El asunto me parece tan desproporcionado que merece ser repetido, como hace la tabla 6. No creo que sea necesario insistir en la manifiesta desproporción entre negocio y gestión, ni en que tal desproporción tiene efectos disuasorios para cualquier posible interesado en la línea de “un sistema fotovoltaico integrado en la propia vivienda”. Si resulta que, por razón de otra actividad, tal interesado ya está obligado a hacer las gestiones propias de un empresario, el esfuerzo adicional asociado a los trámites del sistema fotovoltaico será muy pequeño. Pero si, como es el caso de la mayoría de la población, se trata de un asalariado, la conversión en “empresario fotovoltaico” le forzará a pasar de tener que hacer simplemente una declaración anual de IRPF a tener que enfrentarse a la pánoplia de papeles descrita en la tabla 5.

<i>Periodicidad</i>	<i>Trámite</i>
Mensual	Facturación
Trimestral	IVA (modelo 300) Pago fraccionado del IRPF (modelo 130)
Anual	Resumen IVA (modelo 390) Balance contable (página 3 del IRPF)
Resumen	Sistema fotovoltaico de 2,7 kW Facturación anual: 1125 € Trámites: 12 facturas, 5 IVA, 5 IRPF y 1 balance ¡UN TRÁMITE POR CADA 49 €!

*Tabla 6. Gestiones administrativas a las que obliga la condición de “empresario fotovoltaico”.*

## *Disgusto primero*

Mi primer disgusto, en relación con la situación fotovoltaica española en general, tiene que ver con la vertiente social y consiste en una frustración. Como tal, proviene de haberme creado una expectativa cuyo cumplimiento siento cada vez más lejano. La expectativa era (cuando me despisto de mí mismo, todavía lo es) que las peculiaridades de los sistemas fotovoltaicos, entre las que se cuenta la de que el coste unitario de la energía que producen es sensiblemente independiente del tamaño de las instalaciones productoras, permitirían fomentar la descentralización del sistema eléctrico, entendiéndose por tal el que todos los ciudadanos de a pie puedan aspirar a convertirse en dueños de una pequeña parcela fotovoltaica. Mi expectativa estaba, para más inri, atizada por lo que la Constitución dice en su artículo 9.2: “*Corresponde a los poderes públicos promover las condiciones (...) y facilitar la participación de los ciudadanos en la vida política, económica, cultural y social*”; de donde yo esperaba que la reglamentación fotovoltaica aprovechara las características de esta tecnología para favorecer la entrada en el juego de ese gran capital distribuido en muchos pedacitos, que representa el ahorro de los asalariados y demás miembros de la clase media.

¡Pues no! En realidad, no sólo no se reduce la complejidad de la gestión para los pequeños, sino que las cosas están rodando de tal manera que en vez de ser cada vez más y más modestos son –o somos– cada vez menos y más ricos. El actual sistema de primas, debido a que consiste en sólo dos tramos separados por un fuerte escalón, origina un óptimo económico, totalmente artificial, en torno al valor más alto de potencia del tramo inferior. Así, si antes del RD 436/2004 el prototipo de propietario fotovoltaico era dueño de entre 2 kW y 5 kW, ahora lo es de entre 25 kW y 100 kW. En una ocasión fui al banco (al del dinero, no al de sentarse en la plaza) a ver qué pasaba por preguntar sobre la posibilidad de hacerme con un crédito para comprar un sistema fotovoltaico de 100 kW. Y resultó que, a pesar de mi nómina de catedrático (engordada ya con unos cuantos quinquenios y sexenios), de ser propietario de una vivienda en el centro de Madrid (con sistema fotovoltaico de 2,7 kW y todo), de estar más limpio de deudas que de conciencia, y de ser amiguete del director de la sucursal, éste casi se parte de la risa. “*Pero hombre, Eduardo –dijo, poniendo cara de bonachón– ¿es que no ves que tus alcances económicos no alcanzan para aspirar a tanto?*”. Lo invité a un cafelillo, con el secreto propósito de que el verme pagar alegremente le indujera a pensar que mis alcances económicos no se arredaban tan pronto. Al cafelillo contestó con un “*muy amable, Eduardo*”, pero del crédito, nada de nada. Así que mis memorias de empresario fotovoltaico llevan carrera de no llegar a incluir nunca un capítulo titulado “Los 100 kW”. Es lástima, porque como título de capítulo es bastante sugerente.

Mis amigos –y en esto son unánimes el de mi pueblo y el director de la sucursal– cuando me oyen lamentarme por la mentada frustración me dicen: “*Pero hombre, ¿cómo te disgustas porque los ricos sean cada vez más ricos!, ¿no ves que eso es ley de vida y que ocurre en todos lados? ¿No lees el periódico? ¿No sabes eso de que la brecha se acrecienta?*”. Yo, la verdad, sí que leo el periódico, porque me parece el complemento perfecto del cafelillo de media mañana (el cafelillo solo parece razón de escaqueo descarado, pero con periódico adquiere justificación casi cultural. No me estoy escaqueando... ¡Me estoy informando!), y también sé que el rico propende a ser cada vez más rico, porque la razón es la misma que sustenta el sabio adagio que dice: “A perro flaco, todas las moscas acuden”, y que, tanto en mi pueblo como en otros, se viene repitiendo desde hace muchos años. Pero, ¿qué queréis? amigos míos, a veces (otra vez, cuando me despisto de mí mismo) llego incluso a creer que la Administración ilu-

mina sus desvelos con los preceptos de la Constitución y que, además de fomentar el mercado, asume el papel de intentar que los correspondientes beneficios se repartan de forma equitativa.

### *Pensando con el lápiz en la mano*

A bote pronto, lo que me viene a la cabeza cuando pienso en la experiencia con el sistema fotovoltaico de mi vivienda es:

- La instalación de sistemas fotovoltaicos en bloques de pisos es no sólo técnicamente posible, sino incluso particularmente sencilla cuando se prevé durante la construcción.
- La exigencia de pasar físicamente por la Red de Transporte y Distribución, es decir, de llevar un cable adicional hasta el cuarto de contadores, plantea problemas en el seno de las comunidades de vecinos que pueden llegar a ser insoslayables. Posibles soluciones serían prever líneas de evacuación en las nuevas edificaciones y, mejor, fomentar que sean las propias comunidades de vecinos quienes decidan instalar sistemas fotovoltaicos en los espacios comunes (tejados, fachadas, etc.). Hay precedentes que permiten ser optimistas respecto al éxito de cualquier iniciativa en este sentido. Por ejemplo, en el pasado reciente hemos asistido al cambio de muchísimas calefacciones de carbón por otras de fuel, como resultado de la respuesta de las comunidades de vecinos a iniciativas de la Administración.
- La gestión a la que obliga actualmente la operación de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red resulta a todas luces excesiva para pequeños sistemas individuales. Posibles soluciones son permitir que se reduzca el número de facturas (para el consumo doméstico de electricidad, que maneja cantidades similares, las facturaciones suelen ser bimensuales) y, sobre todo, permitir que se reduzca el número de declaraciones a Hacienda. A favor de esto último se puede argumentar que el balance económico anual, al menos durante los primeros 10 años, es muy pequeño, por lo que también lo es el impacto financiero de hacer, por ejemplo, una única declaración anual. También se puede argüir que en algunos países se puede optar incluso por obviar totalmente las declaraciones a Hacienda; entonces, ni se declaran los ingresos ni se descuenta la amortización.
- España cuanta, más que otros países, con la tradición de concentrar el capital invertido en energías renovables. El caso de la energía eólica es paradigmático. El parque instalado a finales del 2005 se acercaba a la respetable cifra de 10 000 MW; pero el 80,03 % del total está en manos de sólo 10 empresas<sup>7</sup>. Es más, el 58,01 % está en manos de sólo tres de ellas: Iberdrola, Endesa y Acciona.
- Esa concentración de capital no es intrínseca a estas tecnologías, como lo prueba el que en Alemania y Dinamarca, que también ocupan posiciones relevantes en el pano-

---

<sup>7</sup> “Actualidad de la industria eólica”, *Era Solar* 131, págs. 139-145, 2006.

rama internacional de las energías renovables, el capital esté mucho más distribuido que aquí, siendo frecuente la presencia de individuos y grupos pequeños entre los inversores.

- Las empresas, al procurar maximizar su parte de la “tarta” de las energías renovables, no hacen más que cumplir con su obligación, que no es otra que la de maximizar su beneficio. Es responsabilidad del Estado el procurar que el pastel se reparta en muchos más pedacitos.
- La concentración de capital no fomenta el cariño de los ciudadanos por las energías renovables. Lo que sí fomenta son los episodios de corrupción, como ha puesto claramente de manifiesto lo ocurrido en Canarias y en Galicia respecto a la concesión de puntos de conexión.
- La mayoría de los españoles vivimos en bloques de pisos. Nuestra participación en el “pastel” fotovoltaico pasa por favorecer la instalación de sistemas en ellos, o por arbitrar otras formas de participación, como, por ejemplo, las llamadas “huertas solares”. Pero tampoco en esto el panorama actual es muy halagüeño. Comentarlo queda para una próxima ocasión.

### ***Llaman a la puerta***

Son, otra vez, mis dos amigos, el del pueblo y el del banco, quienes me requieren con otra pregunta. “Oye, Eduardo, y con tal de que haya kilovatios, ¿qué más da que la propiedad de la factoría la detenten unos pocos o unos muchos? Veréis, buenos amigos, incluso dejando de lado posibles disquisiciones de corte ideológico, resulta que hay razones pragmáticas para pensar que la sostenibilidad futura de nuestra sociedad será muy difícil si no va de la mano de la equidad. Por raro que pueda resultar, existen estudios que demuestran que *“en aquellas sociedades en las que las diferencias en las rentas entre ricos y pobres son pequeñas, los índices de mortalidad son más bajos y la gente vive más tiempo”*<sup>8</sup>. Desde otro punto de vista, dice Bruno Latour que *“no hay delito intelectual peor que engañarse sobre el lugar y el tiempo en que se está obligado a vivir”*. No tengo mensajes particulares para quienes creen que estamos en tiempo de centrarnos en los negocios y dejar otras consideraciones para el saco de los sentimentalismos abonados con charlas de café. Pero para quienes creen que estamos en tiempo de buscar soluciones tengo una perla de ese mismo autor: *“Aunque parezca un simple proceso negativo, para la supervisión de los experimentos colectivos, no volver a verse amenazado por la promesa de una salvación procedente de cualquier ciencia –ya sea la física, la biología, la sociología o la economía– es una inmensa ventaja. Hoy, al menos, no hay ninguna alternativa. Estamos en marcha. No podemos esperar que la transcendencia de la naturaleza venga a salvarnos. Si no descubrimos las formas para compartir el mundo, no habrá ningún mundo que compartir. Es tan sencillo como eso”*.<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> R. Wilkinson, “Las desigualdades perjudican: jerarquías, salud y evolución humana”, Ed. Crítica, pág. 12, 2001.

<sup>9</sup> B. Latour, “¿Qué protocolo requieren los nuevos experimentos colectivos?” Capítulo incluido en “La sostenibilidad en el proyecto arquitectónico y urbanístico”, jornadas marzo 2004, Ed. Mairena, pág. 103, 2005.