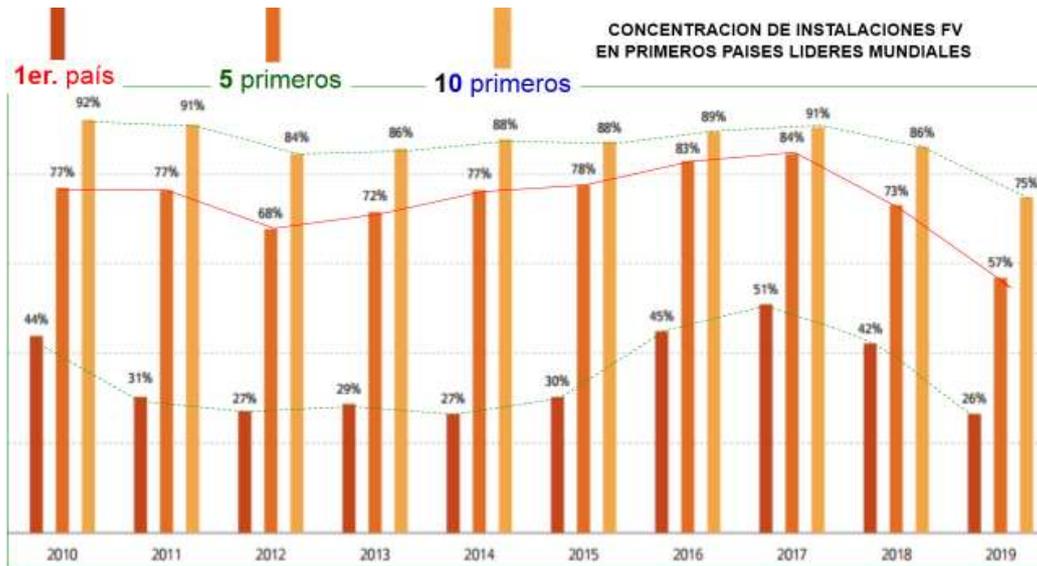


**Vitecfv # 13. VELOCIDAD DE LOS INCREMENTOS FV**

DR.C. DANIEL STOLIK

ENERO 24 2021

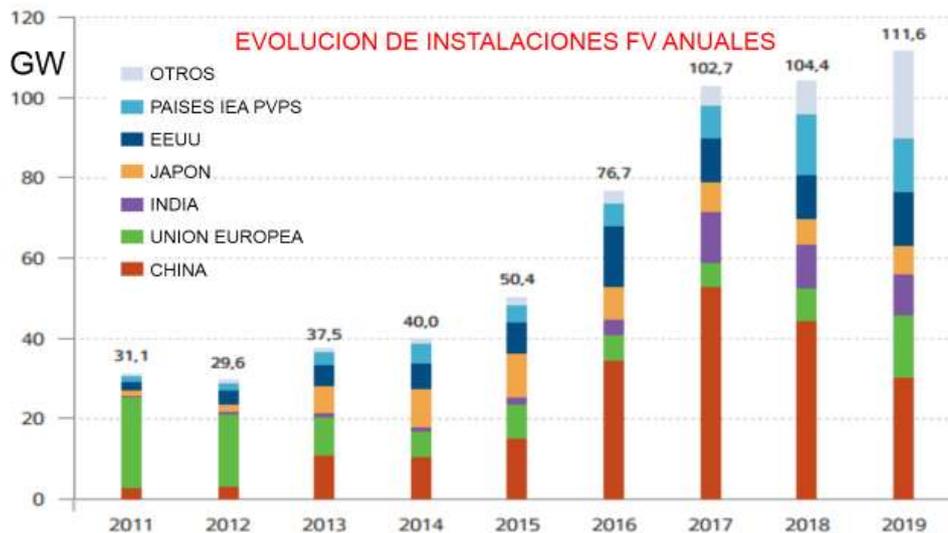
El desarrollo FV ha sido muy disímil, se concentró en pocos países y aunque paulatinamente ha ido aumentando la incorporación por países, más una ligera desconcentración, todavía, en 2019 un 75 % de las instalaciones mundiales se concentraba en los 10 primeros países y el 26 % en el primero que es China.



Otro aspecto es la rapidez con que continúan aumentando mundialmente las adiciones FV cada año, como se muestra a continuación:

año	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
MW	8	17	31	30	37	40	50	77	104	113	115

Hasta el 2012 el % mayor era de países europeos, después comenzó el aporte mayor en % de China, a partir de 2018 aparece una ligera desconcentración FV en otros países, más una reanimación de Europa (incluye otros que no son miembros de la Unión Europea),



La FV y la Eólica constituyen las FRE más importantes para la eliminación paulatina de los combustibles fósiles de la generación eléctrica, pero no obstante es necesario tener en cuenta los aportes específicos de las otras FRE, por ejemplo, la penetración FV en Noruega es muy pequeña, país de 5 millones de habitantes, pero en hidroeléctricas tienen unas 32 000 MW de potencia instalada, o sea, que el análisis depende de la características de cada país, como lo es también Brasil, con más de 100 000 MW de hidroeléctricas, el 9 % mundial y segundo detrás de China al respecto.

Las velocidades han sido muy distintas por regiones y también por países dentro de una misma región, como se ejemplifica para Europa en la siguiente tabla:

- A Consumo de electricidad total (TWh)
- B Número de habitantes (Millones)
- C Superficies (km<sup>2</sup>)
- D Yield (kWh/kW)
- E Instalaciones FV anuales 2019. (MW)
- F Instalaciones FV acumuladas 2019. (MW)
- G Generación FV en 2019 (TWh)
- H Per cápita anual 2019 (Watt/habitante)
- I Per cápita acumulado 2019 (Watt/habitante)
- J Penetración FV (%)

### COMPORTAMIENTO EN PAÍSES DE EUROPA

2019	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
PAIS	TWh	10 <sup>6</sup>	km <sup>2</sup>	kWh/kW	MW	MW	TWh	W/h	W/h	%
Austria	65	9	84 000	1 050	247	1 702	2	28	193	2.7%
Bélgica	85	11	33 688	925	587	4 861	4	51	423	4.9%
Dinamarca	33	6	44 000	925	109	1 362	1	19	234	3.8%
Finlandia	86	6	390 908	875	81	214	0	14	38	0.2%
Francia	473	67	543 965	1 160	966	9 934	12	14	148	2.4%
Alemania	531	83	357 170	978	3 835	49 016	48	46	590	9.0%
Italia	320	60	301 336	1 164	758	20 865	24	13	346	7.6%
Holanda	111	17	41 500	994	2 352	6 874	7	136	397	6.1%
Noruega	135	5	385 178	882	51	118	0	10	22	0.1%
Portugal	47	10	92 220	1 600	155	827	1	15	81	2.8%
España	269	47	505 940	1 745	4 751	9 910	17	101	211	6.4%
Suecia	132	10	407 284	900	291	720	1	28	69	0.5%
Suiza	58	9	41 285	980	325	2 498	2	38	291	4.3%

### COMPARACIÓN CON CUBA (2019)

Cuba	16	11,3	110 000	1400	-	159	-	-	14	1,4 %
------	----	------	---------	------	---	-----	---	---	----	-------

Cuba aún muestra: bajo per cápita de consumo de electricidad y de per cápita de consumo FV (ver vitec#10 y FV para Cuba), buen Yield y poca penetración.

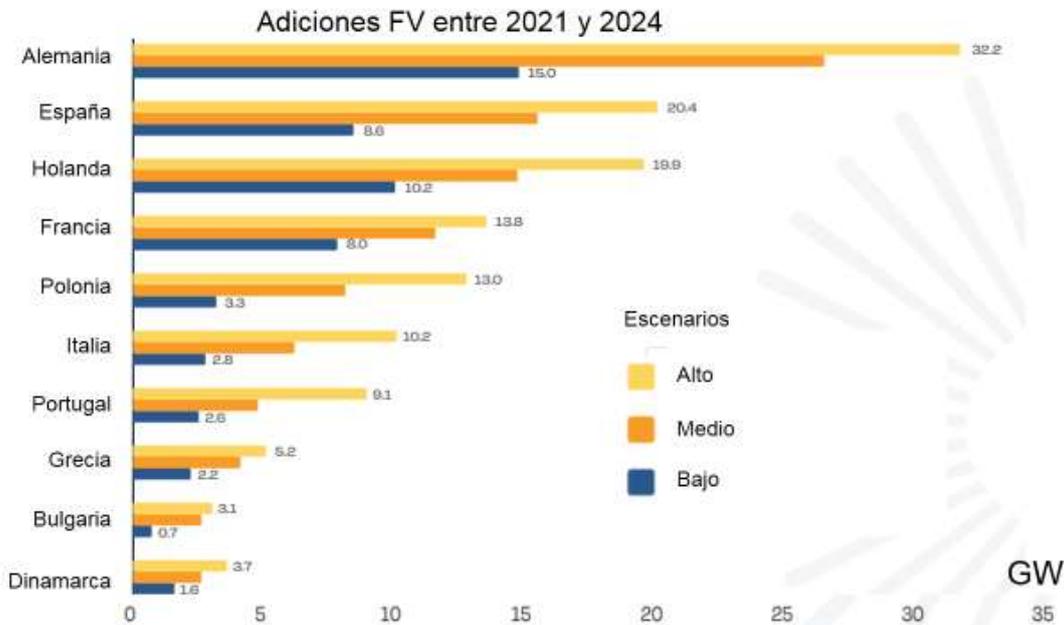
### COMPORTAMIENTO DIVERSO EN OTROS PAÍSES

2019	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
PAIS	TWh	10 <sup>6</sup>	km <sup>2</sup>	kWh/kW	MW	MW	TWh	W/h	W/h	%
China	7 230	1 400	9 634 000	1 350	30 100	205 242	277	22	147	3.8%
EEUU	4 153	329	9 147 282	1 416	13 272	75 770	107	40	230	2.6%
Japón	906	126	377 962	1 050	7 031	63 192	66	56	500	7.3%
Canadá	540	38	9 985 000	1 150	232	3 326	4	6	88	0.7%
Australia	264	26	7 690 000	1 400	4 758	16 344	23	187	641	8.7%
Chile	73	19	756 096	1 699	288	2 694	5	15	142	6.3%
México	270	128	1 964 380	1 708	1 926	5 001	9	15	39	3.2%
Israel	73	9	22 070	1 797	556	1 914	3	61	211	4.7%
Turquía	303	83	783 560	1 500	1 398	8 547	13	17	102	4.2%
Corea	520	52	100 401	1 137	3 130	11 229	13	60	217	2.5%
Malasia	149	33	330 621	1 314	499	1 417	2	15	43	1.3%
Suráfrica	193	59	1 219 090	1 733	151	2 560	4	3	44	2.3%
Tailandia	194	70	1 219 092	1 522	16 5	3 529	0	51	3	2.8%

## PANORAMA DE LOS INCREMENTOS FV

Los % de crecimiento FV tienen relación con los niveles per cápita tanto de los de consumos eléctricos total (del MIX) así como los del per cápita FV, parámetros que se diferencian notablemente por países. Por ejemplo, para países de menores per cápita de consumo eléctrico (del total del MIX) la penetración FV aumenta en mayor proporción que en países de mayor per cápita de consumo FV.

Los % de crecimiento FV se calculan por la diferencia existente entre las potencias FV alcanzadas durante un intervalo de años. Teniendo en cuenta que los países de Europa se han caracterizado por crecimientos rápidos FV, a continuación mostramos los comportamientos por países de esta región en los próximos 4 años (entre 2020. y 2024)



De acuerdo con el escenario medio pronosticado por el Market Outlook Solar Power Europe 2020 los % de crecimiento se muestran a continuación:

	<b>2020 GW FV</b>	<b>2021-2024 Escenario medio GW</b>	<b>2024 GW FV</b>	<b>2021-2024 crecimiento % anual</b>
Alemania	54.6	26.9	81.5	11%
España	13.3	15.8	29.0	22%
Holanda	9.2	15.0	24.2	27%
Francia	10.9	11.8	22.7	20%
Polonia	3.6	8.3	11.9	35%
Italia	21.3	6.3	27.6	7%
Portugal	1.4	4.9	6.3	46%
Grecia	3.4	4.2	7.6	23%
Bulgaria	1.1	2.7	3.8	35%
Dinamarca	1.7	2.7	4.4	27
Bélgica	5.4	2.6	8.0	10%
Hungría	2.	2.3	4.4	21%
Suecia	1.2	2.2	3.4	30%
Austria	2.0	2.0	4.0	19%
Rumania	1.4	1.9	3.3	24%

Nótese el gran aumento planteado para los países durante los próximos 4 años donde sobresalen Alemania, España y Holanda.

### ¿SON SUFICIENTES ESTOS PROMEDIOS DE APORTES FV PARA ALCANZAR LAS METAS DE DESCARBONIZACION PLANTEADAS POR LOS ACUERDOS DE PARIS PARA EL 2050?

La respuesta es no. Varios pronósticos plantean un incremento, para el 2050, entre el 50% y el 60 % del consumo mundial de la electricidad. Hagamos los siguientes cálculos al respecto:

El consumo en 2009 fue de 21 570 TWh y en 2019 de 27 005 TWh (datos BP), por lo que el incremento en los 10 años que media entre 2009 y 2019 fue de 5435 TWh, si suponemos un comportamiento similar para los próximos 30 años, el consumo en 2050 sería de unos:

43 310 TWh.

Por otro lado, la adición de instalaciones FV/año en los últimos 3 años han sobrepasado los 100 GW/año, de potencia FV. De suponer que en los próximos 30 años (hasta 2050) se incrementara cada año un promedio similar aproximado de 120 GW FV, de acuerdo con el carácter acumulativo, la esperanza de vida útil de los módulos FV de 30 años y un yield promedio de 1360 kWh/kWp (teniendo en cuenta la disminución de la eficiencia del sistema FV con el paso del tiempo) entonces la potencia FV acumulada en el 2050 sería apenas de:

120 GW x 30 años ≈ 3600 GW

En términos de energía: 3600 GW x 1360 (kWh/kWp) ≈ 4 986 000 GWh ≈ 4 986 TWh

La penetración global FV sería de 4 986 TWh entre 43 310 TWh ≈ 0.115, en este caso la penetración global FV sería solamente de un 11.5 % para un muy pobre aporte FV.

De aumentar una adición anual sostenida de instalaciones FV de 200 GW FV/año, la generación en términos de energía para 2050 sería de ≈ 8160 TWh FV, para una penetración de alrededor del 19 %, algo mejor pero aún insuficiente.

De incrementar hasta 300 GW FV/año, la generación sería de ≈ 12 240 TWh/año, y una penetración de alrededor de 28 %.

De añadir cada año 400 GW FV la generación en el 2050 sería de 16 320 TWh/año, y la penetración de alrededor del 36 %, consistente en un aporte, que junto a la eólica y las otras FRE, tributaria a un mayor resultado de la sustitución de los combustibles fósiles en el largo plazo hasta 2050. De esta forma habría que aumentar en más de tres veces los incrementos promedios anuales de potencia por el aporte de la FV.

### LOS INCREMENTOS FV PARA CUBA

Las instalaciones conectadas a red en Cuba comenzaron con el primer MW FV hace solamente unos 8 años y en diciembre 2020 se logra con un gran esfuerzo UNEMINEM unos encomiables 204 MW FV. Para un necesario aumento sustancial la barrera principal, como hemos visto en publicaciones anteriores, es financiera, aspecto que no analizaremos en esta ocasión para concentrarnos en el aporte de la FV de acuerdo con la penetración-integración FV a lograr a más largo plazo, elemento sumamente definitorio para establecer una buena estrategia de la FV como aporte para la sustitución de los combustibles fósiles y su erogación en MLC.

Si la generación de electricidad en Cuba dentro de 10 años (para el 2030) fuera de alrededor de 27 000 GWh, entonces los % de penetración FV serían las siguientes en función de las metas de generación FV a lograr para el 2030:

Potencia FV 2030 MWp	Penetración FV %
700	3.5 %
2 000	10 %
3 000	15 %

Evidentemente el porte de la FV es, en el mejor de los casos, aun poca.

A más largo plazo, si durante los próximos 30 años (para el 2050) se instalan cada año distintos promedios de potencia pico FV y la generación de acuerdo al desarrollo económico del país, sobretodo industrial, agropecuario, turístico y del transporte eléctrico, supongamos fuera de unos 40 000 GWh, entonces las penetraciones FV serían las siguientes para el 2050 :

Instalaciones en MW FV/año	Instalaciones acumuladas MW FV en 2050	Penetración FV en % en 2050
200 MW	6 000	15
250 MW	7 500	18,7
300 MW	9 000	22.5
350 MW	10 500	26
400 MW	12 000	30

Nótese que para lograr un aporte del 30 % FV al MIX, de acuerdo con los supuestos aproximados similares a los relacionados, se deben instalar 400 MW FV cada año.

Los costos, financiamientos y otros aspectos relacionados con enfoque holístico integral son analizados en otros vitecfv, también en publicaciones anteriores y otros próximos vitecfv, en las que profundizaremos al respecto.

El número de países con estrategias para lograr el 100 % del consumo de energía con FRE entre 2030 y 2050 paulatinamente aumenta. Insistimos que a primera vista pueden parecer demasiado ambiciosos los necesarios incrementos de las instalaciones FV desde el corto hasta más largo plazo para Cuba. Pero en realidad son notables y variadas las bondades, posibilidades y oportunidades de la FV, muchas de las cuales hemos analizado en otras ocasiones, en recomendaciones y publicaciones. También recalcamos que independientemente de innovaciones y de los perfeccionamientos FV por venir, los incrementos posibles FV ya no son de carácter tecnológico, sino de política energética y financiero, con muchas aristas solubles, según se pueden identificar en las numerosas mejores prácticas FV internacionales, más las bondades de las características de Cuba para acometer un notable desarrollo FV del país.

DrC. Daniel Stolik  
[stolik@imre.uh.cu](mailto:stolik@imre.uh.cu)  
[danielstoliknov@gmail.com](mailto:danielstoliknov@gmail.com)