

# Desarrollo de una herramienta software para la simulación de sistemas fotovoltaicos con R

Trabajo de Fin de Grado

Francisco Delgado López

Universidad Politécnica de Madrid

① Introducción

② Estado del arte

③ Marco teórico

④ Desarrollo del código

⑤ Ejemplo práctico de aplicación

⑥ Conclusiones

# Objetivo principal

## Desarrollo de un paquete en R

```
library(solaR2)
```

# Objetivos secundarios

## GNU Emacs

- ▶ Org mode
- ▶ ESS

## Paquetes de R

- ▶ solaR
- ▶ zoo
- ▶ data.table
- ▶ microbenchmark
- ▶ profvis
- ▶ lattice

## L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

- ▶ Documento
- ▶ Presentación

## Energía Solar Fotovoltaica

**ENERGÍA SOLAR**  
*Fotovoltaica*

OSCAR PERPIÑÁN LAMIGUEIRO

DICIEMBRE DE 2013



- ① Introducción
- ② Estado del arte
- ③ Marco teórico
- ④ Desarrollo del código
- ⑤ Ejemplo práctico de aplicación
- ⑥ Conclusiones

① Introducción

② Estado del arte

Situación actual de la generación fotovoltaica

Soluciones actuales

③ Marco teórico

④ Desarrollo del código

⑤ Ejemplo práctico de aplicación

⑥ Conclusiones

- 1 En 2022, la energía solar fotovoltaica creció un 137 % a nivel mundial.
- 2 Se instalaron 240 GWp de nueva capacidad, superando los 1185 GWp en total.
- 3 China lidera con más de 106 GWp instalados, seguido por la Unión Europea con 41 GWp.
- 4 La energía solar representa el 31 % de la capacidad de generación renovable global.
- 5 Se añadió tres veces más energía solar que eólica en 2022.
- 6 La Unión Europea superó a EE.UU. en desarrollo fotovoltaico.
- 7 España lideró el mercado europeo con 8,6 GWp instalados.
- 8 El Plan REPowerEU busca alcanzar 400 GWp para 2030.
- 9 España instaló 5.641 MWp en plantas y aumentó el autoconsumo en un 108 %.
- 10 El autoconsumo industrial creció notablemente, representando el 47 % del total.
- 11 Se adjudicaron 1.200 MW a proyectos de hidrógeno verde y agrovoltaica.
- 12 El sector fotovoltaico aportó 7.014 millones de euros al PIB español y generó 197.383 empleos.
- 13 España fabrica el 65 % de los componentes fotovoltaicos localmente y es un importante exportador.

- ① Introducción
- ② Estado del arte
  - Situación actual de la generación fotovoltaica
  - Soluciones actuales
- ③ Marco teórico
- ④ Desarrollo del código
- ⑤ Ejemplo práctico de aplicación
- ⑥ Conclusiones



# Soluciones actuales

PVsys



SISIFO



PVGIS



System  
Advisor Model



## Funcionamiento

- ▶ Geometría solar
- ▶ Datos meteorológicos
- ▶ Radiación en el plano horizontal
- ▶ Radiación en el plano del generador
- ▶ Simulación de SFCR
- ▶ Simulación de SFB
- ▶ Optimización de distancias
- ▶ Métodos de visualización

## Carencias

- ▶ Modularidad
- ▶ Eficiencia y rendimiento
- ▶ Escalibilidad
- ▶ Manipulación de datos

① Introducción

② Estado del arte

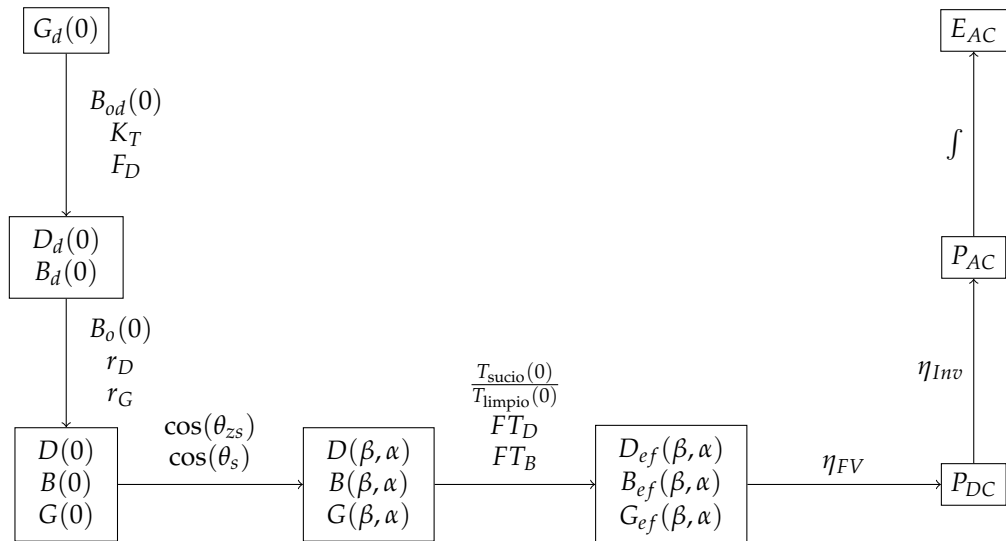
③ Marco teórico

④ Desarrollo del código

⑤ Ejemplo práctico de aplicación

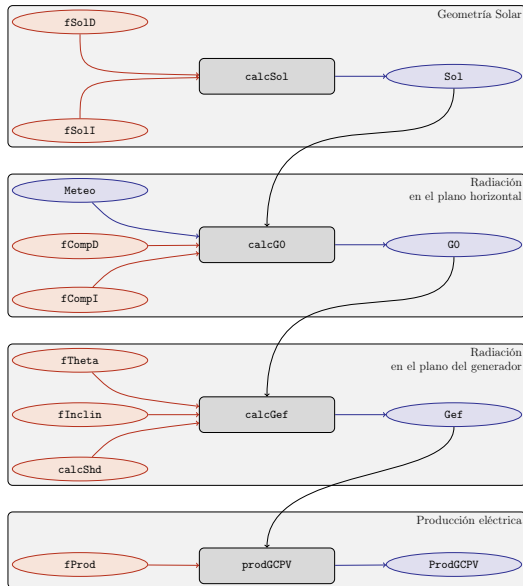
⑥ Conclusiones

# Procedimiento de cálculo

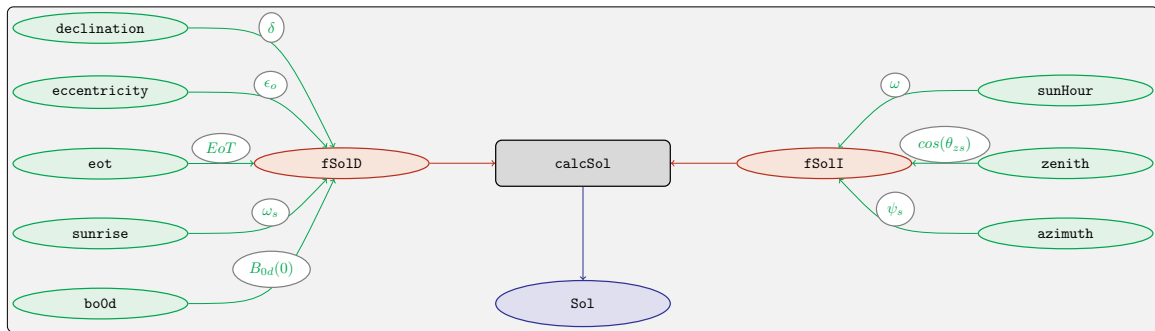


- ① Introducción
- ② Estado del arte
- ③ Marco teórico
- ④ Desarrollo del código
- ⑤ Ejemplo práctico de aplicación
- ⑥ Conclusiones

# Algoritmo de cálculo

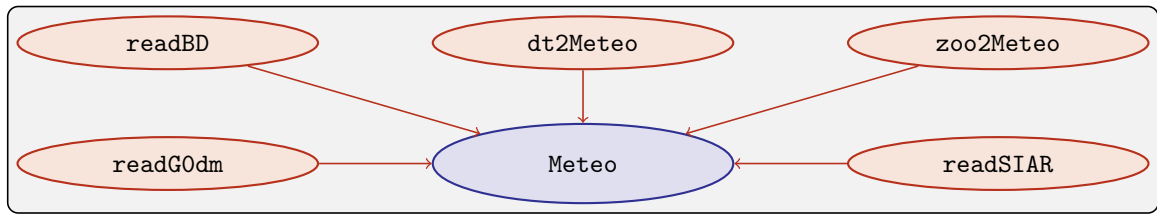


# calcSol

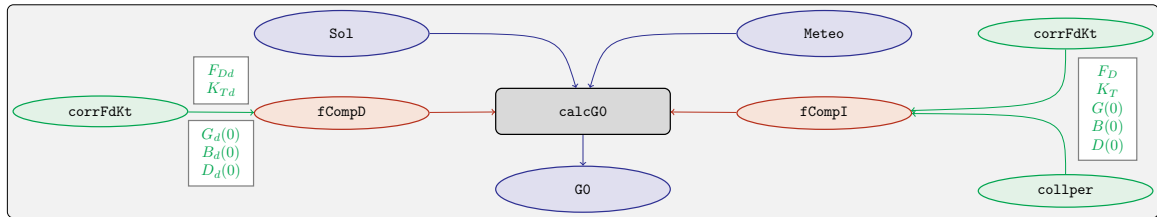




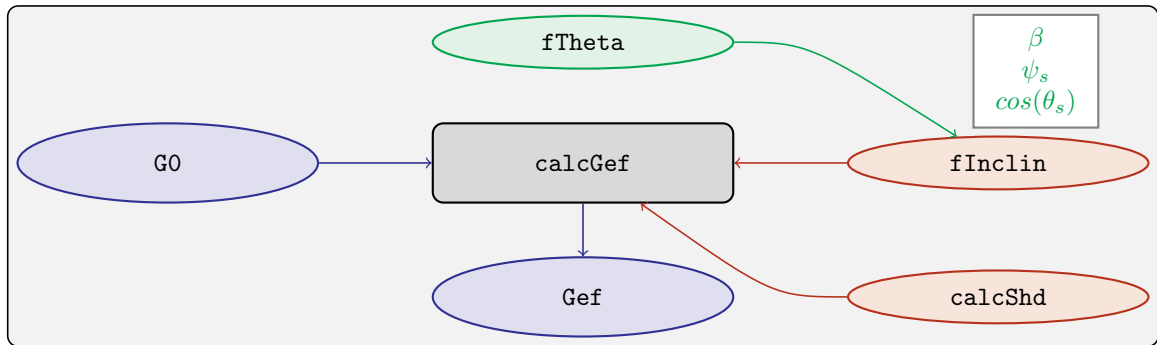
# Meteo

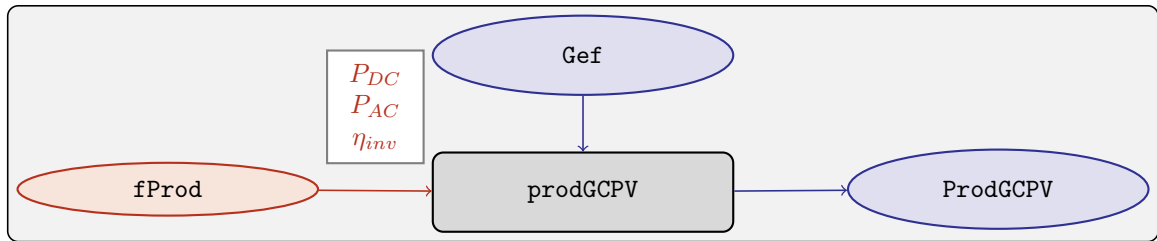


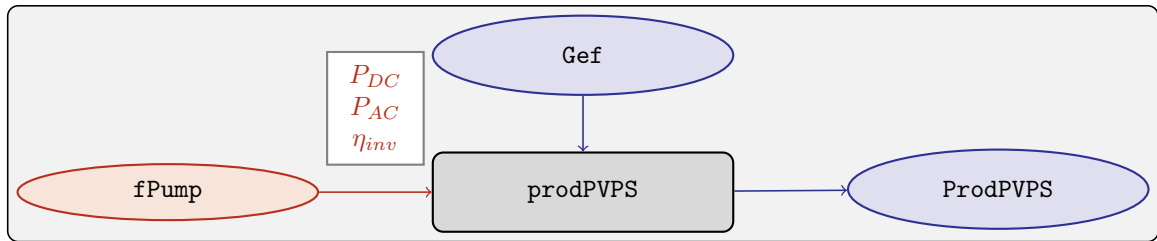
# calcG0



## calcGef





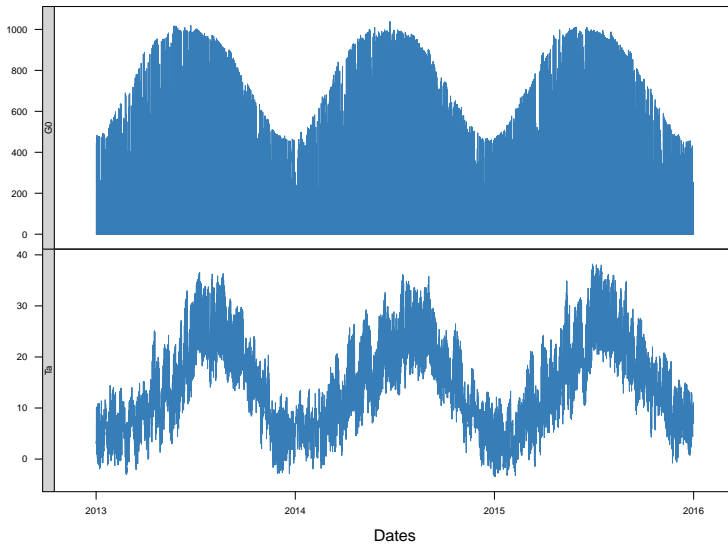


- ① Introducción
- ② Estado del arte
- ③ Marco teórico
- ④ Desarrollo del código
- ⑤ Ejemplo práctico de aplicación
- ⑥ Conclusiones

# Información meteorológica

```
etsidi_1315 <- readBDi(file = "TFG/data/PVGIS_1315.csv",  
  lat = 40.4, dates.col = "Dates",  
  format = "%Y-%m-%d %H:%M:%S")
```

# Información meteorológica





# Producción de diferentes sistemas

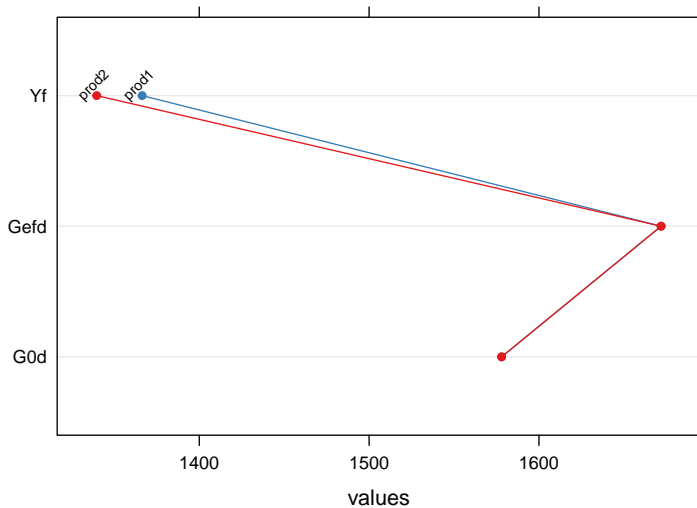
```
prod1 <- prodGCPV(lat = 40.4, modeTrk = 'fixed', modeRad = 'bdI',  
                  dataRad = etsidi_1315, beta = 30, alpha = -19,  
                  module = module1, generator = generator1,  
                  inverter = inverter)  
  
show(as.data.tableY(prod1))
```

	Dates	Eac	Edc	Yf
	<int>	<num>	<num>	<num>
1:	2013	1681.077	1757.235	1343.449
2:	2014	1698.613	1775.426	1357.463
3:	2015	1749.536	1828.569	1398.158

```
prod2 <- prodGCPV(lat = 40.4, modeTrk = 'fixed', modeRad = 'bdI',  
                  dataRad = etsidi_1315, beta = 30, alpha = -19,  
                  module = module2, generator = generator2,  
                  inverter = inverter)  
  
show(as.data.tableY(prod2))
```

	Dates	Eac	Edc	Yf
	<int>	<num>	<num>	<num>
1:	2013	1451.873	1517.779	1319.225
2:	2014	1464.483	1530.833	1330.683
3:	2015	1506.544	1574.704	1368.901

# Comparación de producciones





- ① Introducción
- ② Estado del arte
- ③ Marco teórico
- ④ Desarrollo del código
- ⑤ Ejemplo práctico de aplicación
- ⑥ Conclusiones

- ① Introducción
- ② Estado del arte
- ③ Marco teórico
- ④ Desarrollo del código
- ⑤ Ejemplo práctico de aplicación
- ⑥ Conclusiones
  - Aportaciones
  - Desarrollo a futuro

solat2 / R / KCompDR				10/12/2020 2 weeks ago	History
2 weeks ago	Global variables	1	utils: globalVariables("lat")		
2 months ago	improved calcSD	2			
2 months ago	improved calcSD	3	KCompD <- function(sul, DM, corr = "CPE", F)		
9 years ago	improve test of daily indexes in ...	4	{		
9 months ago	update KCompDR	5	if(!any(NA == c("CPE", "Paga", "L2", "WMS", "CLIMSD", "WMS", "WMS"))){		
		6	warning("wrong descriptor of correlation Po-est. Not CPE.")		
		7	corr <- "CPE"		
9 years ago	improve test of daily indexes in ...	8	}		
2 months ago	update KCompDR	9	if(class(sul)[2] != "mat"){		
		10	sul <- sul[, select(sul & unique(lat), DTI = Dates)]		
9 years ago	improve test of daily indexes in ...	11	}		
2 months ago	update KCompDR	12	if(class(DM)[1] != "matrix"){		
last month	updated datasets	13	DT <- copy(data.table(DM))		
		14	if(!("Dates" %in% names(DT))){		
		15	DT[, Dates := index(sul)]		
		16	setcolorder(DT, "Dates")		
		17	setkey(DT, "Dates")		
		18	}		
		19	if("lat" %in% names(DT)){		
		20	latq <- unique(DT\$lat)		
		21	DT[, lat := NULL]		
		22	join(latq <- getlat(sul))		
last month	update datasets	23	DM <- DT[DM\$DT, latq]		
9 months ago	update KCompDR	24	}		
9 months ago	error repaired	25			
9 months ago	update KCompDR	26	stopifnot(index(sul) == index(DM))		
		27	WMS <- sul[is.na(WMS)]		
		28	DM <- getdata(DM)[DM]		
9 months ago	error repaired	29			
9 months ago	update KCompDR	30	is.na(DM) <- (DM == NA)		
9 months ago	error repaired	31			
9 months ago	update KCompDR	32	and the direct and diffuse data is not given		
		33	if(corr == "WMS"){		
		34	P4 <- matrix(0,0,0,		
		35	CPE = F(CPE)(sul, DM),		
		36	Paga = F(Paga)(sul, DM),		
		37	L2 = F(L2)(sul, DM),		
2 weeks ago	update KCompDR	38	WMS = F(WMS)(sul, DM),		
9 months ago	update KCompDR	39	CLIMSD = F(CLIMSD)(sul, DM),		
		40	corr = F(sul, DM))		
		41	RT <- F(RT)		
		42	P4 <- F(P4)		
		43	DM <- P4 + DM		
		44	DM <- DM - DM		
		45	}		
		46	and the direct and diffuse data is given		
		47	else {		
2 weeks ago	update KCompDR	48	DM <- getdata(DM)[DM]		
		49	DM <- getdata(DM)[["WMS"]]		
		50	DM <- getdata(DM)[["WMS"]]		
9 months ago	update KCompDR	51	P4 <- DM[DM]		
		52	RT <- DM[DM]		
9 months ago	error repaired	53	}		
9 months ago	update KCompDR	54			
9 months ago	update KCompDR, KCompDR and ...	55	result <- data.table(Dates = index(sul), P4, RT, DM = DM, DM, DM)		
9 months ago	update KCompDR	56	setkey(result, "Dates")		
9 years ago	improve test of daily indexes in ...	57	result		
12 years ago	initial impact	58	}		

# Blame

2 weeks ago		Global variables		1	<code>utils::globalVariables('lat')</code>
				2	
2 months ago		improved calcG0		3	<code>fCompD &lt;- function(sol, G0d, corr = 'CPR', f)</code>
8 years ago		Improve test of daily indexes in ...		4	<code>{</code>
5 months ago		Update fCompD.R		5	<code>if(!(corr %in% c('CPR', 'Page', 'LJ', 'EKd', 'CLIMEd', 'user', 'none'))){</code>
				6	<code>warning('Wrong descriptor of correlation Fd-Ktd. Set CPR.')</code>
				7	<code>corr &lt;- 'CPR'</code>
8 years ago		Improve test of daily indexes in ...		8	<code>}</code>
2 months ago		Update fCompD.R		9	<code>if(class(sol)[1] != 'Sol'){</code>
				10	<code>sol &lt;- sol[, calcSol(lat = unique(lat), BTi = Dates)]</code>
8 years ago		Improve test of daily indexes in ...		11	<code>}</code>
2 months ago		Update fCompD.R		12	<code>if(class(G0d)[1] != 'Meteo'){</code>
last month		updated dt2meteo		13	<code>dt &lt;- copy(data.table(G0d))</code>
				14	<code>if(!('Dates' %in% names(dt))){</code>
				15	<code>dt[, Dates := indexD(sol)]</code>
				16	<code>setcolorder(dt, 'Dates')</code>
				17	<code>setkey(dt, 'Dates')</code>
				18	<code>}</code>
				19	<code>if('lat' %in% names(dt)){</code>
				20	<code>latg &lt;- unique(dt\$lat)</code>
				21	<code>dt[, lat := NULL]</code>
				22	<code>}else{latg &lt;- getLat(sol)}</code>

## Contributors Beta [Give feedback](#)

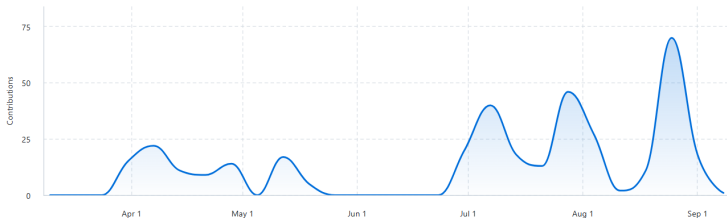
Period: Last 6 months ▾

Contributions: Commits ▾

Contributions per week to master, excluding merge commits

### Commits over time

From 10 mar 2024 to 8 sept 2024



**fdelgadol**

355 commits 34.171 ++ 11.671 --

#1

...



**oscarperpinan**

4 commits 22 ++ 95 --

#2

...



- ① Introducción
- ② Estado del arte
- ③ Marco teórico
- ④ Desarrollo del código
- ⑤ Ejemplo práctico de aplicación
- ⑥ Conclusiones
  - Aportaciones
  - Desarrollo a futuro



# Desarrollo a futuro

Interfaz de usuario

Mejora de funciones

Toma de datos

Uso de paquete especializados en datos espaciales

► terra