

# IRENA FlexTool

## ENTRENAMIENTO PARA LATINOAMÉRICA

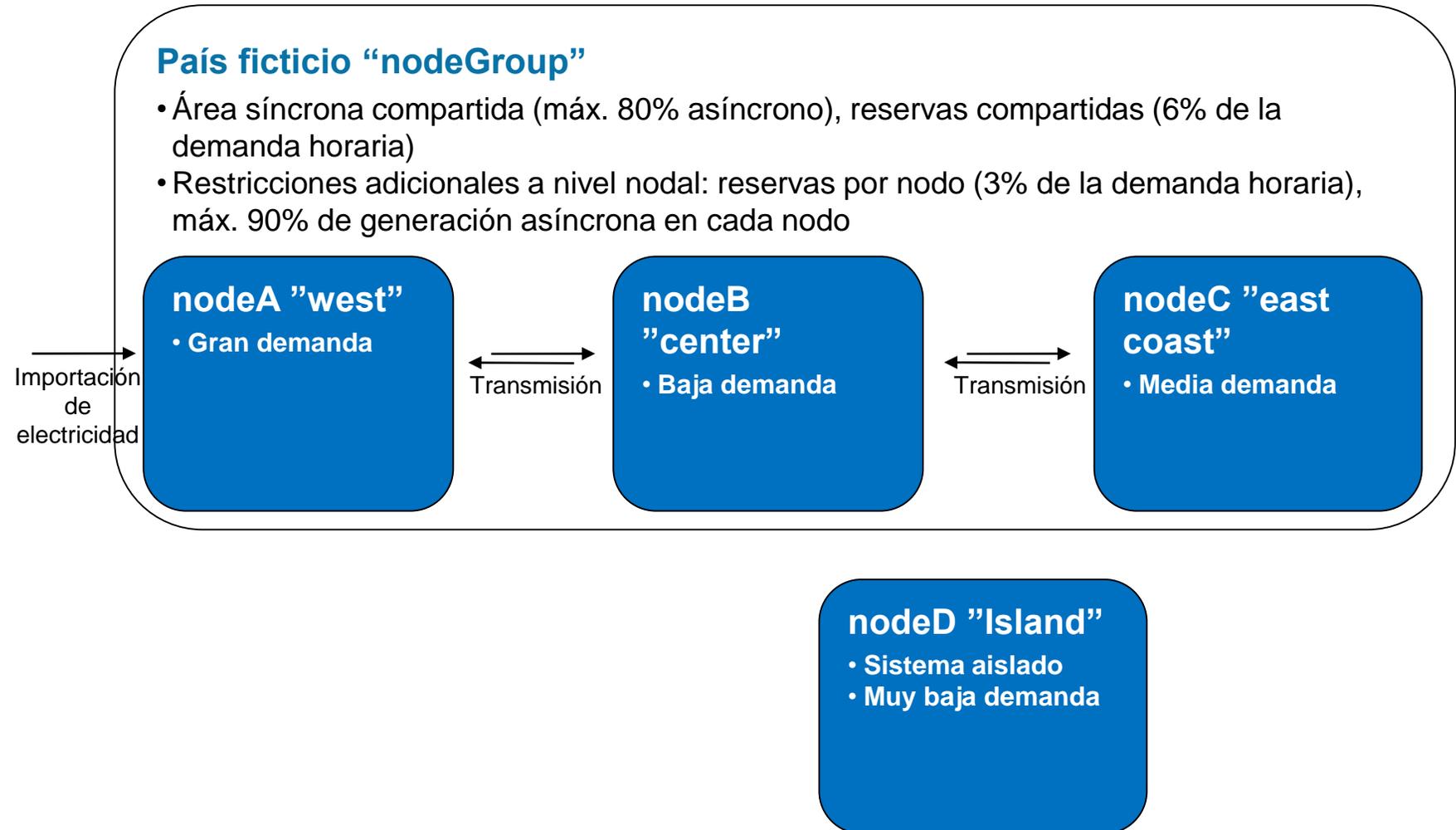
**SESIÓN 2: Corriendo un modelo de prueba:  
¿Cómo detectar problemas de flexibilidad y  
cómo resolverlos?**



# Introduciendo los modelos de prueba para entrenar

Los **modelos de prueba** representan un país ficticio y sirven para demostrar las principales funcionalidades de FlexTool

- La estructura básica es la misma para cada modelo de prueba
- Cada modelo de prueba se ha diseñado para tener unos problemas de flexibilidad específicos
- Se instruye a los participantes a evaluar y resolver los mismos



- El incremento de **complejidad** aumenta rápidamente el **tiempo de resolución**
  - 4 nodos
  - Almacenamientos hidroeléctricos
  - Corrida de inversión
- Para que el entrenamiento fluya se requieren tiempo de resolución rápidos
  - Por ello se modelan pocas horas (4 semanas de despacho, 4 días de inversión)
  - En la práctica se recomienda usar pocos períodos para testear y largos períodos o el año entero para simulaciones reales
- Además, algo de tiempo se consume al escribir los datos y resultados

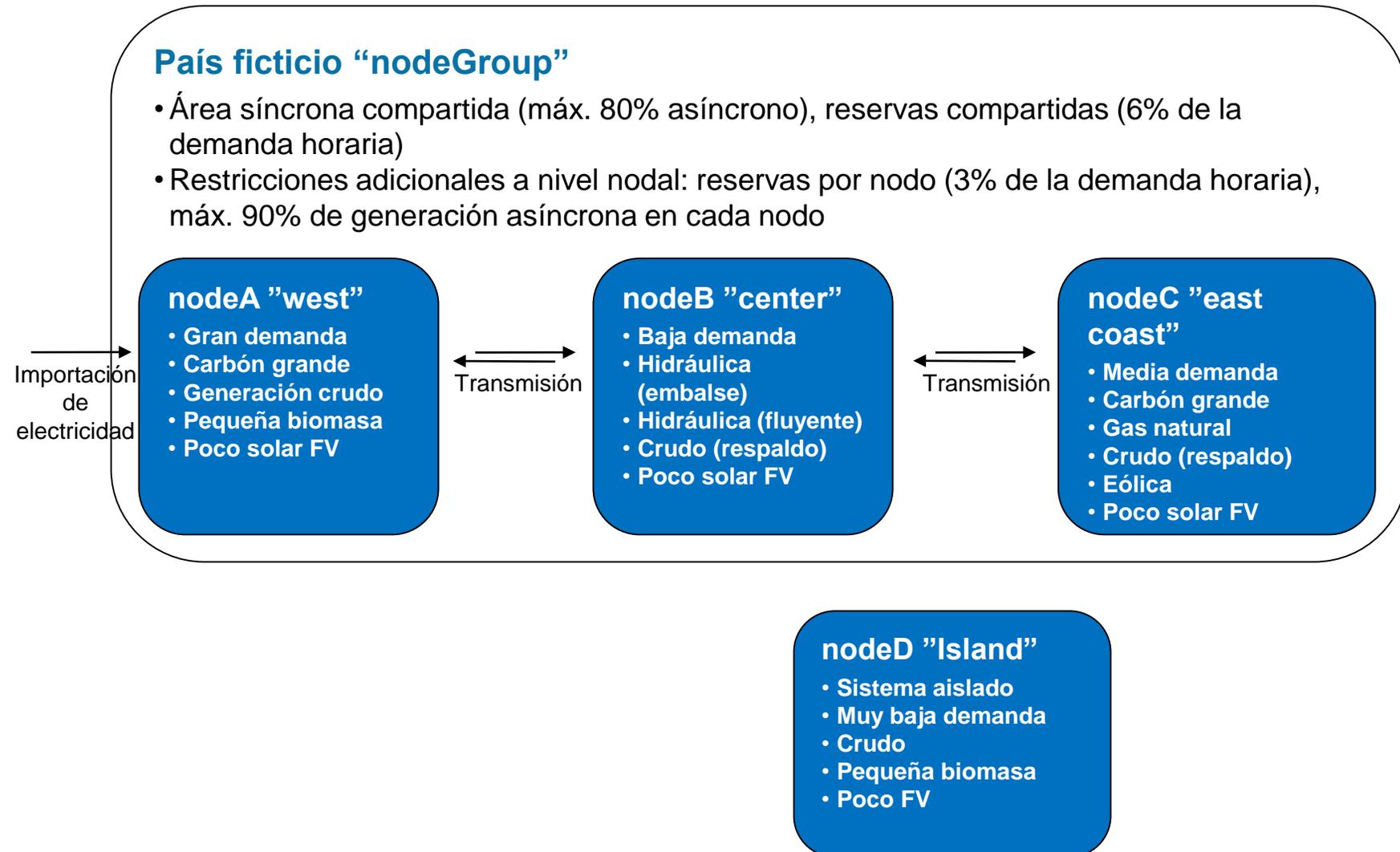
Número de horas modeladas	Dispatch	Invest + Dispatch
24 (1 día)	1 seg.	2 seg.
72 (3 días)	2 seg.	15 seg.
168 (1 semana)	5 seg.	1.5 min.
672 (4 semanas)	20 seg.	...
...	...	...

# Corriendo evaluaciones de flexibilidad con los modelos de prueba – Demo Model 1

## Abra

'inputData\demoModel-1.xlsm'

- Chequee la hoja **"units"**
- El modelo tiene principalmente generación con combustibles fósiles
- Algo de hidroeléctricas en el "nodeB", eólica en el "nodeC", y pequeñas participaciones de biomasa y solar FV en la mayoría de los nodos



## Pruebe a correr el escenario “Base” del modelo de prueba 1

- Chequeando que funciona para todo el mundo

Nuestro análisis inicial de los facilitadores de flexibilidad del modelo de prueba 1 se presenta a la derecha

**Vaya a través de las siguientes diapositivas y vea si está de acuerdo o llegó a conclusiones diferentes**

## Facilitadores de flexibilidad en el modelo de prueba 1

Facilitadores de flexibilidad	Alto	Medio	Bajo
Capacidad de interconexión vs. demanda promedio			●
Capacidades de rampa de los generadores	●		
Ajuste de la demanda con la generación de ERV		●	
Estabilidad de aportes hídricos		●	
Resistencia de la red interna			●
Almacenamiento vs. demanda anual			●
Dispersión geográfica de la generación de ERV y demanda			●
ERV vs. demanda mínima	●		

# Chequeo rápido de problemas de flexibilidad

- Importe los resultados del escenario “Base” para el modelo de prueba 1.
  - Vea las instrucciones en la presentación del Día 1 si es necesario
  - Chequee “**General results**” and “**Flexibility issues**” en la hoja “**Summary\_D**”
- El “loss of load” (energía no suministrada) es notable, y necesitamos saber dónde y por qué
- Muy poco “curtailment” (vertido), no es un problema
- no hay más problemas de flexibilidad

Algunos parámetros se explican en esa misma hoja.

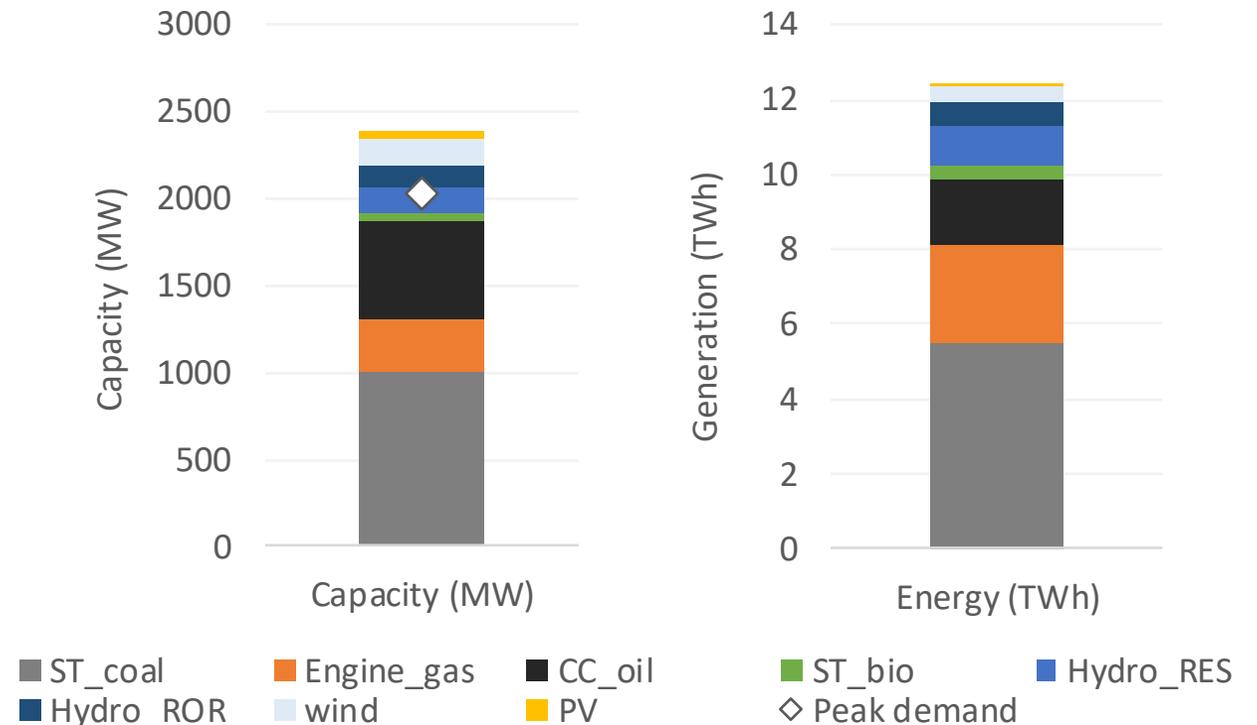
Abrir las explicaciones de la hoja de resultados para ver las definiciones de cada término.

	A	B
1	Update sheets window	demoModel-1
2		Base
21		
22	General results	elec
23	VRE share (% of annual demand)	8.554
24	Loss of load (% of annual demand)	2.368
25	-> ramp up constrained (% of annual demand)	0
26	Excess load (% of annual demand)	0
27	Insufficient reserves (% of reserve demand)	0
28	Insufficient inertia (% of inertia demand)	
29	Curtailment (% of VRE gen.)	-6.66E-06
30	-> ramp down constrained (% of VRE gen.)	0
31	Peak load (MW)	2101.55
32	Peak net load (MW)	1946.3
33		
34	Flexibility issues	elec
35	Loss of load (max MW)	255.475
36	Excess load (max MW)	0
37	Reserve inadequacy (max MW)	0
38	Insufficient inertia (TWh/a)	0
39	Curtailment (max MW)	0.000137541
40	Curtailment (TWh/a)	-7.48E-08
41	Model leakage (TWh/a)	0
42	Capacity inadequacy (max MW)	0
43	Spill (TWh/a)	0

## Chequeando el balance de capacidad para buscar el motivo de la energía no suministrada

- Es posible hacerlo antes de modelar, con los datos de entrada, o con el archivo de resultados
- Aquí se chequea con el archivo de resultados
- Abrir el archivo de resultados
  - “**Summary\_D**” muestra la demanda pico, capacidad y generación (figuras en la derecha)
- La demanda pico es menor que la capacidad despachable. La demanda pico neta incluso menor. A nivel de país todo correcto, no hay
- Los problemas deben estar surgiendo en algún nodo/s

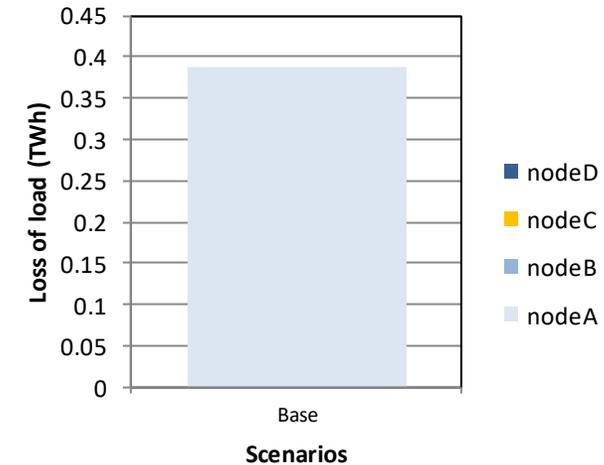
Modelo de prueba 1, suma de todos los nodos



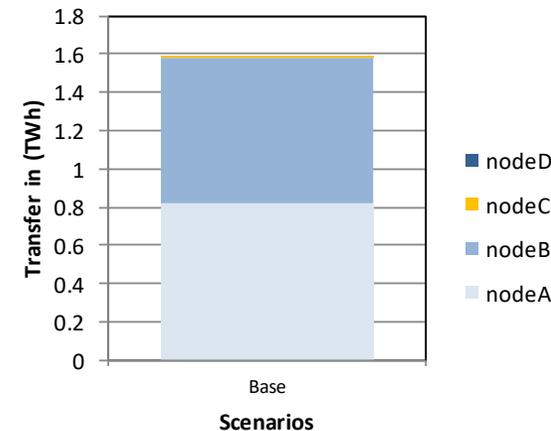
## Para chequear los resultados a nivel nodal

- Abra la hoja “**node\_plot**” del archivo de resultados
  - La primera figura muestra que la energía no suministrada se produce en el nodeA
  - Las segunda y tercera figuras de abajo muestran que el nodeC transfiere electricidad a nodeA
- La conclusión es que habría capacidad de generación suficiente en el país (diapositiva anterior) pero no se encuentra junto a la demanda o no hay suficiente capacidad de transmisión entre nodos
- Posibles soluciones:
  - invertir en capacidad de transmisión,
  - invertir en capacidad de generación,
  - invertir en almacenamiento
- Necesidad de chequear los costos y beneficios de cada opción

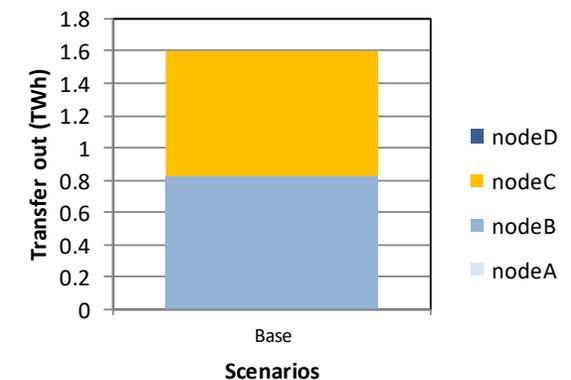
## Load shedding



## Transfers to the node



## Transfers out of the node



- Queremos estudiar como podríamos solucionar **el problema de la energía no suministrada**
- Queremos estudiar **tres medidas distintas**:
  - Invertir en capacidad de transmisión
  - Invertir en capacidad de generación
  - Invertir en almacenamientos
- Además, queremos **comparar estas opciones** para ver si serían mejor individualmente o todas juntas
  - Cuarto escenario de inversión: invertir en todas las opciones

# Comparando distintas opciones de inversión, 2/9

## Abra flexTool.xlsm

- En la hoja 'settings and filters', establezca el "max number of parallel calculation" en 3 (o número de núcleos -1)
- Seleccione "demoModel1" y los 5 escenarios de la figura
- Click '**write time series and run scenarios**'
- Espera hasta que se abra el archivo de resultados
  - A veces el archivo de resultados falla al abrir y no muestra los números. En este caso, cierre el archivo, vaya a la carpeta "**results**" y abra el archivo más reciente.

Parameter	value1	valu
Node filter (leave out):		
Grid filter (leave out):		
Time series filter:	ts time	ts e
Model file:	flexmodel.mod	
Solver:	CLP	
CLP solver option:	barr	
Clear result folder:	TRUE	
Use wtee:	TRUE	
Max number of parallel calculations:	3	
Input folder:	inputData	
Time series folder:	ts	
Results folder:	Results	
Plot start time:	1	
Plot length:	168	

a

Active input files:	Inactive input files:	Active scenarios:	Inactive scenarios:
demoModel-1.xlsm	template.xlsm	Base	Invest
		demo1_invest_transCap	
		demo1_invest_genCap	
	template-transmission.xlsm	demo1_invest_storages	
	template-storage.xlsm	demo1_invest_all	
	template-FVs.xlsm		

b

Write time series  
and Run Scenarios

c

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Total number of scenarios: 5
Scenarios started so far: 2
Scenarios not yet started: 3
Scenarios currently ongoing: 2
Scenarios failed: 0
Scenarios already finished: 0
Maximum number of cases ongoing
```

d

# Comparando distintas opciones de inversión, 3/9

## En el archivo de resultados

a) Abra la hoja “summary\_D”

b) Chequee la tabla “Flexibility issues”

- La inversión en transmisión elimina la energía no suministrada (“transCap”)
- La inversión en generación elimina la energía no suministrada (“genCap”)
- La inversión en almacenamiento ayuda con la energía no suministrada, pero no lo resuelve por completo (“storages”)
- Todos los escenarios tienen aún una pequeña cantidad de “curtailment” (vertido) pero los valores son muy pequeños y el usuario no se debe preocupar por ellos

	A	B	C	D	E	F
1	Update sheets window	demoModel-1	demoModel-1	demoModel-1	demoModel-1	demoModel-1
2		Base	demo1_invest_transCap	demo1_invest_genCap	demo1_invest_storages	demo1_invest_all
23	VRE share (% of annual demand)	8.554	8.554	13.45	8.554	13.68
24	Loss of load (% of annual demand)	2.368	0	0.8025	1.449	0
25	-> ramp up constrained (% of annual demand)	0	0	0	0	0
26	Excess load (% of annual demand)	0	0	0	0	0
27	Insufficient reserves (% of reserve demand)	0	0	0	0	0
28	Insufficient inertia (% of inertia demand)					
29	Curtailment (% of VRE gen.)	-6.66E-06	-6.66E-06	-9.25E-06	-6.66E-06	0.3904
30	-> ramp down constrained (% of VRE gen.)	0	3.07E-08	2.32E-09	0	0
31	Peak load (MW)	2101.55	2101.55	2101.55	2101.55	2101.55
32	Peak net load (MW)	1946.3	1946.3	1934.92	1946.3	1933.66
33						
34	Flexibility issues	elec	elec	elec	elec	elec
35	Loss of load (max MW)	255.475	0	243.126	221.823	0
36	Excess load (max MW)	0	0	0	0	0
37	Reserve inadequacy (max MW)	0	0	0	0	0
38	Insufficient inertia (TWh/a)	0	0	0	0	0
39	Curtailment (max MW)	0.000137541	0.000137541	0.000476468	0.000137541	27.855
40	Curtailment (TWh/a)	-7.48E-08	-7.48E-08	-1.63E-07	-7.48E-08	0.00701932
41	Model leakage (TWh/a)	0	0	0	0	0
42	Capacity inadequacy (max MW)	0	0	0	0	0
43	Spill (TWh/a)	0	0	0	0	0

## En el archivo de resultados

a) Abra la hoja “summary\_D”

b) Chequee la tabla “costs”

- Invertir en almacenamiento tiene menor costo de energía no suministrada que “base” pero aún así es significativo
- Otros escenarios tienen costo de la energía no suministrada nulo
- Todos los escenarios de inversión tienen menor costo total que el escenario “Base”
- ¿Cuál tiene los menores costos totales?

	A	B	C	D	E	F
1	Update sheets window	demoModel-1	demoModel-1	demoModel-1	demoModel-1	demoModel-1
2		Base	demo1_invest_transCap	demo1_invest_genCap	demo1_invest_storages	demo1_invest_all
57						
58	Costs	elec	elec	elec	elec	elec
59	Cost operations (M CUR)	609.876	574.333	565.147	617.628	502.201
60	Cost investments (M CUR)	0	4.86935	29.7572	1.85097	37.8718
61	Fixed annual costs (M CUR)	101.251	101.251	106.251	105.212	112.512
62	Cost loss of load (M CUR)	3110.96	0	1054.49	1904.56	0
63	Cost excess load (M CUR)	0	0	0	0	0
64	Cost curtailment (M CUR)	-1.50E-06	-1.50E-06	-3.27E-06	-1.50E-06	0.140386
65	Cost of insufficient reserves (M CUR)	0	0	0	0	0
66	Cost of insufficient inertia (M CUR)	0	0	0	0	0
67	Cost of insufficient capacity (M CUR)	0	0	0	0	0

# Comparando distintas opciones de inversión, 5/9

## En el archivo de resultados

- Abra la hoja “**summary\_D**”
- Chequee las inversiones en capacidad en la tabla “**unit type capacity (MW)**”
- Chequee las inversiones en transmisión en la tabla “**transfer Capacity (MW)**”

	A	B	C	D	E	F
1	Update sheets window	demoModel-1	demoModel-1	demoModel-1	demoModel-1	demoModel-1
2		Base	demo1_invest_transCap	demo1_invest_genCap	demo1_invest_storages	demo1_invest_all
80	Unit type	Capacity (MW)	Capacity (MW)	Capacity (MW)	Capacity (MW)	Capacity (MW)
81	ST_coal	1000	1000	1000	1000	1000
82	Engine_gas	300	300	300	300	300
83	CC_oil	620	620	620	620	620
84	ST_bio	45	45	45	45	45
85	Hydro_RES	150	150	150	150	150
86	Hydro_ROR	120	120	120	120	120
87	wind	150.02	150.02	300.02	150.02	300.02
88	PV	60	60	260	60	260
89	battery	0.04	0.04	0.04	198.082	313.077

- Las inversiones se resaltan en la figura de la derecha
- Los primeros tres escenarios invierten solo en una única tecnología (transmisión, capacidad, almacenamiento) como se ha definido
- El cuarto podía invertir en todas las tecnologías y ha decidido hacerlo
- La solución combinada es claramente la más apropiada en esta situación

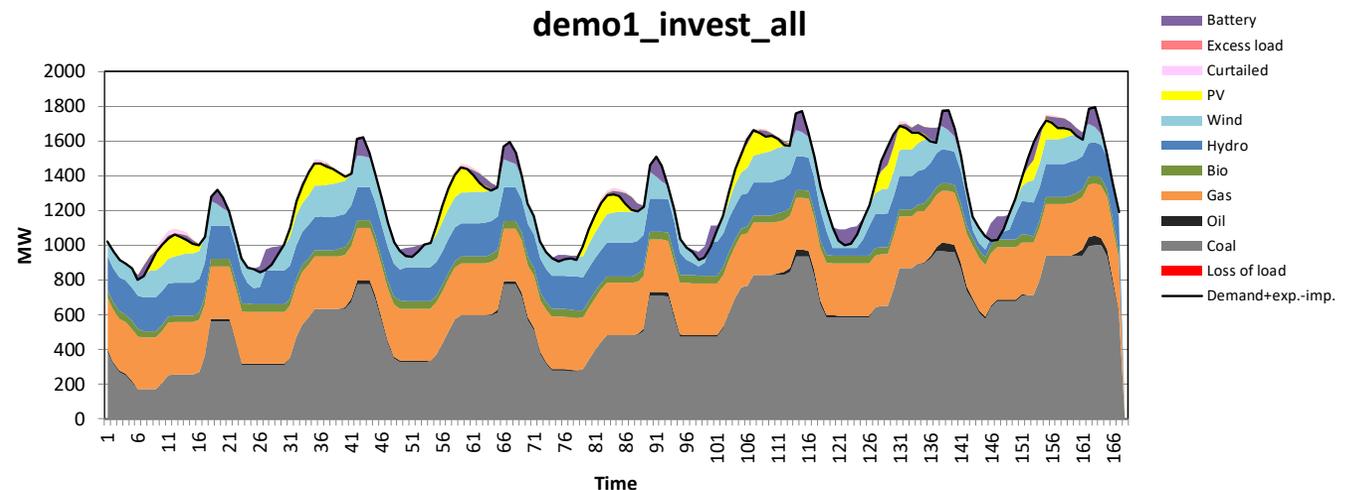
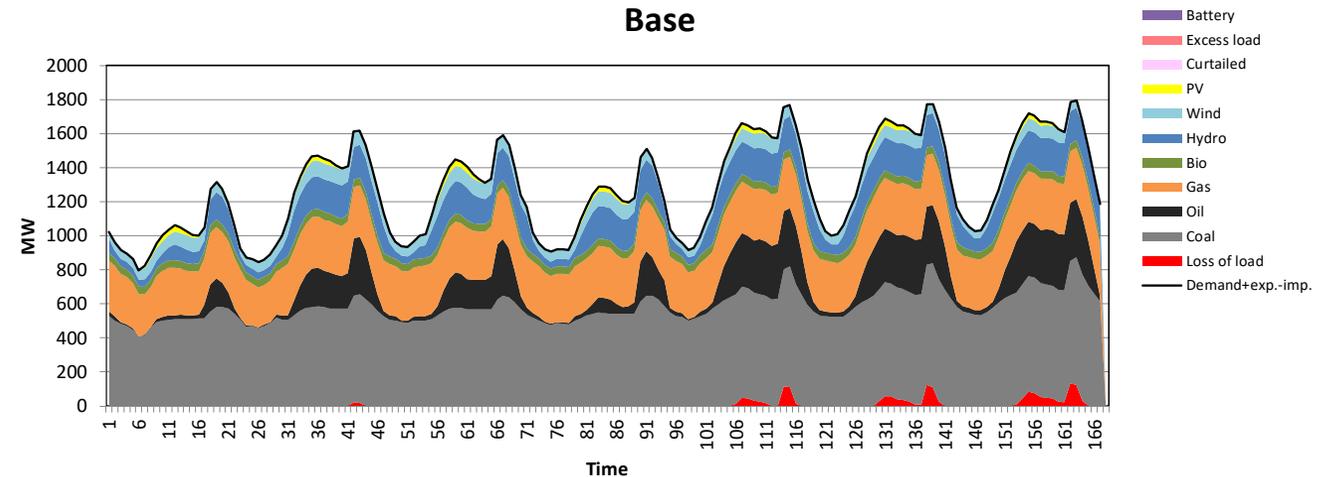
	A	B	C	D	E	F
1	Update sheets window	demoModel-1	demoModel-1	demoModel-1	demoModel-1	demoModel-1
2		Base	demo1_invest_transCap	demo1_invest_genCap	demo1_invest_storages	demo1_invest_all
111						
112	Transfer	Capacity (MW)	Capacity (MW)	Capacity (MW)	Capacity (MW)	Capacity (MW)
113	nodeA - nodeB	150	439.925	150	150	455.759
114	nodeB - nodeA	150	439.925	150	150	455.759
115	nodeB - nodeC	100	405.766	100	100	429.014
116	nodeC - nodeB	100	405.766	100	100	429.014

## En el archivo de resultados

### a) Abra la hoja

#### “genUnitGroup\_elec\_plot”

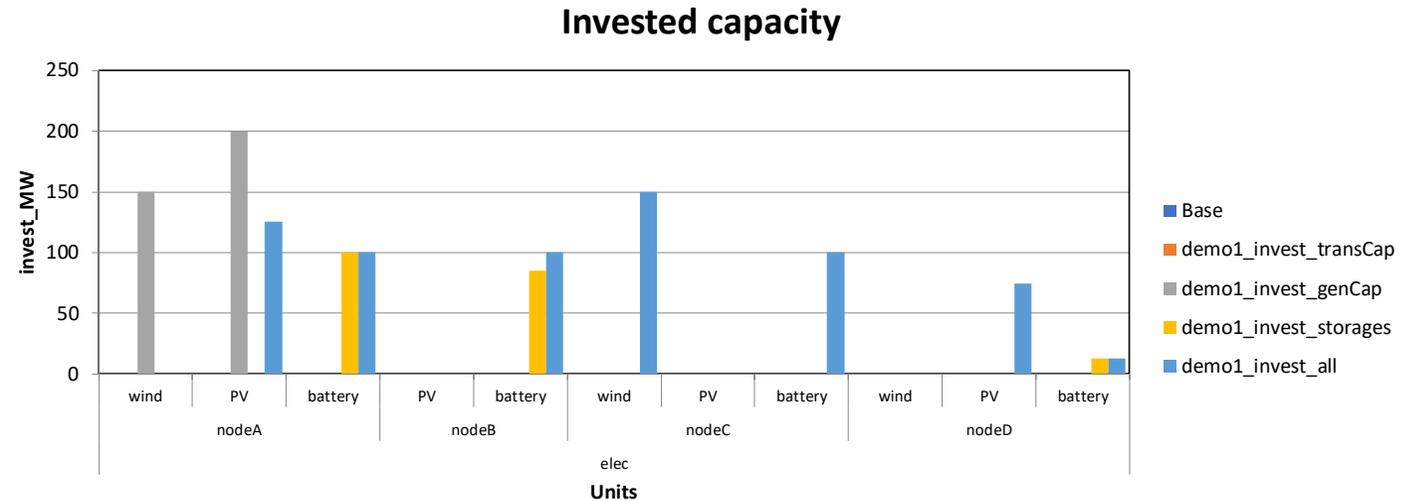
- Chequee como el modelo despacha las unidades
- Las figuras de la derecha muestran una semana con alta demanda (4ª semana) de la corrida “base” y la corrida “invest\_all”
- Puede cambiar la semana con la barra deslizadora de la parte de arriba
- Nótese que el pico de demanda es después de la puesta de sol, pero la FV es todavía rentable porque permite menor consume de crudo
- Con FV, el modelo solo corre las centrales de crudo para proveer el pico de demanda cuando es necesario
- A la derecha demandas con baja y alta demanda del escenario invest\_all



## En el archivo de resultados

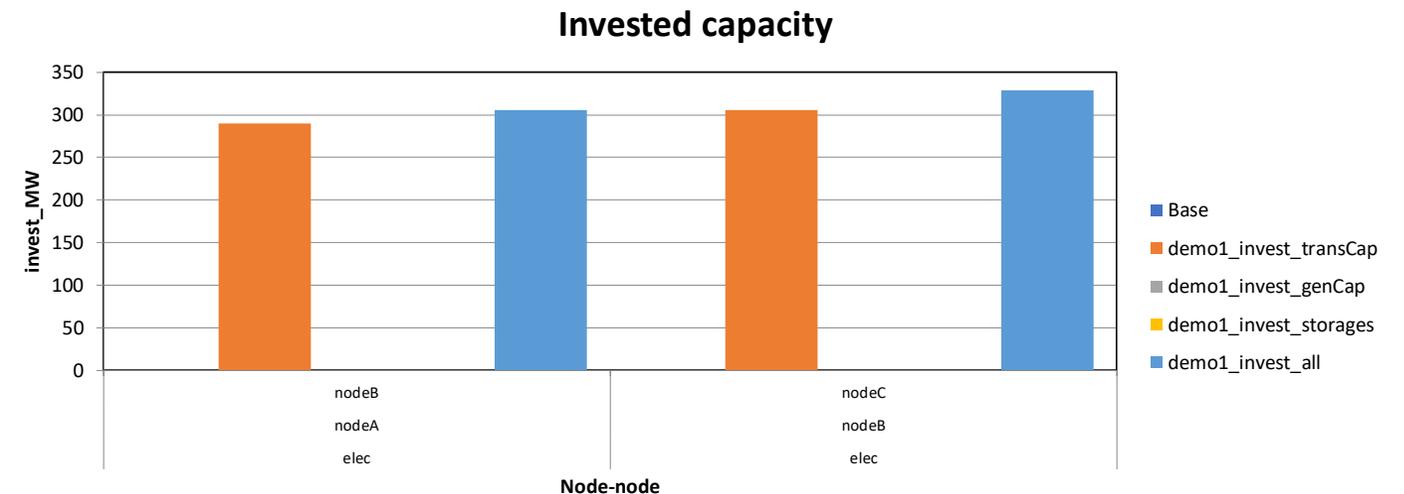
### a) Abra la hoja “units\_invest\_plot”

- La primera figura muestra la inversión en capacidad por nodo
- La primera figura de la segunda fila muestra la misma figura para capacidad de almacenamiento



### b) Abra la hoja “transfers\_invest\_plot”

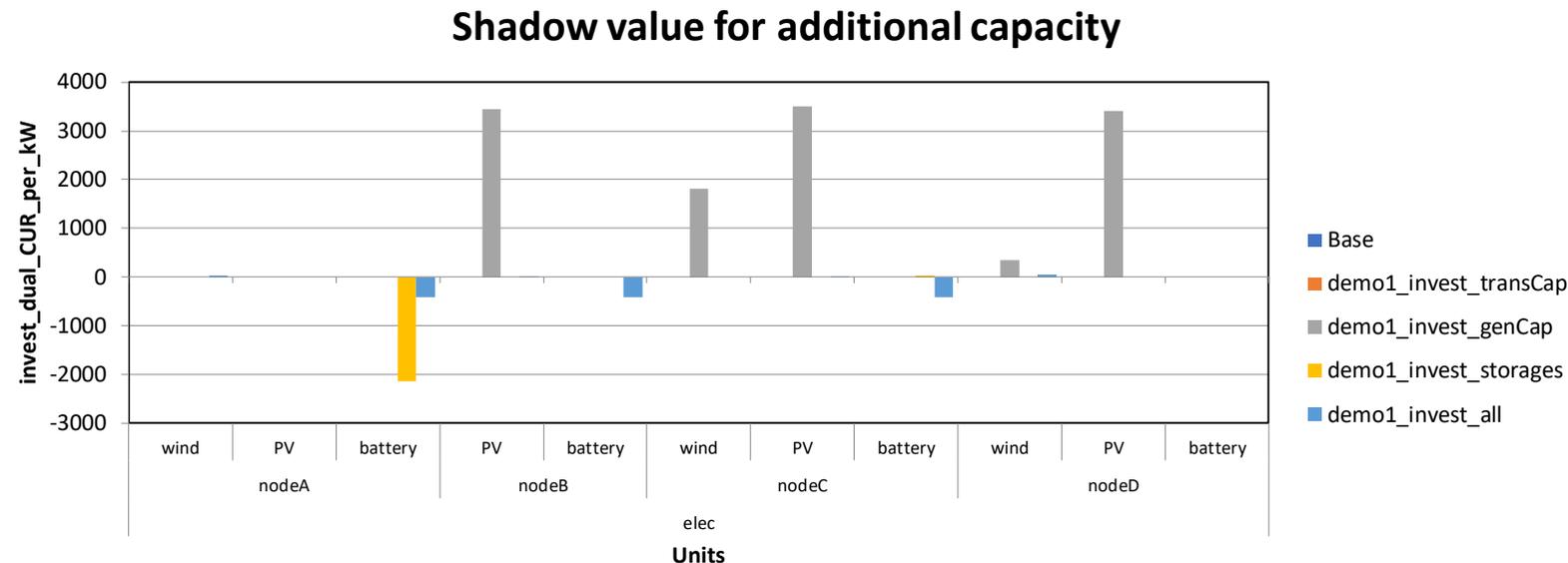
- Las figuras muestran las inversión en capacidad de transmisión y los valores sombra de inversiones adicionales



## En el archivo de resultados

### a) Abra la hoja “units\_invest\_plot”

- Un valor sombra es un parámetro del modelo que dice si una inversión adicional en una tecnología reduciría los costos totales
- Si una tecnología tiene valor sombra positivo, la inversión aumentaría los costos totales (-> no sería beneficiosa)
- Si una tecnología tiene un valor sombra negativo, inversiones adicionales reducirían los costos totales pero hay alguna restricción que no permite inversiones adicionales
- En el modelo de prueba 1, la cantidad máxima de inversiones estaba predefinida y el escenario “storage” habría sido más barato si el modelo pudiera haber invertido en mayor cantidad de almacenamiento.

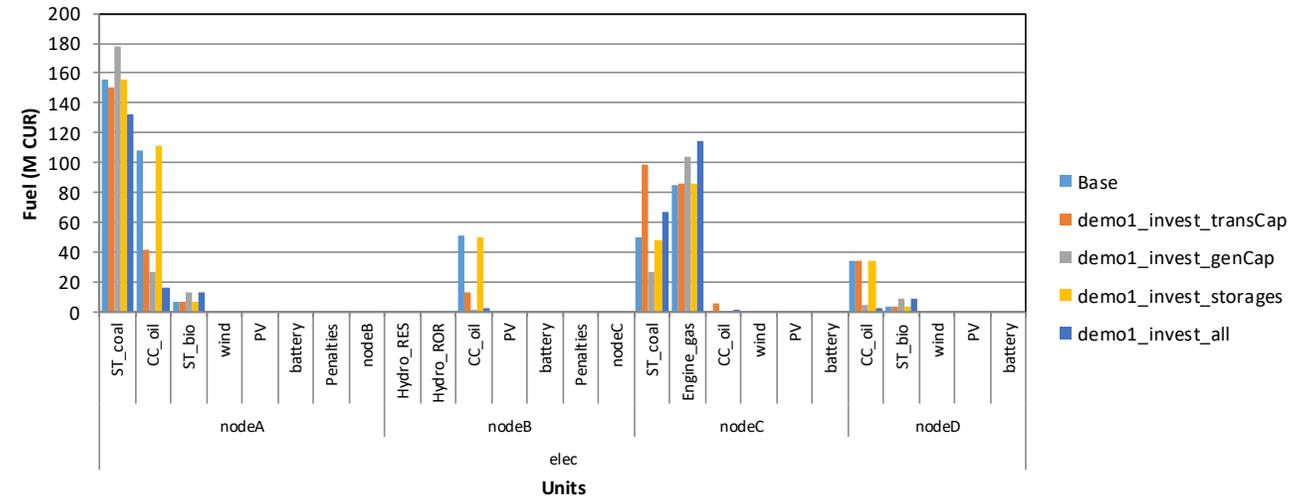


## En el archivo de resultados

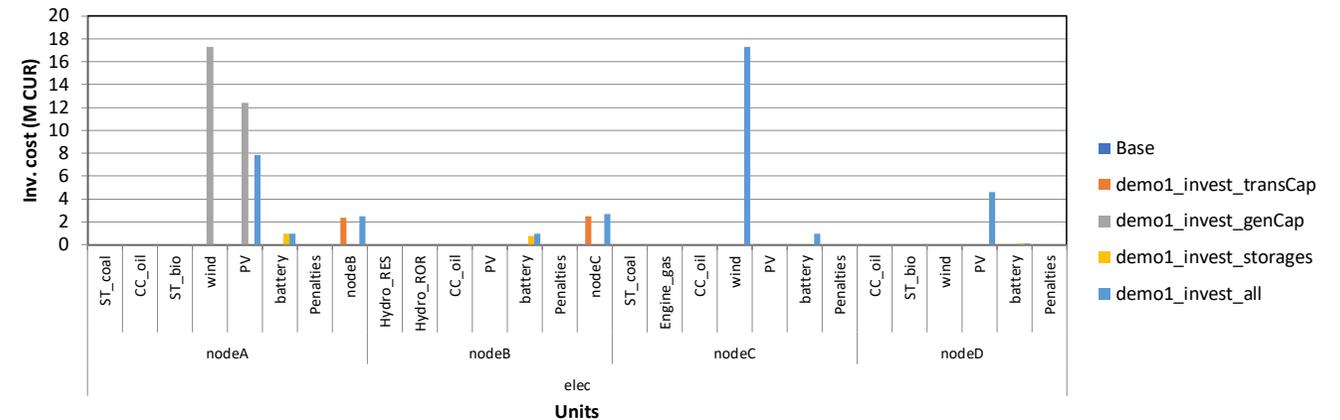
### a) Abra la hoja “costs\_plot”

- FlexTool calcula una gran cantidad de costos de distinto tipo y muestra resultados detallados
- A la derecha hay una partición de los costos de fuel y los costos de inversión (anualizados)
- El archivo de resultados también muestra muchas otras categorías

Fuel costs

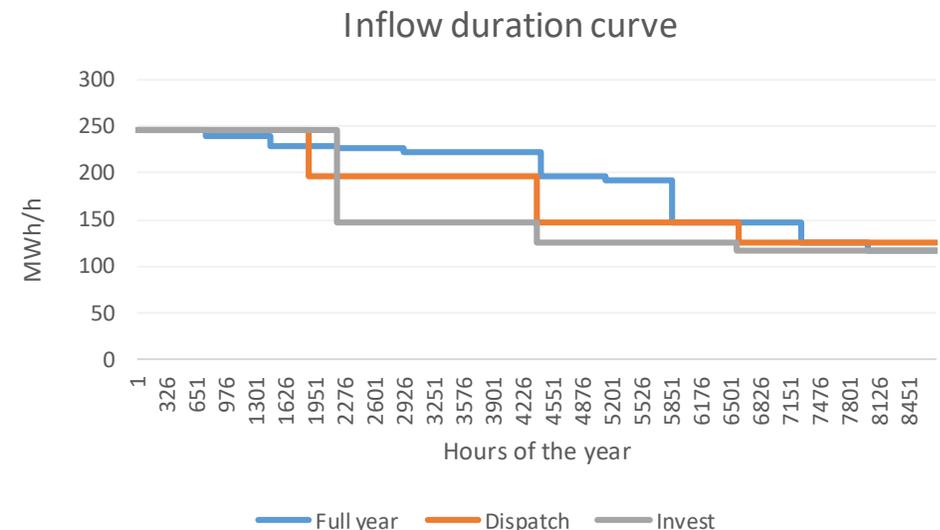
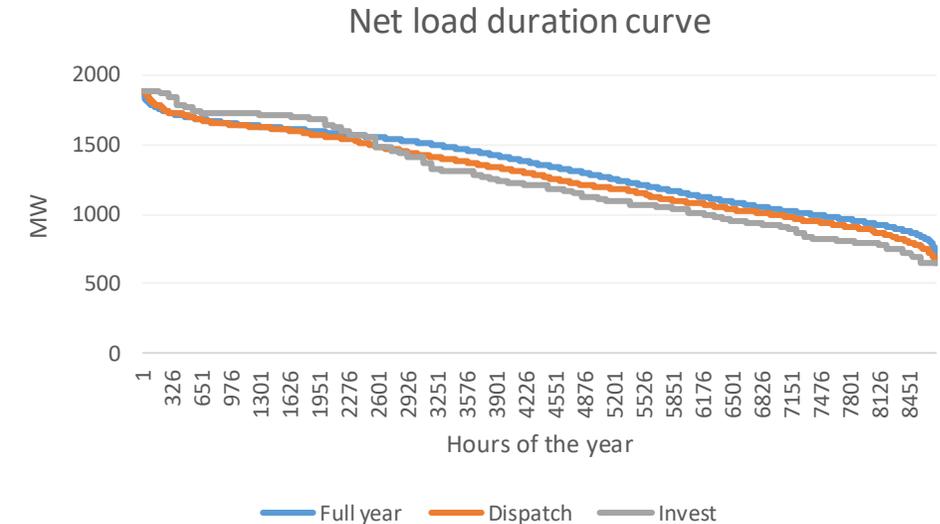


Investment costs



# Seleccionando los días modelados para el modelo de prueba 1

- Seleccionar series temporales representativas basándose en:
  - Demanda neta (min y máx.)
  - Afluente hidráulico (min y máx.)
- **Abra el archivo “demoModel-1-select-weeks.xlsx”**
  - El archivo es muy lento,
  - Cerrar los archivos Excel adicionales hace todo un poco más rápido
- Seleccionando 4 semanas / 4 días
  - 1 semanas/día con demanda neta máxima
  - 1 semana/día con demanda neta mínima
  - 1 semana/día con afluente máximo
  - 1 semana/día con afluente mínimo
- Chequeo de calidad comparando las curvas de duración del año entero con la de los períodos seleccionados (figuras de la derecha)
  - 4 días es una muestra muy pequeña, pero aún así la emplearemos para obtener tiempos más cortos



- **VTT Technical Research Centre of Finland**
  - Juha Kiviluoma – Principal desarrollador de la herramienta
  - Tomi Lindroos – Prueba de la herramienta y análisis de los casos de estudio
  - Simo Rissanen – Desarrollador
  
- **Agencia Internacional de Energía Renovable**
  - Centro de Innovación y Tecnología de IRENA (IITC)
  - Trabajo liderado por el equipo de Estrategias de Transformación del Sector Eléctrico bajo la supervisión de Emanuele Taibi
  
- **Información de contacto**
  - Soporte de la herramienta: [Flextool@irena.org](mailto:Flextool@irena.org)



[www.irena.org](http://www.irena.org)



[www.twitter.com/irena](http://www.twitter.com/irena)



[www.facebook.com/irena.org](http://www.facebook.com/irena.org)



[www.instagram.com/irenaimages](http://www.instagram.com/irenaimages)



[www.flickr.com/photos/irenaimages](http://www.flickr.com/photos/irenaimages)



[www.youtube.com/user/irenaorg](http://www.youtube.com/user/irenaorg)