

Centrales  
hidráulicas  
1541 MW

# Mantenimiento Hidráulicas.

Autores:  
Alpuy, Sebastián  
Isaurralde, Sebastián  
Larrosa, Fabian  
Reyes, Santiago  
Sica, Gustavo

Trabajo final, curso SimSEE  
IIE – FING – UDELAR

*Agosto 2017*  
*Montevideo – Uruguay.*

IMPORTANTE: Este trabajo se realizó en el marco del curso Simulación de Sistemas de Energía Eléctrica (SimSEE) y fue evaluado por el enfoque metodológico, la pericia en la utilización de las herramientas adquiridas en el curso para la resolución del estudio y por la claridad de exposición de los resultados obtenidos. Se quiere dejar expresamente claro que no es relevante a los efectos del curso la veracidad de las hipótesis asumidas por los estudiantes y consecuentemente la exactitud o aplicabilidad de los resultados. Ni la Facultad de Ingeniería, ni el Instituto de Ingeniería Eléctrica, ni el o los docentes, ni los estudiantes asumen ningún tipo de responsabilidad sobre las consecuencias directas o indirectas que asociadas al uso del material del curso y/o a los datos, hipótesis y conclusiones del presente trabajo.



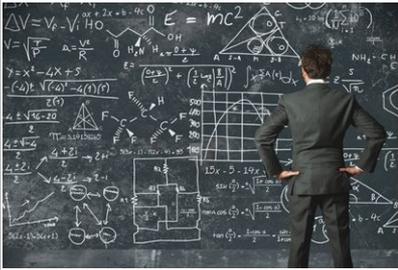
# Objetivo

- Encontrar para las centrales hidráulicas de: Bonete, Baygorria y Palmar el momento óptimo para realizar el mantenimiento de las turbinas, para ellos se consideró que el tiempo de reparación podía ser de 3, 6 o 12 meses. Verificando que se puede abastecer la potencia demanda durante el periodo de mantenimiento, evaluar si el mantenimiento se va a hacer el próximo año, dentro de 5 o 10 años.



Mantenimiento





# Hipótesis de trabajo

- Se asume que la sala de largo plazo (LP\_curso2017\_.zip) y la de corto plazo correspondiente a la semana 26 del presente año (Programación semanal 26/17: del 24 al 30 de Junio de 2017) son válidas para el estudio a realizar.

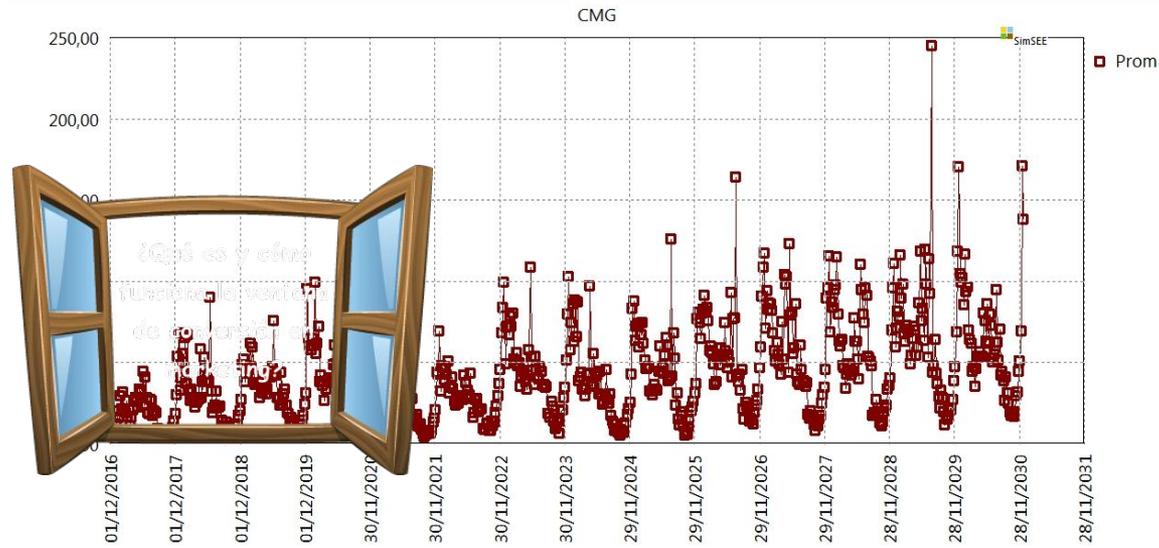


- Consideramos que UPM-2 entra en funcionamiento en el año 2021 y requiere un erogado mínimo de  $65 \text{ m}^3/\text{s}$ .



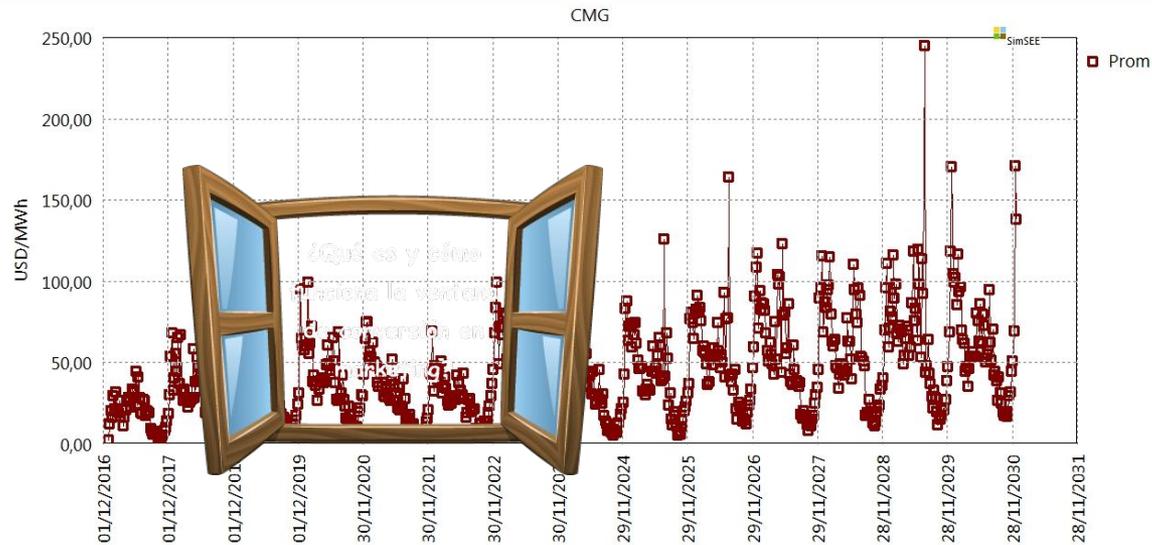
# Metodología

- Búsqueda de fechas de mantenimiento



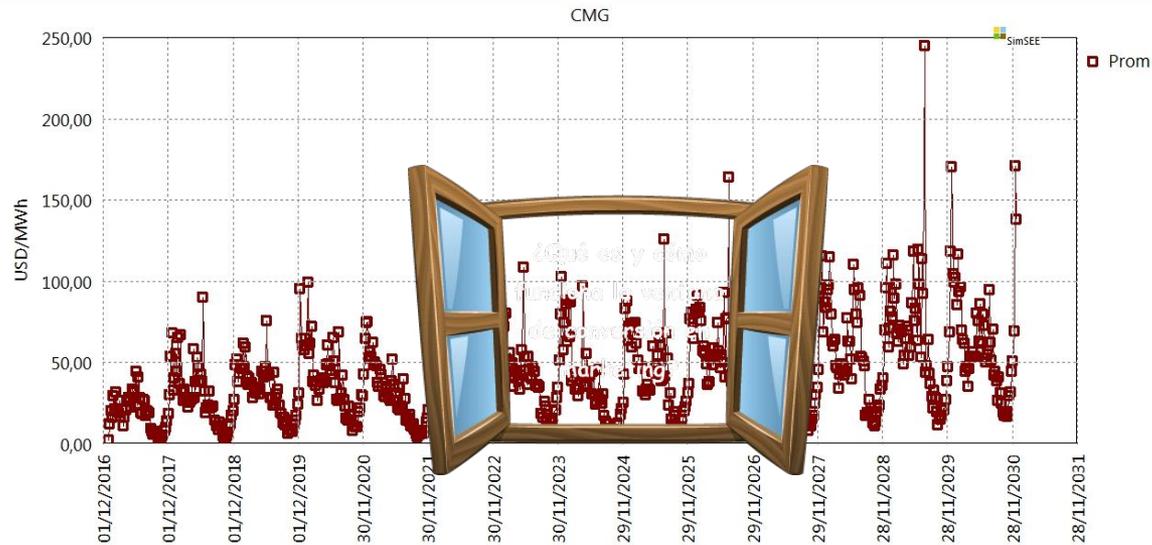
# Metodología

- Búsqueda de fechas de mantenimiento



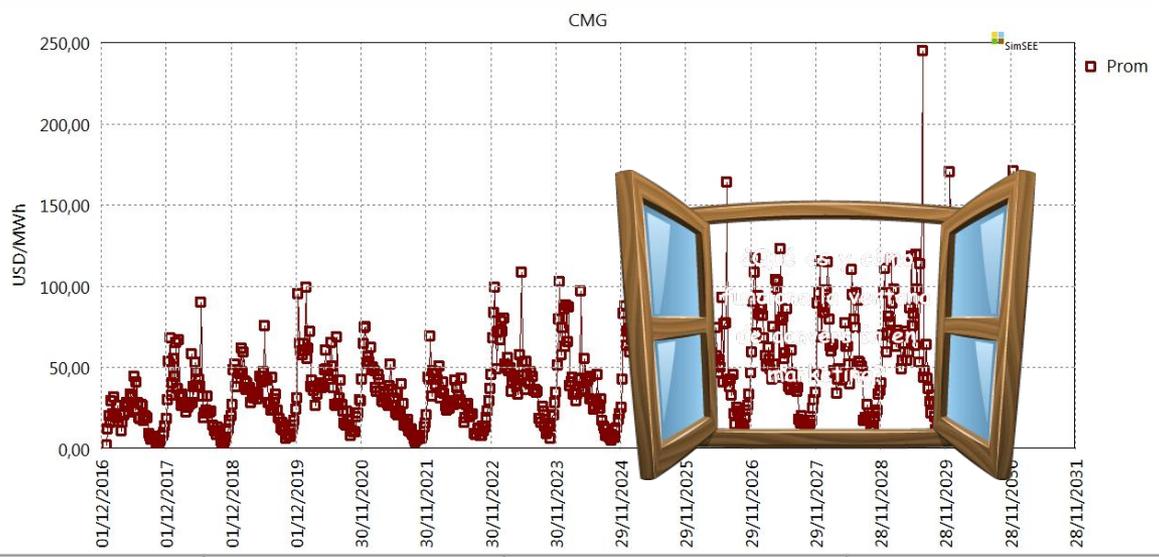
# Metodología

- Búsqueda de fechas de mantenimiento



# Metodología

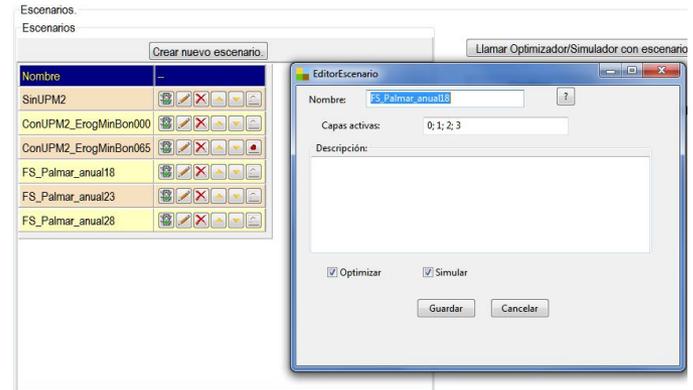
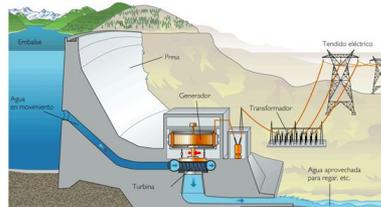
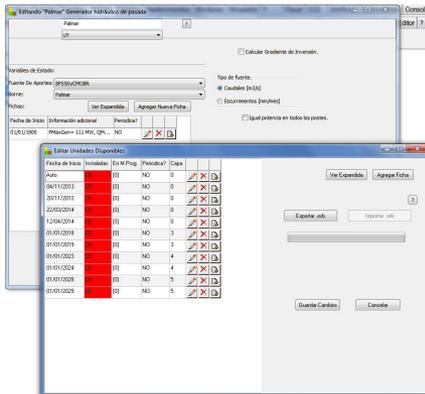
- Búsqueda de fechas de mantenimiento



| Tiempo de mantenimiento \ Año a realizar. | 2018         | 2023         | 2028         |
|---|--------------|--------------|--------------|
| Trimestral                                | 26 de Agosto | 27 de Agosto | 27 de Agosto |
| Semestral                                 | 24 de Junio  | 11 de Junio  | 30 de Julio  |
| Anual                                     | 1 de enero   | 1 de enero   | 1 de enero   |

# Metodología

- Determinación de escenarios de trabajo y actores
  - Editar ficha de actores
    - 9 salas - 3 represas - 3 escenarios-3 periodos de mantenimiento

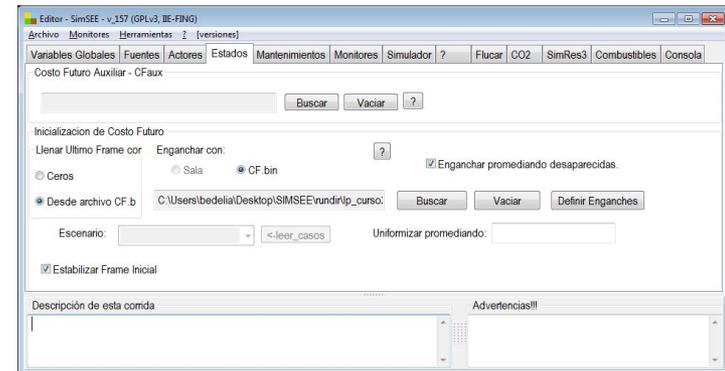
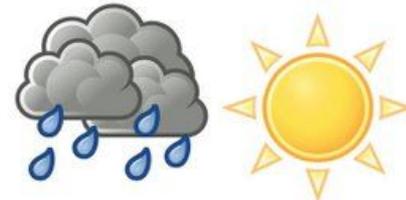


- Cambios de semilla de simulación
  - Verificar confiabilidad
    - 6 semillas



# Metodología

- Años más lluviosos, menos lluviosos y años medios en una sala de largo plazo
  - SimRes3 - matriz de datos - caso base - hidraulicidad 100 crónicas
  - Se analizan las 10 crónicas más y menos lluviosas para los años de estudio
- Estudio de corto plazo
  - Verificación de potencia demandada
  - Sala semanal ADME con costo futuro optimización largo plazo



# Resultados del estudio.

- Se obtuvo el CF\_VE que es la suma del CAD anual actualizado y acumulado con el CF al final del período de simulación.

| Bonete- anual      |         |               |                    |               |                    |               |                    | Palmar- anual      |         |              |                   |              |                   |              |                    | Baygorria- anual      |         |               |                    |               |                    |               |                    |
|--------------------|---------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|--------------------|---------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|--------------------|-----------------------|---------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|
| semilla            | Base    | Annual 18     | Annual 18-Base     | Annual 23     | Annual 23-Base     | Annual 28     | Annual 28-Base     | semilla            | Base    | Annual 18    | Annual 18-Base    | Annual 23    | Annual 23-Base    | Annual 28    | Annual 28-Base     | semilla               | Base    | Annual 18     | Annual 18-Base     | Annual 23     | Annual 23-Base     | Annual 28     | Annual 28-Base     |
| 31                 | 6894.17 | 6897.45       | 3.28               | 6895          | 0.83               | 6896.75       | 2.58               | 31                 | 6894.17 | 6897.64      | 3.47              | 6897.19      | 3.02              | 6899.12      | 4.95               | 31                    | 6894.17 | 6897.04       | 2.87               | 6896.51       | 2.34               | 6896.4        | 2.23               |
| 1031               | 6882.28 | 6885.35       | 3.07               | 6885.16       | 2.88               | 6885.66       | 3.38               | 1031               | 6882.28 | 6886.63      | 4.35              | 6885.86      | 3.58              | 6886.69      | 4.41               | 1031                  | 6882.28 | 6884.74       | 2.46               | 6884.79       | 2.51               | 6885.18       | 2.9                |
| 2031               | 6900.44 | 6904.1        | 3.66               | 6903.59       | 3.15               | 6903.95       | 3.51               | 2031               | 6900.44 | 6904.37      | 3.93              | 6904.58      | 4.14              | 6905.92      | 5.48               | 2031                  | 6900.44 | 6903.52       | 3.08               | 6903.05       | 2.61               | 6903.12       | 2.68               |
| 3031               | 6858.73 | 6861.98       | 3.25               | 6860.47       | 1.74               | 6861.24       | 2.51               | 3031               | 6858.73 | 6863.8       | 5.07              | 6862.58      | 3.85              | 6862.97      | 4.24               | 3031                  | 6858.73 | 6861.27       | 2.54               | 6860.45       | 1.72               | 6861.42       | 2.69               |
| 4031               | 6889.18 | 6891.41       | 2.23               | 6891.68       | 2.5                | 6892.43       | 3.25               | 4031               | 6889.18 | 6893.73      | 4.55              | 6892.13      | 2.95              | 6893.9       | 4.72               | 4031                  | 6889.18 | 6892.05       | 2.87               | 6891.63       | 2.45               | 6891.76       | 2.58               |
| 5031               | 6899.68 | 6902.67       | 2.99               | 6902.43       | 2.75               | 6902.76       | 3.08               | 5031               | 6899.68 | 6903.74      | 4.06              | 6904.22      | 4.54              | 6904         | 4.32               | 5031                  | 6899.68 | 6903.04       | 3.36               | 6902.31       | 2.63               | 6903.04       | 3.36               |
| 6031               | 6926.94 | 6930.3        | 3.36               | 6930.1        | 3.16               | 6930.62       | 3.68               | 6031               | 6926.94 | 6932         | 5.06              | 6930.35      | 3.41              | 6932.45      | 5.51               | 6031                  | 6926.94 | 6930.07       | 3.13               | 6929.55       | 2.61               | 6929.47       | 2.53               |
|                    |         | VE=           | 3.12               |               | 2.43               |               | 3.14               |                    |         | VE=          | 4.36              |              | 3.64              |              | 4.80               |                       |         | VE=           | 2.90               |               | 2.41               |               | 2.71               |
|                    |         | Desv-Std=     | 0.45               |               | 0.86               |               | 0.45               |                    |         | Desv-Std=    | 0.59              |              | 0.58              |              | 0.53               |                       |         | Desv-Std=     | 0.32               |               | 0.32               |               | 0.35               |
| Bonete- semestral  |         |               |                    |               |                    |               |                    | Palmar- semestral  |         |              |                   |              |                   |              |                    | Baygorria- semestral  |         |               |                    |               |                    |               |                    |
| semilla            | Base    | Semestral 18  | Semestral 18-Base  | Semestral 23  | Semestral 23-Base  | Semestral 28  | Semestral 28-Base  | semilla            | Base    | Semestra 18  | Semestra 18-Base  | Semestra 23  | Semestra 23-Base  | Semestra 28  | Semestra 28-Base   | semilla               | Base    | Semestral 18  | Semestral 18-Base  | Semestral 23  | Semestral 23-Base  | Semestral 28  | Semestral 28-Base  |
| 31                 | 6894.17 | 6895.11       | 0.94               | 6893.77       | -0.4               | 6895.98       | 1.81               | 31                 | 6894.17 | 6896.19      | 2.02              | 6896.46      | 2.29              | 6896.14      | 1.97               | 31                    | 6894.17 | 6894.56       | 0.39               | 6894.57       | 0.4                | 6895.27       | 1.1                |
| 1031               | 6882.28 | 6883.91       | 1.63               | 6883.04       | 0.76               | 6884.67       | 2.39               | 1031               | 6882.28 | 6884.29      | 2.01              | 6884.1       | 1.82              | 6884.69      | 2.41               | 1031                  | 6882.28 | 6883.22       | 0.94               | 6882.76       | 0.48               | 6883.9        | 1.62               |
| 2031               | 6900.44 | 6901.24       | 0.8                | 6902.22       | 1.78               | 6902.05       | 1.61               | 2031               | 6900.44 | 6902.05      | 1.61              | 6902.96      | 2.52              | 6902.98      | 2.54               | 2031                  | 6900.44 | 6901.2        | 0.76               | 6901.09       | 0.65               | 6901.75       | 1.31               |
| 3031               | 6858.73 | 6859.19       | 0.46               | 6858.24       | -0.49              | 6859.84       | 1.11               | 3031               | 6858.73 | 6861.71      | 2.98              | 6861.06      | 2.33              | 6861.22      | 2.49               | 3031                  | 6858.73 | 6859.56       | 0.83               | 6859.07       | 0.34               | 6859.95       | 1.22               |
| 4031               | 6889.18 | 6890.71       | 1.53               | 6889.44       | 0.26               | 6890.96       | 1.78               | 4031               | 6889.18 | 6890.37      | 1.19              | 6890.43      | 1.25              | 6891.49      | 2.31               | 4031                  | 6889.18 | 6890.44       | 1.26               | 6889.67       | 0.49               | 6890.51       | 1.33               |
| 5031               | 6899.68 | 6900.42       | 0.74               | 6900.36       | 0.68               | 6902.54       | 2.86               | 5031               | 6899.68 | 6902.19      | 2.51              | 6902.4       | 2.72              | 6902.57      | 2.89               | 5031                  | 6899.68 | 6900.84       | 1.16               | 6900.65       | 0.97               | 6902.05       | 2.37               |
| 6031               | 6926.94 | 6927.64       | 0.7                | 6928.69       | 1.75               | 6928.94       | 2                  | 6031               | 6926.94 | 6928.86      | 1.92              | 6928.96      | 2.02              | 6929.7       | 2.76               | 6031                  | 6926.94 | 6928.29       | 1.35               | 6927.87       | 0.93               | 6928.43       | 1.49               |
|                    |         | VE=           | 0.97               |               | 0.62               |               | 1.94               |                    |         | VE=          | 2.03              |              | 2.14              |              | 2.48               |                       |         | VE=           | 0.96               |               | 0.61               |               | 1.49               |
|                    |         | Desv-Std=     | 0.44               |               | 0.92               |               | 0.56               |                    |         | Desv-Std=    | 0.58              |              | 0.49              |              | 0.30               |                       |         | Desv-Std=     | 0.33               |               | 0.25               |               | 0.42               |
| Bonete- trimestral |         |               |                    |               |                    |               |                    | Palmar- trimestral |         |              |                   |              |                   |              |                    | Baygorria- trimestral |         |               |                    |               |                    |               |                    |
| semilla            | Base    | Trimestral 18 | Trimestral 18-Base | Trimestral 23 | Trimestral 23-Base | Trimestral 28 | Trimestral 28-Base | semilla            | Base    | Trimestra 18 | Trimestra 18-Base | Trimestra 23 | Trimestra 23-Base | Trimestra 28 | Trimestral 28-Base | semilla               | Base    | Trimestral 18 | Trimestral 18-Base | Trimestral 23 | Trimestral 23-Base | Trimestral 28 | Trimestral 28-Base |
| 31                 | 6894.17 | 6894.17       | 0                  | 6894.32       | 0.15               | 6894.24       | 0.07               | 31                 | 6894.17 | 6894.41      | 0.24              | 6894.54      | 0.37              | 6894.22      | 0.05               | 31                    | 6894.17 | 6894.36       | 0.19               | 6894.3        | 0.13               | 6898.14       | 3.97               |
| 1031               | 6882.28 | 6882.99       | 0.71               | 6882.75       | 0.47               | 6882.48       | 0.2                | 1031               | 6882.28 | 6882.99      | 0.71              | 6883.01      | 0.73              | 6882.65      | 0.37               | 1031                  | 6882.28 | 6882.14       | -0.14              | 6882.05       | -0.23              | 6886.11       | 3.83               |
| 2031               | 6900.44 | 6900.92       | 0.48               | 6902.01       | 1.57               | 6900.85       | 0.41               | 2031               | 6900.44 | 6901.07      | 0.63              | 6901.33      | 0.89              | 6900.92      | 0.48               | 2031                  | 6900.44 | 6900.66       | 0.22               | 6900.7        | 0.26               | 6904.84       | 4.4                |
| 3031               | 6858.73 | 6857.99       | -0.74              | 6857.94       | -0.79              | 6858.19       | -0.54              | 3031               | 6858.73 | 6859.42      | 0.69              | 6858.76      | 0.03              | 6858.92      | 0.19               | 3031                  | 6858.73 | 6859.41       | 0.68               | 6858.99       | 0.26               | 6863.11       | 4.38               |
| 4031               | 6889.18 | 6889.31       | 0.13               | 6889.29       | 0.11               | 6889.24       | 0.06               | 4031               | 6889.18 | 6889.6       | 0.42              | 6889.28      | 0.1               | 6889.45      | 0.27               | 4031                  | 6889.18 | 6888.85       | -0.33              | 6889.24       | 0.06               | 6893.85       | 4.67               |
| 5031               | 6899.68 | 6900.34       | 0.66               | 6900.34       | 0.66               | 6900.07       | 0.39               | 5031               | 6899.68 | 6900.12      | 0.44              | 6900.13      | 0.45              | 6900.1       | 0.42               | 5031                  | 6899.68 | 6900.03       | 0.35               | 6900.26       | 0.58               | 6905.4        | 5.72               |
| 6031               | 6926.94 | 6927.21       | 0.27               | 6927.32       | 0.38               | 6927.24       | 0.3                | 6031               | 6926.94 | 6927.73      | 0.79              | 6927.62      | 0.68              | 6927.27      | 0.33               | 6031                  | 6926.94 | 6926.51       | -0.43              | 6926.82       | -0.12              | 6931.44       | 4.5                |
|                    |         | VE=           | 0.22               |               | 0.36               |               | 0.13               |                    |         | VE=          | 0.56              |              | 0.46              |              | 0.30               |                       |         | VE=           | 0.08               |               | 0.13               |               | 4.50               |
|                    |         | Desv-Std=     | 0.50               |               | 0.71               |               | 0.33               |                    |         | Desv-Std=    | 0.20              |              | 0.32              |              | 0.15               |                       |         | Desv-Std=     | 0.40               |               | 0.27               |               | 0.62               |

# Resultados del estudio.

- Fechas más convenientes de mantenimiento
  - Bonete
    - Trimestral - 2028
    - Semestral y anual - 2023
  - Palmar
    - Trimestral - 2028
    - Semestral - 2018
    - Anual - 2023
  - Baygorria
    - Trimestral - 2018
    - Semestral y anual - 2023



# Resultados del estudio.

- Años más lluviosos, menos lluviosos y años medios en una sala de largo plazo

- Caso Bonete Anual

- Caso Base

| CAD anual actualizado y acumulado con todas las máquinas (M USD) | Año Seco | Año Medio | Año Lluvioso |
|--|----------|-----------|--------------|
| 2018   | 5350,063 | 5290,774  | 5380,339     |
| 2023   | 5555,396 | 2357,693  | 5182,699     |
| 2028   | 5400,017 | 5387,369  | 5340,428     |

- Caso estudio

| (CAD anual actualizado y acumulado con todas las máquinas) - (CAD anual actualizado y acumulado quitando 1 máquina por 1 año) (M USD) | Año Seco | Año Medio | Año Lluvioso |
|---|----------|-----------|--------------|
| 2018  | 2,907    | 6,974     | 1,600        |
| 2023  | -0,708   | 2,105     | 1,825        |
| 2028  | 5,633    | 2,625     | 2,464        |

| CAD anual actualizado y acumulado quitando 1 máquina por 1 año (M USD) | Año Seco | Año Medio | Año Lluvioso |
|--|----------|-----------|--------------|
| 2018   | 5352,970 | 5297,748  | 5381,939     |
| 2023   | 5554,688 | 5359,798  | 5184,524     |
| 2028   | 5405,649 | 5389,994  | 5342,892     |

# Resultados del estudio.

- Caso Bonete Semestral
  - Caso estudio

| CAD anual actualizado y acumulado quitando 1 máquina por 1 semestre (M USD) | Año Seco | Año Medio | Año Lluvioso |
|---|----------|-----------|--------------|
| 2018  | 5350,233 | 5294,002  | 5380,757     |
| 2023  | 5555,126 | 5358,349  | 5182,958     |
| 2028  | 5400,637 | 5390,443  | 5340,772     |

| (CAD anual actualizado y acumulado con todas las máquinas) - (CAD anual actualizado y acumulado quitando 1 máquina por 1 semestre) (M USD) | Año Seco | Año Medio | Año Lluvioso |
|--|----------|-----------|--------------|
| 2018   | 0,169    | 3,228     | 0,418        |
| 2023   | -0,271   | 0,655     | 0,259        |
| 2028   | 0,620    | 3,073     | 0,343        |

# Resultados del estudio.

- Caso Bonete Trimestral
  - Caso estudio

| CAD anual actualizado y acumulado quitando 1 máquina por 1 trimestre (M USD) | Año Seco | Año Medio | Año Lluvioso |
|--|----------|-----------|--------------|
| 2018   | 5350,324 | 5288,616  | 5379,583     |
| 2023   | 5549,498 | 5359,011  | 5182,516     |
| 2028   | 5402,453 | 5387,582  | 5340,732     |

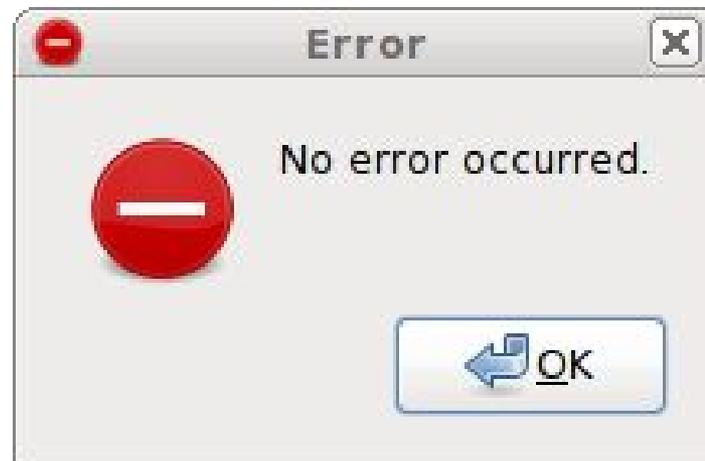
| (CAD anual actualizado y acumulado con todas las máquinas) - (CAD anual actualizado y acumulado quitando 1 máquina por 1 trimestre) (M USD) | Año Seco | Año Medio | Año Lluvioso |
|---|----------|-----------|--------------|
| 2018  | 0,260    | -2,157    | -0,755       |
| 2023  | -5,899   | 1,318     | -0,183       |
| 2028  | 2,436    | 0,219     | 0,304        |

# Resultados del estudio.

- Estudio corto plazo
  - Caso 1: una máquina de Palmar
    - Sin falla
  - Caso 2: toda la central (333 MW)
    - Sin falla
  - Caso 3: reduciendo a la mitad la potencia eólica instalada
    - Sin falla

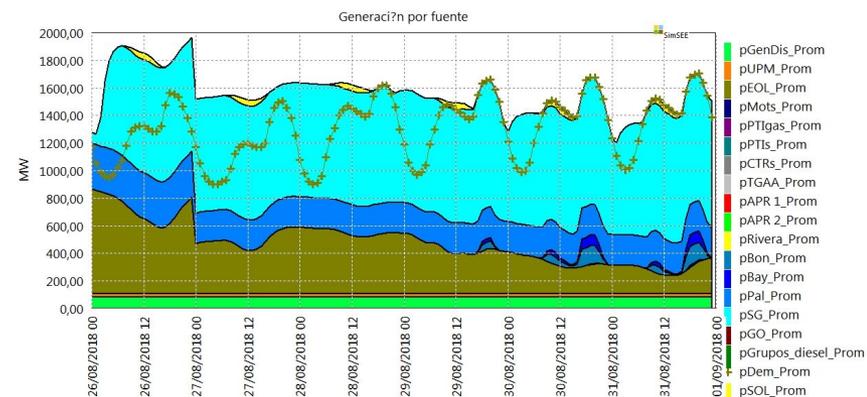
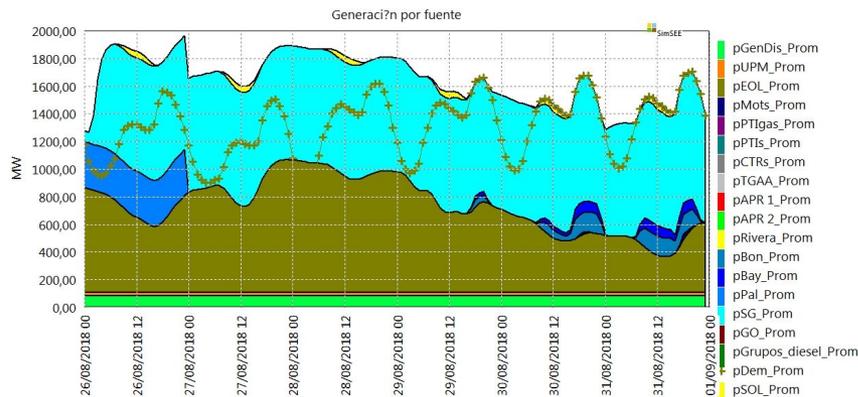
# Resultados del estudio.

- Estudio corto plazo
  - Caso 1: una máquina de Palmar
    - Sin falla
  - Caso 2: toda la central (333 MW)
    - Sin falla
  - Caso 3: reduciendo a la mitad la potencia eólica instalada
    - Sin falla

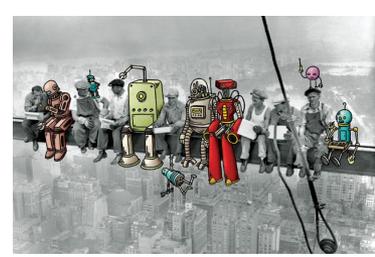


# Resultados del estudio.

- Estudio corto plazo
  - Caso 1: una máquina de Palmar
    - Sin falla
  - Caso 2: toda la central (333 MW)
    - Sin falla
  - Caso 3: reduciendo a la mitad la potencia eólica instalada
    - Sin falla

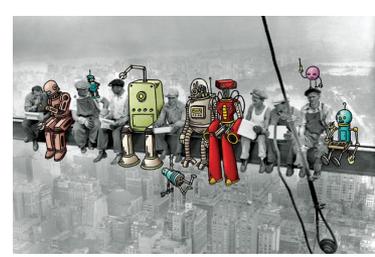


# Posibles trabajos futuros.



- Se debería realizar todos los estudios para un conjunto mayor de años, no sólo 2018, 2023 y 2028.
- Se debería también realizar el estudio de años secos, medios y lluviosos para las represas de Baygorria y Palmar.

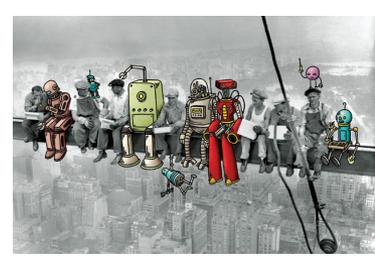
# Posibles trabajos futuros.



- Se debería realizar todos los estudios para un conjunto mayor de años, no sólo 2018, 2023 y 2028.
- Se debería también realizar el estudio de años secos, medios y lluviosos para las represas de Baygorria y Palmar.



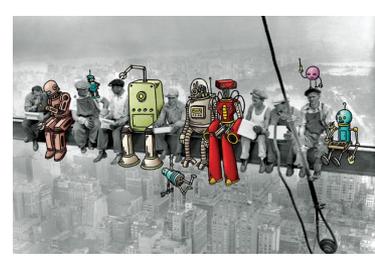
# Posibles trabajos futuros.



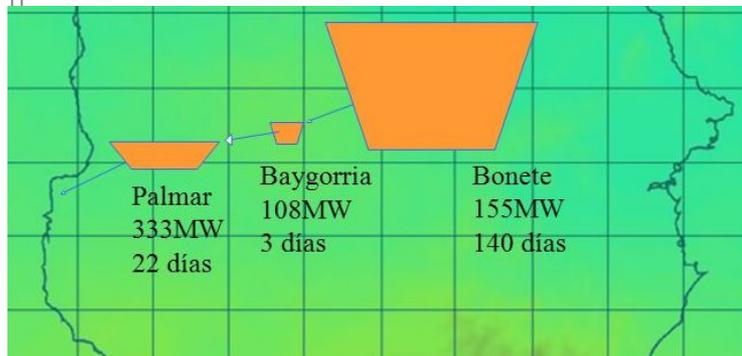
- Se debería realizar todos los estudios para un conjunto mayor de años, no sólo 2018, 2023 y 2028.
- Se debería también realizar el estudio de años secos, medios y lluviosos para las represas de Baygorria y Palmar.



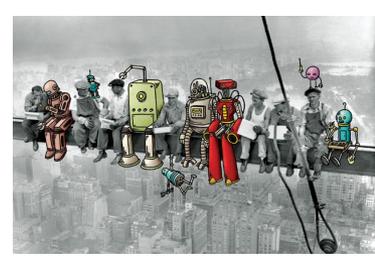
# Posibles trabajos futuros.



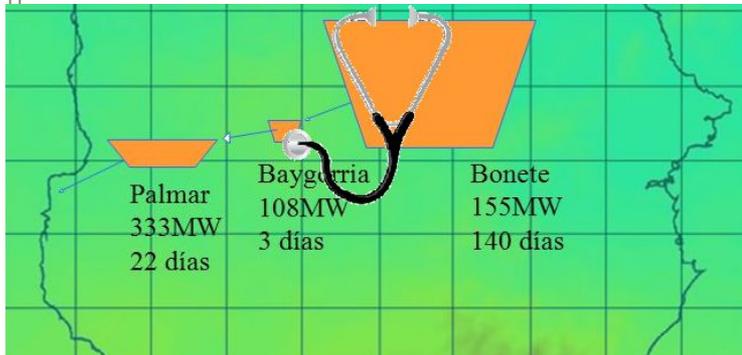
- Se debería realizar todos los estudios para un conjunto mayor de años, no sólo 2018, 2023 y 2028.
- Se debería también realizar el estudio de años secos, medios y lluviosos para las represas de Baygorria y Palmar.



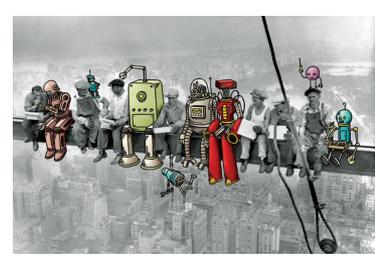
# Posibles trabajos futuros.



- Se debería realizar todos los estudios para un conjunto mayor de años, no sólo 2018, 2023 y 2028.
- Se debería también realizar el estudio de años secos, medios y lluviosos para las represas de Baygorria y Palmar.



# Posibles trabajos futuros.



- Se debería realizar todos los estudios para un conjunto mayor de años, no sólo 2018, 2023 y 2028.
- Se debería también realizar el estudio de años secos, medios y lluviosos para las represas de Baygorria y Palmar.

