



**CAD**

**¿Qué es un TOP500 (y como se lo cría)?**

Ciclo de charlas del CCAD-UNC: Supercomputación y ciencia

04 de noviembre de 2020

**Antonio J. RUSSO**

# Contenido de la presentación

1. **Preámbulo**
2. Computación de Alto Desempeño
3. La CAD en el mundo
4. ¿Qué se necesita para publicar un TOP 500?
5. ¿Qué se necesita para publicar varios TOP 500?
6. Hablemos de dinero
7. Conclusiones
8. La yapa

# Preámbulo

Esta presentación se compone esencialmente de tres tipos de objetos que serán identificados de la siguiente manera :

1. Definiciones => 

2. Hechos => 

3. Opiniones => 

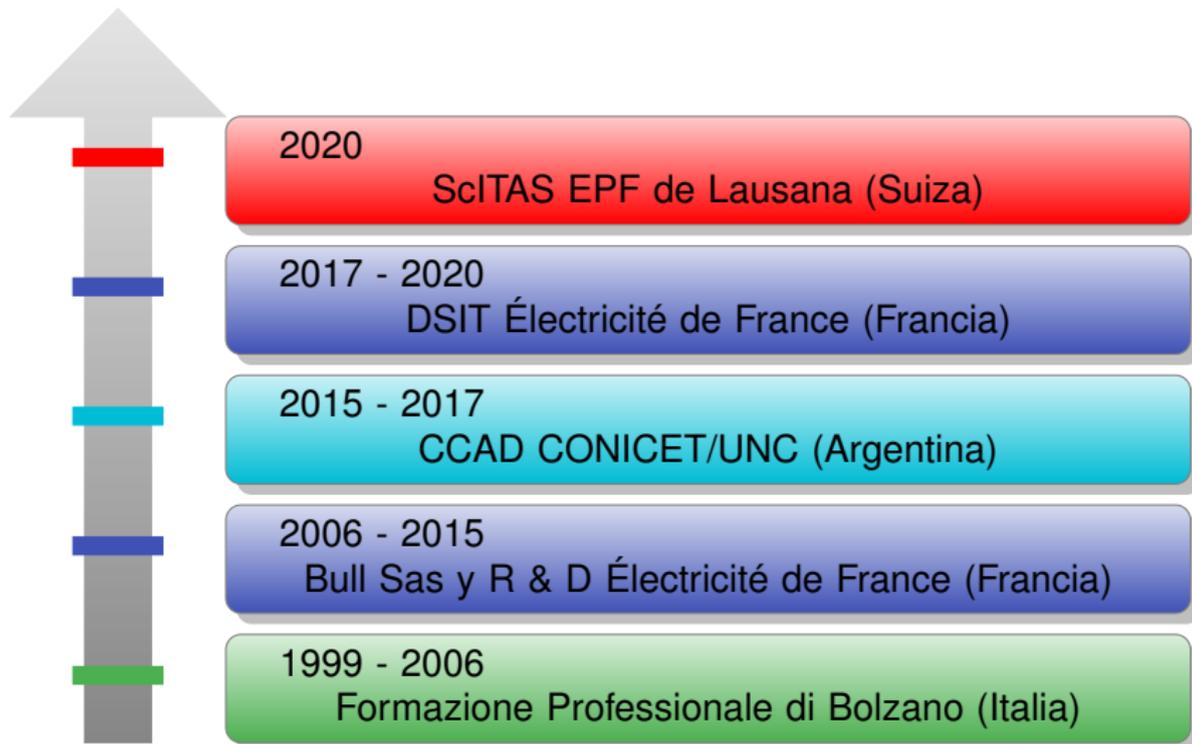
**Génesis:** el artículo más copiado y menos citado de la historia de la CAD Argentina publicado en julio de 2016:

<https://ccad.unc.edu.ar/files/estado-del-hpc.pdf>

Se concede permiso para copiar, distribuir y/o modificar este documento bajo los términos de la Licencia de Documentación Libre de GNU, Versión 1.3 o cualquier otra versión posterior publicada por la Free Software Foundation.

# Preámbulo

Mi carrera

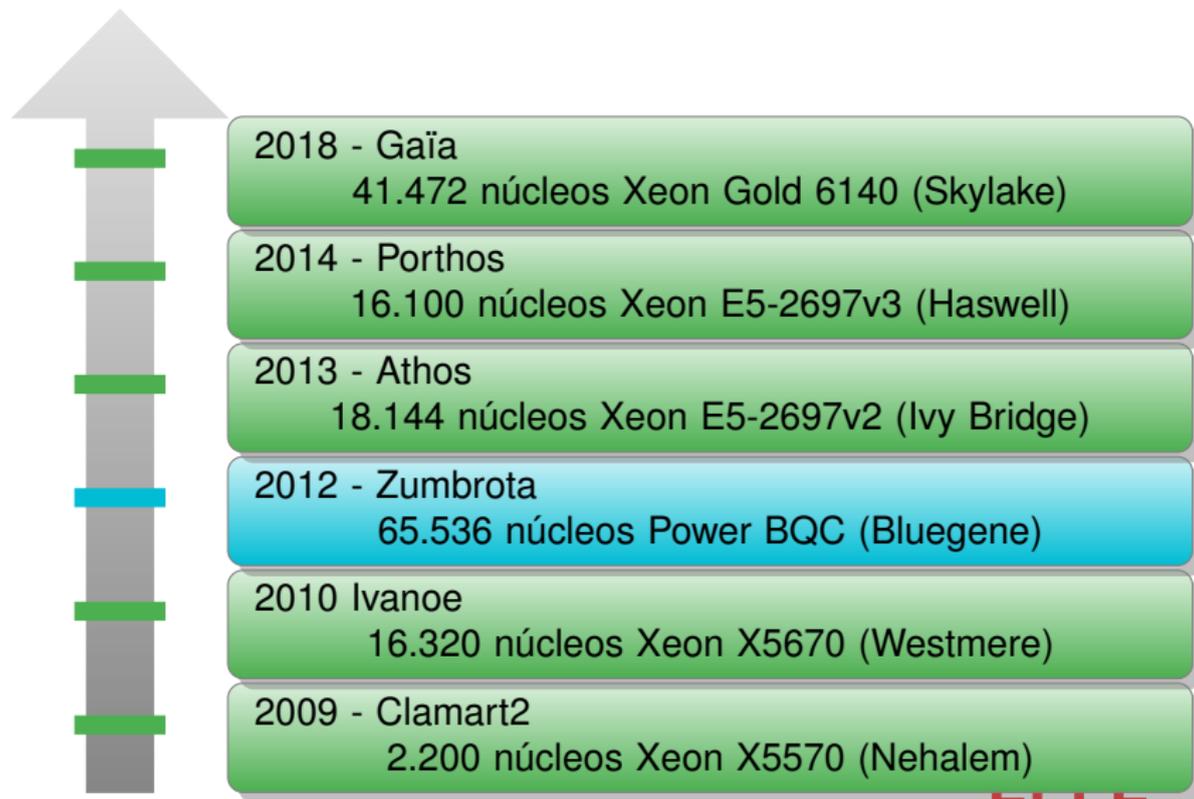


**EPFL**

# Preámbulo



## TOP500 nacidos y criados





## SCITAS (SCientific IT and Application Support)

- ▶ Más de 600 usuarios activos (91 laboratorios/350).
- ▶ Química computacional (aprox. 49 %) y ciencia de los materiales (aprox. 38 %).
- ▶ Más de 30.000 núcleos de CPU (aprox. 2.500 Tflop/s y 200 TB de memoria).
- ▶ 7 peta-bytes de almacenamiento accesibles mediante una red de baja latencia y elevado ancho de banda.

# Contenido de la presentación

1. Preámbulo
2. **Computación de Alto Desempeño**
3. La CAD en el mundo
4. ¿Qué se necesita para publicar un TOP 500?
5. ¿Qué se necesita para publicar varios TOP 500?
6. Hablemos de dinero
7. Conclusiones
8. La yapa

# La Computación de Alto Desempeño

Una definición para empezar



El Profesor Jack Dongarra de la Universidad de Tennessee (USA), considerado como uno de los referentes a nivel mundial en la materia, nos propone la siguiente definición:

"La computación de alto rendimiento generalmente se refiere a la práctica de agregar potencia de cómputo con el fin de ofrecer un rendimiento mucho mayor que el que se podría obtener con una típica computadora de escritorio para resolver grandes problemas en ciencia, ingeniería o negocios."

*High-performance computing most generally refers to the practice of aggregating computing power in a way that delivers much higher performance than one could get out of a typical desktop computer or workstation in order to solve large problems in science, engineering, or business.*

# La Computación de Alto Desempeño



Otra definición más personal

- ▶ Realizar varios miles de millones de operaciones de coma flotante por segundo (FLOPS);
- ▶ Almacenar varios terabytes de datos, pudiendo acceder a los mismos en todo momento con un rendimiento cercano al de un dispositivo de memoria masiva de un ordenador personal;
- ▶ Paralelizar las tareas entre los procesadores disponibles y comunicar los cambios de estado en tiempo real de manera eficiente en términos de escalabilidad;
- ▶ Opcionalmente, visualizar una representación tridimensional de los resultados obtenidos a partir de los cálculos efectuados.

# La Computación de Alto Desempeño

## Expectativa vs. realidad



```
SSSSSSSSSS SSSSSSSSS SSS SSSSSSSSSSS SSSSSSSSS SSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSS SSSSSSSSS SSS SSSSSSSSSSS SSSSSSSSSSS SSSSSSSSSSS
SSSS SSSS SSS SSSS SSS SSS SSSS
SSSS SSSS SSS SSSS SSS SSS SSSS
SSSSSSSSSS SSSS SSS SSSS SSSSSSS SSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSS SSSS SSS SSSS SSSSSSSSS SSSSSSSSSSS
SSSS SSSS SSS SSSS SSS SSS SSSS
SSSS SSSS SSS SSSS SSS SSS SSSS
SSSSSSSSSS SSSSSSSSSSS SSS SSSS SSS SSS SSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSS SSSSSSSSS SSS SSSS SSS SSS SSSSSSSSS
```

In the Cloud (HPC image)

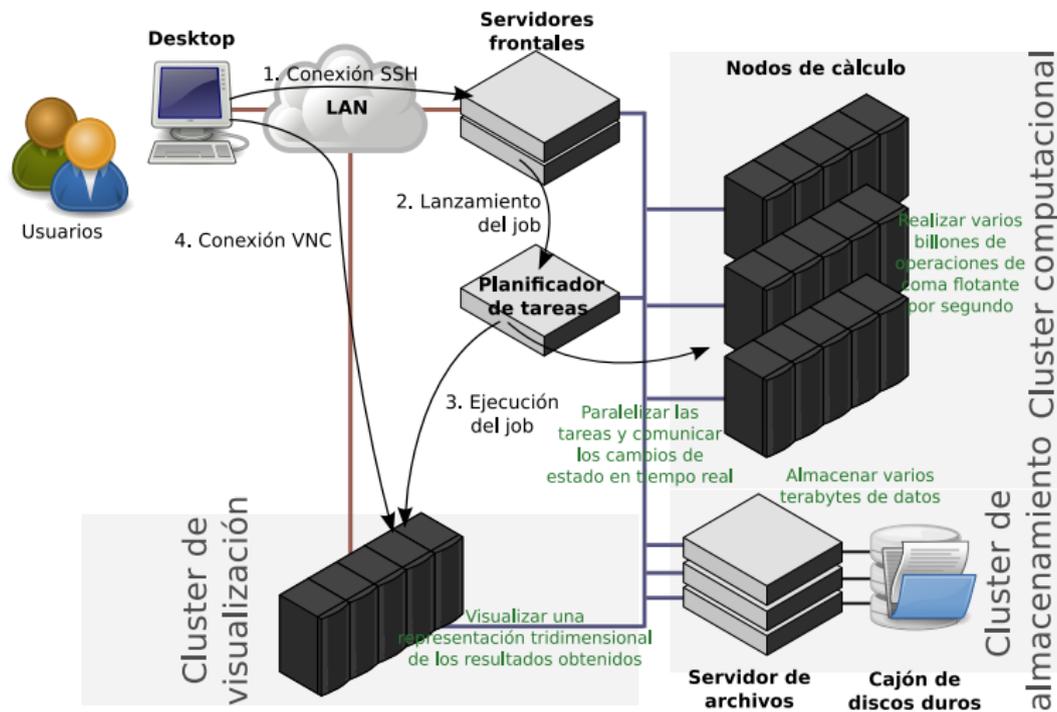
```
[antonio_russo_epfl_ch@gpc-hpc-login0 ~]$ sinfo
PARTITION AVAIL TIMELIMIT NODES STATE MODELIST
debug* up infinite 9 idle- gpc-hpc-compute-0.[1-9]
debug* up infinite 1 mix gpc-hpc-compute-0.0
```

```
[antonio_russo_epfl_ch@gpc-hpc-login0 ~]$ srun -N 10 hostname
gpc-hpc-compute-0-0
gpc-hpc-compute-0-6
gpc-hpc-compute-0-3
gpc-hpc-compute-0-4
gpc-hpc-compute-0-1
gpc-hpc-compute-0-8
gpc-hpc-compute-0-7
gpc-hpc-compute-0-2
gpc-hpc-compute-0-5
gpc-hpc-compute-0-9
```

```
[antonio_russo_epfl_ch@gpc-hpc-login0 ~]$
```

# La Computación de Alto Desempeño

## Funcionamiento de un cluster CAD



# Contenido de la presentación

1. Preámbulo
2. Computación de Alto Desempeño
3. **La CAD en el mundo**
4. ¿Qué se necesita para publicar un TOP 500?
5. ¿Qué se necesita para publicar varios TOP 500?
6. Hablemos de dinero
7. Conclusiones
8. La yapa

# La CAD en el mundo

## La lista TOP 500



- ▶ Enumera las computadoras clasificadas por su desempeño en el benchmark LINPACK.
- ▶ La clasificación se actualiza en los meses de junio y noviembre desde el año 1.993.
- ▶ La base de datos histórica se encuentra disponible gratuitamente en <http://www.top500.org/>.
- ▶ Se excluyen los sistemas diseñados específicamente para resolver el problema del benchmark LINPACK.

# La CAD en el mundo

Potencia instalada por países (en 2016)



Posición	País	Potencia de cálculo agregada teórica (Tflop/s)	% de efectividad HPL	% de la lista TOP500
1	China	394.013	56,74	38,81
2	Estados Unidos	327.304	69,67	32,24
3	Japón	77.372	70,42	7,62
4	Alemania	45.628	80,00	4,49
5	Francia	31.727	80,05	3,13
6	Reino Unido	31.682	87,12	3,12
7	Italia	21.141	66,52	2,08
8	Suiza	18.812	65,24	1,85
9	Arabia Saudita	12.798	74,84	1,26
10	Polonia	8.157	75,54	0,80
11	Corea del Sur	7.598	74,75	0,75
12	Rusia	6.516	67,71	0,64
<b>TOTAL</b>		<b>982.749</b>	<b>65,91</b>	<b>96,80</b>

Fuente: [www.top500.org](http://www.top500.org)

# La CAD en el mundo

Potencia instalada por países (en 2020)



Posc	Fx	País	Potencia de cálculo agregada teórica (Tflop/s)	% de efectividad HPL	% de la lista TOP500
1	3,00	China	1.184.701	47,73	34,05
2	2,70	Estados Unidos	884.317	70,29	25,42
3	8,94	Japón	691.559	76,29	19,88
4	6,10	Italia	128.919	67,63	3,71
5	3,83	Francia	121.554	65,71	3,49
6	2,22	Alemania	101.131	67,94	2,91
7	60,01	Canadá	50.349	55,46	1,45
8	1,19	Reino Unido	37.703	82,08	1,08
9	10,96	Países Bajos	31.795	77,80	0,91
10	53,08	Irlanda	29.676	77,80	0,85
11	12,44	Brasil	19.271	57,03	0,55
12	6,59	Singapur	8.479	77,80	0,24
<b>TOTAL</b>			<b>3.289.454</b>	<b>63,07</b>	<b>94,54</b>

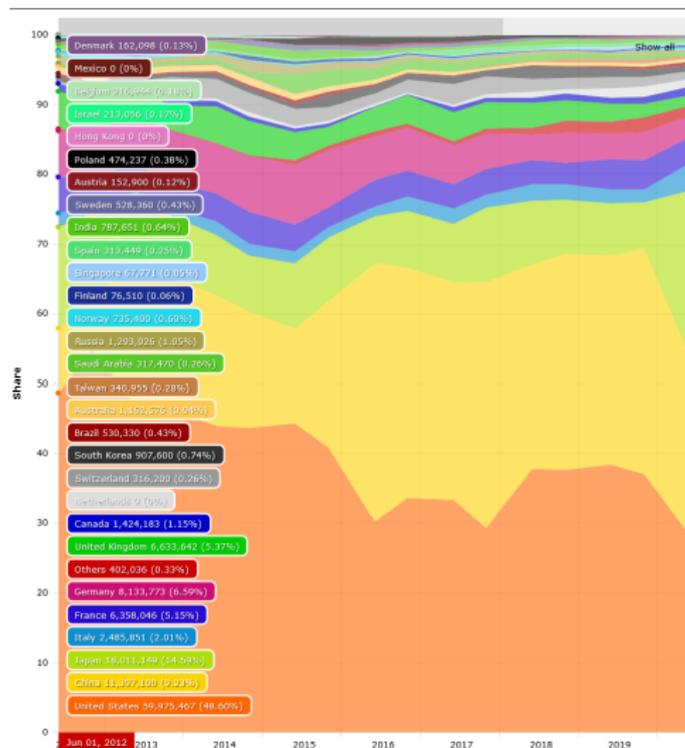
Factor de multiplicación del TOP1: 4,10

Fuente: [www.top500.org](http://www.top500.org)

**EPFL**

# La CAD en el mundo

Potencia instalada por países (serie histórica)



# La CAD en el mundo (¿y Argentina?)

Centros Académicos de HPC



País	Investigadores (por millón hab.)	Centros de HPC	SC Edu	SC R & D	Tflop/s agrega- dos
Estados Unidos	4.412	41	11	35	526.954
China	1.307	10	8	11	276.273
Alemania	5.212	14	7	6	92.562
Francia	4.715	5	4	10	83.214
Italia	2.307	4	3	0	33.749
España	3.001	12	1	0	10.296
Canadá	4.326	2	6	1	33.696
Australia	4.532	3	1	0	15.142
Brasil	888	10	1	1	5.050
<b>Argentina</b>	<b>1.192</b>	<b>28</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>≈ 200</b>

Fuentes:

Plan Estratégico para la Computación de Alto Desempeño en Argentina.  
[www.top500.org](http://www.top500.org) (06/2020 Segmento Académico e Investigación).

Base de datos del Banco Mundial.

**EPFL**

# La CAD en el mundo (¿y Argentina?)

Histórico de clusters computacionales en Argentina



Cluster	Puesta en marcha	Potencia teórica	Potencia teórica #500 del TOP500	Ratio
Clementina 2	02/2000	24,00 GFLOP/S	35,20 GFLOP/S	0,68
Deepblue	02/2001	25,00 GFLOP/S	62,40 GFLOP/S	0,40
Cristina	02/2009	5,60 TFLOP/S	22,93 TFLOP/S	0,24
Isaac	06/2010	5,00 TFLOP/S	28,00 TFLOP/S	0,17
Mendieta	06/2014	23,62 TFLOP/S	131,07 TFLOP/S	0,18
Tupac	10/2015	54,41 TFLOP/S	181,66 TFLOP/S	0,29
Huayra Muyu	06/2019	370,40 TFLOP/S	1366,80 TFLOP/S	0,27

Fuente: <https://ccad.unc.edu.ar/>

# Contenido de la presentación

1. Preámbulo
2. Computación de Alto Desempeño
3. La CAD en el mundo
4. **¿Qué se necesita para publicar un TOP 500?**
5. ¿Qué se necesita para publicar varios TOP 500?
6. Hablemos de dinero
7. Conclusiones
8. La yapa

# ¿Qué se necesita para publicar un TOP 500?

Algo más que dinero...



- ▶ Organización;
- ▶ Logística;
- ▶ Infraestructura;
- ▶ Estabilidad política y económica;
- ▶ Muy pocos recursos financieros.

# ¿Qué se necesita para publicar un TOP 500?

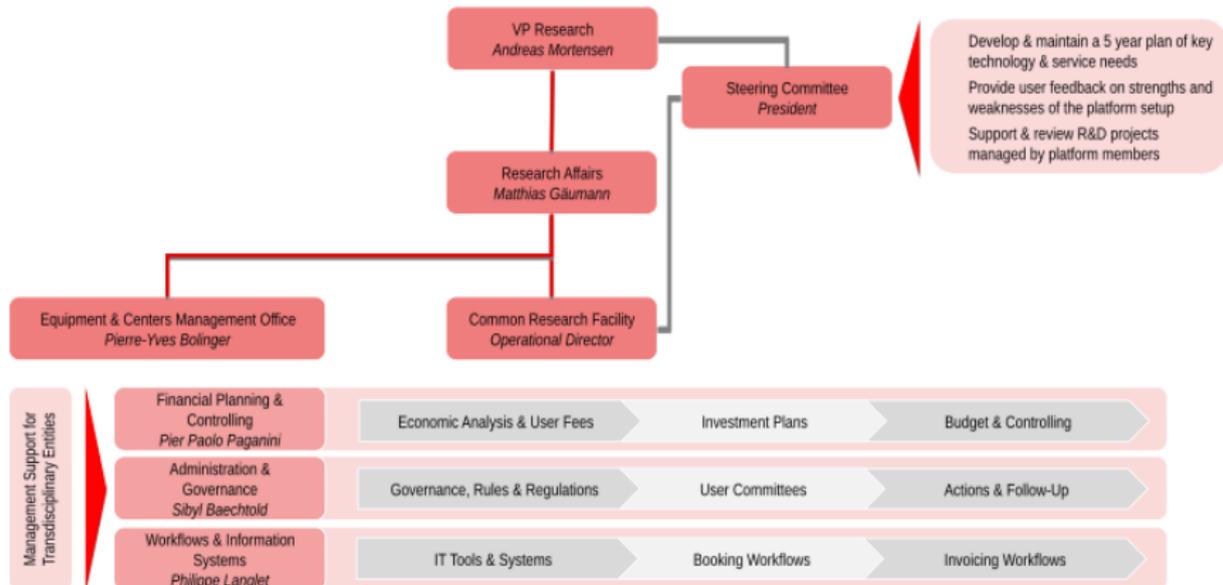
## La Organización



- ▶ Legible;
- ▶ Objetivos medibles;
- ▶ Medios para alcanzarlos;
- ▶ Dinámica;
- ▶ Resiliente;
- ▶ Respetuosa de la diversidad.

# ¿Qué se necesita para publicar un TOP 500?

La Organización (un ejemplo)



# ¿Qué se necesita para publicar un TOP 500?

La Logística



"La logística es la parte del proceso de la cadena de suministros que planea, lleva a cabo y controla el flujo y almacenamiento eficientes y efectivos de bienes y servicios, así como de la información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes."

*"Logistics management is that part of supply chain management that plans, implements, and controls the efficient, effective forward and reverses flow and storage of goods, services and related information between the point of origin and the point of consumption in order to meet customers' requirements."*

Fuente: Council of Supply Chain Management Professionals (<https://cscmp.org/>).

# ¿Qué se necesita para publicar un TOP 500?

La Logística



- ▶ ¿Cómo van a llegar los componentes?
- ▶ ¿Tengo garantizado el aprovisionamiento de piezas de recambio?
- ▶ ¿Cómo voy a dismantelar los equipos obsoletos?
- ▶ ¿Dónde voy a almacenar los datos?
- ▶ ¿Cómo y por dónde van a transitar los datos?
- ▶ ¿Necesito reforzar la seguridad física?
- ▶ ¿Siendo Argentina, como hago para excluir al Reino Unido de la licitación?

# ¿Qué se necesita para publicar un TOP 500?



## La Infraestructura

- ▶ Consumo del TOP 1 => aprox. 223.393.140 kWh/año.
- ▶ Equivalente a 93.000 hogares argentinos promedio (0,19 % del consumo nacional).
- ▶ Consumo de Scitas => aprox. 3.871.920 kWh/año.
- ▶ Equivalente a 1.613 hogares argentinos promedio.
- ▶ Consumo anual de Fugaku => 537 kWh por Tflop/s efectivo;
- ▶ Consumo anual de Scitas => 1.936 kWh por Tflop/s;
- ▶ En 2016 el consumo anual promedio era de 3.417 kWh por Tflop/s
- ▶ Más el frío...Menos el calor.

Fuentes:

<https://www.top500.org/system/179807/>

<https://saenergia.com.ar/>

# ¿Qué se necesita para publicar un TOP 500?



Estabilidad política y económica

- ▶ Un equipo de CAD se compra en dolares. ¿Subsidios en pesos? ¿Acceso a las divisas?
- ▶ Pasa necesariamente por la aduana. ¿Régimen especial más accesible?
- ▶ Se vuelve obsoleto en 4 años.
- ▶ Requiere un plan de inversión difícilmente realizable en un mandato presidencial. ¿Política de Estado?
- ▶ La competencia internacional y el COVID-19 van a derrumbar las fronteras. ¿Recursos humanos?

# Contenido de la presentación

1. Preámbulo
2. Computación de Alto Desempeño
3. La CAD en el mundo
4. ¿Qué se necesita para publicar un TOP 500?
5. **¿Qué se necesita para publicar varios TOP 500?**
6. Hablemos de dinero
7. Conclusiones
8. La yapa

# ¿Qué se necesita para publicar varios TOP 500?



Algo más que dinero...

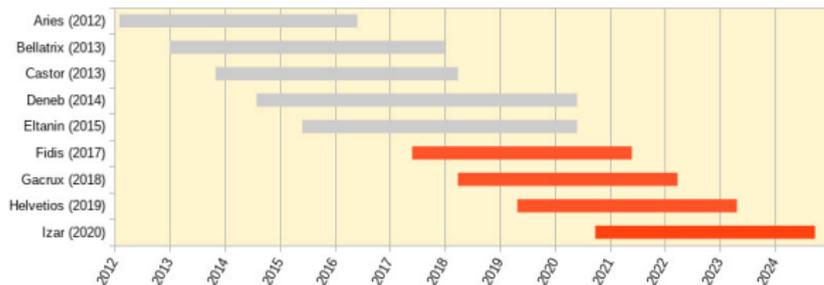
- ▶ Lo mismo que para publicar un TOP 500;
- ▶ Un plan estratégico;
- ▶ Respetar el plan estratégico ;
- ▶ Un ecosistema CAD ;
- ▶ Fomentar y fortalecer el ecosistema CAD.

# ¿Qué se necesita para publicar varios TOP 500?

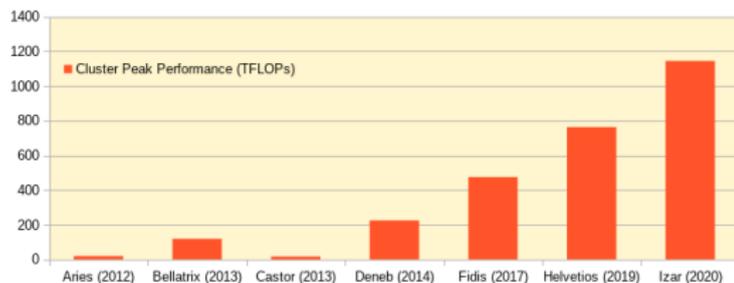


Un plan estratégico

## SCITAS Clusters History



## Peak SCITAS Clusters Performance

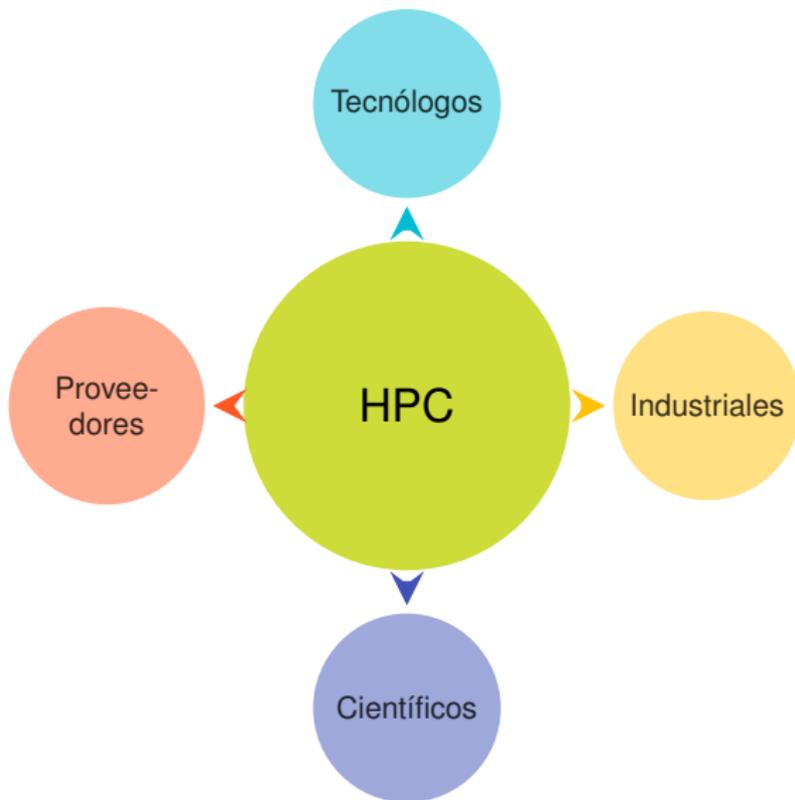


**EPFL**

# ¿Qué se necesita para publicar varios TOP 500?



El Ecosistema HPC



# Contenido de la presentación

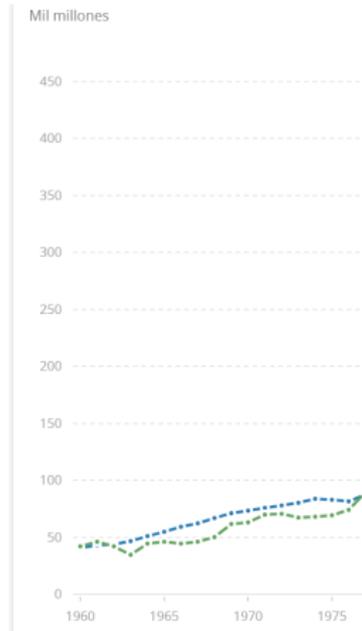
1. Preámbulo
2. Computación de Alto Desempeño
3. La CAD en el mundo
4. ¿Qué se necesita para publicar un TOP 500?
5. ¿Qué se necesita para publicar varios TOP 500?
6. **Hablemos de dinero**
7. Conclusiones
8. La yapa

# Hablemos de dinero

Por favor, devuélvame Australia



## Formación Bruta de Capital a precios constantes



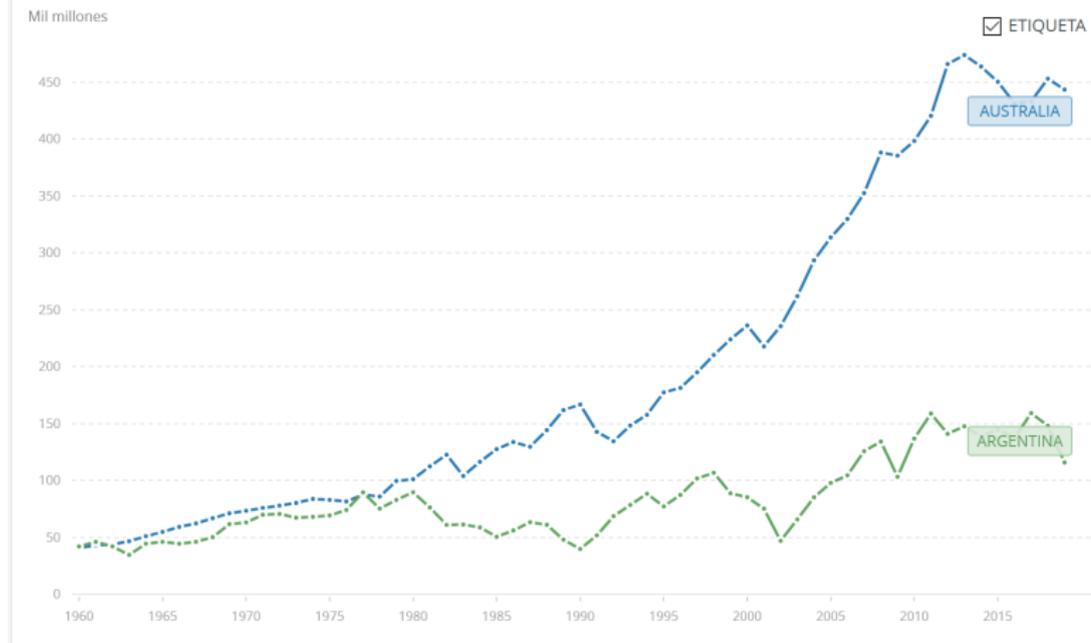
Fuente: Base de datos del Banco Mundial

# Hablemos de dinero

Por favor, devuélvame Australia



## Formación Bruta de Capital a precios constantes



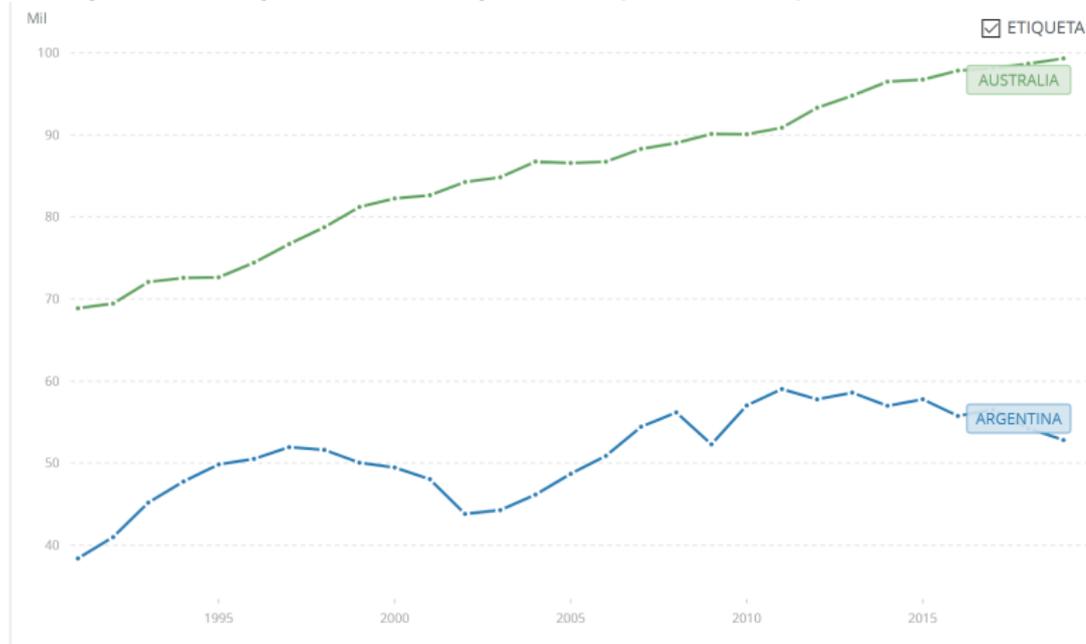
Fuente: Base de datos del Banco Mundial

# Hablemos de dinero

Por favor, devuélvame Australia



## PIB por cada persona empleada (en \$ PPA)



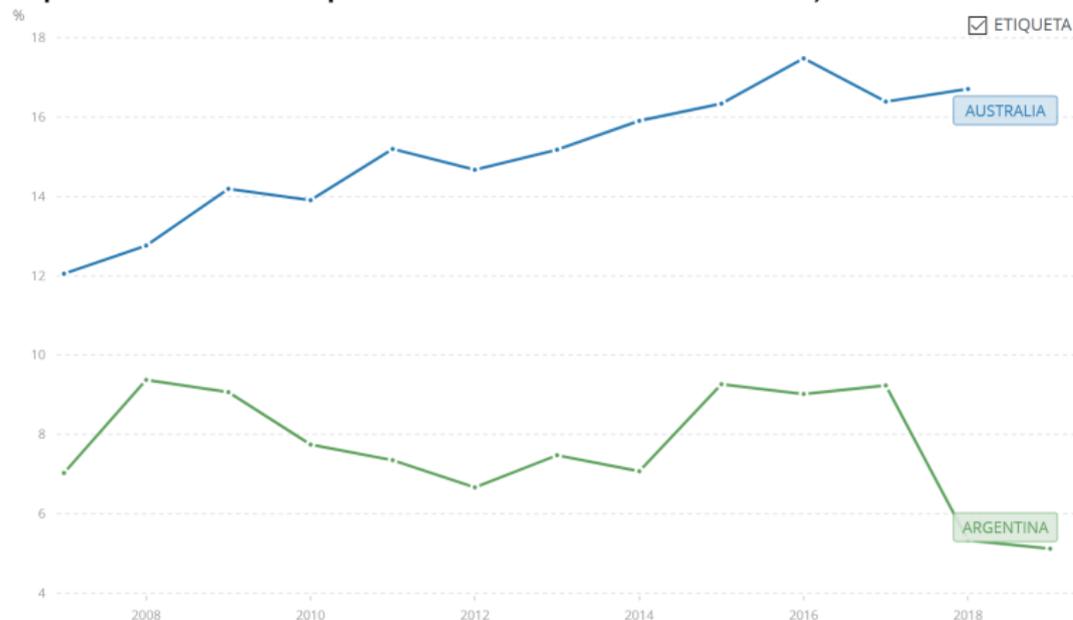
Fuente: Base de datos del Banco Mundial

# Hablemos de dinero

Por favor, devuélvame Australia



## Exportaciones de productos de alta tecnología (% de las exportaciones de productos manufacturados)



Fuente: Base de datos del Banco Mundial

# Hablemos de dinero

Se encarece el cluster



Exportaciones de productos de alta tecnología (en U\$S actuales)

Año	Importe (en millones)		Inversión en CAD *	
	Argentina	Australia	Argentina	Australia
2018	647	5.274	0,92 %	0,11 %
2017	1.494	4.837	0,40 %	0,12 %
2016	1.339	5.407	0,45 %	0,11 %
2015	1.484	5.124	0,40 %	0,12 %
2011		5.652		0,11 %
2008	2.026		0,30 %	

\* 6.000.000 de dolares por año

Fuente: Base de datos del Banco Mundial



El retorno por inversión (o Return on Investment, ROI por sus siglas en inglés) o también denominado retorno sobre inversión, es una medida de desempeño usada para evaluar la eficiencia de una inversión o para comparar la eficiencia de un número de diferentes inversiones.

El Retorno por Inversión trata de medir directamente el monto de retorno en una inversión concreta, relativa a su costo de inversión.

$$\text{ROI} = \frac{\text{Valor actual de la inversión} - \text{Costo de la inversión}}{\text{Costo de la inversión}}$$

# Hablemos de dinero

¿Cuál es la mejor inversión en 2020?



$$\text{ROI} = (11.160 - 4.544) / 4.544 = 1.45 \text{ (145\%)}$$

**EPFL**

# Hablemos de dinero

¿Cuál es la mejor inversión en 2020?



- ▶  $\text{ROI} = (14,50 - 1) / 1 = 13,50$  (1.350 %)
- ▶  $\text{ROI} = (36,70 - 1) / 1 = 35,7$  (3.570 %)
- ▶  $\text{ROI} = (38,70 - 1) / 1 = 37,70$  (3.770 %)
- ▶  $\text{ROI} = (67,10 - 1) / 1 = 66.10$  (6.610 %)
- ▶  $\text{ROI} = (69 - 1) / 1 = 68$  (6.800 %)
- ▶  $\text{ROI} = (267,70 - 1) / 1 = 266,7068$  (26.670 %)

# Hablemos de dinero



¿Cuál es la mejor inversión en 2020?

- ▶ 13,50 = Equipo CAD en industrias manufactureras europeas.
- ▶ 35,7 = Equipo CAD en laboratorios de investigación y desarrollo europeos.
- ▶ 37,70 = Equipo CAD en Estados Unidos (tasa media).
- ▶ 66.10 = Equipo CAD en bancos europeos.
- ▶ 68 = Equipo CAD en Europa (tasa media).
- ▶ 266,70 = Equipo CAD en industrias petroleras europeas.

Fuentes: EESI-2 Special Study To Measure And Model How Investments In HPC Can Create Financial ROI And Scientific Innovation In Europe. Hyperion Research HPC Investments Bring High Returns.

# Hablemos de dinero

¿Y los costos reales?



<b>Costos operativos anuales de SCITAS</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Importe en CHF</b>
Costos directos (Salarios, Electricidad, amortización equipos)	3.399.239
Otros costos directos (Contratos, amortización bienes durables)	900.789
Costos indirectos (Personal administrativo, viáticos, etc.)	1.028.753
<b>TOTAL</b>	<b>5.328.781</b>
Hora GPU	0,4600
Hora núcleo de CPU	0,0203
Año Terabyte de almacenamiento	68,0000

# Contenido de la presentación

1. Preámbulo
2. Computación de Alto Desempeño
3. La CAD en el mundo
4. ¿Qué se necesita para publicar un TOP 500?
5. ¿Qué se necesita para publicar varios TOP 500?
6. Hablemos de dinero
7. **Conclusiones**
8. La yapa

# Conclusiones

## Estrategia de inversión en equipos planificada en 2016

Año	Estrategia de inversión A		Estrategia de inversión B	
	Concepto	Importe (U\$S)	Concepto	Importe (U\$S)
0	SC Top 200	5.783.000	SC Top 200	5.783.000
1			Cluster	950.000
2			Cluster	950.000
3	SC Top 200	5.783.000	Cluster	950.000
4			Cluster	950.000
5			SC Top 200	5.783.000
6	SC Top 200	5.783.000	Cluster	950.000
7			Cluster	950.000
8			Cluster	950.000
9	SC Top 200	5.783.000	Cluster	950.000
10			SC Top 200	5.783.000
<b>TOTAL</b>		<b>23.132.000</b>		<b>24.949.000</b>

# Conclusiones

¿Cuánto perdimos en 4 años?

- ▶ Estrategia de inversión A con un ROI de 7 en un escenario europeo  $((5.783.000 \times 7) - 5.783.000) - 5.783.000 =$   
**28.915.000**
- ▶ Estrategia de inversión B con un ROI de 7 en un escenario europeo  $((5.783.000 \times 7) - 5.783.000) + ((950.000 \times 4,66) - 950.000) + ((950.000 \times 2,33) - 950.000) - 950.000 =$   
**38.488.500**

# Contenido de la presentación

1. Preámbulo
2. Computación de Alto Desempeño
3. La CAD en el mundo
4. ¿Qué se necesita para publicar un TOP 500?
5. ¿Qué se necesita para publicar varios TOP 500?
6. Hablemos de dinero
7. Conclusiones
8. **La yapa**

# La yapa

El cloud de Google

- ▶ Use case: desarrollo, formación, testeo.
- ▶ Un cluster de N nodos en 7 minutos con Terraform y Puppet.
- ▶ Precio de lista: U\$S 0,78 por nodo de 30 núcleos/hora (Iowa). (C2-standard-60 desactivando HTT)
- ▶ Linpack (mvapich y openblas):
  - ▶ 4 nodos: 6,01 Tflop/s
  - ▶ 8 nodos: 12,31 Tflop/s
  - ▶ 16 nodos: 22,53 Tflop/s
- ▶ Con U\$S 3.010 puedo obtener la potencia de todo el SNCAD en exclusivo durante 24 horas + almacenamiento (Iowa).
- ▶ ¿El subsidio de 2.000.000 de pesos del SNCAD permite adquirir este tipo de equipos?