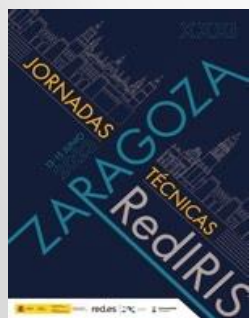
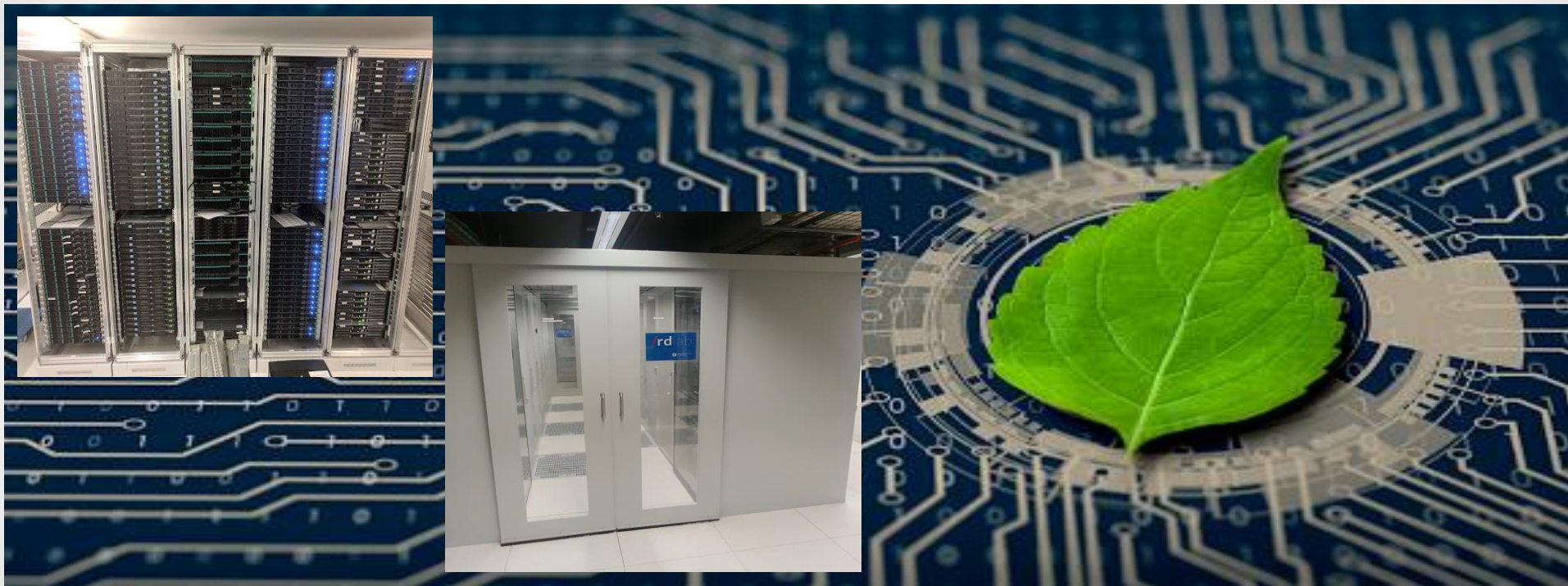


# Eficiencia energética en grandes infraestructuras TIC



Universidad  
Zaragoza



**/rdlab**

Jornadas Técnicas RedIRIS  
Junio 2023

Gabriel Verdejo Álvarez  
Computer Science Department  
[gabriel@cs.upc.edu](mailto:gabriel@cs.upc.edu)  
<https://rdlab.cs.upc.edu>

# Índice

- Sobre nosotros	3
- ¿Cómo están las máquinas? Lo primero de todo	4
- Una aproximación holística	5
- Nivel físico	7
- Cazadores de mitos	9
- “How to be a doer” en 3 lecciones	14
- Referencias	18

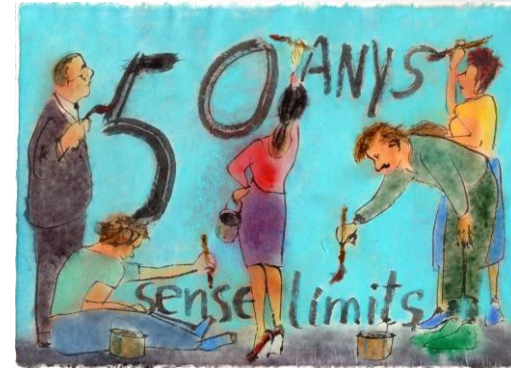
**TODOS los datos citados en la presentación tienen sus fuentes en el apartado referencias**

# Sobre nosotros...

- **Contexto:**

➤ UPC, Universitat Politècnica de Catalunya, <https://www.upc.edu>

- Institución pública
- Investigación y educación superior
- Ingeniería, arquitectura, ciencias y tecnología
- (orgullosamente) Desde 1971



➤ /rdlab, Research and Development Lab, <https://rdlab.cs.upc.edu>

- Dedicado en exclusiva al soporte TIC de grupos de investigación
- Proyectos nacionales/europeos y transferencia de tecnología
- Especializados en HPC y servicios Cloud para la investigación
- Colaboramos con +20 grupos de investigación (UPC+ externos)
- (orgullosamente) Desde 2010, Computer Science Department  
<https://www.cs.upc.edu>

# ¿Cómo están ~~las~~ las máquinas?

- **Lo primero de todo**

➤ (2019) Estudio de OVO Energy UK *"Think before you thank"*



16.433 Toneladas de CO<sub>2</sub> ¡anuales !

➤ (2023) ChatGPT-3



Entreno = 1,287 MWh , 552T de CO<sub>2</sub>  
Uso = 189,583 horas (A100 GPU) **por día**

➤ Outsourcing/Cloud externo



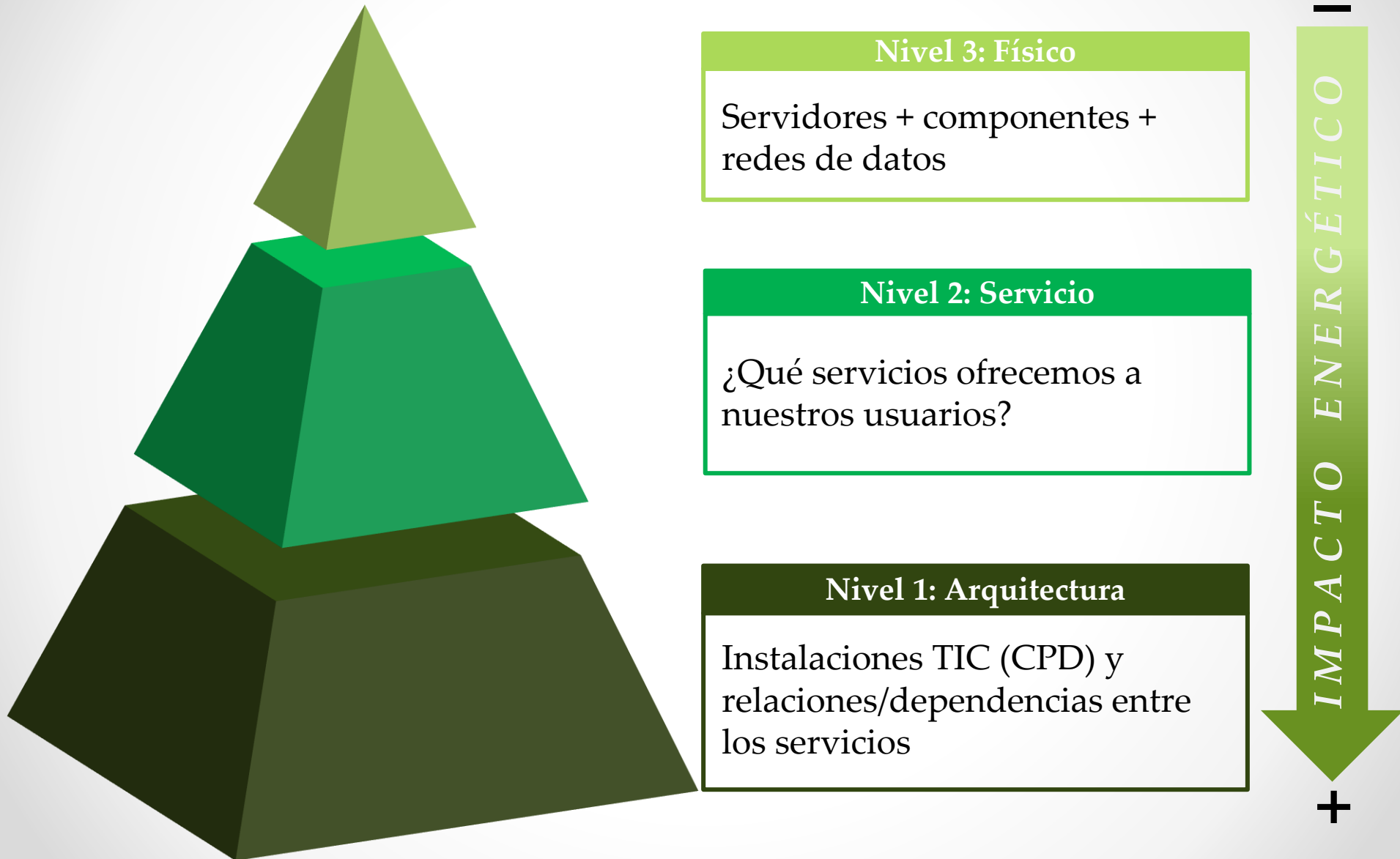
**There is no cloud**  
it's just someone else's computer

OK, ¡pero el CO<sub>2</sub> es de tu institución!



# Una aproximación holística

- Niveles de gestión de la eficiencia energética



# Una aproximación holística II

- **ESTRATEGIA = definir niveles arquitectura y servicio**

➤ Realidad → Lentitud plurianual + Resistencia al cambio

Estrategia energética de las TIC  $\subset$  Estrategia energética institucional



- **La 3ª mejor opción: El nivel físico**

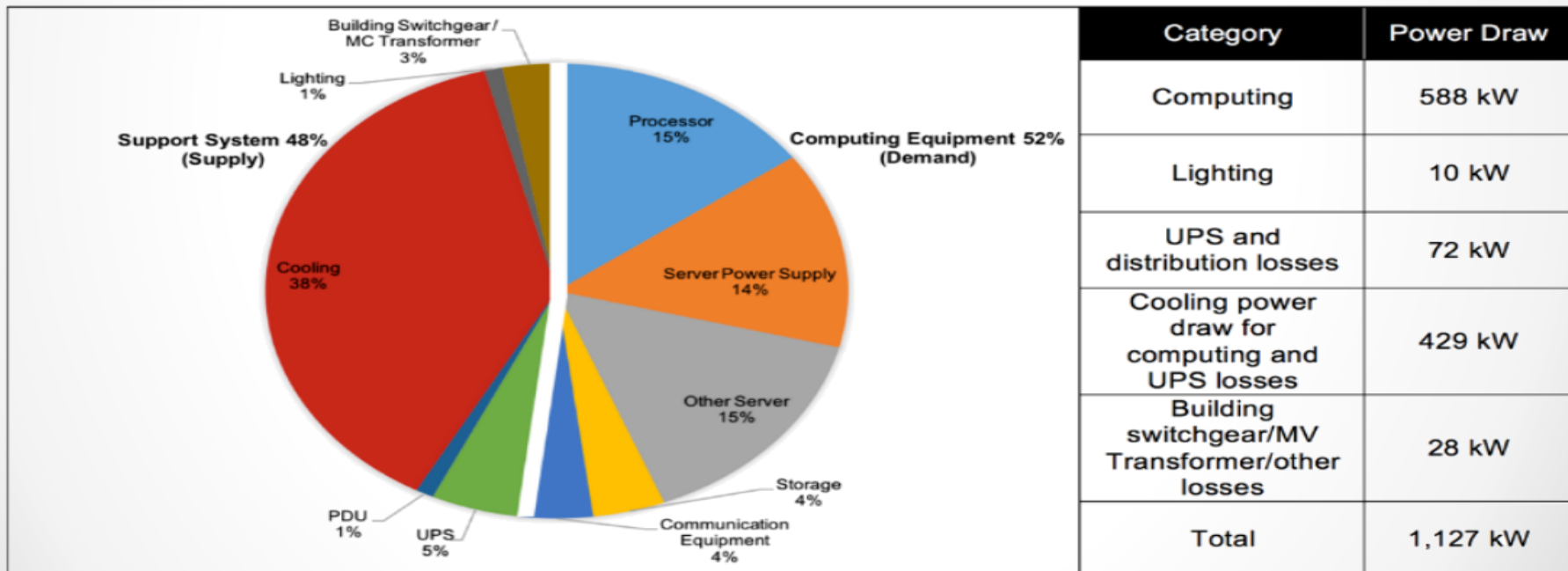


Figure 1. Analysis of a typical 465 m<sup>2</sup> data center (Emerson 2015).

Consumo eléctrico total = 50% Instalaciones + 50% Servidores

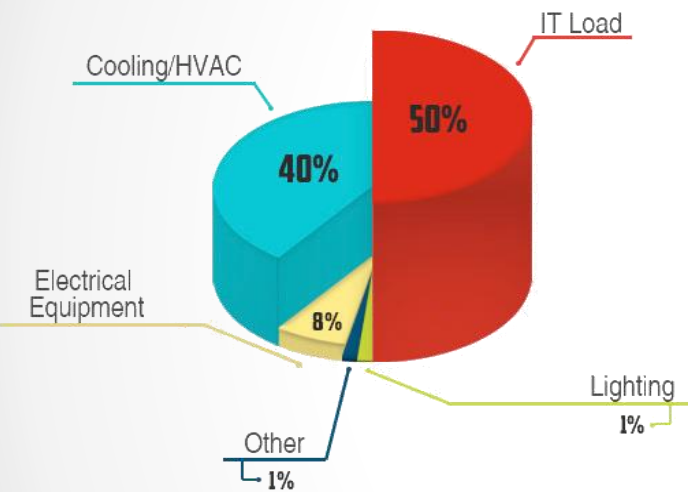
# Nivel físico: Instalaciones

- Medidas de eficiencia en instalaciones (CPDs)

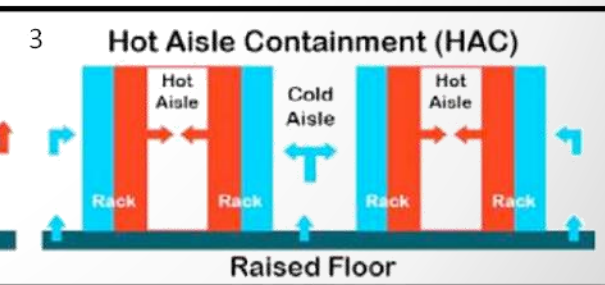
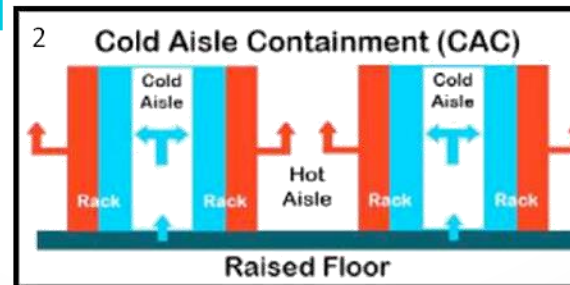
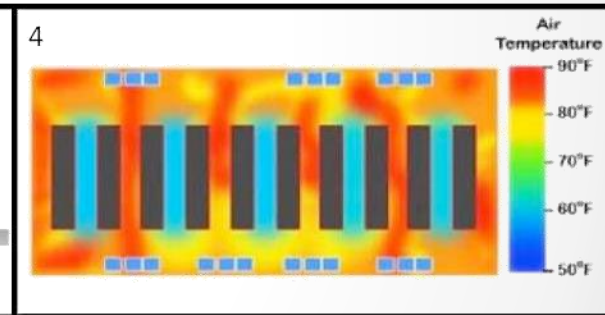
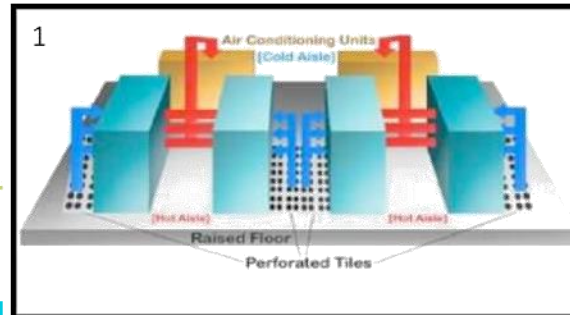
➤ Power Usage Effectiveness (**PUE**) vs Data Center infrastructure Efficiency (**DCIE**)

## Total Data Center Energy

PUE = 2.0



$$PUE = \frac{\text{Total Facility Energy}}{\text{IT Equipment Energy}}$$



1- Conventional cooling  
2- Cold Aisle Containment (CAC)

3- Hot Aisle Containment (HAC)  
4- Thermal modelling

PUE	Level of efficiency	DCIE
3.0	Very Inefficient	33%
2.5	Inefficient	40%
2.0	Average	50%
1.5	Efficient	67%
1.2	Very efficient	83%

# Nivel físico II: Servidores

- Medidas de eficiencia en servidores

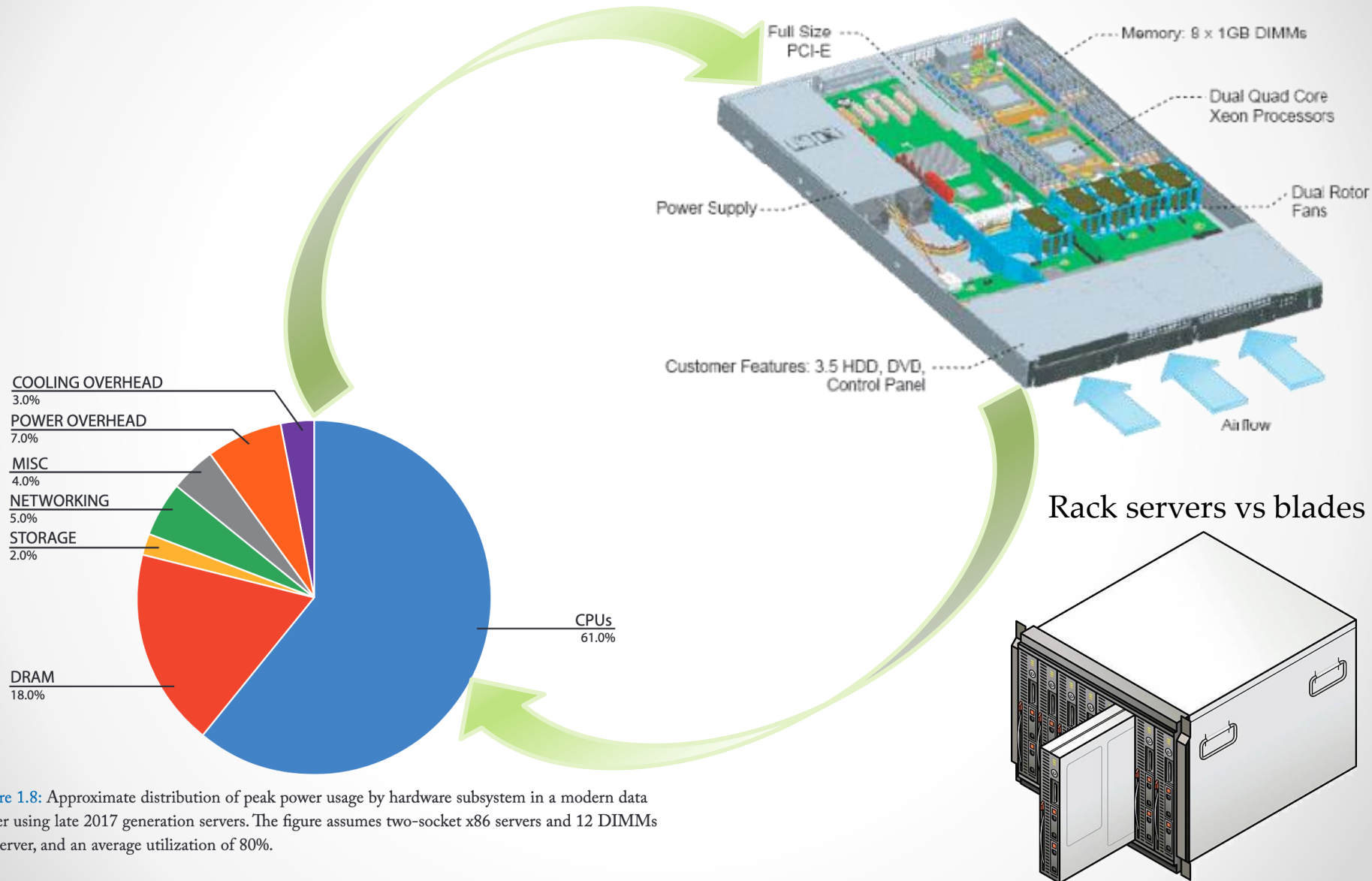
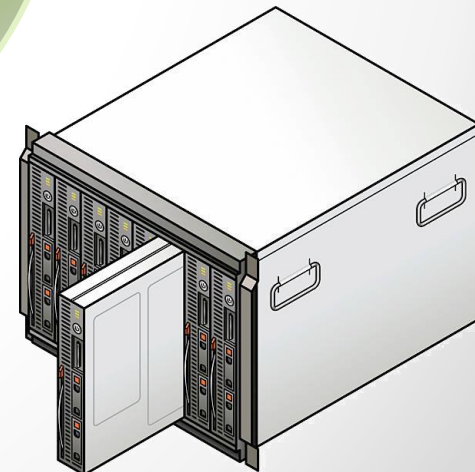


Figure 1.8: Approximate distribution of peak power usage by hardware subsystem in a modern data center using late 2017 generation servers. The figure assumes two-socket x86 servers and 12 DIMMs per server, and an average utilization of 80%.

Rack servers vs blades







*“...because without (proper) data, you are just another person with an opinion.”*

Featuring William Edwards Deming

**FACTS ~~MYTHS~~**

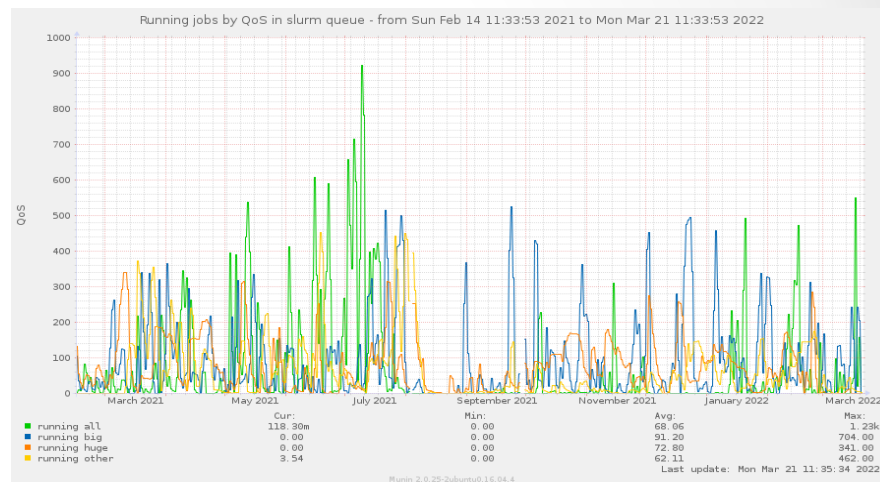
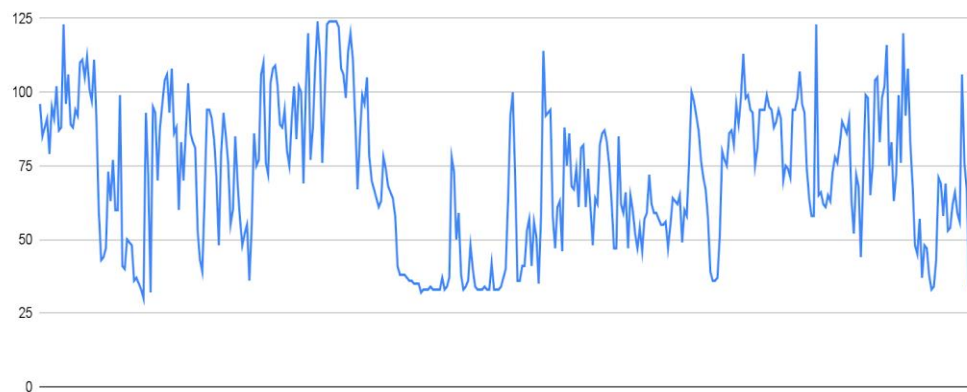


# Cazadores de mitos: Conectado vs apagado

- **Sistema HPC (DAC): 122 nodos y ~2.500.000 trabajos anuales**

➤ Slurm queue system power management → auto apagado si no existe carga

Nodes actius 2021/2022



- **Consumo eléctrico**

- 1 x 460 W PSU
- 2 x CPU 6C/12T
- 16 x 8 GB ECC = 128 GB
- 1 x 1 TByte HDD SATA Disk

(\*) 0,142 € KWh

Estado	Power	KWh	€ / hora*	€ / día 100 nodos	€ / año 100 nodos
<b>Desconectado total</b>	<b>0 W</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Conectado → power off	<b>10 W</b>	<b>0,01</b>	<b>0,00142705</b>	<b>3,4</b>	<b>1241</b>
Conectado → idle	<b>81 W</b>	<b>0,08</b>	<b>0,01141640</b>	<b>27,4</b>	<b>10001</b>
Stress 1 CPU	103 W	0,10	0,01427050	34,2	12483
Stress 1 I/O	91 W	0,09	0,01284345	30,8	11242
Stress 10 CPU	151 W	0,15	0,02140575	51,4	18761
Stress 10 I/O	118 W	0,12	0,01712460	41,1	15002
Stress 24 CPU	160 W	0,16	0,02283280	54,8	20002
Stress 24xCPU+IO+HDD	182 W	0,18	0,02568690	61,6	22484

# Cazadores de mitos II: Tecnología hdd vs ssd



## Servidor Dell del 2015:

- 2 x Intel E5-2430 (12C/24T)
- 1 x SATA 1TBytes
- 32 GB RAM



# Discos	Tipo	Estado	Modelo	Consumo (MAX)
0	-	Conectado → <b>idle</b>	-	<b>55.3w</b>
1	<b>HDD</b>	Conectado → <b>idle</b>	Seagate Constellation 1Tbyte 7.2k rpm	62.2w (+12%)
1	<b>HDD</b>	I/O Stress	Seagate Constellation 1Tbyte 7.2k rpm	71.5w (+29%)
1	<b>SSD</b>	Conectado → <b>idle</b>	Samsung 860 EVO 1TB	58.0w (+5%)
1	<b>SSD</b>	I/O Stress	Samsung 860 EVO 1TB	66.3w (+19%)

# Cazadores de mitos III: Vida útil de los servidores



## Servidor Dell del 2010:

- 2 x Intel Xeon 5120 (4C)
- 2 x SATA 500GBytes
- 2 x PSU 460w
- 4 GB RAM  
(RAID\* por hardware + controladora cache)



# Discos	Tipo	Estado	Modelo	Power (MAX)
2	<b>HDD</b>	Connected → <b>idle</b>	Western Digital 500GB RE3 7.2k rpm	<b>169w</b>
2	<b>HDD</b>	I/O Stress	Western Digital 500GB RE3 7.2k rpm	171.8w (+2%)*

Un servidor “viejo” (2010) puede consumir +2.5 veces lo que un servidor más actual (2015)

# Cazadores de mitos IV: Doble Fuente eléctrica



## Servidor DELL del 2020:

2 x Intel Xeon 4214R  
 2 x PSU 500w  
 1 x HDD SATA 1TByte  
 64 GB RAM



FA/PSU-1	FA/PSU-2	Estado	Power (MAX)
Conectado	<b>DESconectado</b>	Conectado → power off	17.5w
Conectado	Conectado	Conectado → power off	23w (+31%)
Conectado	<b>DESconectado</b>	Conectado → idle	102.1w
Conectado	Conectado	Conectado → idle	110.5w (+8%)

**Importancia de las decisiones en las capas de arquitectura y servicio → redundancia física vs lógica**



# “How to be a doer” en 3 lecciones: I

## 1. Fuente de alimentación

Seleccionad una fuente de alimentación que proporcione una potencia inferior al 125% del consumo máximo del sumatorio de componentes del servidor (CPU+RAM+Discos+Placa base) y que tenga eficiencia dentro de la norma 80Plus. Evitad, si es posible, fuentes de alimentación redundantes. Se recomienda buscar la flexibilidad a nivel de servicio y arquitectura TIC, a excepción de casos de sistemas de alta disponibilidad (HA) o equipos críticos.

**Puntuación: 0 para las 80 Plus y añadid 2 puntos adicionales para cada mejora de la categoría energética.**

Referencia: [https://en.wikipedia.org/wiki/80\\_Plus](https://en.wikipedia.org/wiki/80_Plus)

## 2. Procesador

- Servidores genéricos : Seleccionad la CPU dentro de la familia compatible con el socket de la placa base que tenga menor consumo y que proporcione los cores/threads requeridos. Son preferibles los sistemas con refrigeración pasiva versus los tradicionales con ventiladores. Recordad que generalmente es necesario configurar/habilitar los estados de bajo consumo energético a la BIOS.  
- Servidores HPC o específicos (GPUs...): Según necesidades.

CM = Consumo Máximo = Máximo(consumo en watts de todos los procesadores ofertados)

Cm = Consumo mínimo = mínimo(consumo en watts de todos los procesadores ofertados)

VE = Varianza Energética = CM - Cm

**Puntuación:  $10 * (CM - Consumo\ procesador) / VE$**

Referencia para CPUs Intel: <https://ark.intel.com/content/www/us/en/ark.html>

Referencia para CPUs AMD: <https://www.amd.com/en/processors>

NOTA: Son preferibles sistemas con 2 o más procesadores físicos en un mismo equipo, que servidores múltiples desde el punto de vista de ahorro energético para propósito general.

## 3. RAM

- Servidores con procesadores de equipos portátiles o bajo consumo: 2 DIMMs por procesador físico. Servidores con procesadores para servicios genéricos: 4 DIMMs por procesador físico.  
- Servidores con procesadores para equipos HPC/específicos: Según el fabricante, arquitectura del procesador (dual channel, quad channel...) y número de CPU sockets.

**Puntuación:  $10 - Valor\ Absoluto\ (\#DIMMs\ recomendados\ para\ la\ gama\ del\ procesador - \#DIMMs\ ofertados)$**

NOTA: En el caso de ofertar configuraciones con menos DIMMs de los recomendados por el fabricante del procesador, se puntuará con 0 puntos por ineficiente.

## 4. Disco

- Servidores genéricos: Seleccionad preferentemente discos SSD hasta los 2TBytes. Tened en cuenta la activación en el sistema operativo de la gestión SMART de los discos y TRIM si es necesario.  
- Servidores de disco/HPC/específicos: Según necesidades.

**Puntuación:  $10 * (\#discos\ SSD\ ofertados / \#discos\ totales\ ofertados)$**

Referencia: <https://en.wikipedia.org/wiki/S.M.A.R.T.>

Referencia: [https://en.wikipedia.org/wiki/Trim\\_\(computing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Trim_(computing))

**Fórmula Puntuación Energética = Procesador \* 0.4 + FA \* 0.3 + RAM \* 0.1 + DISCO \* 0.2**

# “How to be a doer” en 3 lecciones: II

- **El reto 10 – 10 – 10:**

- **10% Reducción del consumo eléctrico de servidores UPC – (CPD Edificio Omega)**

- Medible (benchmarking)

- Impacto real

- **10% Reinversión de la factura eléctrica**

- Autofinanciando

- Return On Investment continuo

- **10 Meses para realizarlo**

- Problemáticas plurianuales (presupuestos/administración)

- Periodo de aprovisionamiento



**CAMPUS** **UPC**  
**SQS**  
**TENI**  
**BLE**  
**2030**



# “How to be a doer” en 3 lecciones: III



**Gasto**

**vs** **Inversión**

**Compra (local)**

**vs** **Uso (servicios consorciados públicos)**

**Ahorro**

**vs** **Eficiencia**

# Referencias

[www1] The Problem of Power Consumption in Servers

<https://www.infoq.com/articles/power-consumption-servers/>

<https://medium.com/@chrispinton/the-carbon-footprint-of-chatgpt-e1bc14e4cc2a>

<https://towardsdatascience.com/the-carbon-footprint-of-chatgpt-66932314627d>

<https://www.ovoenergy.com/ovo-newsroom/press-releases/2019/november/think-before-you-thank-if-every-brit-sent-one-less-thank-you-email-a-day-we-would-save-16433-tonnes-of-carbon-a-year-the-same-as-81152-flights-to-madrid>

<https://www.telefonica.com/en/wp-content/uploads/sites/5/2022/03/connectivity-solutions-life-cycle-assessment.pdf>

<https://www.techporn.ph/amd-ryzen-5-7600x-desktop-processor-review/>

<https://bcn-seer.upc.edu/en/people/eva-vidal>

<https://indvstrvs.org/raise-data-center-temperature-and-reduce-emissions/>

[www2] The Datacenter and energy efficiency

<https://www.morganclaypool.com/doi/pdfplus/10.2200/S00874ED3V01Y201809CAC046>

<https://www.computerweekly.com/tip/8-power-usage-effectiveness-PUE-best-practices-for-your-data-center>

<https://esj.com/articles/2012/12/07/predicting-energy-consumption.aspx>

<https://www.mitsubishicritical.com/resources/improve-power-usage-effectiveness/>

<https://submer.com/blog/how-to-calculate-the-pue-of-a-datacenter/>

<https://www.42u.com/measurement/pue-dcie.htm>

<https://www.serverstack.in/2019/01/19/difference-between-rack-servers-and-blade-servers/>

<https://rdlab.cs.upc.edu/tecniris-video-session-efficient-energy-management-for-servers-in-data-centers/>

[www4] The Datacenter of the future (Dell)

[https://education.dell.com/content/dam/dell-emc/documents/en-us/2021KS\\_Ganesh-The\\_Data\\_center\\_of\\_the\\_Future.pdf](https://education.dell.com/content/dam/dell-emc/documents/en-us/2021KS_Ganesh-The_Data_center_of_the_Future.pdf)

[www5] Breakdown of power consumption in servers (Emerson 2015)

[https://www.researchgate.net/figure/Breakdown-of-power-consumption-in-servers-Emerson-2015\\_fig4\\_329278608](https://www.researchgate.net/figure/Breakdown-of-power-consumption-in-servers-Emerson-2015_fig4_329278608)

[www6] Thermal design power (TDP), Performance per watt (PPW) + RAM Consumption

[https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal\\_design\\_power](https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_design_power)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Performance\\_per\\_watt](https://en.wikipedia.org/wiki/Performance_per_watt)

<https://www.servethehome.com/ddr4-dimms-system-power-consumption-tested/>

# Referencias II

[www9] PSU efficiency

[https://en.wikipedia.org/wiki/80\\_Plus](https://en.wikipedia.org/wiki/80_Plus)

[www10] Storage Area Network (SAN)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Storage\\_area\\_network](https://en.wikipedia.org/wiki/Storage_area_network)

[www11] Network-Attached Storage (NAS)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Network-attached\\_storage](https://en.wikipedia.org/wiki/Network-attached_storage)

[www12] HDD vs SSD

<http://www.amplicon.es/docs/SSD-vs-HDD-white-paper.pdf>

[www13] HDD vs SSD power consumption

<https://ssdsphere.com/ssd-power-consumption-comparison/>

[www14] HDD vs SSD power consumption 2

<https://www.anandtech.com/show/7682/the-wd-black2-review/9>

[www15] HDD vs SSD lifetime and reliability

<https://www.backblaze.com/blog/are-ssds-really-more-reliable-than-hard-drives/>

[www16] Nvidia RTX 3090 power consumption analysis – GPU power consumption

<https://www.profesionalreview.com/2020/10/23/nvidia-rtx-3090-cuatro-nvlink/>

<https://www.tomshardware.com/features/graphics-card-power-consumption-tested>

<https://www.wired.com/story/the-generative-ai-search-race-has-a-dirty-secret/>

<https://www.guru3d.com/articles-pages/geforce-rtx-4090-founder-edition-review,7.html>

# Referencias III

[www17] GPUs power consumption

<https://www.igorslab.de/en/nvidia-geforce-rtx-3090-founders-edition-review-between-even-between-evaluate-and-common-decadence-if-price-is-not-all/16/>

[www18] Slurm HPC Green guide

[https://slurm.schedmd.com/power\\_save.html](https://slurm.schedmd.com/power_save.html)

[www19] CPU cores vs CPU cores + threads (AMD)

<https://www.anandtech.com/show/16261/investigating-performance-of-multithreading-on-zen-3-and-amd-ryzen-5000/5>

[www20] CPU cores vs CPU cores + threads (Intel)

<https://www.intel.com/content/www/us/en/gaming/resources/hyper-threading.html>

[www21] Hyperthread vs Multithread

<https://www.pcpartguide.com/is-hyperthreading-worth-it/>

[www22] Hyperthread vs Multithread 2

<https://www.cgdirector.com/cpu-cores-vs-logical-processors-threads/>

[www23] Martin Lindstrom – The ministry of common sense

<https://www.martinlindstrom.com/books-by-martin-lindstrom/>

[www24] Cream skimming – Prototype vs Minimum Viable Product

[https://en.wikipedia.org/wiki/Cream\\_skimming](https://en.wikipedia.org/wiki/Cream_skimming)

<https://www.boldare.com/blog/first-version-of-your-app-mvp-vs-prototype/>