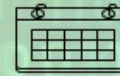




**SEIIS**

Seminario Internacional  
de Investigación en  
Ingeniería de Software



Jueves 10/11



2:00 P.M. COL 4:00 P.M. ARG



## Ponencia

“La Eficiencia Energética de Nuestro  
Código”

## Mauricio Fadel Argerich

Ing. en Sistemas de Información

M.Sc. En Ciencia de Datos

Investigador Aplicado en German Edge Cloud

Doctorando de la Universidad Politécnica de Madrid



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
**LUISAMIGO**



*Calidad*  
académica y humana



# Quién les habla

## Estudios



**Doctorando @ Universidad Politecnica de Madrid – 2022-current**



**M.Sc. en Data Science @ Sapienza, Università di Roma – 2016-2018**



**Ing. en Sistemas de Información @ UTN (Argentina) – 2009-2013**

## Experiencia Profesional



**Applied Researcher @ German Edge Cloud (Germany) – 2021-current**

- Detección de fallos y corrección de errores automática
- Green scheduling



**Research Scientist @ NEC Labs (Germany) – 2018-2021**

- RL para servicios edge elásticos y para orquestrar despliegues en la nube



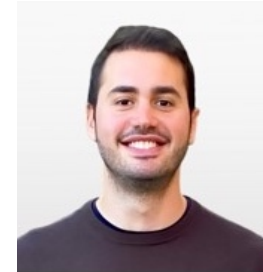
**Software Engineer @ BizIT Global (Argentina) – 2014-2016**



**Software Engineer Intern @ Fábrica Argentina de Aviones S.A. – 2013-2014**



**Estudiante Investigador @ University of Auckland**



**Mauricio Fadel Argerich**

[mauricio.fadel@german-edge-cloud.io](mailto:mauricio.fadel@german-edge-cloud.io)



SEIIS

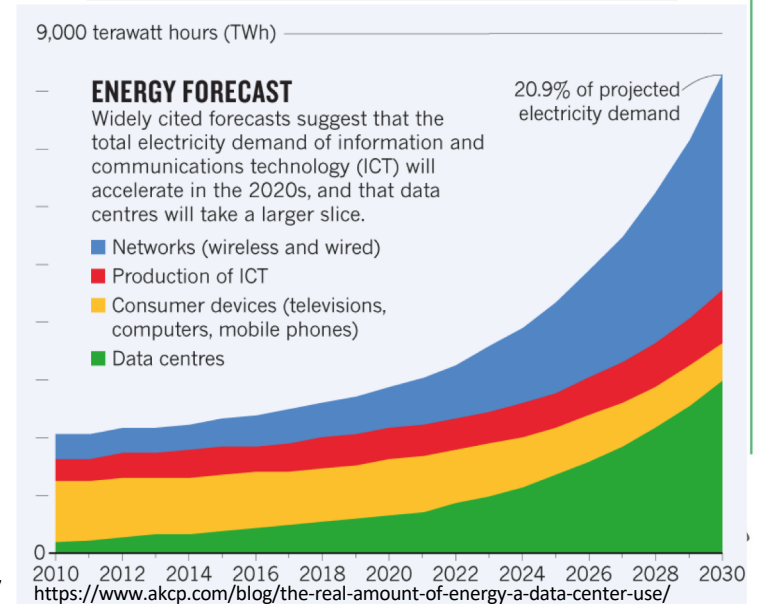
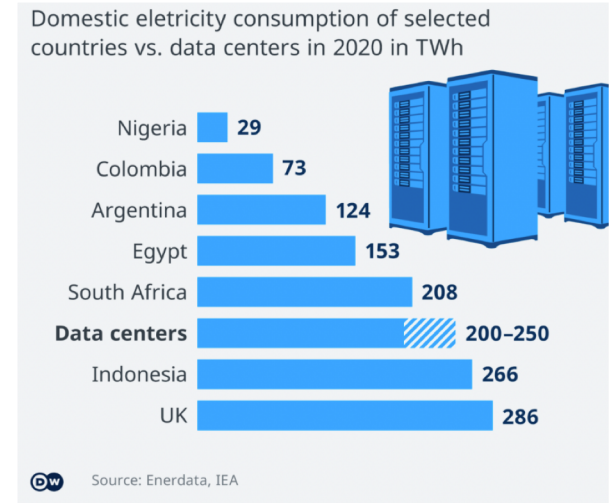
# Agenda

- El impacto de las TICs en el medio ambiente
- El costo energético
- Cómo medir el consumo energético del software?
- Técnicas para mejorar la eficiencia energética
  - En data centers
  - En el edge
  - En aplicaciones
- Primeros pasos para mejorar la eficiencia



# El impacto de las TICs en el medio ambiente

- Ordenadores, data centers y redes representan el 10% del consumo mundial de electricidad [1]
- Las TICs representan aprox. el 2% de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> ≈ aviación [2]
- Las TICs pueden representar el 25% del costo energético de una oficina [3]



[1] Gartner Press Release April 26, 2007, Gartner Estimates ICT Industry Accounts for 2 Percent of Global CO<sub>2</sub> Emissions

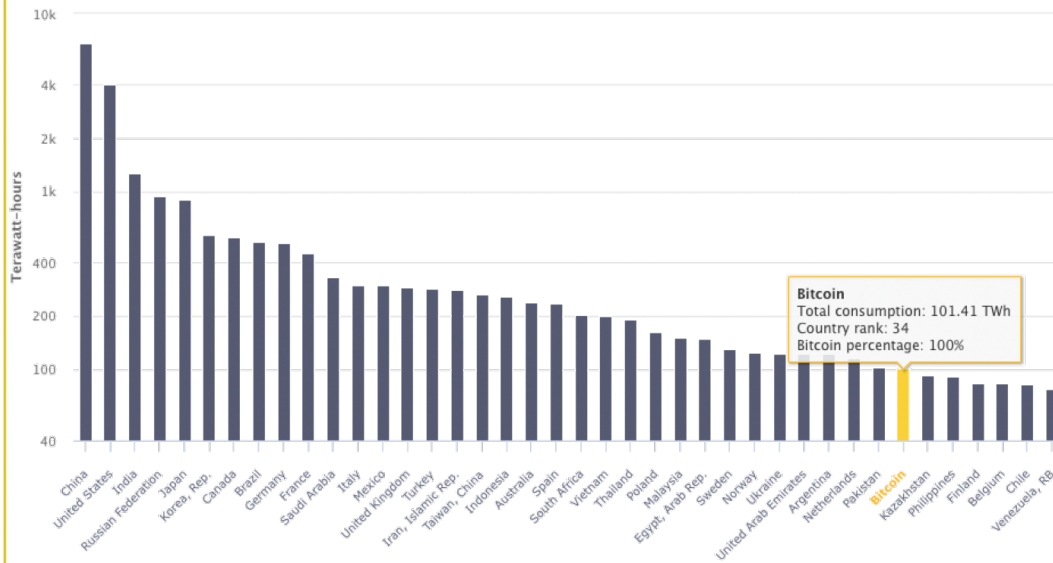
[2] MILLS, Mark P. The cloud begins with coal. Digital Power Group. Online at: [http://www.tech-pundit.com/wp-content/uploads/2013/07/Cloud\\_Begins\\_With\\_Coal.pdf](http://www.tech-pundit.com/wp-content/uploads/2013/07/Cloud_Begins_With_Coal.pdf), 2013.

[3] Gartner Inc., "IT Vendors, Service Providers and Users Can lighten IT's Environmental footprint" Simon Mingay, December 5, 2007

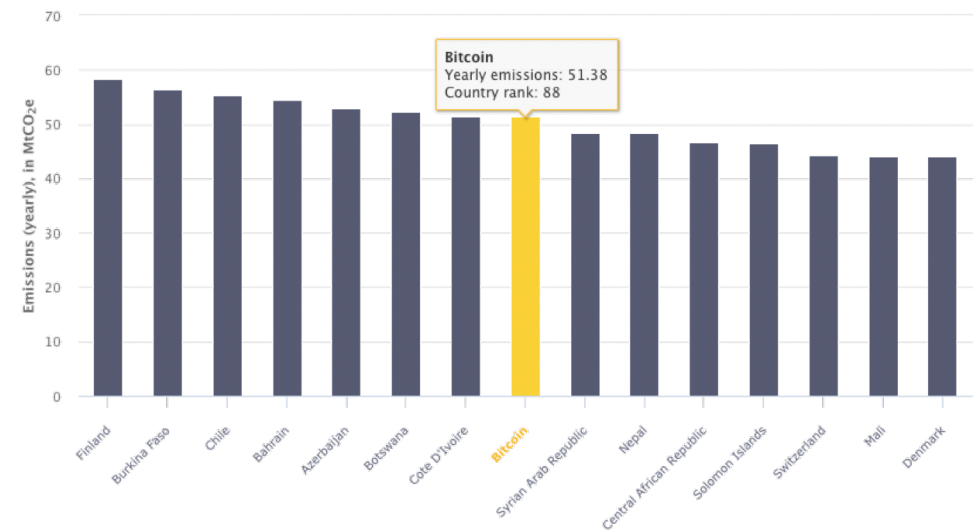
# Y esto no incluye a Bitcoin...



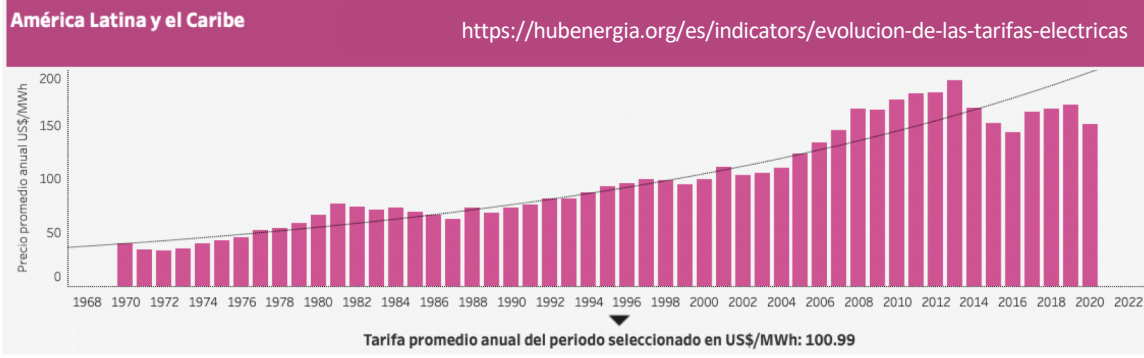
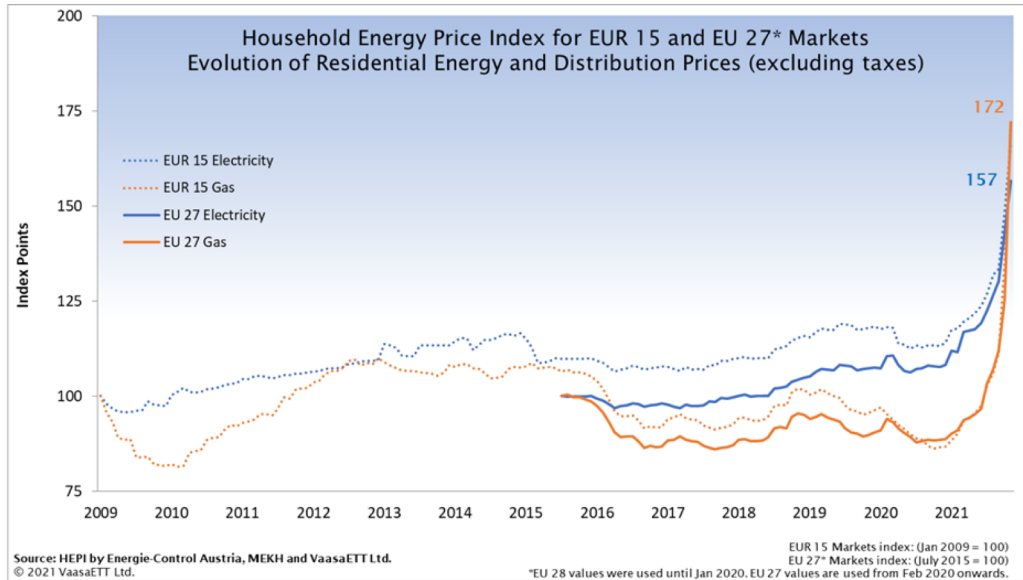
Ranking de países por consumo anual de electricidad



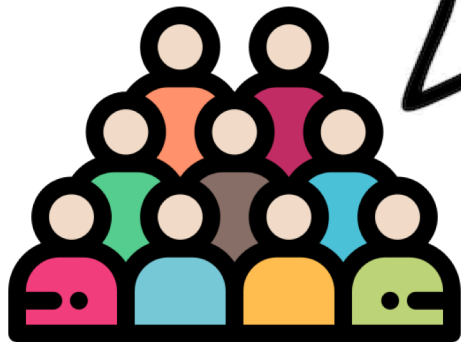
Emisiones de gases de efecto invernadero



# El costo de la energía y el carbono



SEIIS



Podemos mejorar la eficiencia de nuestro código?

Claro que Sí!



SEIIS

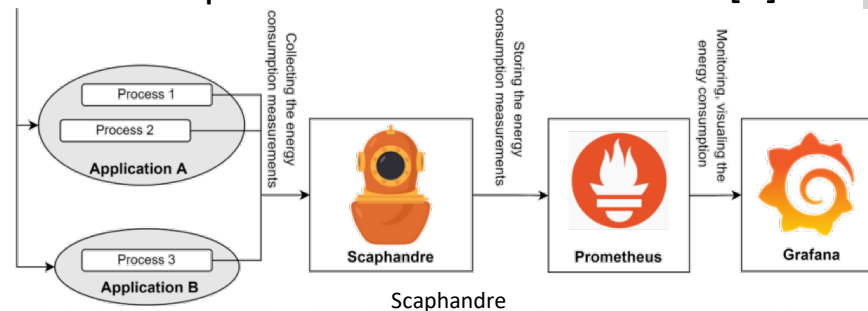
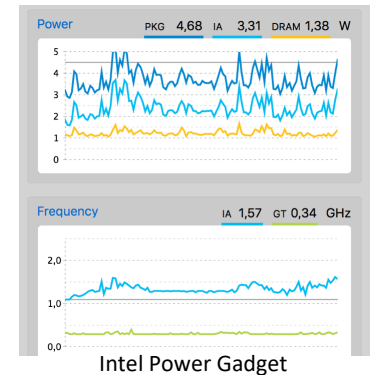
# Cómo medir el consumo energético del software?

## Métricas

- **Jules:** 1J = cant. de trabajo realizado cuando una fuerza de 1 newton desplaza una masa 1 metro
- **Watts:** 1W = 1 J/s
- Power Usage Effectiveness  
$$PUE = \frac{E_T}{E_{IT}}$$
  - Ideal es 1, promedio actual 1.5-1.8

## Herramientas

- **Hardware**
  - Medidores de consumo eléctrico
- **Software**
  - Intel Power Gadget (Mac/Windows)
  - RAPL (Linux)
  - Scaphandre for VMs [1]
  - Kepler for Kubernetes clusters [2]



[1] <https://github.com/hubblo-org/scaphandre/>  
[2] <https://github.com/sustainable-computing-io/kepler>



# Cómo mejorar la eficiencia energética de nuestro software?

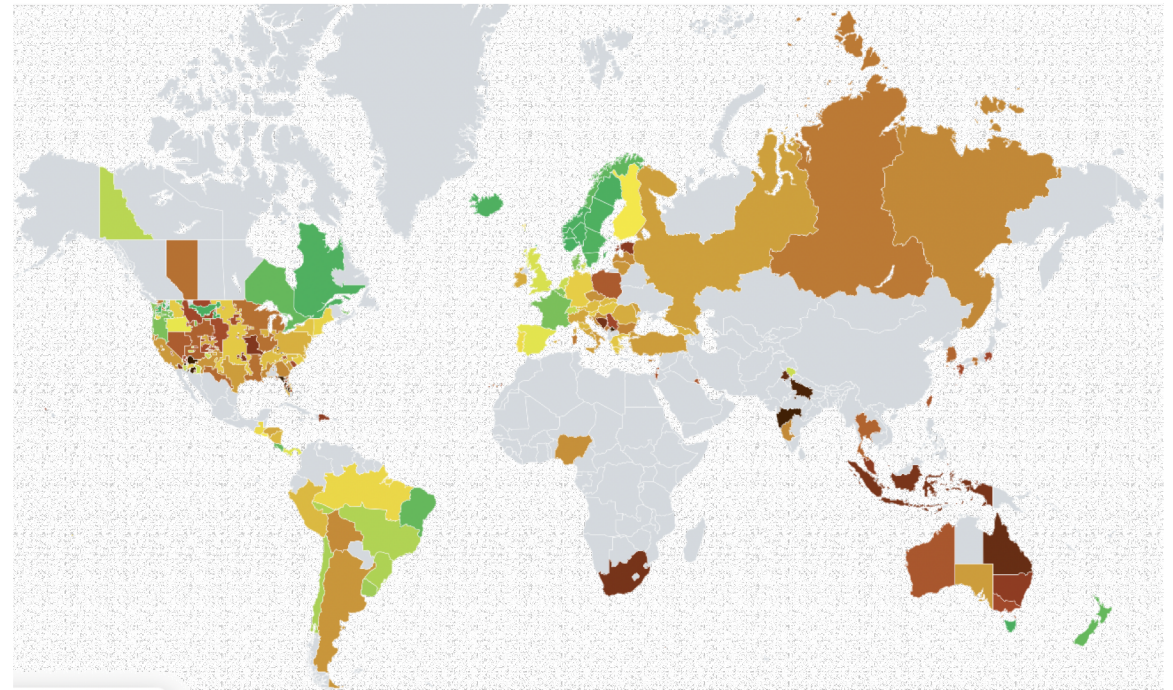
Depende...



SEIIS

# En data centers

- Instalar centro en lugares fríos
  - Lefdal Mine Datacenter
- Consolidación de VMs (y software)
  - Dimensionar VMs correctamente (por ej.: media + 15% o 30%)
  - Colocar tantas VMs en el mismo servidor cómo sea posible
  - Apagar/hibernar servidores que no se encuentran en uso
- Temporal Workload Shifting
- Balanceo de carga
  - Reducir emisiones de CO2

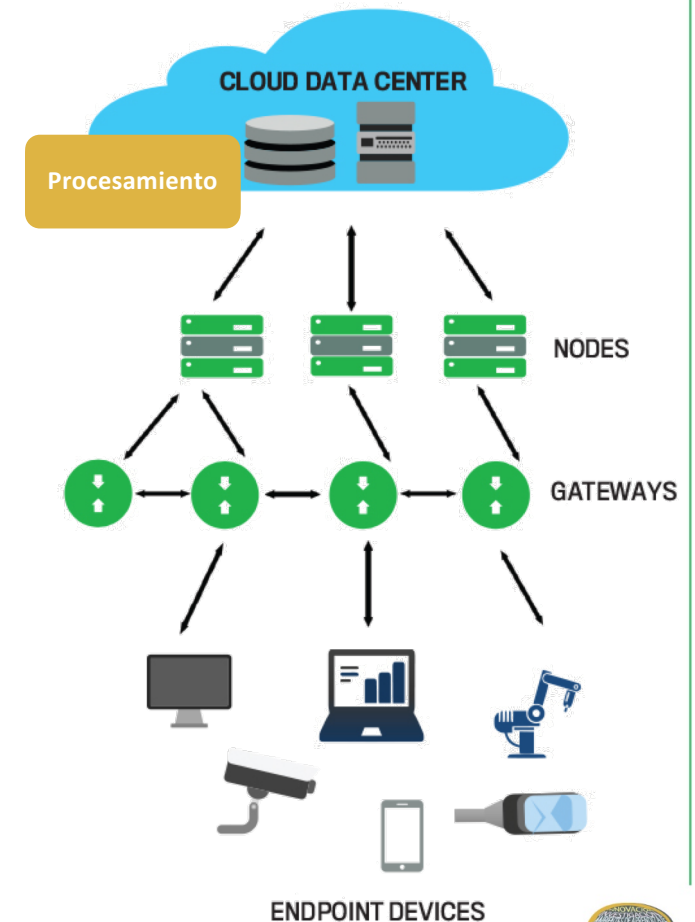


Electricity Maps: Generación de energía por region en el mundo el 8/11/2022 [1].

[1] <https://app.electricitymaps.com/map>

# En el edge

- En edge computing, el procesamiento se acerca a los generadores y consumidores de datos
- Puede
  - Ahorrar ancho de banda
  - Reducir el consumo de energía
  - Mejorar la privacidad de los usuarios
- Pero si es mal usado...
  - Sobrecarga dispositivos
  - Usa más energía
  - Riesgos de seguridad
- Recomendaciones para usar el edge eficientemente
  - Distribuir aplicación correctamente (FaaS)
    - FogFlow [1]
  - Reducir transferencia de datos
  - Aumentar autonomía de dispositivos



[1] FogFlow - <https://fogflow.readthedocs.io/en/latest/>

# En aplicaciones

- Cambiar el lenguaje de programación
- Reducir resolución de multimedia
- Reducir comunicación entre aplicaciones al mínimo necesario
  - Número de llamadas
  - Datos transferidos
- Reducir logs
- Eliminar datos innecesarios y antiguos
- Centralizar aplicaciones

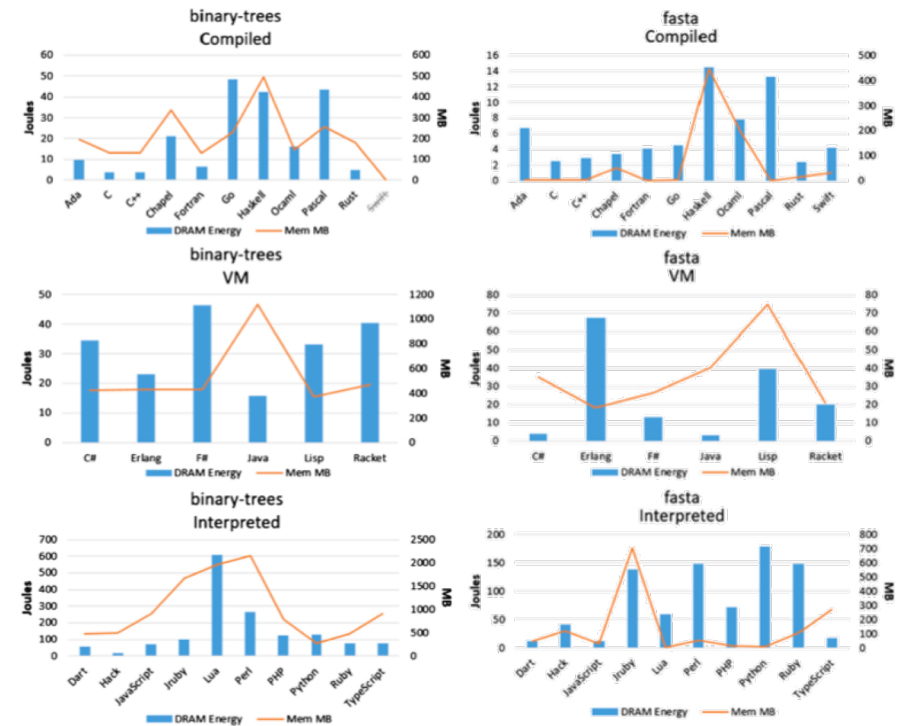


Fig. 10. Energy and memory graphical data for binary-trees.

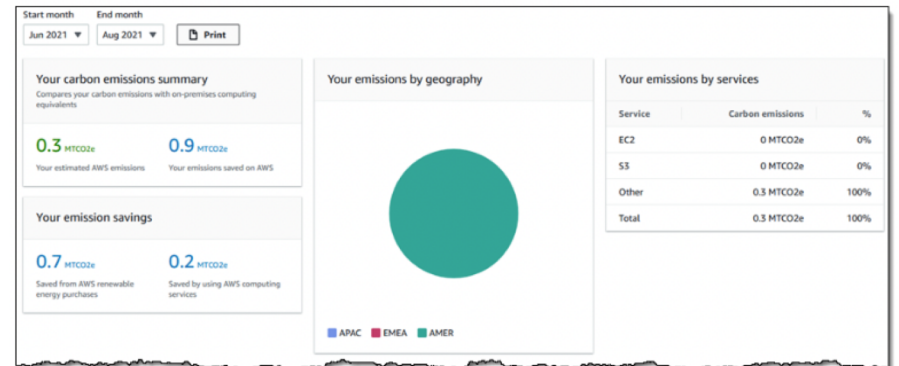
Fig. 12. Energy and memory graphical data for fasta.

[1] Imagen de Pereira, R., Couto, M., Ribeiro, F., Rua, R., Cunha, J., Fernandes, J. P., & Saraiva, J. (2021). Ranking programming languages by energy efficiency. *Science of Computer Programming*, 205, 102609.

[2] <https://www.computerweekly.com/blog/Green-Tech/8-ways-to-make-your-software-applications-more-energy-efficient>

# Primeros pasos

- Medir
  - Herramientas para medir consumo localmente
  - Consultar proveedor de servicios en la nube
- Para desarrolladores:
  - Atención con el lenguaje de programación utilizado!
  - Optimizar lógica de aplicaciones
  - Dimensionar VMs y containers correctamente
- Para administradores de sistemas:
  - Monitorear consumo energético
  - Consolidación de VMs
  - Configurar el SO para mejorar el uso de energía
- Bonus: apagar la PC de noche!



AWS: Carbon Footprint Tool [1]

“Lo que no se mide, no puede mejorarse”



[1] <https://aws.amazon.com/blogs/aws/new-customer-carbon-footprint-tool>

¡Gracias!

Mauricio Fadel Argerich  
mauricio.fadel@german-edge-cloud.io

