

# Consumo de Energía en Sistemas de Cómputo

Diego Fonseca Miranda

*Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática*  
*Universidad Industrial de Santander*  
Bucaramanga, Colombia  
diego2203090@correo.uis.edu.co

Marlon Barajas Acelas

*Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática*  
*Universidad Industrial de Santander*  
Bucaramanga, Colombia  
marlon2202042@correo.uis.edu.co

Reinaldo Cárdenas Tirado

*Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática*  
*Universidad Industrial de Santander*  
Bucaramanga, Colombia  
reinaldo2190201@correo.uis.edu.co

Andrés Castellanos Cañon

*Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática*  
*Universidad Industrial de Santander*  
Bucaramanga, Colombia  
andres2205565@correo.uis.edu.co

## Abstract

In the project, trends and challenges related to power and energy in computing systems are analyzed, focusing on how these issues affect their design and performance. Topics such as power distribution and dissipation, dynamic and static energy consumption, and strategies for improving energy efficiency, such as Dynamic Voltage and Frequency Scaling (DVFS) and design for typical cases, are addressed. Additionally, the implications of these trends on system architecture and best practices for managing energy consumption in various contexts, including servers, are discussed.

## Index Terms

Potencia energía, diseño de sistemas, consumo energético, eficiencia energética, escalado dinámico de voltaje, frecuencia (DVFS), microprocesadores, disipación de calor, tecnología CMOS.

## I. INTRODUCTION

En la actualidad, la gestión de la potencia y la energía se ha convertido en uno de los mayores desafíos para los diseñadores de sistemas informáticos. Con el aumento de la densidad de transistores y la complejidad de los microprocesadores, garantizar un suministro de energía eficiente y la adecuada disipación del calor generado se ha vuelto crucial para mantener el rendimiento y la fiabilidad de los dispositivos. Este documento explora las principales preocupaciones y soluciones relacionadas con la potencia y energía en circuitos integrados, desde la distribución de potencia en el chip hasta las técnicas avanzadas para reducir el consumo energético.

Se examinan tres aspectos clave desde la perspectiva de los arquitectos de sistemas: la potencia máxima requerida por los procesadores, el consumo de potencia sostenido o potencia de diseño térmico (TDP), y la eficiencia energética. Además, se abordan los métodos actuales para mejorar la eficiencia, como la reducción del voltaje y la frecuencia, la implementación de técnicas de apagado de módulos inactivos, y el uso de overclocking controlado para optimizar el rendimiento en situaciones específicas.

La introducción de innovaciones en la arquitectura de microprocesadores, tales como el escalado dinámico de voltaje y frecuencia (DVFS), ha permitido a los diseñadores equilibrar el consumo de energía y el rendimiento. Sin embargo, la gestión del calor y la prevención de puntos calientes siguen siendo retos importantes. Este documento proporciona una visión integral de estas cuestiones y ofrece recomendaciones prácticas para los diseñadores y usuarios de sistemas, con el fin de optimizar el consumo energético y mejorar la eficiencia de los dispositivos informáticos modernos.

## II. DESARROLLO

### A. Energía y Potencia dentro de un Microprocesador

Para los chips CMOS, el consumo de energía primario tradicional ha estado en los transistores de conmutación, también llamada energía dinámica. La energía requerida por transistor es proporcional al producto de la carga capacitiva impulsada por el transistor y el cuadrado del voltaje:

$$\text{Energía dinámica} \propto \text{Carga capacitiva} \times \text{Voltaje}^2$$

Esta ecuación es la energía de un pulso de transición lógica de  $0 \rightarrow 1 \rightarrow 0$  o  $1 \rightarrow 0 \rightarrow 1$ . La energía de una sola transición ( $0 \rightarrow 1$  o  $1 \rightarrow 0$ ) es entonces:

$$\text{Energía dinámica} \propto \frac{1}{2} \times \text{Carga capacitiva} \times \text{Voltaje}^2$$

La potencia requerida por transistor es simplemente el producto de la energía de una transición multiplicada por la frecuencia de las transiciones:

$$\text{Potencia dinámica} \propto \frac{1}{2} \times \text{Carga capacitiva} \times \text{Voltaje}^2 \times \text{Frecuencia de conmutación}$$

Para una tarea fija, reducir la frecuencia del reloj reduce la potencia, pero no la energía.

Claramente, la potencia y la energía dinámicas se reducen considerablemente al disminuir el voltaje, por lo que los voltajes han bajado de 5V a poco menos de 1V en 20 años. La carga capacitiva es una función del número de transistores conectados a una salida y la tecnología, que determina la capacitancia de los cables y los transistores.

- Tenemos un sistema en desktop para uso especializado, y suponiendo la carga máxima para cada componente y una eficiencia de la fuente de alimentación del 80%, ¿qué potencia debe entregar la fuente de alimentación del servidor a un sistema con un chip AMD Ryzen Threadripper PRO 7995WX, de 2.5 Ghz, 94 Núcleos que soporta 128 hilos, y que se encuentra con una memoria RAM Kingston KF548C38-32 DDR4 y, un disco duro Corsair MP700 PRO ?

**Datos:**

AMD Ryzen Threadripper PRO 7995WX: 350 W  
Memoria RAM Kingston KF548C38-32 DDR4: 1.1 W  
Disco duro Corsair MP700 PRO: 11.5 W

La fórmula para la potencia total requerida, considerando una eficiencia del 80%, es

$$\text{Potencia total requerida} = \frac{\text{Potencia del sistema}}{\text{Eficiencia}}$$

**Donde:**

Potencia del sistema = Potencia del procesador + Potencia de la RAM + Potencia del disco duro

$$\text{Potencia del sistema} = 362.6 \text{ W}$$

$$\text{Potencia total requerida} = \underline{453.25 \text{ W}}$$

- ¿Cuánta energía consumirá la unidad de disco duro Corsair MP700 PRO de si está inactiva aproximadamente el 60% del tiempo?

**Datos:**

Disco duro Corsair MP700 PRO: 11.5 W

Generalmente, los discos duros consumen alrededor del 10% de la potencia cuando están inactivos, lo que sería aproximadamente 1.15 W de consumo en inactividad.

Para el cálculo, se considera un tiempo de una hora (3600 segundos):

**Tiempo activo:** 40% de 3600 s = 1440 s

**Tiempo inactivo:** 60% de 3600 s = 2160 s

$$\text{Energía} = (\text{Potencia activa} \times \text{Tiempo activo}) + (\text{Potencia inactiva} \times \text{Tiempo inactivo})$$

$$\text{Energía} = (11.5 \text{ W} \times 1440 \text{ s}) + (1.15 \text{ W} \times 2160 \text{ s})$$

$$\text{Energía} = 16560 \text{ J} + 2484 \text{ J}$$

$$\text{Energía total} = \underline{19044 \text{ J}}$$

- Dado que el tiempo para leer datos de una unidad de disco de duro Corsair MP700 PRO será aproximadamente el 75% del de un disco Corsair MP700, ¿en qué tiempo de inactividad del disco de Corsair MP700 PRO será igual el consumo de energía, en promedio, para los dos discos? ¿Cambiaría el disco?

**Consumo de energía promedio** = consumo activo \* porcentaje lectura + consumo inactivo \* porcentaje inactividad

**Tiempo de lectura** = porcentaje de lectura MP700 PRO = 0.75 \* porcentaje lectura MP700

**ca:** Consumo activo

**ci:** Consumo inactivo

**%l:** Porcentaje de lectura

**%i:** Porcentaje de inactividad

**Se igualan las ecuaciones de consumo de energía:**

$$ca_{MP700PRO} * 0.75 * \%l_{MP700} + ci_{MP700PRO} * \%i_{MP700PRO} = ca_{MP700} * \%l_{MP700} + ci_{MP700} * \%i_{MP700}$$

**Se despeja el porcentaje de inactividad de MP700 PRO:**

$$\%i_{MP700PRO} = (ca_{MP700} - 0.75 * ca_{MP700PRO}) * \frac{\%l_{MP700}}{ci_{MP700PRO} - ci_{MP700}}$$

**Se sustituyen los valores de consumo de energía:**

$$\%i_{MP700PRO} = (10.5 \text{ W} - 0.75 * 11.5 \text{ W}) * \frac{\%l_{MP700}}{6.9 \text{ W} - 10.5 \text{ W}}$$

Porcentaje de inactividad MP700PRO  $\approx$  0.22 \* Porcentaje de lectura MP700

Concluyendo, el tiempo de inactividad del disco corsair MP700 PRO debe ser aproximadamente del 22% del tiempo de lectura del disco Corsair MP700 para que el consumo de energía promedio sea igual.

- El sistema en cuestión se organiza en un servidor con un chasis determinado y un rack que disipa 14KW y vale US \$7000 dólares. ¿Para la solución dada, de cuantas U debe ser el tamaño del servidor? ¿Cuánto sería la mínima capacidad de la fuente de poder principal por servidor para energizar lo mínimo del sistema dado?

**Capacidad de disipación del rack:** 14 kW (14,000 W).

**Procesador:** 350 W

**Memoria DRAM:** El consumo específico no está dado en términos de potencia, pero típicamente, para una memoria DDR4 de bajo voltaje (1.1 V), cada módulo consume alrededor de 2-3 W. Suponiendo un módulo: 1 módulo: 2 W (aproximadamente)

**Disco Duro (Corsair MP700 PRO):** 11.5 W

La fuente de poder debe tener una capacidad mayor que el consumo total del sistema para proporcionar un margen de seguridad. Generalmente, se recomienda una fuente de poder con un 20-30% de margen adicional.

**Para el caso del MP700 PRO:**

$$\text{Capacidad mínima recomendada} = 363.5 \text{ W} * 1.3 = 472.55 \text{ W}$$

**Para el caso del MP700:**

$$\text{Capacidad mínima recomendada} = 362.5 \text{ W} * 1.3 = 471.25 \text{ W}$$

Redondeando a valores estándar de fuentes de poder, se recomendaría una fuente de al menos 500 W para ambos casos.

- Teniendo en cuenta la información dada ¿Cuántos servidores cabrían en un chasis estándar? (recuerde que la medida es la disipación en KW)

**Para el Corsair MP700 PRO:**

$$\text{Número de servidores} = \frac{14000 \text{ W}}{363.5 \frac{\text{W}}{\text{servidor}}} = 38.51 \text{ servidores}$$

**Para el Corsair MP700:**

$$\text{Número de servidores} = \frac{14000 \text{ W}}{362.5 \frac{\text{W}}{\text{servidor}}} = 38.62 \text{ servidores}$$

Dado que no se puede tener una fracción de servidor, se redondea hacia abajo para obtener el número entero de servidores que caben en el chasis.

**Para el Corsair MP700 PRO:** 38 servidores.

**Para el Corsair MP700:** 38 servidores.

- Describa un plantee una solución completa (sin uso de aceleradores, pero si una tarjeta de red y los elementos que hagan falta), mostrando un costo estimado, teniendo en cuenta los componentes mostrados en la tabla (por supuesto debe escoger un único disco duro específico de los dos dados).

#### CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR

La configuración del servidor se diseñará de la siguiente manera:

- **Procesador:** Instalado en la placa madre con el sistema de refrigeración adecuado.
- **Memoria:** 4 módulos de Kingston KF548C38-32 instalados en las ranuras DIMM de la placa madre.
- **Disco Duro:** Corsair MP700 PRO instalado en una ranura M.2 de la placa madre.
- **Tarjeta de Red:** Intel X550-T2 instalada en una ranura PCIe.
- **Fuente de Poder:** 500W instalada en el chasis, conectada a todos los componentes.
- **Chasis:** Chasis Lian Li Dynamic 011D EVO RGB WHITE + KIT 3FANS TL que aloja todos los componentes con adecuada ventilación y gestión de cables.
- **Placa Madre:** GIGABYTE X670E AORUS PRO X

#### COMPONENTES Y COSTOS

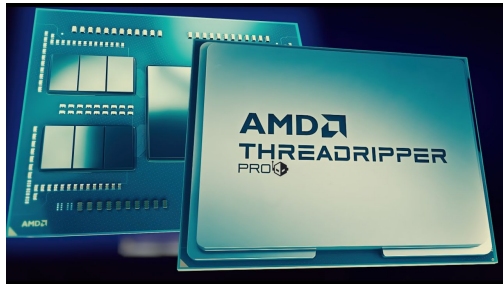
- 1) **Procesador:** AMD Ryzen Threadripper PRO 7995WX  
**Costo estimado:** \$5,000
- 2) **Memoria DRAM:** Kingston KF548C38-32  
**Costo estimado:** \$150 por módulo de 32GB  
**Cantidad:** 4 módulos para un total de 128GB  
**Costo total:** \$600
- 3) **Disco Duro:** Corsair MP700 PRO  
**Costo estimado:** \$200
- 4) **Tarjeta de Red:** Intel X550-T2 Dual Port 10GbE  
**Costo estimado:** \$350

- 5) **Fuente de Poder:** 500W 80+ Platinum  
**Costo estimado:** \$100
- 6) **Chasis:** Chasis Lian Li Dynamic 011D EVO RGB WHITE + KIT 3FANS TL  
**Costo estimado:** \$200
- 7) **Placa Madre:** GIGABYTE X670E AORUS PRO X  
**Costo estimado:** \$263 **Costo total:** \$6,713 USD

#### CONCLUSIÓN

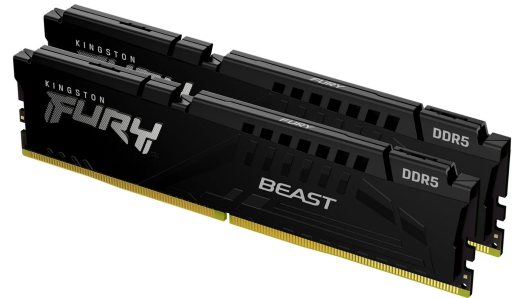
Con esta configuración, obtenemos un servidor de alto rendimiento adecuado para aplicaciones exigentes, con un costo total estimado de \$6,713 USD por servidor. Con la capacidad de disipación térmica del chasis de 14 kW, podemos alojar hasta 38 de estos servidores en un rack, lo que maximiza el uso del espacio y la capacidad de energía disponible.

## IMÁGENES



(a) Procesador

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=zzXOueirHiQ>



(b) Memoria DRAM

Fuente: <https://www.networkhardwares.com/es/products/fury-beast-32gb-2-x-16gb-ddr5-sdram-memory-kit-kf548c38bbk2-32>



(c) Almacenamiento

Fuente: <https://clonesyperifericos.com/comprar/ssd-corsair-mp700-pro-1tb-m-2-pcie-gen5-x4-11700-mb-s/>



(d) Tarjeta de Red

Fuente: <https://www.amazon.com/Intel-X550T2BLK-Converged-Network-Adapter/dp/B01D3ZE2EI>



(a) Fuente de Poder

Fuente: <https://www.enermax.com/en/products/platimax-d.f.-500-watt-80-plus-platinum-fully-modular-power-supply>



(b) Chasis

Fuente: <https://clonesyperifericos.com/comprar/chasis-lian-li-dynamic-011d-evo-rgb-white-kit-3fans-tl/>

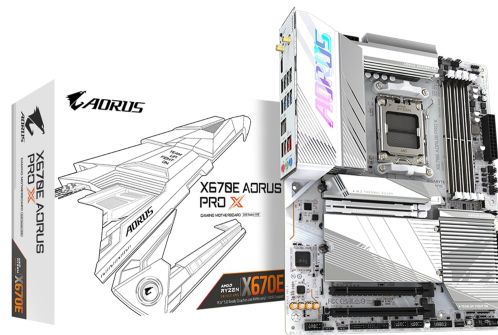


Fig. 3: Placa Madre

Fuente: <https://www.amazon.com/GIGABYTE-X670E-AORUS-PRO-X>

## REFERENCES

- [1] J.L. Hennessy, D.A. Patterson, and K. Asanović. *Computer Architecture: A Quantitative Approach*. Computer Architecture: A Quantitative Approach. Kaufmann, 2012.

[1]