

Memorias de Computador

La memoria es un componente esencial en cualquier sistema informático, ya que almacena temporal o permanentemente los datos y las instrucciones que el procesador utiliza para ejecutar tareas. Las memorias se clasifican en *volátiles* (requieren energía para mantener datos, como la RAM) y *no volátiles* (mantienen datos sin energía, como la ROM o SSD).

Pregunta 1: ¿Crees que sin memoria RAM se podría iniciar un sistema operativo?

El ordenador o móvil no ejecuta todas las acciones utilizando únicamente el disco duro, ya que si lo hiciera tardaría demasiado en ejecutarlas. Por eso, se utiliza un tipo de memoria mucho más rápida para hacer estas tareas más inmediatas, y es la encargada de almacenar las instrucciones de la CPU o los datos que las aplicaciones necesitan constantemente. Estas instrucciones quedan allí hasta que se apague el ordenador o hasta que se sustituyan por otras instrucciones nuevas.

Las aplicaciones que tienes abiertas se quedan almacenadas en la RAM, de manera que puedas utilizarlas de forma rápida sin tener que andar escribiendo continuamente tu disco duro. Por eso, cuantas más memoria RAM tienes más aplicaciones puedes utilizar a la vez, lo que afecta a la multifunción de tu dispositivo.

Por eso, la cantidad de RAM que tengas afecta directamente al rendimiento de tu dispositivo. Cuanta más tengas más aplicaciones podrás gestionar a la vez, y de ahí su importancia porque si no hay suficiente el ordenador puede ir lento.

Tipos de Memorias

Memoria de Acceso Aleatorio (RAM - Random Access Memory)

La memoria RAM es la memoria principal de un dispositivo, esa donde se almacenan de forma temporal los datos de los programas que estás utilizando en este momento, Random Access Memory en inglés, y tiene dos características que la diferencian. Por una parte una enorme velocidad, y por otra los datos e instrucciones sólo se almacenan de forma temporal. Esto quiere decir que cuando reinicies o apagues tu ordenador, lo normal es que los datos e instrucciones que tuviera almacenados se pierdan.

En la memoria RAM es donde se cargan todas las instrucciones que hace el procesador y algunas otras unidades del computador

Se llama memoria de acceso aleatorio porque se puede leer y escribir en cualquiera de sus posiciones de memoria sin necesidad de respetar un orden secuencial para su acceso. Esto permite no tener prácticamente intervalos de espera para el acceso a la información.

A pesar de que la memoria puede llegar a ser muy útil debido a que se pueden ejecutar algunas aplicaciones teniendo poca memoria disponible, al mismo tiempo llega a estorbar y dañar fuertemente el funcionamiento del ordenador, debido a que hace mucho más lento al ordenador.

Es indispensable saber elegir un buen ordenador, y decidir sobre la memoria RAM que debe tener es algo imprescindible. Por lo tanto es recomendable que el dispositivo tenga una memoria superior a los 8GB, ya que con esta cantidad de memoria podremos gestionar el sistema operativo y aplicaciones pesadas sin ningún problema. A título de profesionales necesitaremos más.

La RAM máxima recomendada en un PC en el 2025 varía según el uso, pero 16 GB son suficientes para tareas generales y 32 GB son recomendados para usuarios más exigentes como jugadores profesionales, ingenieros, científicos y usuarios multimedia. Para sistemas de 64 bits, la capacidad máxima que se puede aprovechar puede ser de hasta 128 GB o incluso más.

El límite exacto de RAM que puede admitir tu PC depende de la placa base y del sistema operativo

<https://www.crucial.mx/articles/about-memory/how-much-ram-does-my-computer-need>

Ver los límites de memoria física

<https://learn.microsoft.com/es-es/windows/win32/memory/memory-limits-for-windows-releases>

<https://learn.microsoft.com/es-es/windows/win32/memory/virtual-address-space-and-physical-storage>

Características:

- Volátil.
- Velocidad alta (nanosegundos de latencia).
- Acceso directo por direcciones.

Explicación de las memorias hasta la X3D Cache.

<https://www.youtube.com/watch?v=0meqGr8EkvE>

Memoria DIMM y memoria SODIMM



DIMM



SoDIMM



MicroDIMM

Modulo Memoria RAM DIMM (Módulos de memoria en línea dual)

DIMM (Dual In-line Memory Module) es un tipo de módulo de memoria RAM utilizado principalmente en computadoras de escritorio, servidores y estaciones de trabajo. Se llama así porque los contactos de los chips de memoria están ubicados en dos filas paralelas, una en cada lado del módulo.

- Características principales
 - Tamaño físico: Más grande que SODIMM (aproximadamente 13 cm de largo).
 - Pines: Generalmente tiene 288 pines (en DDR4) o 284 pines (en DDR5).
 - Ancho de bus: Opera en un bus de 64 bits (o 72 bits con ECC- Error Correcting Code).
 - Voltaje: Depende de la generación (por ejemplo, DDR4: 1.2V, DDR5: 1.1V).
- Tipos comunes
 - Unbuffered DIMM (UDIMM): Unregistered Dual In-Line Module o en español, Módulo de Memoria con contactos sin registro. Este tipo de memoria no tiene registro entre la RAM y el controlador, lo que requiere mayor carga en el controlador de memoria RAM, de forma que éste soportará menos cantidad de módulos y por lo tanto, obtendremos menos capacidad total en un solo equipo. Usado en PCs y servidores básicos.
 - Registered DIMM (RDIMM): Registered Dual In-Line Memory Modules, o en español, Módulos de Memoria con Contactos Duales Registrados. Este tipo de memoria RAM es muy segura ya que cuenta con un registro de lo almacenado en ellas y de las entradas y salidas entre el controlador y el módulo de memoria RAM. Con registro para reducir la carga eléctrica, ideal para servidores.

- ECC DIMM: Memoria con corrección de errores, crítica en servidores y sistemas de alta disponibilidad.
- Aplicaciones: Servidores, computadoras de escritorio y estaciones de trabajo.
- Sistemas que requieren alta capacidad y rendimiento (hasta terabytes en servidores).

Modulo Memoria RAM DIMM (Small Outline Dual In-line Memory Module)

SODIMM (Small Outline Dual In-line Memory Module) es una versión compacta de DIMM, diseñada para dispositivos con espacio limitado como laptops, ultrabooks y miniPCs.

- Características principales
 - Tamaño físico: Más pequeño que DIMM (aproximadamente 6.7 cm de largo).
 - Pines:
 - DDR3/DDR4: 204 pines.
 - DDR5: 262 pines.
 - Ancho de bus: Generalmente 64 bits (en DDR4/DDR5) o 32 bits (en módulos antiguos como SDR SODIMM).
 - Voltaje: Similar a DIMM, pero optimizado para bajo consumo (ejemplo: 1.2V en DDR4).
 - Tipos comunes
 - Memoria sin código de corrección de errores Non-ECC SODIMM: Usado en dispositivos móviles y PCs básicos.
 - Memoria con código de corrección de errores ECC SODIMM: Raro, pero presente en laptops profesionales o servidores compactos.
 - Aplicaciones:
 - Laptops, ultrabooks, all-in-one PCs y dispositivos embebidos.
 - Sistemas donde el espacio y la eficiencia energética son prioritarios.

Comparación DIMM vs. SODIMM

Característica	DIMM	SODIMM
Tamaño	~13 cm	~6.7 cm
Pines	288 (DDR4), 284 (DDR5)	204 (DDR3/DDR4), 262 (DDR5)
Uso principal	Escritorio, servidores	Laptops, dispositivos móviles
Capacidad máxima	Hasta 256 GB (DDR5)	Hasta 64 GB (DDR5)
Consumo energético	Mayor vs SODIMM	Menor (optimizado para móviles)
Compatibilidad	No compatible con SODIMM	No compatible con DIMM

Consideraciones técnicas

- **Compatibilidad:** Un módulo DIMM no funciona en un zócalo SODIMM y viceversa.
- **Velocidad y latencia:** Las frecuencias (MHz) y timings (CL) afectan el rendimiento.
- **Dual Channel:** Ambos formatos permiten configuraciones de doble canal para mayor ancho de banda.
- **Futuro:** La transición a DDR5 y CXL (Compute Express Link) podría redefinir los estándares de memoria.

DIMM y SODIMM son fundamentales en la ingeniería de sistemas, adaptándose a las necesidades de rendimiento, portabilidad y eficiencia energética. Su elección depende del tipo de dispositivo y las exigencias del sistema, desde servidores empresariales hasta dispositivos móviles. Comprender sus diferencias y evolución permite a los ingenieros diseñar soluciones óptimas para cada escenario tecnológico.

Dual Channel, o doble canal, es una forma de usar la memoria RAM en la que se aprovechan dos módulos de RAM al mismo tiempo, en lugar de uno solo. En Dual Channel, el procesador y la placa base están diseñados para que la transferencia de datos se realice a través de dos canales separados. Esto significa que se pueden transferir datos de forma simultánea, lo que duplica el ancho de banda disponible.

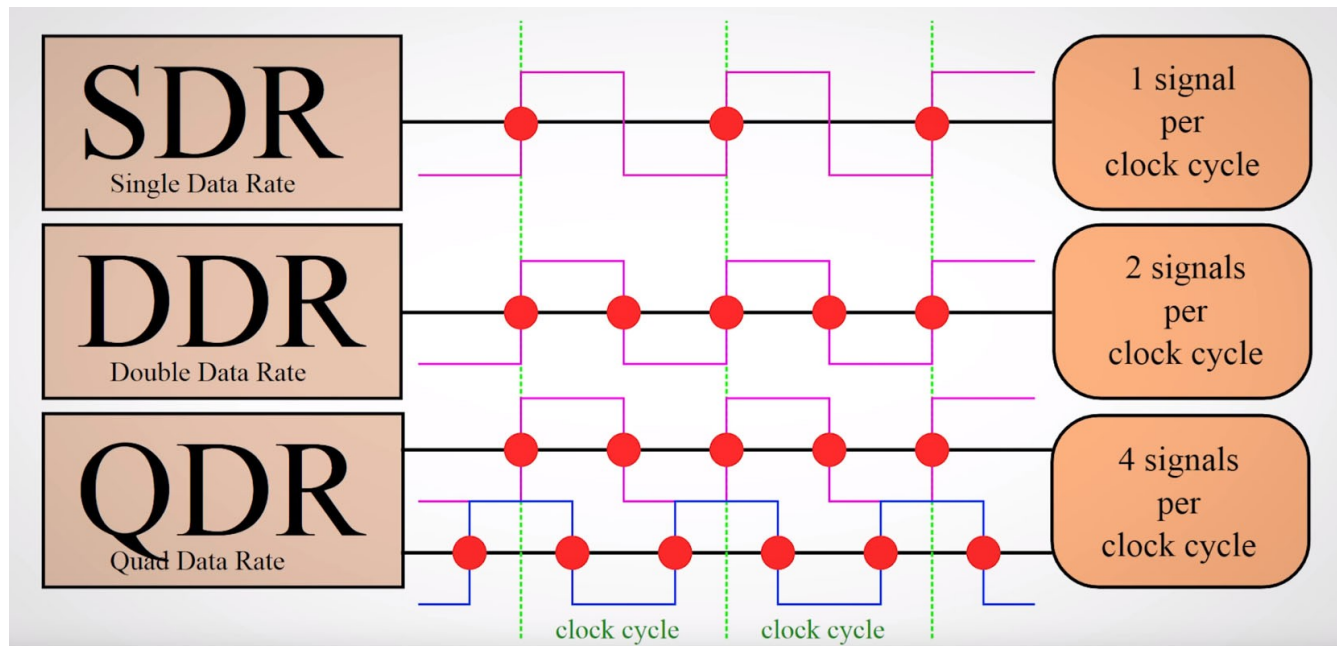
La principal ventaja de Dual Channel es el aumento en la velocidad de transferencia de datos, lo que se traduce en una mejora general del rendimiento del sistema. Esto puede ser especialmente notorio en tareas que requieren un uso intensivo de la memoria, como juegos, edición de video, o tareas de multitarea. Para aprovechar el Dual Channel, se deben utilizar dos módulos de RAM iguales en capacidad y velocidad, y la placa base debe estar diseñada para soportar la tecnología Dual Channel. Además, es importante instalar los módulos en las ranuras de la placa base que están diseñadas para Dual Channel, que suelen estar marcadas con diferentes colores.

¿Qué diferencia hay con Single Channel?

En Single Channel, solo se utiliza un módulo de RAM a la vez, lo que reduce el ancho de banda y, por lo tanto, la velocidad de transferencia de datos.



Subtipos de RAM:



Existen en la actualidad dos tipos de esta memoria, una de ellas es la memoria RAM dinámica, abreviada como DRAM, y la otra sería la memoria estática, conocida como memoria SRAM. Estos tipos de memorias solo se diferencian por el tipo de tecnología que usan para almacenar los datos que en ellas se guardan; siendo la más popular entre ambas la memoria dinámica.

DRAM (Dynamic RAM)

- Lleva este nombre motivado a que ella necesita actualizarse miles de veces en un segundo.
- Arquitectura: Usa condensadores y transistores para almacenar bits.
- Ventajas: Bajo costo y alta densidad.
- Desventajas: Requiere refresco constante (consume energía).
- Uso común: Memoria principal en computadoras.

SRAM (Static RAM)

- No necesita actualizarse miles de veces en un segundo
- Arquitectura: Utiliza circuitos flip-flop para almacenar bits.
- Ventajas: Mayor velocidad y menor consumo (sin refresco).
- Desventajas: Costo elevado y baja densidad.
- Uso común: Memoria caché (L1, L2, L3).

Otros subtipos de RAM

SDRAM (Synchronous Dynamic RAM)

- Sincronizada con el reloj del sistema.
- Ejemplo: Memoria SDRAM PC100 (100 MHz).

DDR SDRAM (Double Data Rate SDRAM)

Por ahora, la última generación de memorias es DDR5. En cada salto generacional, la frecuencia aumenta, pero la latencia CL también. Para «equilibrar» estos dos factores, debe aumentar la frecuencia, así que al principio de todo no hay RAM lo suficientemente veloces.

- Generaciones
 - DDR1/DDR2/DDR3/DDR4/DDR5: Cada generación mejora ancho de banda y eficiencia energética.
 - DDR3 : Las memorias DDR3 cuenta con el encapsulado de tipo DIMM de 240 pines trabajando a 1,5 V pero la frecuencia de reloj sube hasta los 2666 MHz. La capacidad por módulo de memoria es de hasta 16 GB. Al igual que ocurre en el salto de tecnología, estas DDR3 son memorias con una latencia superior a las anteriores DDR2, y no son compatibles en instalación con las versiones anteriores.
 - DDR4: Al igual que con los anteriores saltos de generación, las memorias DDR4 introdujeron una mejora sustancial en cuanto a frecuencia de reloj, siendo posible llegar hasta los 5666 MHz. Aunque tienen una latencia superior a las anteriores y son incompatibles con las ranuras de expansión para tecnologías anteriores. Las memorias DDR4 montan módulos de 288 pines trabajando a 1,2 V.
 - DDR5: El siguiente salto en 2022 ha sido la llegada de las memorias DDR5, las cuales utilizan la misma interfaz que DDR4 con 288 contactos. Y como nos podemos esperar, mejoran sustancialmente las frecuencias hasta superar los 7000 MHz, partiendo de una frecuencia base de 4800 MHz. Esto también conlleva la subida de latencias a CL36 e incluso CL40. Aun así, estamos ante las memorias RAM más veloces del mercado.
- Velocidades típicas
 - DDR4: 2133–3200 MT/s (Millones de Transferencias por segundo).
 - DDR5: 4800–8400 MT/s.
- Uso común: Memoria principal en PCs, servidores y dispositivos móviles.

LPDDR (Low Power DDR)

- Optimizada para dispositivos móviles (teléfonos, tablets).
 - Ejemplo: LPDDR5 con bajo consumo y altas velocidades (~6400 Mbps).

Timings en RAM

Los "timings" de la memoria RAM son parámetros que determinan la latencia, es decir, el tiempo de espera o retraso entre operaciones dentro de la memoria. Estos timings, representados como una serie de números (ej: 16-18-18-38), influyen en la velocidad con la que la memoria puede responder a las solicitudes de la CPU y otros componentes del sistema.

<https://www.youtube.com/watch?v=cKdAqnQL7mY>

El significado de los números:

- CL (Latencia CAS):
 - Es el tiempo que tarda la memoria en responder a una solicitud de la CPU para acceder a una columna específica de datos. Un CL más bajo significa una respuesta más rápida.
- tRCD (Retardo de fila a columna):
 - Indica el tiempo que tarda la memoria en abrir una fila y acceder a la columna deseada.

- tRP (Tiempo de precarga de fila):
 - Es el tiempo que tarda la memoria en precargar una nueva fila después de acceder a una fila anterior.
- tRAS (Tiempo activo de fila):
 - Determina el tiempo mínimo que una fila debe permanecer abierta para permitir la lectura o escritura de datos.

<https://www.profesionalreview.com/2018/07/21/latencia-memoria-ram/>

Grafica de Latencia (CL o CAS vs MT/s (Megatransfers per Second ó millones de bytes por Segundo))

CL \ MT/s		1600	1866	2133	2400	2666	2800	3000	3200	3333	3400	3466	3600	3733	3866	4000
8	9	10,00	8,57	7,50	6,67	6,00	5,71	5,33	5,00	4,80	4,71	4,62	4,44	4,29	4,14	4,00
	10	11,25	9,65	8,44	7,50	6,75	6,43	6,00	5,63	5,40	5,29	5,19	5,00	4,82	4,66	4,50
	11	12,50	10,72	9,38	8,33	7,50	7,14	6,67	6,25	6,00	5,88	5,77	5,56	5,36	5,17	5,00
	12	13,75	11,79	10,31	9,17	8,25	7,86	7,33	6,88	6,60	6,47	6,35	6,11	5,89	5,69	5,50
	13	15,00	12,86	11,25	10,00	9,00	8,57	8,00	7,50	7,20	7,06	6,92	6,67	6,43	6,21	6,00
	14	16,25	13,93	12,19	10,83	9,75	9,29	8,67	8,13	7,80	7,65	7,50	7,22	6,96	6,73	6,50
	15	17,50	15,01	13,13	11,67	10,50	10,00	9,33	8,75	8,40	8,24	8,08	7,78	7,50	7,24	7,00
	16	18,75	16,08	14,06	12,50	11,25	10,71	10,00	9,38	9,00	8,82	8,66	8,33	8,04	7,76	7,50
	17	20,00	17,15	15,00	13,33	12,00	11,43	10,67	10,00	9,60	9,41	9,23	8,89	8,57	8,28	8,00
	18	21,25	18,22	15,94	14,17	12,75	12,14	11,33	10,63	10,20	10,00	9,81	9,44	9,11	8,79	8,50
	19	22,50	19,29	16,88	15,00	13,50	12,86	12,00	11,25	10,80	10,59	10,39	10,00	9,64	9,31	9,00
	20	23,75	20,36	17,82	15,83	14,25	13,57	12,67	11,88	11,40	11,18	10,96	10,56	10,18	9,83	9,50
	21	25,00	21,44	18,75	16,67	15,00	14,29	13,33	12,50	12,00	11,76	11,54	11,11	10,72	10,35	10,00

Latencia de RAM en ns / profesionalreview.com

Importancia de los timings:

- Rendimiento:
 - Los timings más bajos generalmente resultan en un mejor rendimiento, ya que la memoria responde más rápido.
- Estabilidad:
 - Unos timings muy ajustados pueden generar inestabilidad en el sistema, especialmente si no se ajustan correctamente los voltajes.
- Overclocking:
 - Al overclockear la memoria, es crucial ajustar los timings para lograr estabilidad y un rendimiento óptimo.

¿Cómo afectan los timings al rendimiento?

La latencia (tiempo de espera) que definen los timings es un factor crucial en el rendimiento de la RAM. Unos timings más bajos, especialmente la Latencia CAS (CL), permiten que la memoria responda más rápidamente a las solicitudes de la CPU, lo que puede mejorar el rendimiento en tareas que requieren una gran cantidad de acceso a la memoria, como juegos, edición de video y

<https://www.crucial.com/support/articles-faq-memory/what-are-memory-timings>

<https://hardzone.es/tutoriales/overclocking/timings-memoria-ram/>

<https://www.crucial.es/articles/about-memory/difference-between-speed-and-latency>

Que aplicaciones consumen más memoria RAM

Para ello, hay que abrir el Administrador de Tareas. Tenemos tres formas muy sencillas de ejecutarlo. Por un lado, hacer la combinación de teclas Ctrl + Alt+ Supr nos llevará directamente a esta interfaz.

Una segunda opción consiste en hacer click con el botón derecho del ratón sobre la barra de inicio y seleccionar “Iniciar el administrador de tareas”.

Una tercera opción, es ir a la barra de búsqueda de Windows 10 y escribir “administrador de tareas” para que ejecute su interfaz.

Administrador de tareas

Busca por nombre, editor o PID

Procesos

Ejecutar nueva tarea Finalizar tarea Modo de rendimiento

Nombre	Estado	26% CPU	78% Memoria	6% Disco	2% Red
> Firefox (51)		2,6%	3.049,0 MB	0,1 MB/s	0 Mbps
> Brave Browser (16)		3,4%	645,6 MB	0 MB/s	1,7 Mbps
> Mozilla Thunderbird (3)		0%	298,4 MB	0 MB/s	0 Mbps
> LibreOffice		0%	222,9 MB	0 MB/s	0 Mbps
> Dropbox (7)		0,5%	211,5 MB	0,1 MB/s	0 Mbps
> WhatsApp (2)		0%	188,5 MB	0 MB/s	0 Mbps
> Antimalware Service Executable		2,1%	141,0 MB	0,1 MB/s	0 Mbps
VmmemWSA		0%	91,8 MB	0 MB/s	0 Mbps
Aislamiento de gráficos de dis...		0,6%	78,0 MB	0 MB/s	0 Mbps
> Administrador de tareas		2,2%	71,1 MB	0,1 MB/s	0 Mbps
> Microsoft Edge (6)		0%	63,0 MB	0,1 MB/s	0 Mbps
Secure System		0%	62,9 MB	0 MB/s	0 Mbps
> Microsoft Teams (8)		0,1%	62,5 MB	0 MB/s	0 Mbps
> Google Drive (9)		0,2%	62,0 MB	0,1 MB/s	0 Mbps
Administrador de ventanas de...		0,2%	52,1 MB	0 MB/s	0 Mbps

<https://www.crucial.mx/articles/about-memory/how-much-ram-does-my-computer-need>

Memoria de Solo Lectura (ROM - Read-Only Memory)

- Propósito: Almacenamiento permanente de firmware (ej.: BIOS).
- Características
 - No volátil.
 - Programable una o múltiples veces.
- Subtipos
 - PROM (Programmable ROM): Programable una vez.
 - EPROM (Erasable Programmable ROM): Se borra con luz UV.
 - EEPROM (Electrically Erasable Programmable ROM): Borrado eléctrico.
- Memoria Flash: Evolución de EEPROM, permite múltiples bloques de memoria borrados simultáneamente.
 - Ejemplos
 - NAND Flash: Usada en SSDs, USBs y tarjetas SD.
 - NOR Flash: Ejecución directa de código (ej.: BIOS).

Memoria Caché

- Propósito: Acelerar el acceso a datos frecuentes entre la CPU y la RAM.
- Niveles
 - L1: Integrada en el núcleo de la CPU (velocidad extrema, tamaño pequeño: 32–256 KB).
 - L2: Entre L1 y L3 (tamaño: 256 KB–8 MB).
 - L3: Compartida entre núcleos (tamaño: 4–32 MB).
 - Tecnología: SRAM.

Memoria Virtual

- Propósito: Extensión de la RAM mediante almacenamiento secundario (ej.: disco duro o SSD).
- Características
 - Permite ejecutar programas más grandes que la RAM física.
 - Gestión mediante paginación o segmentación.

Características Clave de las Memorias

Característica	Descripción
Velocidad	Latencia (tiempo de acceso) y ancho de banda (datos por segundo)
Capacidad	Volumen de datos almacenables (GB/TB).
Volatilidad	Requiere energía (volátil) o no (no volátil).
Costo	Relación costo-capacidad (ej.: SRAM es más cara que DRAM).
Consumo Energético	Importante en dispositivos móviles (ej.: LPDDR5).

Arquitectura de Memoria

Jerarquía de Memoria

- Registros (CPU): Velocidad máxima, capacidad mínima.
- Memoria Caché (L1-L3): Equilibrio entre velocidad y capacidad.
- RAM: Almacenamiento principal.
- Memoria Secundaria (SSD/HDD): Capacidad alta, velocidad baja.

Organización Física

- Módulos de Memoria
 - DIMM (Dual In-line Memory Module): Para escritorios y servidores (168–288 pines).
 - SO-DIMM (Small Outline DIMM): Para laptops (200–260 pines).
- Canales
 - Single Channel: Un canal de comunicación con la CPU.
 - Dual/Quad Channel: Mejora el ancho de banda al usar múltiples canales.

Direccionamiento

- Direcciones Físicas: Asignadas por el controlador de memoria.
- Paginación: División de memoria en bloques (páginas) para gestión eficiente.

Velocidad y Rendimiento

- Factores que Afectan la Velocidad
 - Latencia CAS (CL): Tiempo para acceder a una columna de datos en RAM.

- Ejemplo: CL16 en DDR4-3200.
- Frecuencia del Reloj: Medida en MHz (ej.: 3200 MHz para DDR4).
- Ancho de Banda: Calculado como $\text{Frecuencia} \times \text{Tamaño de Bus} \div 8$.
- Ejemplo: DDR4-3200 (64 bits) $\rightarrow$ 25.6 GB/s.

Comparativa de Velocidades

Tipo de Memoria	Velocidad Máxima	Uso Común
SRAM	500 MHz–1 GHz	Memoria caché
DDR4 RAM	3200 MT/s	PCs y servidores
DDR5 RAM	8400 MT/s	Futuros sistemas de alto rendimiento
NAND Flash	100–1500 MB/s (SSD NVMe)	Almacenamiento secundario

Ejemplos de Memorias en el Mercado

RAM

- Corsair Vengeance DDR4-3200 (16 GB x2): Dual Channel, CL16.
- G.Skill Trident Z Neo DDR4-3600: Optimizada para AMD Ryzen.

Memoria Flash

- Samsung 980 Pro (NVMe SSD): NAND Flash 3D, 7000 MB/s.
- SanDisk Extreme Pro USB 3.2: NAND Flash TLC, 420 MB/s.

Memoria Caché

- Intel Core i9-12900K: 30 MB de caché L3 (Intel Smart Cache).

Aplicaciones y Casos de Uso

- Gamers: DDR5 y SSD NVMe para reducir tiempos de carga.
- Servidores: RAM ECC (verifica errores) y SSDs empresariales.
- Dispositivos Móviles: LPDDR5 + NAND Flash UFS 3.1.
- Sistemas Embebidos: NOR Flash para arranque rápido.

Las memorias son pilares fundamentales en el diseño de sistemas informáticos, equilibrando velocidad, capacidad y costo. La evolución de tecnologías como DDR5, NAND Flash 3D y memorias no volátiles emergentes está impulsando avances en campos como la inteligencia artificial, la computación en la nube y los dispositivos móviles. Entender sus tipos, arquitecturas y aplicaciones permite optimizar el rendimiento de cualquier equipo informático.

Fuentes

- Micron Technology (2023). DDR5 SDRAM: Next-Generation Memory.
- Samsung Electronics (2023). UFS 4.0 and NAND Flash Innovations.
- Intel Corporation (2023). Optane Persistent Memory Whitepaper.
- JEDEC Solid State Technology Association. (2023). Estándares DDR4 y DDR5.
- Crucial Technology. (2023). Guía de memorias RAM.
- Kingston Technology. (2023). Diferencias entre DIMM y SODIMM.
- <https://www.profesionalreview.com/hardware/mejores-memoria-ram/>
- <https://www.xataka.com/basics/tipos-memoria-ram-como-elegir-cual-se-adapta-a-que-necesitas>
- <https://www.profesionalreview.com/memoria-ram/>
-

Glosario

- **MT/s (Megatransferencias por segundo)** : es una medida de velocidad de transferencia de datos, especialmente utilizada para la memoria RAM DDR. Indica la cantidad de millones de transferencias de datos que pueden ocurrir en un segundo. Es una forma más precisa de medir la velocidad de la RAM que los MHz, ya que refleja la velocidad de transferencia efectiva de datos
<https://www.kingston.com/es/blog/pc-performance/mts-vs-mhz>

GPU

<https://www.youtube.com/watch?v=Qzan48j15nA>

<https://www.profesionalreview.com/2023/04/09/compute-unit-vs-cuda/>