

**Autoría:**

**Tapia Ledesma Angel Hazel**  
**Echeverria Aguilar Luis Angel**

Sistemas Operativos

# **MANEJO DE MEMORIA VIRTUAL, ESPACIO DE PAGINACIÓN Y AREA SWAP**

**Fecha: Septiembre 2025**

# HISTORIA

- En los primeros años de la computación, la memoria era un recurso extremadamente costoso y limitado.
- Durante las décadas de 1940 y 1950, los equipos solo contaban con una pequeña cantidad de memoria RAM y con dispositivos de almacenamiento secundario. Para enfrentar este problema, los primeros sistemas implementaron estrategias rudimentarias, como la ejecución secuencial de procesos o la limitación estricta de la memoria asignada a cada aplicación.
- En 1956, Fritz-Rudolf Guntsch introdujo la idea de la memoria virtual, la cual permitiría ampliar artificialmente la memoria disponible a través del uso de almacenamiento secundario. El primer sistema en implementar esta técnica de forma práctica fue el Atlas, desarrollado en la Universidad de Mánchester, que se considera pionero en la adopción de memoria virtual como parte de su arquitectura.

# ¿QUÉ ES LA MEMORIA VIRTUAL?

La memoria virtual es una técnica mediante la cual un sistema operativo simula disponer de más memoria principal de la que físicamente posee. Esto se logra utilizando parte del disco duro como extensión de la RAM.

Cuando la memoria principal se llena, los datos menos utilizados se transfieren a un espacio del disco llamado archivo de paginación o espacio de intercambio. Gracias a esta estrategia, el sistema puede ejecutar programas de gran tamaño o mantener múltiples procesos en ejecución sin necesidad de una gran cantidad de RAM.



# ¿QUÉ ES LA PAGINACIÓN?

La paginación es el método más utilizado por los sistemas operativos modernos para implementar la memoria virtual. Su funcionamiento se basa en dividir la memoria en bloques de tamaño fijo. Por un lado, la memoria física (RAM) se organiza en marcos; por otro, la memoria virtual de cada proceso se divide en páginas del mismo tamaño.

Cuando un proceso necesita acceder a un dato o instrucción, la dirección que utiliza no es una dirección física de la RAM, sino una dirección virtual. Esa dirección se compone de dos partes: el número de página y el desplazamiento dentro de esa página. Para transformar la dirección virtual en una dirección física dentro de la RAM, el sistema operativo utiliza una tabla de páginas.

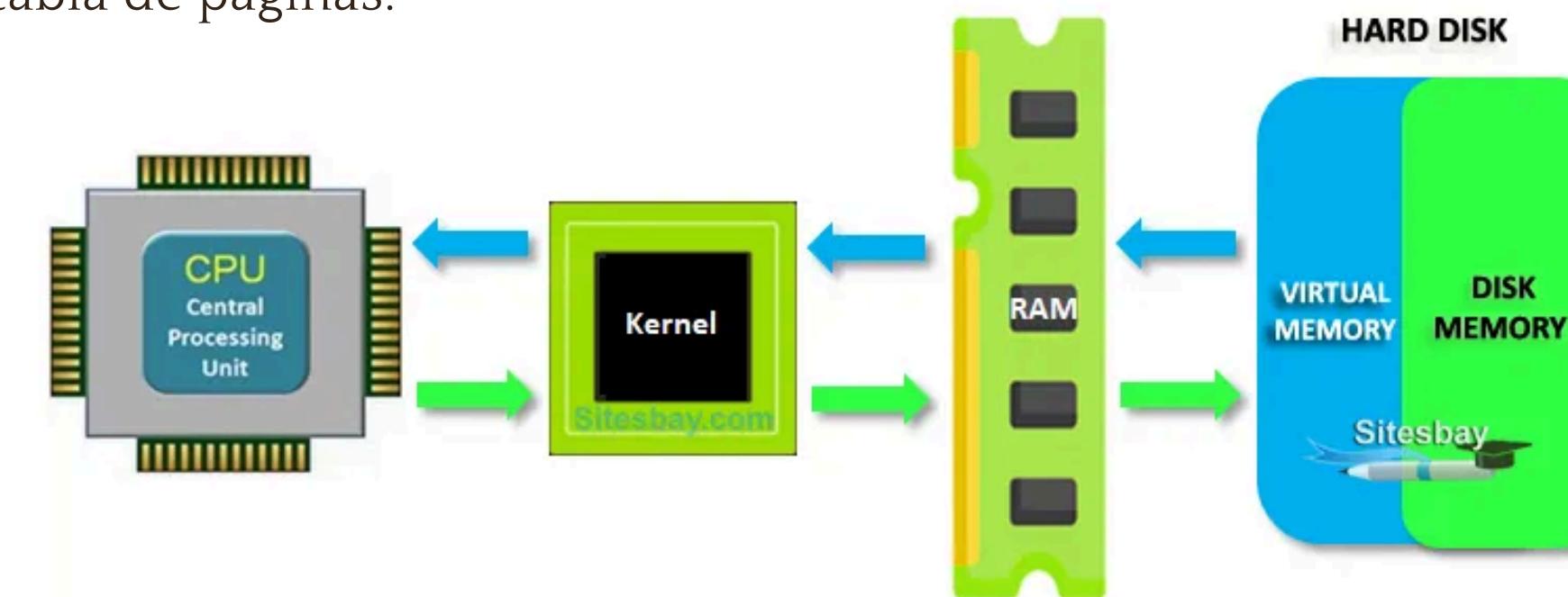


Fig: Virual Memory in Operating System

# T A B L A D E P Á G I N A S

La tabla de páginas es una estructura de datos esencial que mantiene la relación entre páginas virtuales y marcos físicos.

El acceso a la memoria se realiza de la siguiente manera: cuando la CPU solicita una dirección virtual, el sistema operativo consulta la tabla de páginas del proceso en ejecución. Si la página está en RAM, se obtiene de inmediato el marco físico correspondiente y se accede al dato.

Sin embargo, si la página no está presente, se produce lo que se denomina un fallo de página. En esta situación, el sistema operativo debe localizar la página requerida en el disco, copiarla a un marco de RAM y actualizar la tabla de páginas para que futuras referencias puedan acceder a ella directamente

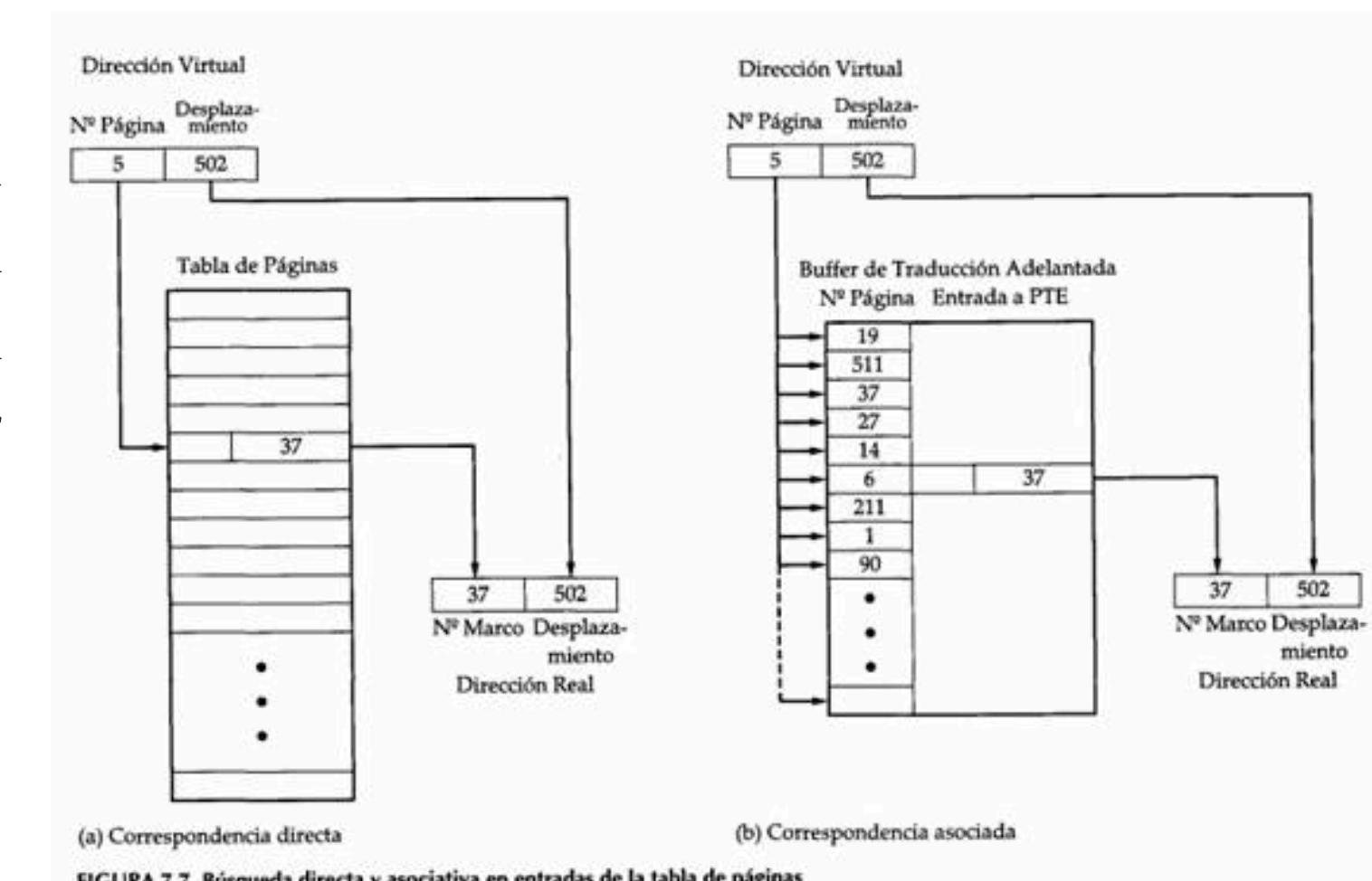
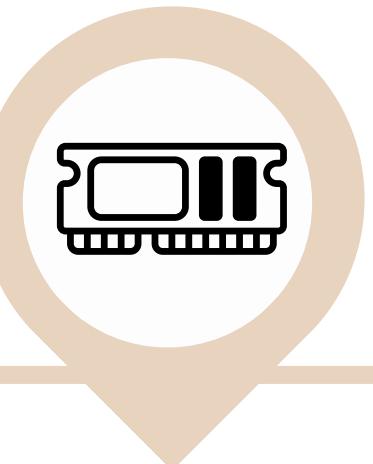


FIGURA 7.7 Búsqueda directa y asociativa en entradas de la tabla de páginas

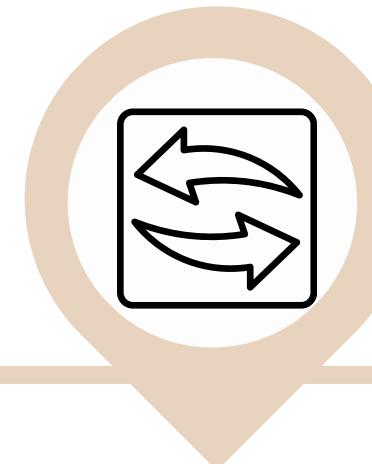
# RESUMEN DEL PROCESO DE INTERCAMBIO



1. El agotamiento de la capacidad de RAM.



2. La identificación de datos a los que no se ha accedido recientemente.



3. Transferencia de datos desde la RAM a un archivo de intercambio o una partición de memoria de intercambio dedicada.



4. Carga de datos nuevos o de datos desde la memoria de intercambio a la RAM.

# CIFRADO DE DATOS EN PARTICIÓN SWAP

**¿Es posible?**

Como vimos anteriormente, la partición swap es una especie de “extensión” de nuestra memoria RAM, y al pertenecer al disco duro, esta puede ser candidata a ser cifrada.

**¿Es conveniente?**

La respuesta es sí, ya que, cuando nosotros usamos como una extensión de la RAM, nuestro disco duro, constantemente se está escribiendo información ahí de forma no cifrada, por lo que si los algoritmos deciden enviar a esta partición datos sensibles como credenciales web o contraseñas, esta partición no tendrá una protección de cifrado como el resto del disco, por lo que es importante y recomendable que esta partición esté cifrada.

# ¿QUÉ ES EL ÁREA SWAP?

**Definición:** Extensión de la memoria RAM ubicada en el disco duro.

**Propósito principal:** Almacenar temporalmente datos que no caben en memoria principal.

**Objetivo crítico:** Garantizar estabilidad y continuidad operativa cuando la RMA se satura.

**Función en memoria virtual:** Implementa directamente el concepto teórico de memoria virtual.

El uso de memoria de intercambio trae grandes ventajas.

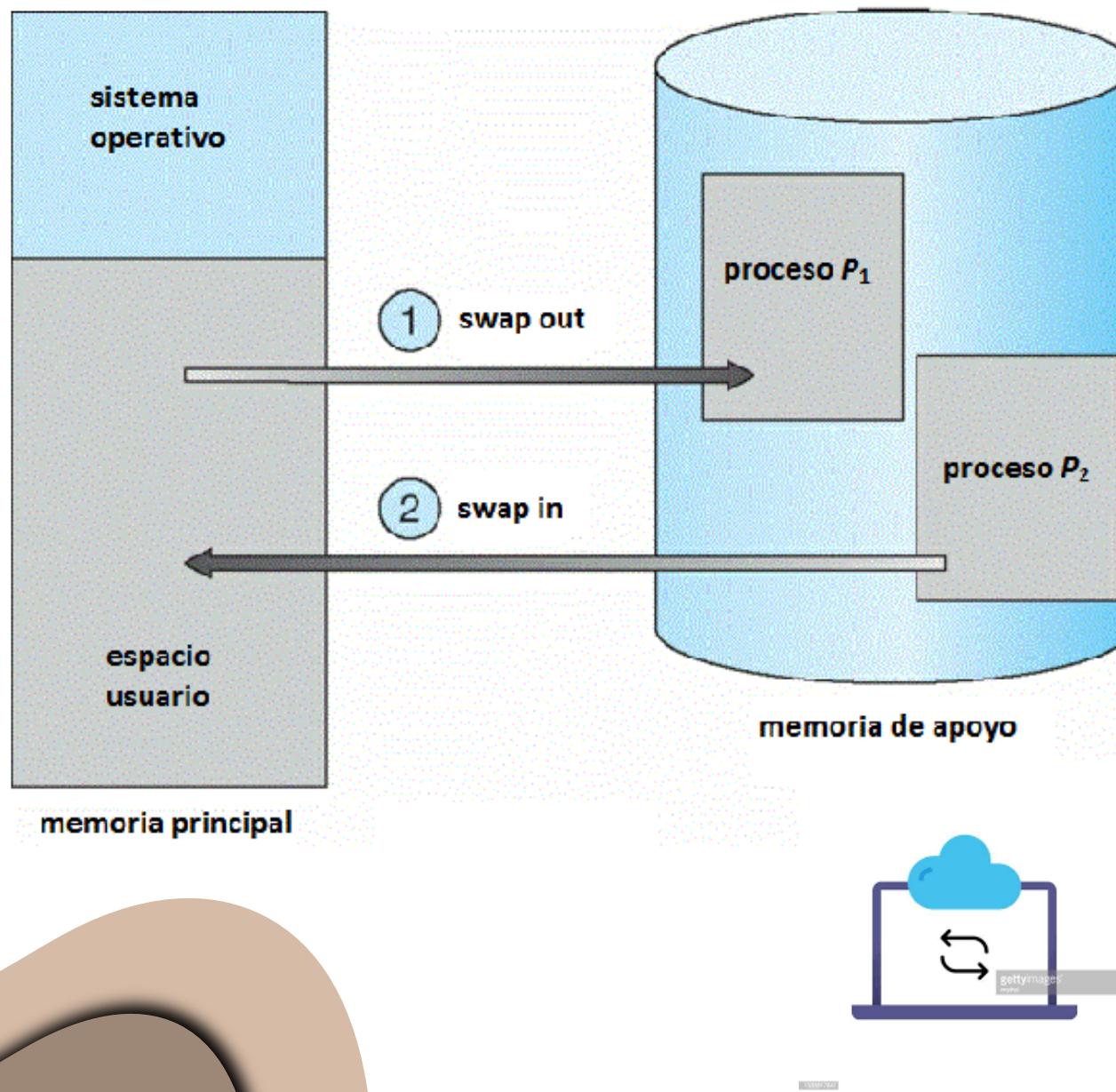
Permite optimizar la RAM, ejecutar procesos más grandes que la memoria física, evitar bloqueos cuando la RAM se satura y lograr una multiprogramación real.

Sin embargo, también existen limitaciones.

El acceso al disco es mucho más lento que a la RAM, lo que puede causar cuellos de botella en el rendimiento. Además, el uso intensivo de swap puede desgastar prematuramente los discos SSD, ya que soportan un número limitado de escrituras.

# PARTICIONES VS ARCHIVOS SWAP

Puede implementarse de dos maneras: a través de una partición dedicada del disco o mediante archivos de intercambio dentro del sistema de archivos. Ambas cumplen la misma función, pero difieren en permanencia, rendimiento, seguridad y flexibilidad de gestión.



## Particiones de Swap

- Permanentes y con tamaño fijo.
- Más seguras al estar aisladas del sistema de archivos.
- Rendimiento estable.
- Usadas en servidores y sistemas críticos.

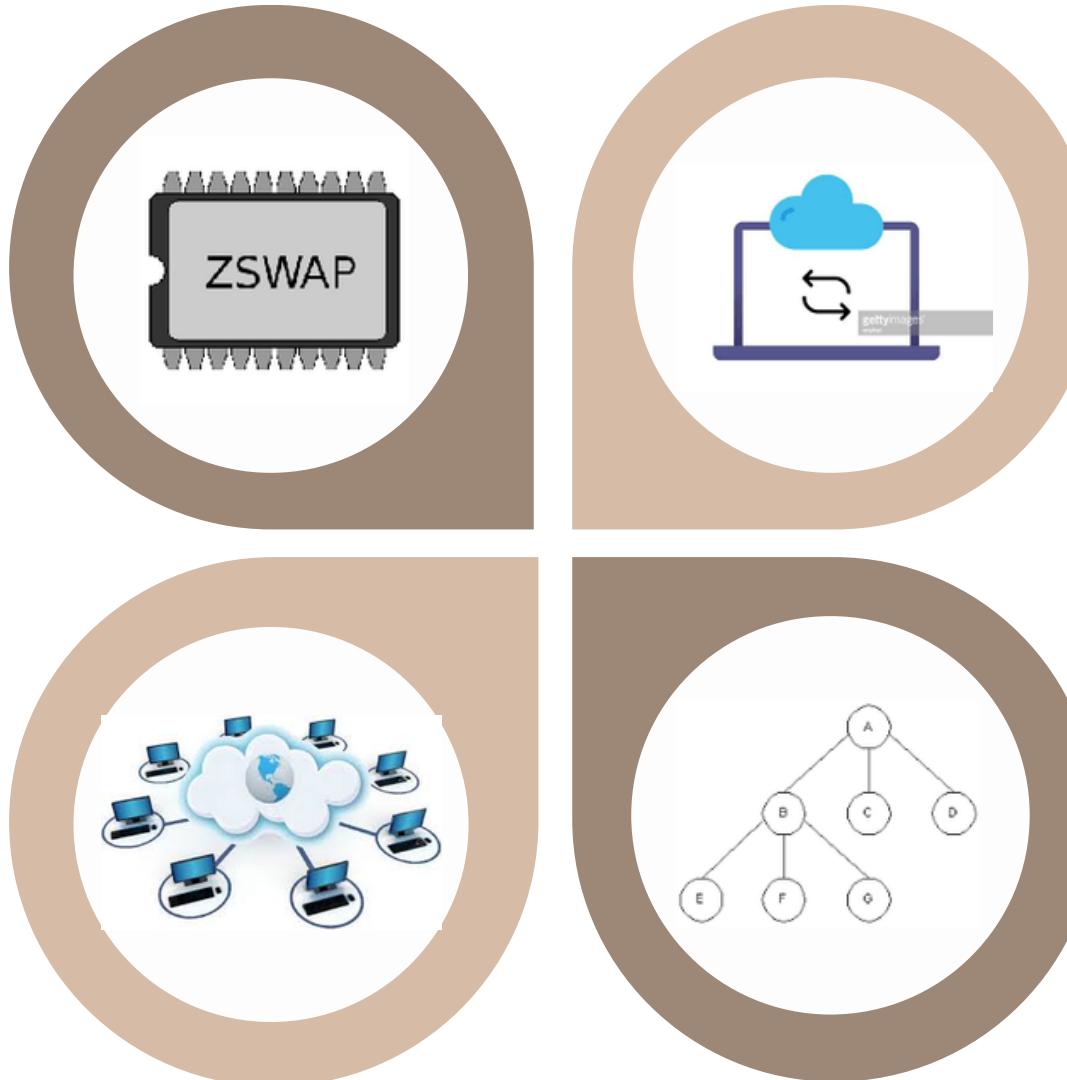
## Archivos de Intercambio

- Flexibles: se pueden crear, eliminar o redimensionar.
- Más fáciles de administrar.
- Comunes en PCs y entornos de nube.
- Más vulnerables a accesos no autorizados.

# ESQUEMAS ALTERNATIVOS DE SWAP

## 01. zRAM/zswap

- **zRAM:** Crea dispositivo de bloque comprimido dentro de la RAM
- **zswap:** Funciona como caché comprimida transparente entre RAM y swap tradicional.
- **Algoritmos de compresión:** LZ4, ZSTD, LZO.
- **Ventaja:** Almacena 2-3 veces más datos mediante compresión en el mismo espacio de RAM.
- **Ahorro de E/S:** Reduce drásticamente operaciones de lectura/escritura a disco.



## 02. Swap distribuido

- **Múltiples dispositivos:** Uso simultáneo de varios dispositivos de almacenamiento.
- **Prioridades diferenciadas:** Sistema operativo selecciona dispositivo óptimo automáticamente.
- **Criterios de selección:** Velocidad, disponibilidad actual, distribución de carga de E/S del dispositivo.
- **Rendimiento mejorado:** Paralelización de operaciones de swap.
- **Confiabilidad aumentada:** Fallo de un dispositivo no compromete todo el swap.
- **Escalabilidad:** Facilita agregar capacidad sin interrumpir operación.

## 03. Swap en red (NBD)

- **Network Block Device:** Permite externalizar memoria de intercambio a servidores remotos.
- **Latencia de red:** Trade-off entre latencia adicional y capacidad/costo.
- **Casos de uso específicos:** Sistemas con almacenamiento local muy limitado como sistemas embebidos.
- **Computación distribuida:** Nodos comparten recursos de almacenamiento especializados.
- **Centros de datos:** Servidores dedicados de alta velocidad para swap.
- **Nube híbrida:** Combinación de almacenamiento local y remoto.

## 04. Swap híbrido

- **Jerarquía Inteligente:** Utiliza algoritmos para moverse entre capas.
- **Primera capa - zRAM:** Mayor velocidad, capacidad limitada por RAM disponible.
- **Segunda capa - SSD:** Balance óptimo velocidad/capacidad para uso frecuente.
- **Tercera capa - HDD (discos mecánicos):** Mayor capacidad, menor velocidad, para casos extremos.
- **Velocidad vs Capacidad:** Cada capa optimizada para su función específica.
- **Costo-efectividad:** Uso eficiente de recursos según frecuencia de acceso.

# CONFIGURACIONES AVANZADAS DEL SWAP



## Encriptación del swap

- Protege datos sensibles.
- En Linux se implementa con LUKS, creando un contenedor cifrado.
- Garantiza que los datos previos no puedan recuperarse.
- Impacto en el rendimiento mínimo gracias a la aceleración por hardware.
- El cifrado asegura **privacidad**.



## Control de ancho de banda

- Limitan el uso de swap por proceso o contenedor.
- Evitan que un solo proceso consuma todos los recursos de E/S.
- Garantizan equidad entre usuarios en sistemas multiusuario.
- Mejoran la estabilidad y rendimiento en entornos virtualizados y en la nube.
- El control de ancho de banda mantiene la **equidad de recursos**.



## Algoritmos de compresión adaptativos

- El sistema puede elegir dinámicamente el mejor algoritmo según el tipo de datos y los recursos disponibles:
- LZ4 → máxima velocidad, ideal cuando la CPU es limitada.
- ZSTD → balance entre velocidad y eficiencia, ajustable según necesidad.
- LZO → estable y predecible, usado en sistemas embebidos.
- Estos algoritmos reducen el uso de disco al comprimir los datos del swap, mejorando la eficiencia general.
- La compresión adaptativa **optimiza el rendimiento** según las condiciones del sistema.

# MITIGACIÓN DE DESVENTAJAS

## 01. Optimización para SSD

- **zRAM prioritario:** Reduce escrituras físicas al usar RAM comprimida primero
- **Swappiness ultra-bajo (1-10):** Sistema evita swap excepto en emergencias
- **tmpfs para temporales:** Directorios /tmp y /var/tmp en RAM cuando es posible.
- **Wear leveling a nivel SO:** Distribución de escrituras para evitar desgaste localizado.



## 02. Monitoreo y alertas proactivas

- **Scripts automatizados:** Monitoreo continuo del uso de swap mediante herramientas de sistema.
- **Umbrales configurables:** Alertas cuando uso excede porcentajes predefinidos.
- **Intervención preventiva:** Permite acción correctiva antes de degradación crítica
- **Integración con sistemas de monitoreo:** Conexión con Nagios, Zabbix, Prometheus.

## 03. Gestión térmica y de energía

- **Restricciones térmicas:** Swap puede generar calor adicional por actividad de disco.
- **Algoritmos adaptativos:** Reducen actividad de swap en condiciones adversas.
- **Priorización de estabilidad:** Sistema sobre rendimiento máximo cuando es necesario.
- **Sensores térmicos:** Monitoreo de temperatura para tomar decisiones de swap.
- **Estados de energía:** Ajuste de comportamiento según nivel de batería.

## 04. Tendencias y mejores prácticas actuales

- Con más RAM en los sistemas, el swap se usa como respaldo, no como recurso principal.
- Se recomiendan configuraciones híbridas: pequeñas cantidades de zRAM + swap tradicional como seguridad.
- En contenedores, la gestión de swap se hace a nivel de host para optimizar recursos.
- En la nube, se emplea swap dinámico que se ajusta según la carga.
- En servidores de alto rendimiento, se usan configuraciones estáticas adaptadas a cada caso.

# FUNCIONAMIENTO DEL SWAP

El swap funciona mediante dos procesos principales:

- **Swapping out:** Mover datos poco usados de la RAM al disco.
- **Swapping in:** Traerlos de vuelta cuando vuelven a ser necesarios.

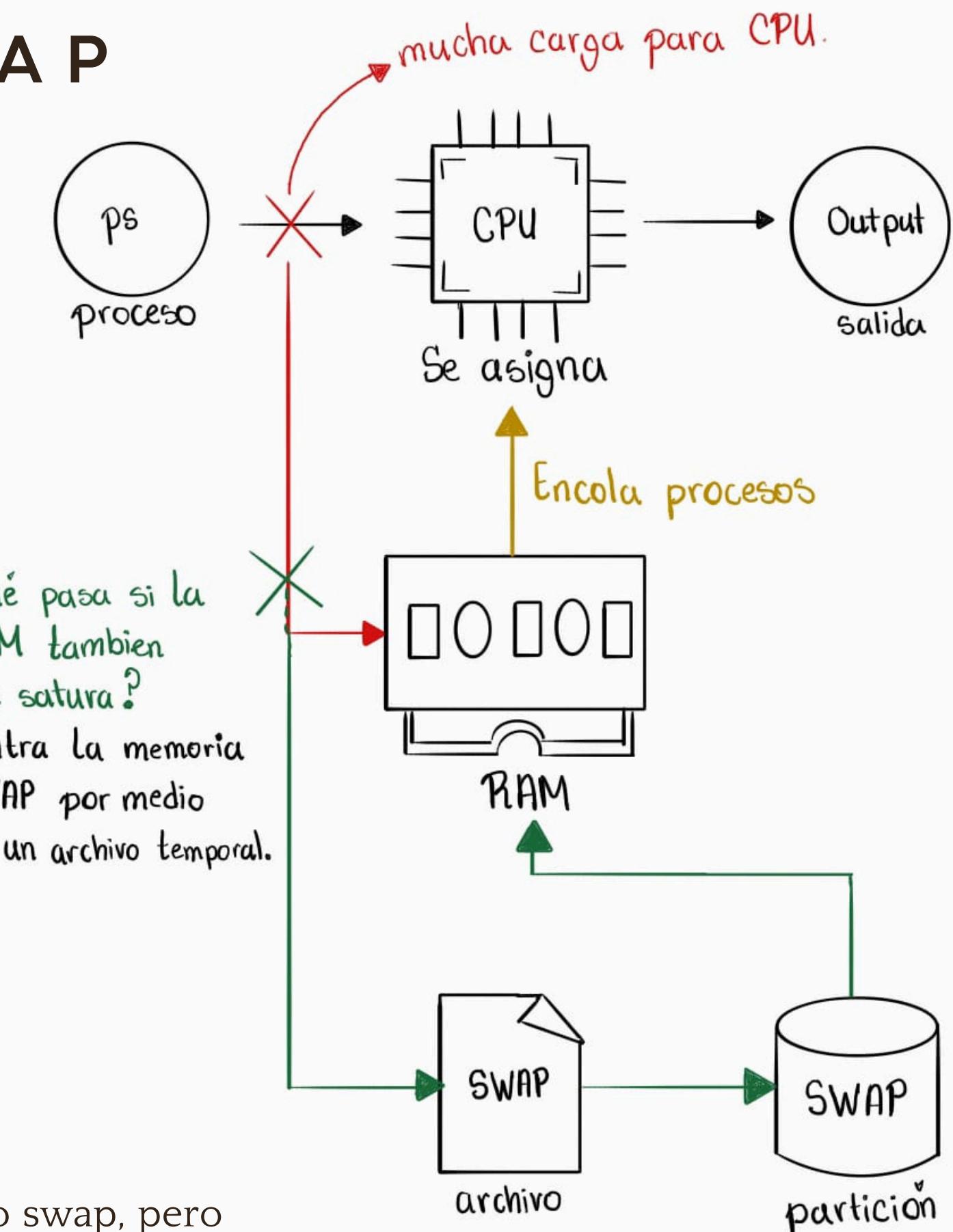
Si se abusa del swap, el sistema entra en thrashing, una situación en la que dedica más tiempo a mover datos que a ejecutar procesos, reduciendo drásticamente el rendimiento.

## TAMAÑO DEL ÁREA SWAP

Considerando “a rule of thumb” para determinar la cantidad de swap recomendada varía según la RAM, sugiriendo asignar el doble de su valor:

Amount of RAM installed in system	Recommended swap space	Recommended swap space with hibernation
≤ 2GB	2X RAM	3X RAM
2GB - 8GB	= RAM	2X RAM
8GB - 64GB	4G to 0.5X RAM	1.5X RAM
>64GB	Minimum 4GB	Hibernation not recommended

En sistemas antiguos se aplicaba la regla de asignar el doble de la RAM como swap, pero en equipos modernos con decenas o cientos de GB, esta recomendación resulta obsoleta.



# EJEMPLO DE CREACIÓN DE PARTICIÓN SWAP

Se busca crear una partición swap de 300 MB y que arranque automáticamente (Sabemos que es un espacio asignado pequeño, pero es para entender su configuración).

## Procedimiento en línea de comandos linux:

```
//Primero debes asegurarte de ser usuario root.  
#free -h // Muestra el uso actual de memoria y swap en formato legible.  
#parted /dev/vdb unit MB print free //Muestra la tabla de particiones y  
espacio libre en MB.  
#fdisk /dev/vdb //Abre el editor de particiones para el disco /dev/vdb.  
//Ya dentro del menú interactivo (editor de particiones) seleccionar lo  
siguiente:  
• p //Imprime/muestra la tabla de particiones actual.  
• n //Crea una nueva partición.  
• p //Selecciona partición primaria.  
• enter //Número de partición dejarlo por default  
• enter //Sector inicial dejarlo por default  
• +300M //Se define el tamaño de la partición  
• p //Muestra la nueva partición creada  
//Buscaremos cambiar el tipo de partición que se creó inicialmente.  
• t //Cambia el tipo de partición.  
• 2 //Selecciona la partición 2 (default), ya que es sobre la que queremos  
trabajar.  
• 82 //Define el tipo como Linux swap
```

- p //Verifica que se haya modificado el tipo de partición a swap
  - w //Escribe/guarda los cambios en el disco.
- ```
#partprobe -s //Actualiza la tabla de particiones en el kernel.  
#mkswap /dev/vdb2 //Formatea la partición como swap  
#swapon -s //Muestra los dispositivos swap activos  
#swapon /dev/vdb2 //Activa el dispositivo swap específico.  
#swapon -s //Muestra los dispositivos swap activos  
#free -h //Verifica que el swap esté funcionando.  
#vim /etc/fstab  
//Modificar el archivo de config. manualmente para que se mantenga  
agregando:  
• /dev/vdb2 none swap defaults 0 0 //hasta abajo  
//Guardar y salir de vim  
#swapon -a //activa todos los swaps del fstab para probar el dispositivo  
swap  
#cat /etc/fstab //verificamos que se haya guardado bien la modificación en  
el fstab.  
#systemctl reboot o #reboot //Reiniciar el sistema.  
//Volverse a conectar al servidor o iniciar sistema.
```

## Referencias

- Alonso. R. (Agosto, 2025). “¿Qué es el archivo de paginación? ¿Necesitas tenerlo en tu PC?”. Recuperado el 31 de agosto de 2025 de: <https://hardzone.es/noticias/juegos/que-pasaria-gamers-jugando-simultaneos/>
- AIX. (2024, November 5). Ibm.com. <https://www.ibm.com/docs/es/aix/7.2.0?topic=management-paging-space-virtual-memory>
- ¿Cómo se administra la memoria física limitada mediante la memoria virtual y la paginación? (2023). Linkedin.com. <https://es.linkedin.com/advice/0/how-do-you-manage-limited-physical-memory-using?lang=es&lang=es>
- GeeksforGeeks. (2017, February 10). Virtual Memory in Operating System. GeeksforGeeks. <https://www.geeksforgeeks.org/operating-systems/virtual-memory-in-operating-system/>
- 9.15.5. Esquema de particionamiento recomendado | Guía de Instalación | Red Hat Enterprise Linux | 6 | Red Hat Documentation. (2025). Redhat.com. [https://docs.redhat.com/es/documentation/red\\_hat\\_enterprise\\_linux/6/html/installation\\_guide/s2-diskpartrecommend-x86](https://docs.redhat.com/es/documentation/red_hat_enterprise_linux/6/html/installation_guide/s2-diskpartrecommend-x86)
- Archivo swap: ¿qué es y por qué es necesario? | Lenovo México. (2021). Lenovo.com. [https://www.lenovo.com/mx/es/glosario/archivo-swap/?orgRef=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F&srsltid=AfmBOoppkQvJpLOhZ5kl\\_FGEDRAwDDR7YhdSqygz3KLGBa2MVETFK-h](https://www.lenovo.com/mx/es/glosario/archivo-swap/?orgRef=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F&srsltid=AfmBOoppkQvJpLOhZ5kl_FGEDRAwDDR7YhdSqygz3KLGBa2MVETFK-h)
- Zivanov, S. (2023, August 30). Swap Memory: What It Is & How It Works. Knowledge Base by PhoenixNAP. <https://phoenixnap.com/kb/swap-memory>
- de swap., O. A. las B. del M. del Á. (s/f). “MANEJO DEL AREA DE SWAP”. Unam.mx. Recuperado el 1 de septiembre de 2025, de <https://estiglia.fi-b.unam.mx/Linux/archive/pdf/prared08.pdf>
- Orovengua J. (Mayo, 2023). “¿Cómo deshabilitar la partición SWAP permanentemente en linux”. Recuperado el 7 de septiembre de 2025 de: <https://www.linuxparty.es/75-hardware/11564-como-deshabilitar-la-particion-swap-permanentemente-en-linux.html>
- Valero C. (Agsoto, 2025). “Cómo gestionar la memoria virtual en windows 10 y 11”. Recuperado el 7 de septiembre de 2025 de: <https://www.adslzone.net/esenciales/windows-10/archivo-paginacion-windows-10/>
- NotFromBrooklyn. (Mayo, 2015). “cifrar swap”. Recuperado el 7 de septiembre de 2025 de: <https://notfrom.wordpress.com/2015/05/26/cifrar-swap/>
- Nelson J. (Marzo, 2016). “What is the mac swapfile? Can you delete it?”. Recuperado el 8 de septiembre de 2025 de: <https://notebooks.com/2016/03/09/what-is-the-mac-swapfile-can-you-delete-it/>
- zswap – The Linux Kernel documentation. (s/f). Kernel.org. Recuperado el 7 de septiembre de 2025, de <https://docs.kernel.org/admin-guide/mm/zswap.html>
- Physical Memory – The Linux Kernel documentation. (s/f). Kernel.org. Recuperado el 6 de septiembre de 2025, de [https://docs.kernel.org/mm/physical\\_memory.html](https://docs.kernel.org/mm/physical_memory.html)
- Pons, J. (2023, julio 6). La memoria swap en Linux: esencial para un rendimiento óptimo. Aprendo Linux. <https://aprendolinux.com/la-memoria-swap-en-linux/>
- Introducción, 1. (s/f). 9. Administración de Memoria: Memoria Virtual. Edu.uy. Recuperado el 9 de septiembre de 2025, de [https://www.fing.edu.uy/tecnoinf/mvd/cursos/so/material/teo/so09-memoria\\_virtual.pdf](https://www.fing.edu.uy/tecnoinf/mvd/cursos/so/material/teo/so09-memoria_virtual.pdf)

M u c h a s  
G R A C I A S

[www.unsitiogenial.es](http://www.unsitiogenial.es)