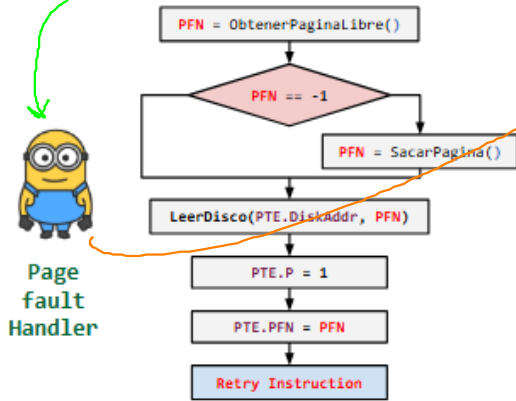
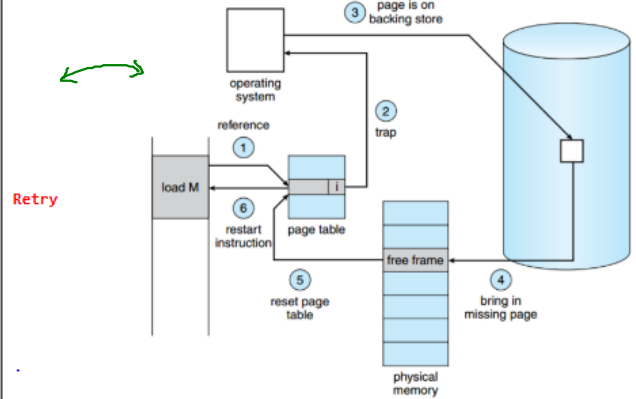
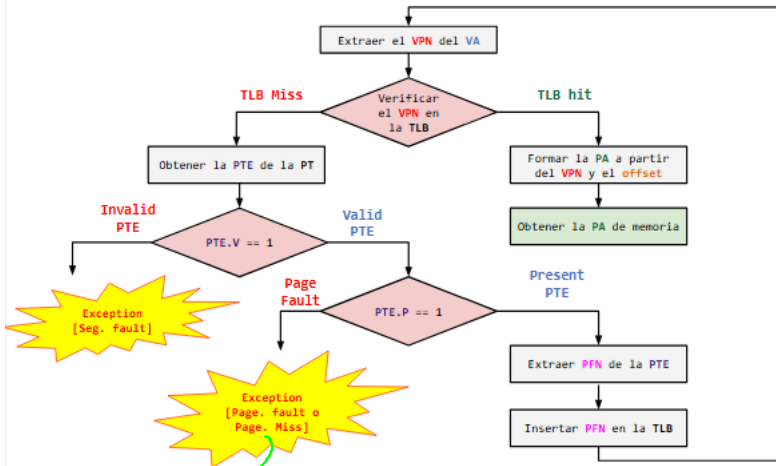
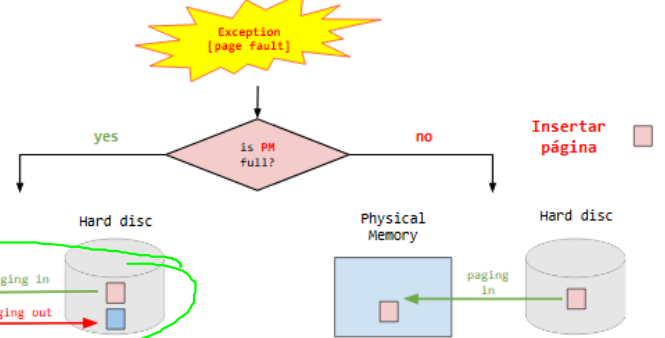


09/10/2025 - Sistemas Operativos (Ude@)

1. Clase anterior (Mas alla de la memoria fisica)



Page fault Handler



full

Como se hace el reemplazo

2. Politicas de reemplazo

¿Cómo decidir cuál página reemplazar?
¿Cómo decide el SO cuál página (o páginas) sacar de memoria?

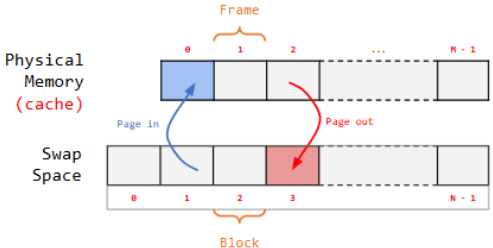
Quien es la persona de malas a la que voy a sacar del ~~avion~~ memoria fisica.

Respuesta:

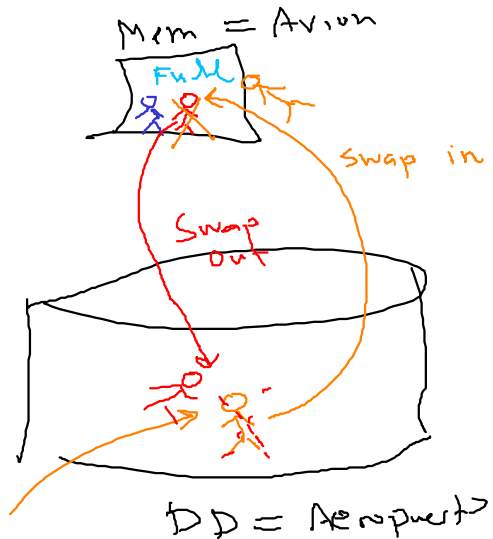
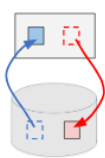
Mediante el uso de una política de reemplazo (Replacement policy)

* Memoria fisica como cache

La **memoria física** mantiene un **subconjunto** de todas las páginas por lo que puede ser vista como una especie de **memoria caché para páginas de memoria virtual**.



Page fault ↔ Cache miss

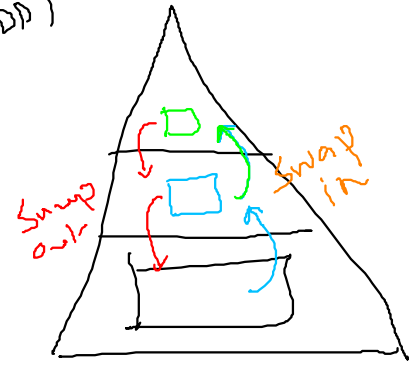
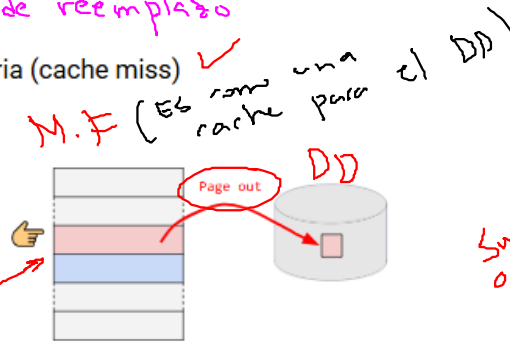


* Objetivo de la política de reemplazo

Minimizar el número de ausencias en memoria (cache miss) ✓

Cuando el uso de memoria es alto:

- El SO saca páginas (page out) de la memoria física.
- Espacio libre para páginas con mayor uso.



Las políticas de reemplazo definen los criterios para seleccionar cuál página debe salir de memoria.

Volvemos al tema de las métricas.

3. Métricas

Con el número de hits y misses en la memoria podemos calcular el **AMAT** (Average Memory Access Time)

$$AMAT = P_HIT * T_M + P_MISS * T_D$$

Argument	Meaning
T_M	The cost of accessing memory ✓
T_D	The cost of accessing disk ✓
P_HIT	The probability of finding the data item in the cache (a hit)
P_MISS	The probability of not finding the data in the cache (a miss)



$$P_HIT \rightarrow 1 \quad 0 < P_MISS \leq 1$$

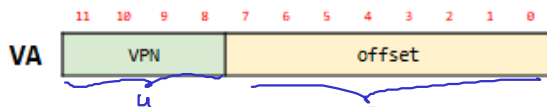
$$AMAT = T_M + P_MISS * T_D$$

Como vemos esto?

Se tiene un espacio de direcciones de 4 KB dividido en páginas de 256 B. Determine el formato de la dirección virtual para este caso.

Datos:

- size(AS) = 4 KB = $(2^2)(2^{10}) = 2^{12}$
- size(page) = 256 B = 2^8
- $n(VA) = n = 12$
- $n(VPN) = ?$
- $n(offset) = ?$

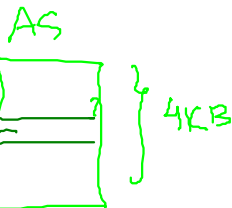


$$4 \text{ KB} = 4(2^{10}) = 2^2 \cdot 2^{10} = 2^{12} \rightarrow n = 12$$

$$256 = 2^8 \rightarrow n(offset) = 8$$

$$n(VPN) = 12 - 8 = 4$$

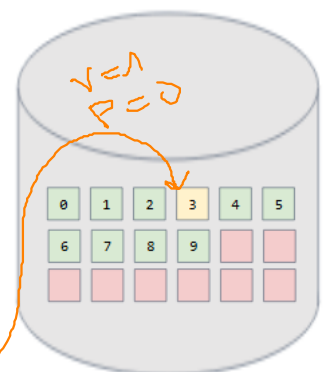
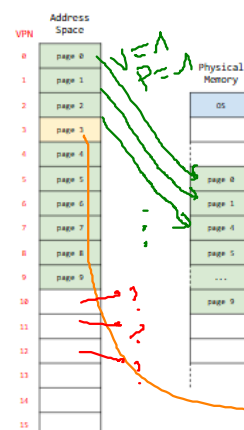
$$size(page) = 256 \text{ B}$$



La siguiente tabla muestra de manera resumida las referencias a memoria.

V	P	VPN
1	1	0, 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9.
1	0	3
0	x	10, 11, 12, 13, 14, 13

V	P	VPN
1	1	0, 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9
1	0	3
0	x	10, 11, 12, 13, 14, 13



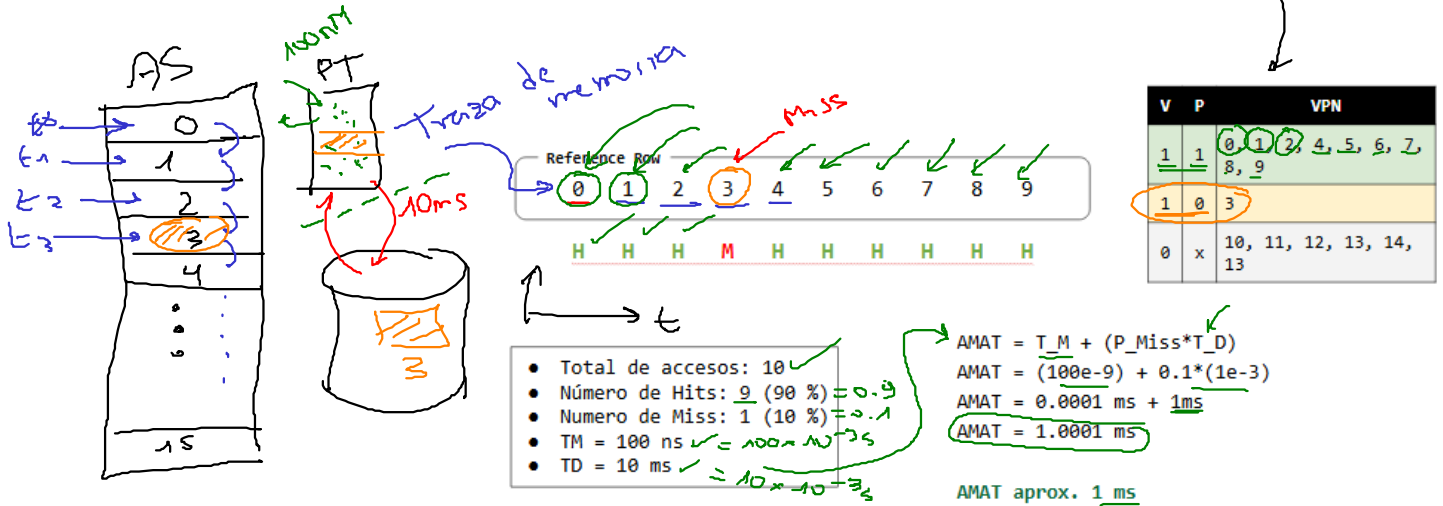
Haga un bosquejo de estas en memoria

Ejemplo:

Suponga que un proceso lleva a cabo el acceso a memoria de acuerdo a la siguiente traza:

Reference Row									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Suponiendo que $TD = 10\text{ms}$ y $TM = 100\text{ ns}$. ¿Cual es el valor de AMAT?



¿Que pasa si P_{Miss} cae?

Analicemos la siguiente tabla teniendo en cuenta los mismos valores de TD y TM del ejemplo anterior ($TD = 10\text{ ms}$ y $TM = 100\text{ ns}$).

P_Hit	P_Miss	AMAT
90 %	10 %	1.0001 ms
99.9 %	0.1 %	10.1 us
100 %	0 %	100 ns

$$AMAT = T_M + P_{MISS} * T_D$$

- Conclusión:** El costo debido al acceso al disco es tan alto, que aún P_{Miss} pequeños dominan sobre el $AMAT$ de los programas en ejecución.
- Solución:** Evitar tantos Miss como sea posible.

4. Políticas

Introducción

- Las políticas definen los criterios para seleccionar cuál página debe salir de memoria.
- Algunas políticas que vamos a estudiar de enuncian a continuación:
 1. Política de reemplazo óptimo (Optimal Replacement Policy).
 2. Política de reemplazo FIFO.
 3. Política de reemplazo aleatoria.
 4. Política de reemplazo LRU (Least Recently Used).

a. Política del reemplazo óptimo

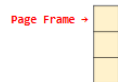
- Propuesta por László Bélády en 1966.
- Se reemplaza la página que se accede más lejos en el futuro.
- Asegura el menor número de misses (ausencias).
- Fácil de describir - Imposible de implementar.
 - No es práctica, solo sirve para comparar (caso más ideal).
 - Se requiere que el sistema tenga conocimientos de los eventos futuros.



- Asuma que un programa accede a diferentes páginas virtuales de acuerdo con el orden mostrado en la siguiente traza de memoria:

Reference Row										
0	1	2	0	1	3	0	3	1	2	1

- Asuma además que se tiene una memoria de tres frames:



- ¿Cual es la tasa de hits al aplicar la política de reemplazo óptima (OPT)?

Libro

Access	Hit/Miss?	Evict	Resulting Cache State
0	Miss		0
1	Miss		0, 1
2	Miss		0, 1, 2
0	Hit		0, 1, 2
1	Hit		0, 1, 2
3	Miss	2	0, 1, 3
0	Hit		0, 1, 3
3	Hit		0, 1, 3
1	Hit		0, 1, 3
2	Miss	3	0, 1, 2
1	Hit		0, 1, 2

- Hits: 6
- Miss: 5
- Hit Rate:

Ideal

$$P_{Hit} = Hits / (Hits + Miss)$$

$$P_{Hit} = 6 / 11 = 0.545$$

$$P_{Hit} = 54.5 \%$$

Problema:

- Futuro no conocido. ✓
- Solución no real.

b. Política de reemplazo FIFO

- Reemplaza la página que ha entrado primero.
- Las páginas entran a una cola cada que llegan a memoria.
- Cuando se requiere un reemplazo, se selecciona la página al final de la cola (la primera que entró).

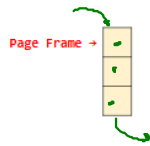
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> Fácil de implementar 	<ul style="list-style-type: none"> No puede determinar la importancia de las páginas.

Ejemplo

- Asuma que un programa accede a diferentes páginas virtuales de acuerdo con el orden mostrado en la siguiente traza de memoria:

Reference Row
0 1 2 0 1 3 0 3 1 2 1

- Asuma además que se tiene una memoria de tres frames:



- ¿Cual es la tasa de hits al aplicar la política de reemplazo FIFO?

FIFO

0	1	2	0	1	3	0	3	1	2	1
0	0	0	0	0	3	3	3	3	2	2
M	M	M	H	H	M	M	H	M	M	H
					(0)	(1)		(2)	(3)	

Access	Hit/Miss?	Evict	Resulting Cache State
0	Miss	×	First-in → 0
1	Miss	×	First-in → 0, 1
2	Miss	×	First-in → 0, 1, 2
0	Hit	✓	First-in → 0, 1, 2
1	Hit	✓	First-in → 0, 1, 2
3	Miss	0	First-in → 1, 2, 3
0	Miss	1	First-in → 2, 3, 0
3	Hit		First-in → 2, 3, 0
1	Miss	2	First-in → 3, 0, 1
2	Miss	0	First-in → 0, 1, 2
1	Hit		First-in → 0, 1, 2

- Hits: 4
- Miss: 7

- Hit Rate:

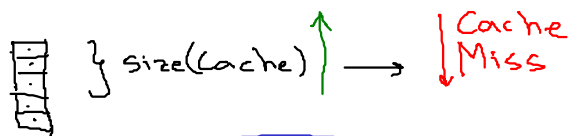
$$P_{Hit} = Hits / (Hits + Miss)$$

$$P_{Hit} = 4 / 11 = 0.364$$

$$P_{Hit} = 36.4\%$$

→ Next class

→ Anomalia de Belady

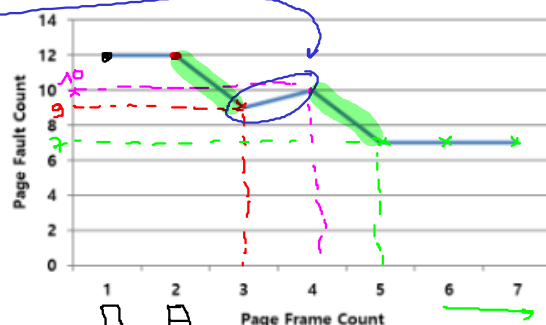


Anomalia de Bélády

- Se espera que el número de hits aumente cuando se aumenta la memoria.
- FIFO a veces es peor!!!

Access
12

Reference Row
1 2 3 4 1 2 5 1 2 3 4 5



Reference:	1	2	3	4	1	2	5	1	2	3	4	5
PF rate = 9/12	1	1	1	4	4	4	5	5	5	5	5	5
	Miss	Miss	Miss	Miss	Miss	Miss	Miss	Hit	Hit	Miss	Miss	Hit

Reference:	1	2	3	4	1	2	5	1	2	3	4	5
PF rate = 10/12	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5	4	4
	Miss	Miss	Miss	Miss	Hit	Hit	Miss	Miss	Miss	Miss	Miss	Miss

c. Política de reemplazo Random (Aleatoria)

- **Selecciona de manera aleatoria** la página a reemplazar
- No tiene en cuenta qué bloque de datos se saca de memoria.
- Desempeño es **aleatorio** (Depende de la suerte cuando se elige la página a reemplazar).

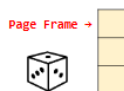


Ejemplo

- Asuma que un programa accede a diferentes páginas virtuales de acuerdo con el orden mostrado en la siguiente traza de memoria:

Reference Row
0 1 2 0 1 3 0 3 1 2 1

- Asuma además que se tiene una memoria de tres frames:



	0	1	2	0	1	3	0	3	1	2	1
0 →	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 →		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2 →			2	2	2	2	3	3	3	2	2
	M	M	M	H	H	M	H	H	H	M	H

Handwritten notes: *index(2)*, *index(3)*, *[0,1,2]*, *[0,1,2]*

- ¿Cual es la tasa de hits al aplicar la política de reemplazo aleatoria?

Reference row →	0	1	2	0	1	3	0	3	1	2	1
Σ0] Page Frame →	0	0	0	0	0	3	3	3	1	1	1
[1]		1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
[2]			2	2	2	2	2	2	2	2	2
	M	M	M	H	H	M	M	H	H	H	H
Evict →						0	1	3			

Handwritten notes: *[0]*, *[1]*, *[2]*, *[0]*, *[1]*, *[3]*

Access	Hit/Miss?	Evict	Resulting Cache State
0	Miss		0
1	Miss		0, 1
2	Miss		0, 1, 2
0	Hit		0, 1, 2
1	Hit		0, 1, 2
3	Miss	0	1, 2, 3
0	Miss	1	2, 3, 0
3	Hit		2, 3, 0
1	Miss	3	2, 0, 1
2	Hit		2, 0, 1
1	Hit		2, 0, 1

- Hits: 5 ✓
- Miss: 6 ✓

- Hit Rate:

$$P_{Hit} = Hits / (Hits + Miss)$$

$$P_{Hit} = 5 / 11 = 0.4545$$

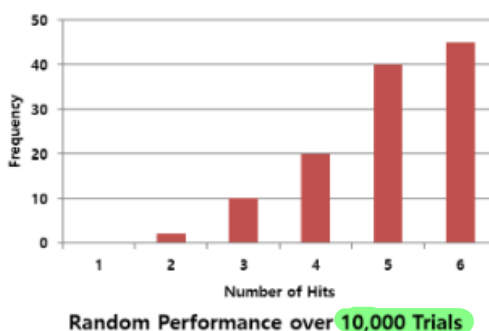
$$P_{Hit} = 45.45 \%$$

El desempeño depende de la suerte que se tenga al elegir los reemplazos.

Comparación de las Políticas (Opt vs. FIFO vs. Random)

- La política FIFO es la peor pues no puede determinar la importancia de los bloques accedidos.
- El desempeño de la política RANDOM varía y depende de la suerte de la suerte que se tenga al elegir los reemplazos

Política	Hit rate
OPT	54.5 %
FIFO	36.4 %
RANDOM	45.45 %



OPT (Random)
RANDOM
FIFO

d. Política de reemplazo LRU

Uso de la información del pasado

- Si no puede ver el futuro... **analice el pasado!**
- Dos tipos de información histórica

Como es la política LRU?

- Reemplace la página menos recientemente usada.
- Usa el pasado para predecir el futuro.
- Cuando hay localidad la política LRU se aproxima al OPT.

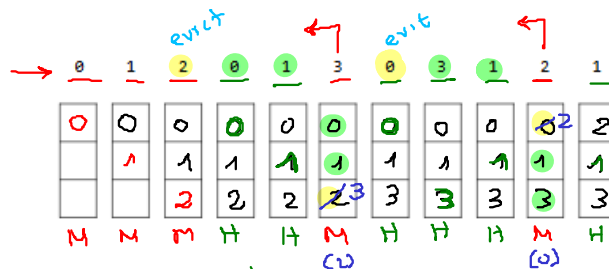
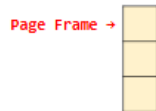
Información histórica	Descripción	Algoritmo
Frequency	Si una página ha sido accedida muchas veces, no debería ser reemplazada.	LFU
Recency	Una página que haya sido recientemente accedida, es muy probable que sea accedida de nuevo.	LRU

Ejemplo

- Asuma que un programa accede a diferentes páginas virtuales de acuerdo con el orden mostrado en la siguiente traza de memoria:

Reference Row
0 1 2 0 1 3 0 3 1 2 1

- Asuma además que se tiene una memoria de tres frames:



- ¿Cuál es la tasa de hits al aplicar la política de reemplazo LRU?

Solución

Access	Hit/Miss?	Evict	Resulting Cache State
0	Miss		LRU → 0
1	Miss		LRU → 0, 1
2	Miss		LRU → 0, 1, 2
0	Hit		LRU → 1, 2, 0
1	Hit		LRU → 2, 1, 0
3	Miss	2	LRU → 0, 1, 3
0	Hit		LRU → 1, 3, 0
3	Hit		LRU → 1, 3, 0
1	Hit		LRU → 0, 3, 1
2	Miss	0	LRU → 3, 1, 2
1	Hit		LRU → 3, 2, 1

- Hits: 6
- Miss: 5

- Hit Rate:

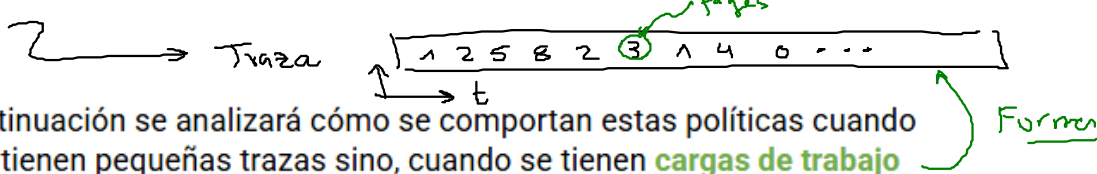
$$P_{Hit} = Hits / (Hits + Miss)$$

$$P_{Hit} = 6 / 11 = 0.545$$

$$P_{Hit} = 54.5 \%$$

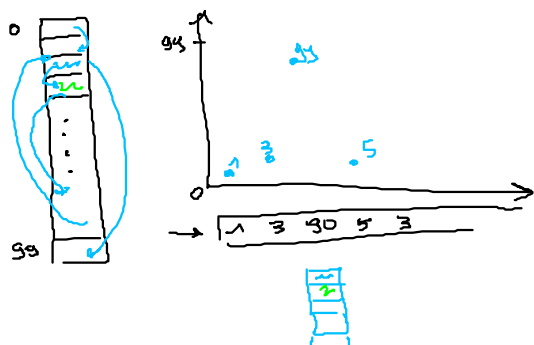
El desempeño depende de la suerte que se tenga al elegir los reemplazos

5. Workload



- A continuación se analizará cómo se comportan estas políticas cuando no se tienen pequeñas trazas sino, cuando se tienen **cargas de trabajo (workload)** más complejas.
- Casos a analizar:
 - Workload sin localidad.
 - Workload con localidad 80-20.
 - Workload en ciclo secuencial.

→ Workload: sin localidad



Cada referencia es una página aleatoria dentro de un conjunto de páginas a las que se accede.

Experimento:

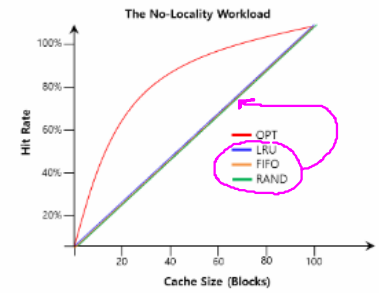
- Se acceden a 100 páginas [0,99] únicas a lo largo del tiempo (sobre un total de 1000 referencias).
- La próxima página a elegir se toma al azar.

Traza	1	3	3	99	34	...	3
Acceso (i)	1	2	3	4	5	...	1000

- El tamaño de la cache se pone a variar desde un tamaño muy pequeño de 1 hasta un tamaño de 100.

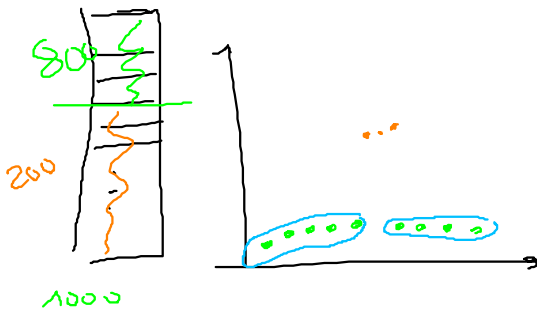
Comportamiento:

- No importa cual de las políticas implementables (FIFO, RANDOM o LRU) se este usando, el desempeño (tasa de hits) es el mismo para todos los casos.
- A medida que aumenta el tamaño de la cache el desempeño mejora.
- Cuando la cache es lo suficientemente grande para ajustarse al Workload, no tiene sentido cuál política usar pues todas convergen al 100 % de hit rate cuando los bloques referenciados llenan la cache.
- La política OPT se desempeña notablemente mejor que las políticas realistas pues el mirar a futuro hace que el trabajo de reemplazo sea mejor.



When the cache is large enough to fit the entire workload, it also **doesn't matter** which policy you use.

→ Workload: 80 - 20



- Localidad:
 - 20% de las páginas reciben el 80% de las referencias.
 - El 20% de referencias restantes se hacen al otro 80% de las páginas.

Pages	0	1	...	3	4	...	N - 1
Porción	20 %			80 %			
Referencias (%)	80 %			20 %			

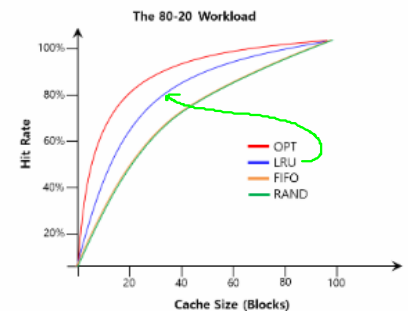
Experimento:

- Se realizan 1000 accesos (80% - 20%) sobre un conjunto de 100 páginas.
- El tamaño de la cache se pone a variar desde un tamaño muy pequeño de 1 hasta un tamaño de 100.

Comportamiento:

Para este caso más cercano a la realidad. Se observa que:

- La política LRU tiene un mejor desempeño que las políticas FIFO y RAND gracias a la localidad.
- La política OPT nuevamente es la mejor mostrando que, la información histórica de la LRU no es perfecta.



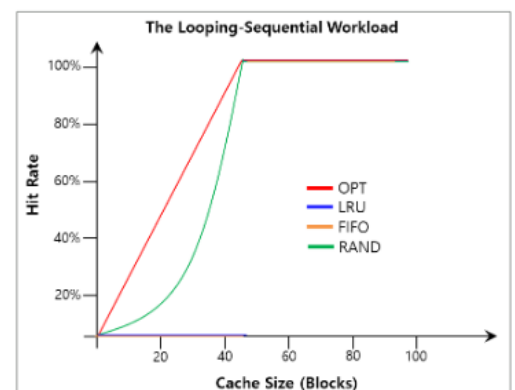
LRU is more likely to hold onto the **hot pages**.

→ Workload: Looping sequential

- Se hace referencia a 50 páginas (0, 1, 2,..., 49) de manera secuencial repitiendo estos accesos (0, 1, 2,..., 49, 0, 1, 2,..., 49,...) hasta alcanzar los 10000 accesos sobre estas 50 páginas.

Comportamiento:

- Cuando la cache es menor a 50 y el acceso es realizado de manera ordenada, se van a tener siempre fallos de memoria.
 - Las políticas LRU y FIFO tienen un desempeño de 0 % en la tasa de hits.
 - La política RANDOM se comporta un poco mejor pues puede cambiar de manera aleatoria





6. Implementación de algoritmos con historia


5	Martes	9/9	Acelerando la traducción de direcciones: TLB	19	09	Clase 9 - 11 videos - 0:50
	Jueves	11/9	Más allá de la memoria física: mecanismos	21	11	Clase 10 - 10 videos - 0:58
6	Martes	16/9	Más allá de la memoria física: políticas	22	24	Clase 11 - 11 videos - 1:18
	Jueves	18/9	Más allá de la memoria física: políticas	22	24	Clase 11 - 11 videos - 1:18
7	Martes	23/9	Short presentations - Proposal - Final Project			
	Jueves	25/9	Short presentations - Proposal - Final Project			
8	Martes	30/9	Examen 1 - Módulos 1 y 2			
	Jueves	2/10	Concurrencia e Hilos	25	26	Clase 12 - 9 videos - 1:17
9	Martes	7/10	Locks	27	28	Clase 13 - 8 videos - 1:07
	Jueves	9/10	Variables de condición	30	15	Clase 15 - 4 videos - 0:40
10	Martes	14/10	Semáforos	31	16	Clase 16 - 10 videos - 1:18
	Jueves	16/10	Problemas de Concurrencia	32	34	Clase 17 - 10 videos - 1:08
11	Martes	21/10	Variables de condición	30	15	Clase 15 - 4 videos - 0:40
	Jueves	23/10	Semáforos	31	16	Clase 16 - 10 videos - 1:18
12	Martes	28/10	Problemas de Concurrencia	32	34	Clase 17 - 10 videos - 1:08
	Jueves	30/10	Short presentations - Work in progress - Final Project			
13	Martes	4/11	Short presentations - Work in progress - Final Project			
	Jueves	6/11	Dispositivos de Entrada / Salida	35	36	Clase 18 - 9 videos - 0:57
14	Martes	11/11	Discos Duros	37	19	Clase 19 - No disponible
	Jueves	13/11	RAIDs	38	20	Clase 20 - 11 videos - 1:05
15	Martes	18/11	Implementación de sistemas de archivos	40	22	Clase 22 - 12 videos - 1:06
	Jueves	20/11	SSD	44	46	
16	Martes	25/11	Taller de ejercicios			

Perdone las molestias (ver videos).

Taller Opcional Módulo 2 - Virtualización de memoria.

 taller2-2 virtualizacion-Memoria 2024-2

 taller2-2 virtualizacion-Memoria 2024-2 sol

 Actividad de seguimiento - Virtualizacion de Memoria (2025/2)

Fecha de entrega: 19/10/2025

Descripción: Siguiendo las instrucciones dadas en el siguiente [link](#) desarrolle los ejercicios que allí se plantean y adjunte un pdf del procedimiento (a mano) en el link dispuesto para esto.

Nota: Una vez realice el procedimiento a mano, tome las fotos de este y genere un pdf que contenga todo el procedimiento ordenado y claramente sustentado. El archivo adjunto deber ser nombrado de la siguiente manera: `seg2_nombre_apellido_CC.pdf`

Enunciado