

## INFRAESTRUCTURA COMPUTACIONAL - ISIS2203

### CASO 2

Gabriela Escobar *g.escobar23@uniandes.edu.co*

Franklin Smith Fernandez Romero *f.fernandezr@uniandes.edu.co*

Omar Mauricio Urrego Vásquez *o.urregov@uniandes.edu.co*

Este documento presenta la solución para el caso 2 de la materia ***Infraestructura Computacional***.

Universidad de los Andes

Bogotá - Colombia

20 de octubre de 2024

## CASO 2: MEMORIA VIRTUAL

### 1. Análisis y modelo conceptual.

- a) **UML:** Se realizó un diagrama de clases que modela el comportamiento del sistema de administración de memoria virtual con paginación. Las clases principales incluyen el manejo de la memoria, la simulación de fallas de página y el reemplazo de páginas.

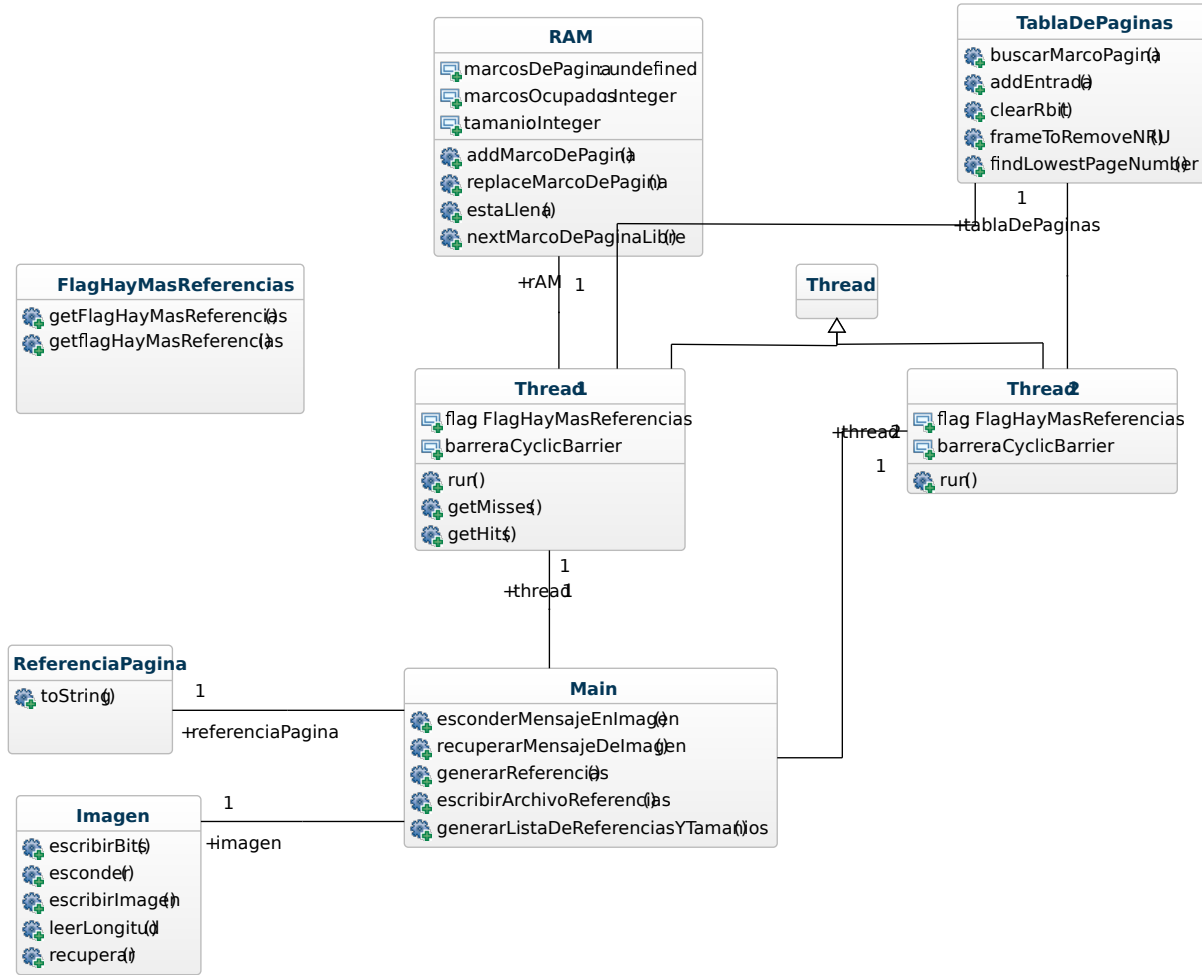


Figura 1: Modelo UML para la administración de memoria virtual.

### 2. Descripción del algoritmo de generación de referencias de página (Modo 1).

La opción 1 muestra lo que sucede en memoria cuando se generan las referencias necesarias para realizar el proceso de recuperación del mensaje. Estas referencias son, entonces, utilizadas para acceder a la información escondida en la imagen, tal como lo hace el método *recuperar* de la clase imagen. El proceso de generación de referencias se realiza a partir de la lectura de la imagen BMP y del mensaje escondido. Cada referencia es una lectura o escritura a una página específica en memoria virtual, detallando el desplazamiento dentro de la página y las coordenadas en la imagen (fila y columna), así como el canal de color (R, G o B) en el caso de las referencias a la imagen. Se asume que la matriz de la imagen está organizada por filas (row-major order), y las referencias a las páginas se generan de manera secuencial para los bytes que componen la imagen.

El algoritmo que hace esta opción, sigue estos pasos:

- a) Primero, el algoritmo calcula el valor de NR, que es el número total de referencias necesarias para escribir el mensaje escondido, basado en la longitud del mensaje multiplicada por 17 (8 bits de lectura, 8 bits de escritura, y 1 bit de cambio), más 16 bytes iniciales para almacenar la longitud del mensaje. Luego, se calcula NP, que es el número total de páginas necesarias para almacenar tanto la imagen como el mensaje. Esto se obtiene dividiendo el número de bytes totales de la imagen y la longitud del mensaje entre el tamaño de la página y redondeando hacia arriba.
- b) Luego, se procesan los primeros 16 bytes de la imagen para recuperar la longitud del mensaje escondido. Cada byte se mapea a una página virtual y un desplazamiento específico dentro de esa página.
- c) Para el mensaje escondido, se comienza a partir del byte 17, después de recuperar la longitud del mensaje, y se generan las referencias necesarias para extraer el mensaje.
  - 1) El algoritmo sigue un patrón de alternancia: por cada byte del mensaje, se generan referencias de escritura (W) y, después, de lectura (R) en la imagen para garantizar que los datos se oculten en los bits menos significativos de los píxeles de la imagen. Cada 8 bits de escritura (un byte completo del mensaje), el byte correspondiente del mensaje se incrementa y se escribe en la siguiente ubicación de la página virtual del mensaje.
  - 2) El desplazamiento, tanto de la imagen como del mensaje, no puede exceder el tamaño de la página, lo que significa que, una vez que se alcanza el tamaño máximo definido para la página, el desplazamiento se reinicia a cero y se avanza a la siguiente página virtual. En el caso de la imagen, el desplazamiento se utiliza para identificar la posición del píxel correspondiente dentro de la página virtual, mientras que en el mensaje, el desplazamiento controla la escritura de los bits del mensaje dentro de las páginas asignadas para almacenar el mensaje. El desplazamiento para ambos, imagen y mensaje, garantiza que la información se distribuya de manera ordenada en las páginas, sin exceder la capacidad de cada una de ellas.
- d) Cada referencia incluye los siguientes detalles: página virtual, desplazamiento dentro de la página, fila y columna en la matriz de la imagen, y canal de color. Cada referencia es un objeto de la clase *ReferenciaPagina*. Al finalizar la generación de referencias, se verifica que se haya generado exactamente el número de referencias (NR) calculado al inicio.
- e) Finalmente, las referencias generadas se escriben en un archivo de salida especificado por el usuario. El archivo incluye la información del tamaño de la página, las dimensiones de la imagen (número de filas y columnas), el número total de referencias (NR) y el número total de páginas virtuales necesarias (NP) para almacenar tanto la imagen como el mensaje escondido.

### 3. Simulación del Sistema de Memoria Virtual.

#### a) Estructuras de Datos Usadas:

- ◇ **Tabla de Páginas:** Para la tabla de página se utilizó un ArrayList anidado. Así pues cada entrada de esta estructura es un ArrayList con 4 elementos:
- ◇ **RAM:** Una estructura que simula los marcos de página en memoria física, con un límite de tamaño dado por el número de marcos asignados.

#### b) Descripción de la Simulación:

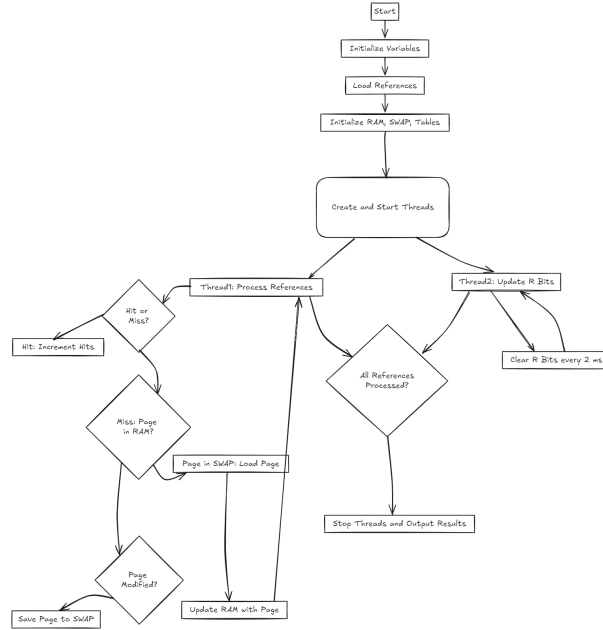
- 1) Se simulan las referencias generadas por el proceso de recuperación del mensaje escondido en la imagen BMP.
- 2) El programa utiliza el algoritmo de "Páginas no usadas recientemente" para manejar el reemplazo de páginas cuando ocurre una falla de página.

#### c) Parámetros:

- ◇ Tamaño de página
- ◇ Número de marcos de página asignados

- ◇ Imagen BMP con el mensaje escondido
- ◇ Tamaño del mensaje escondido

#### 4. Esquema de Sincronización:



**Figura 2:** Diagrama de flujo de los Threads

a) La simulación utiliza dos threads concurrentes:

- ◇ Un thread actualiza el estado de la tabla de páginas y la memoria RAM cada milisegundo.
- ◇ Un segundo thread actualiza el bit R de las páginas cada dos milisegundos, simulando el reloj de envejecimiento.

b) La sincronización es necesaria para asegurar que ambos threads accedan de manera segura a las estructuras de datos compartidas, como la tabla de páginas y la memoria RAM. Para ello, se utilizan mecanismos de sincronización como monitores o semáforos.

#### 5. Resultados de la Simulación.

a) **Escenarios evaluados:**

- 1) Se simularon 60 escenarios diferentes combinando tres tamaños de pagina, dos tamaños de imagen, cinco tamaños de mensaje escondido (100, 1000, 2000, 4000 y 8000 caracteres) y dos cantidades de marcos de página (4 y 8).

Pagesize (bytes)	Imagen (px)	Mensaje (chars)	# Mar- cos	# Hits	# Mis- ses	% de Hits	% de Mis- ses	Tiempo real (s)
256	256	100	4	1745	5	99.71	0.29	50.04
256	256	100	8	1745	5	99.71	0.29	50.04
256	256	1000	4	17048	36	99.79	0.21	360.43
256	256	1000	8	17048	36	99.79	0.21	360.43
256	256	2000	4	34081	71	99.79	0.21	710.85
256	256	2000	8	34081	71	99.79	0.21	710.85
256	256	4000	4	68350	142	99.79	0.21	1421.71
256	256	4000	8	68350	142	99.79	0.21	1421.71
256	256	8000	4	134615	279	99.79	0.21	2793.37
256	256	8000	8	134615	279	99.79	0.21	2793.37
256	426	100	4	1745	5	99.71	0.29	50.04
256	426	100	8	1745	5	99.71	0.29	50.04
256	426	1000	4	17048	36	99.79	0.21	360.43
256	426	1000	8	17048	36	99.79	0.21	360.43
256	426	2000	4	34081	71	99.79	0.21	710.85
256	426	2000	8	34081	71	99.79	0.21	710.85
256	426	4000	4	68350	142	99.79	0.21	1421.71
256	426	4000	8	68350	142	99.79	0.21	1421.71
256	426	8000	4	134615	279	99.79	0.21	2793.37
256	426	8000	8	134615	279	99.79	0.21	2793.37

**Cuadro 1:** Resultados de simulación de administración de memoria virtual

Pagesize (bytes)	Imagen (px)	Mensaje (chars)	# Mar- cos	# Hits	# Mis- ses	% de Hits	% de Mis- ses	Tiempo real (s)
512	256	100	4	1747	3	99.83	0.17	30.04
512	256	100	8	1747	3	99.83	0.17	30.04
512	256	1000	4	17066	18	99.89	0.11	180.43
512	256	1000	8	17066	18	99.89	0.11	180.43
512	256	2000	4	34116	36	99.89	0.11	360.85
512	256	2000	8	34116	36	99.89	0.11	360.85
512	256	4000	4	68421	71	99.90	0.10	711.71
512	256	4000	8	68421	71	99.90	0.10	711.71
512	256	8000	4	134754	140	99.90	0.10	1403.37
512	256	8000	8	134754	140	99.90	0.10	1403.37
512	426	100	4	1747	3	99.83	0.17	30.04
512	426	100	8	1747	3	99.83	0.17	30.04
512	426	1000	4	17066	18	99.89	0.11	180.43
512	426	1000	8	17066	18	99.89	0.11	180.43
512	426	2000	4	34116	36	99.89	0.11	360.85
512	426	2000	8	34116	36	99.89	0.11	360.85
512	426	4000	4	68421	71	99.90	0.10	711.71
512	426	4000	8	68421	71	99.90	0.10	711.71
512	426	8000	4	134754	140	99.90	0.10	1403.37
512	426	8000	8	134754	140	99.90	0.10	1403.37

**Cuadro 2:** Resultados de simulación de administración de memoria virtual

Pagesize (bytes)	Imagen (px)	Mensaje (chars)	# Mar- cos	# Hits	# Mis- ses	% de Hits	% de Mis- ses	Tiempo real (s)
1024	256	100	4	1748	2	99.89	0.11	20.04
1024	256	100	8	1748	2	99.89	0.11	20.04
1024	256	1000	4	17075	9	99.95	0.05	90.43
1024	256	1000	8	17075	9	99.95	0.05	90.43
1024	256	2000	4	34134	18	99.95	0.05	180.85
1024	256	2000	8	34134	18	99.95	0.05	180.85
1024	256	4000	4	68456	36	99.95	0.05	361.71
1024	256	4000	8	68456	36	99.95	0.05	361.71
1024	256	8000	4	134824	70	99.95	0.05	703.37
1024	256	8000	8	134824	70	99.95	0.05	703.37
1024	426	100	4	1748	2	99.89	0.11	20.04
1024	426	100	8	1748	2	99.89	0.11	20.04
1024	426	1000	4	17075	9	99.95	0.05	90.43
1024	426	1000	8	17075	9	99.95	0.05	90.43
1024	426	2000	4	34134	18	99.95	0.05	180.85
1024	426	2000	8	34134	18	99.95	0.05	180.85
1024	426	4000	4	68456	36	99.95	0.05	361.71
1024	426	4000	8	68456	36	99.95	0.05	361.71
1024	426	8000	4	134824	70	99.95	0.05	703.37
1024	426	8000	8	134824	70	99.95	0.05	703.37

**Cuadro 3:** Resultados de simulación de administración de memoria virtual**6. Interpretación de los resultados:**

- ◊ Al aumentar el tamaño de la página (de 256 a 1024 bytes), el porcentaje de hits mejora ligeramente, lo que reduce la frecuencia de fallas de página. Esto se debe a que más datos relacionados quedan en la misma página.
- ◊ Incrementar el número de marcos de 4 a 8 no muestra una mejora significativa en los hits, lo que sugiere que el sistema ya maneja bien el conjunto de trabajo con solo 4 marcos. El tiempo de simulación se mantiene constante al cambiar el número de marcos.
- ◊ Mensajes más largos (de 100 a 8000 caracteres) aumentan el número total de referencias, pero el porcentaje de hits se mantiene alto debido a la localidad de los datos.
- ◊ El tiempo total de simulación aumenta con el tamaño del mensaje y de la página, pero el tiempo de acceso por referencia se mantiene consistente, indicando una gestión eficiente de la memoria.
- ◊ Los resultados son coherentes con la teoría: un mayor tamaño de página y más marcos mejoran los hits gracias a la mayor localidad de datos. Escenarios con más secuencialidad en los accesos tienden a mostrar aún menos fallas.

## 7. Gráfica de fallas de página:

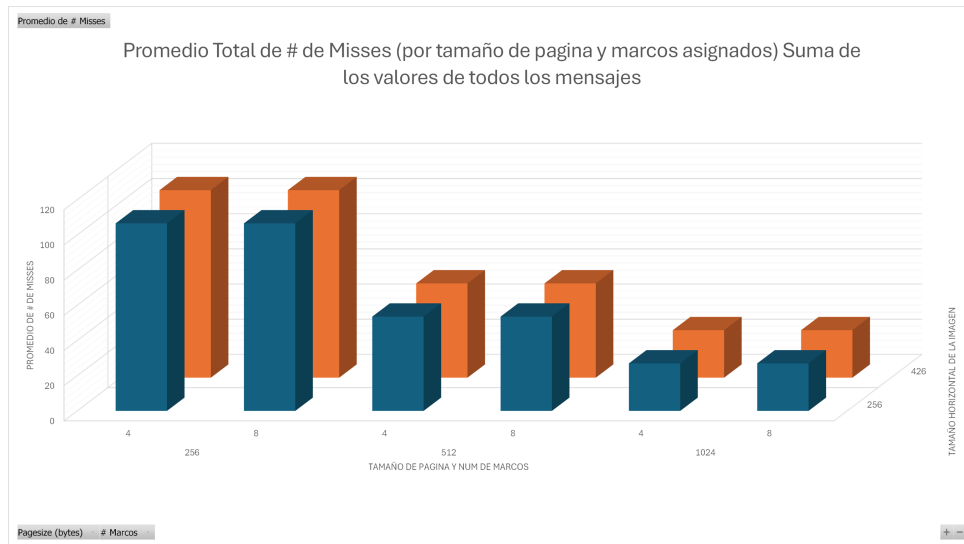


Figura 3: Grafica Fallas promedio

## 8. Gráfica de Porcentaje de Hits:

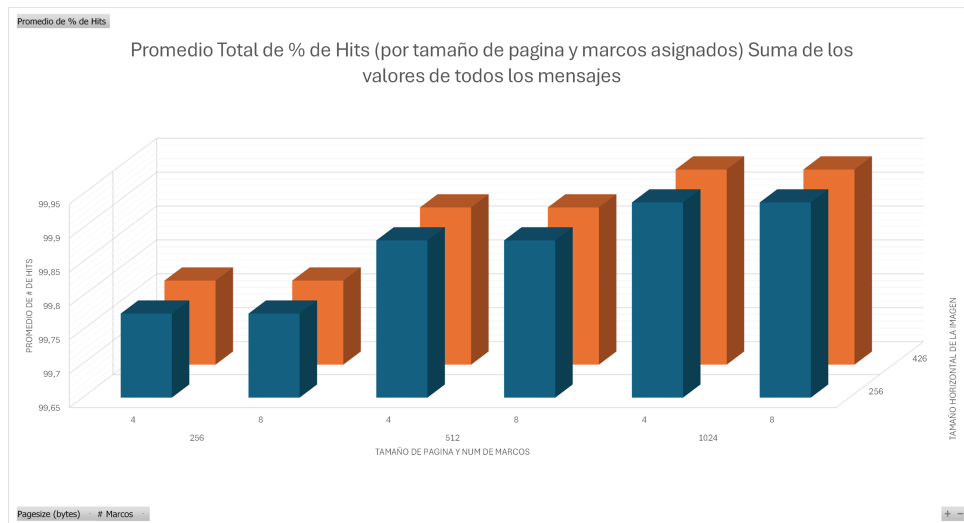


Figura 4: Grafica Hits promedio

## 9. Gráfica de tiempos de acceso total:



