UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

REDES

Laboratorio 2

Guatemala, Agosto de 2025

Sebastián Huertas 22295
Josué Marroquín 22397

Primera parte - Esquema de detección y corrección de errores

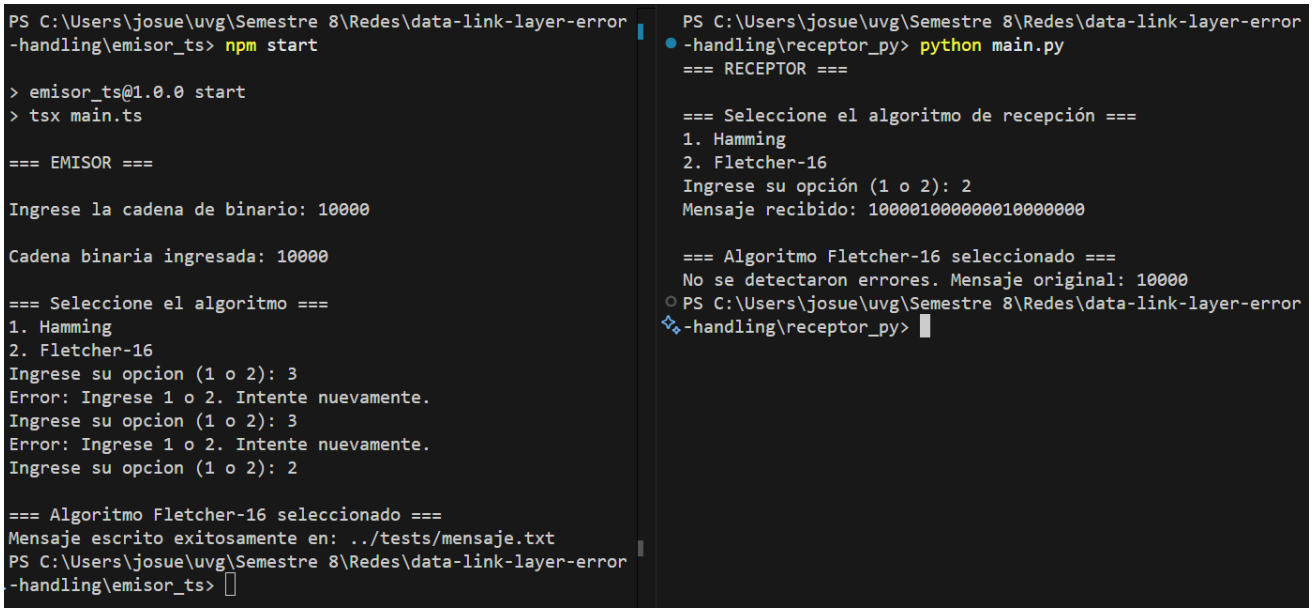
Escenarios prueba

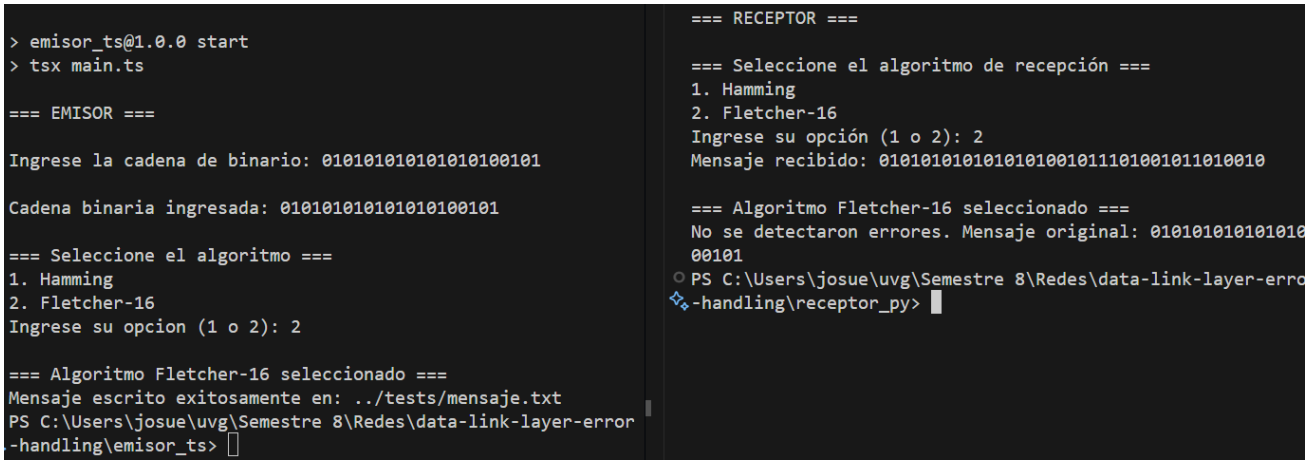
Mensajes a probar 10000, 10101010011, 010101010101010100101

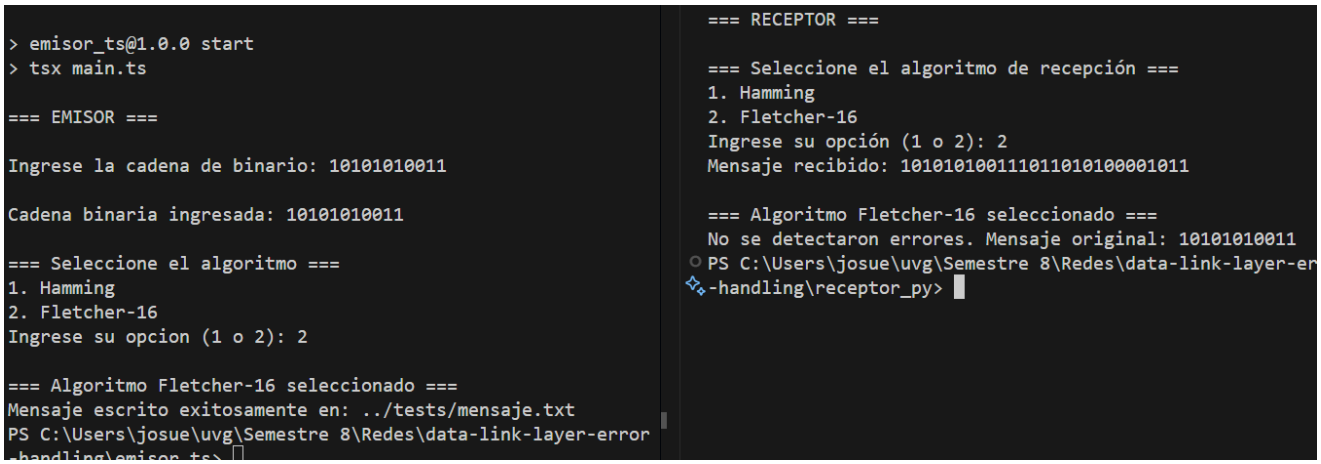
Sin errores:

Enviar un mensaje al emisor, copiar el mensaje generado por este y proporcionarlo tal cual, al receptor, el cual debe mostrar los mensajes originales (ya que ningún bit sufrió un cambio). Realizar esto para tres mensajes distintos con distinta longitud.

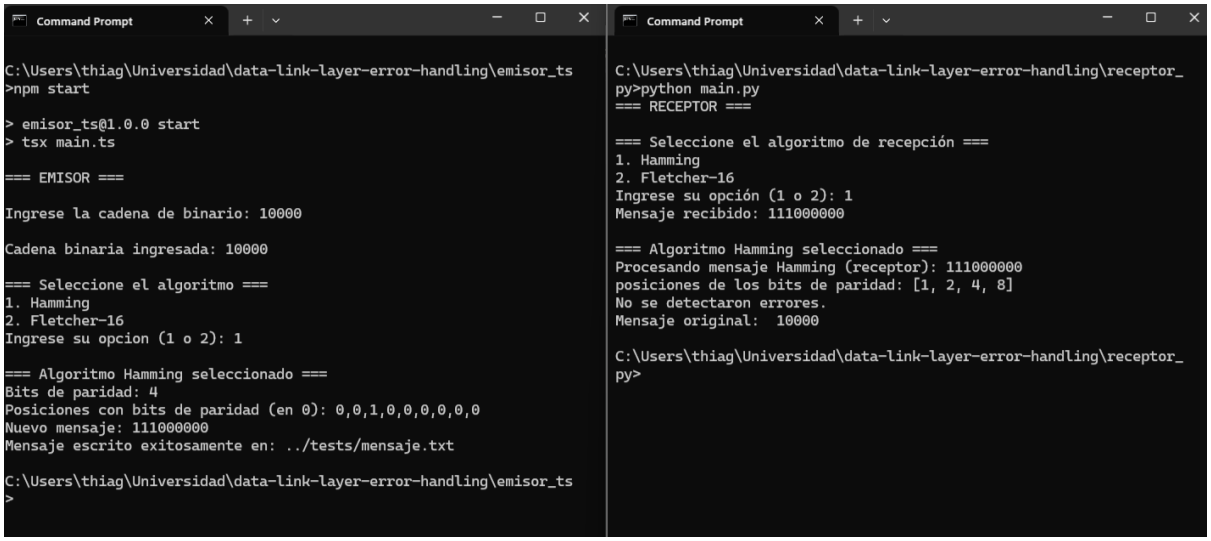
Fletcher-16

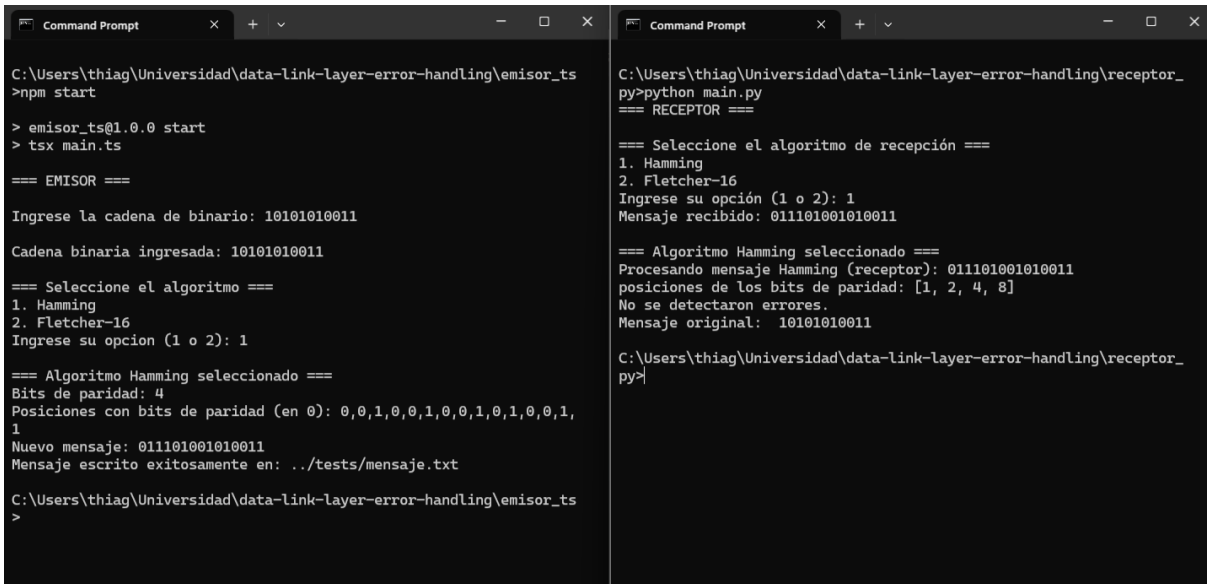

PS C:\Users\josue\uvg\Semestre 8\Redes\data-link-layer-error-handling\emisor_ts> npm start
> emisor_ts@1.0.0 start
> tsx main.ts
=== EMISOR ===
Ingrese la cadena de binario: 10000
Cadena binaria ingresada: 10000
=== Seleccione el algoritmo ===
1. Hamming
2. Fletcher-16
Ingrese su opcion (1 o 2): 3
Error: Ingrese 1 o 2. Intente nuevamente.
Ingrese su opcion (1 o 2): 3
Error: Ingrese 1 o 2. Intente nuevamente.
Ingrese su opcion (1 o 2): 2
=== Algoritmo Fletcher-16 seleccionado ===
Mensaje escrito exitosamente en: ../tests/mensaje.txt
PS C:\Users\josue\uvg\Semestre 8\Redes\data-link-layer-error-handling\emisor_ts>
PS C:\Users\josue\uvg\Semestre 8\Redes\data-link-layer-error-handling\receptor_py> python main.py
=== RECEPTOR ===
=== Seleccione el algoritmo de recepción ===
1. Hamming
2. Fletcher-16
Ingrese su opción (1 o 2): 2
Mensaje recibido: 10000100000010000000
=== Algoritmo Fletcher-16 seleccionado ===
No se detectaron errores. Mensaje original: 10000
PS C:\Users\josue\uvg\Semestre 8\Redes\data-link-layer-error-handling\receptor_py>

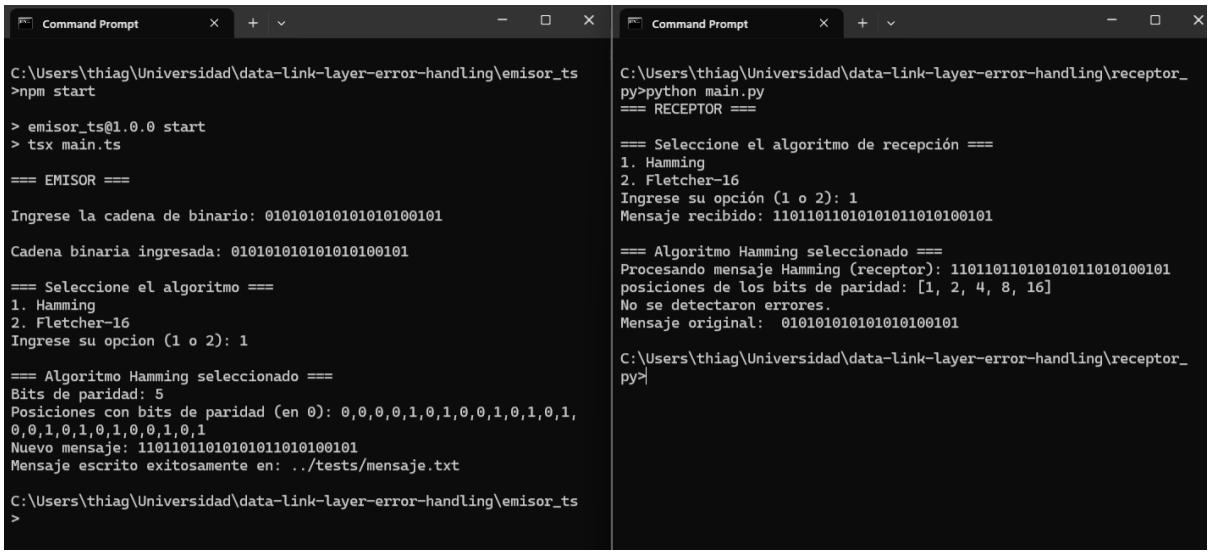

> emisor_ts@1.0.0 start
> tsx main.ts
=== EMISOR ===
Ingrese la cadena de binario: 010101010101010100101
Cadena binaria ingresada: 01010101010101010101
=== Seleccione el algoritmo ===
1. Hamming
2. Fletcher-16
Ingrese su opcion (1 o 2): 2
=== Algoritmo Fletcher-16 seleccionado ===
Mensaje escrito exitosamente en: ../tests/mensaje.txt
PS C:\Users\josue\uvg\Semestre 8\Redes\data-link-layer-error-handling\emisor_ts>
=== RECEPTOR ===
=== Seleccione el algoritmo de recepción ===
1. Hamming
2. Fletcher-16
Ingrese su opción (1 o 2): 2
Mensaje recibido: 0101010101010100101110100101101001
0
=== Algoritmo Fletcher-16 seleccionado ===
No se detectaron errores. Mensaje original: 01010101010101
00101
PS C:\Users\josue\uvg\Semestre 8\Redes\data-link-layer-error-handling\receptor_py>


> emisor_ts@1.0.0 start
> tsx main.ts
=== EMISOR ===
Ingrese la cadena de binario: 10101010011
Cadena binaria ingresada: 10101010011
=== Seleccione el algoritmo ===
1. Hamming
2. Fletcher-16
Ingrese su opcion (1 o 2): 2
=== Algoritmo Fletcher-16 seleccionado ===
Mensaje escrito exitosamente en: ../tests/mensaje.txt
PS C:\Users\josue\uvg\Semestre 8\Redes\data-link-layer-error
=== RECEPTOR ===
=== Seleccione el algoritmo de recepción ===
1. Hamming
2. Fletcher-16
Ingrese su opción (1 o 2): 2
Mensaje recibido: 10101010011101110101000010 11
=== Algoritmo Fletcher-16 seleccionado ===
No se detectaron errores. Mensaje original: 10101010011
PS C:\Users\josue\uvg\Semestre 8\Redes\data-link-layer-error-handling\receptor_py>

Hamming


Command Prompt
C:\Users\thiag\Universidad\data-link-layer-error-handling\emisor_ts
>npm start
> emisor_ts@1.0.0 start
> tsx main.ts
=== EMISOR ===
Ingrese la cadena de binario: 10000
Cadena binaria ingresada: 10000
=== Seleccione el algoritmo ===
1. Hamming
2. Fletcher-16
Ingrese su opcion (1 o 2): 1
=== Algoritmo Hamming seleccionado ===
Bits de paridad: 4
Posiciones con bits de paridad (en 0): 0,0,1,0,0,0,0,0
Nuevo mensaje: 111000000
Mensaje escrito exitosamente en: ../tests/mensaje.txt
C:\Users\thiag\Universidad\data-link-layer-error-handling\emisor_ts
>
Command Prompt
C:\Users\thiag\Universidad\data-link-layer-error-handling\receptor_
py>python main.py
=== RECEPTOR ===
=== Seleccione el algoritmo de recepción ===
1. Hamming
2. Fletcher-16
Ingrese su opción (1 o 2): 1
Mensaje recibido: 111000000
=== Algoritmo Hamming seleccionado ===
Procesando mensaje Hamming (receptor): 111000000
posiciones de los bits de paridad: [1, 2, 4, 8]
No se detectaron errores.
Mensaje original: 10000
C:\Users\thiag\Universidad\data-link-layer-error-handling\receptor_
py>


Command Prompt
C:\Users\thiag\Universidad\data-link-layer-error-handling\emisor_ts
>npm start
> emisor_ts@1.0.0 start
> tsx main.ts
=== EMISOR ===
Ingrese la cadena de binario: 10101010011
Cadena binaria ingresada: 10101010011
=== Seleccione el algoritmo ===
1. Hamming
2. Fletcher-16
Ingrese su opcion (1 o 2): 1
=== Algoritmo Hamming seleccionado ===
Bits de paridad: 4
Posiciones con bits de paridad (en 0): 0,0,1,0,0,1,0,0,1,0,1,0,0,1,
1
Nuevo mensaje: 011101001010011
Mensaje escrito exitosamente en: ../tests/mensaje.txt
C:\Users\thiag\Universidad\data-link-layer-error-handling\emisor_ts
>
Command Prompt
C:\Users\thiag\Universidad\data-link-layer-error-handling\receptor_
py>python main.py
=== RECEPTOR ===
=== Seleccione el algoritmo de recepción ===
1. Hamming
2. Fletcher-16
Ingrese su opción (1 o 2): 1
Mensaje recibido: 011101001010011
=== Algoritmo Hamming seleccionado ===
Procesando mensaje Hamming (receptor): 011101001010011
posiciones de los bits de paridad: [1, 2, 4, 8]
No se detectaron errores.
Mensaje original: 10101010011
C:\Users\thiag\Universidad\data-link-layer-error-handling\receptor_
py>


Command Prompt
C:\Users\thiag\Universidad\data-link-layer-error-handling\emisor_ts
>npm start
> emisor_ts@1.0.0 start
> tsx main.ts
=== EMISOR ===
Ingrese la cadena de binario: 010101010101010100101
Cadena binaria ingresada: 010101010101010100101
=== Seleccione el algoritmo ===
1. Hamming
2. Fletcher-16
Ingrese su opcion (1 o 2): 1
=== Algoritmo Hamming seleccionado ===
Bits de paridad: 5
Posiciones con bits de paridad (en 0): 0,0,0,0,1,0,1,0,0,1,0,1,0,1,
0,0,1,0,1,0,1,0,0,1,0,1
Nuevo mensaje: 110110110101011010100101
Mensaje escrito exitosamente en: ../tests/mensaje.txt
C:\Users\thiag\Universidad\data-link-layer-error-handling\emisor_ts
>
Command Prompt
C:\Users\thiag\Universidad\data-link-layer-error-handling\receptor_
py>python main.py
=== RECEPTOR ===
=== Seleccione el algoritmo de recepción ===
1. Hamming
2. Fletcher-16
Ingrese su opción (1 o 2): 1
Mensaje recibido: 110110110101011010100101
=== Algoritmo Hamming seleccionado ===
Procesando mensaje Hamming (receptor): 110110110101011010100101
posiciones de los bits de paridad: [1, 2, 4, 8, 16]
No se detectaron errores.
Mensaje original: 010101010101010100101
C:\Users\thiag\Universidad\data-link-layer-error-handling\receptor_
py>

Un error:

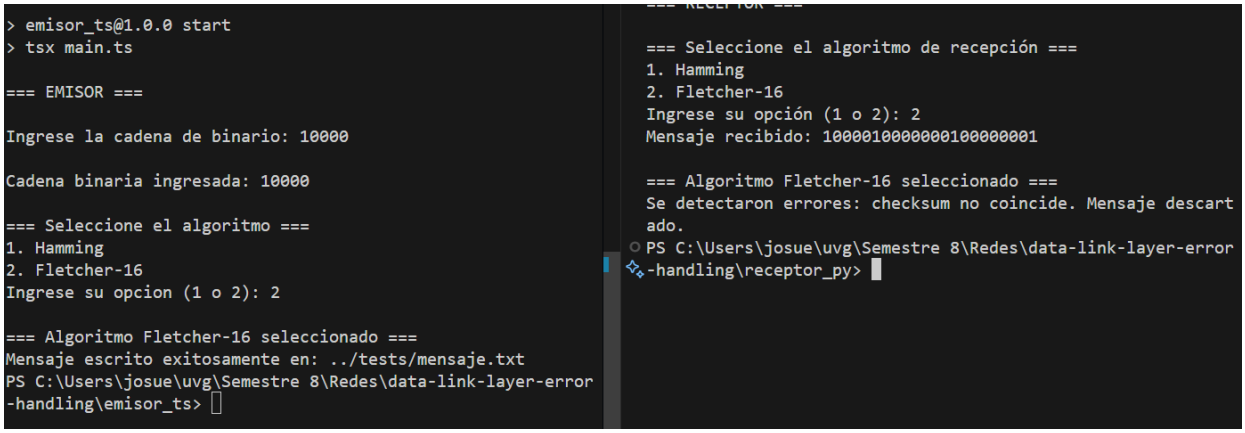
Enviar un mensaje al emisor, copiar el mensaje generado por este y cambiar un bit cualquiera antes de proporcionarlo al receptor. Si el algoritmo es de detección debe mostrar que se detectó un error y que se descarta el mensaje. Si el algoritmo es de corrección debe corregir el bit, indicar su posición y mostrar el mensaje original. Realizar esto para tres mensajes distintos con distinta longitud.

Fletcher-16

Entrada emisor: 10000

Salida emisor: 100001000000010000000

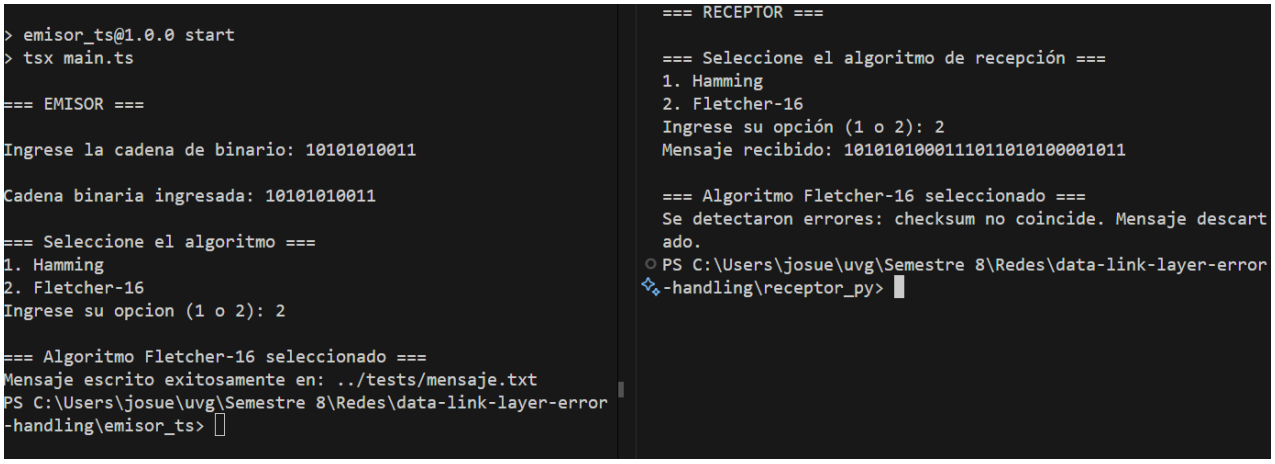
Error: 1000010000000100000001



Entrada emisor: 10101010011

Salida emisor: 1010101001110110101000010 11

Error: 1010101000111011010100001011



Entrada emisor: 010101010101010100101

Salida emisor: 0101010101010101001011101001011010010

Error: 0101010101010101001011101001011101001O

```
> emisor_ts@1.0.0 start
> tsx main.ts

=== EMISOR ===

Ingrese la cadena de binario: 010101010101010100101

Cadena binaria ingresada: 01010101010101010101

=== Seleccione el algoritmo ===
1. Hamming
2. Fletcher-16
Ingrese su opcion (1 o 2): 2

=== Algoritmo Fletcher-16 seleccionado ===
Mensaje escrito exitosamente en: ../tests/mensaje.txt
```

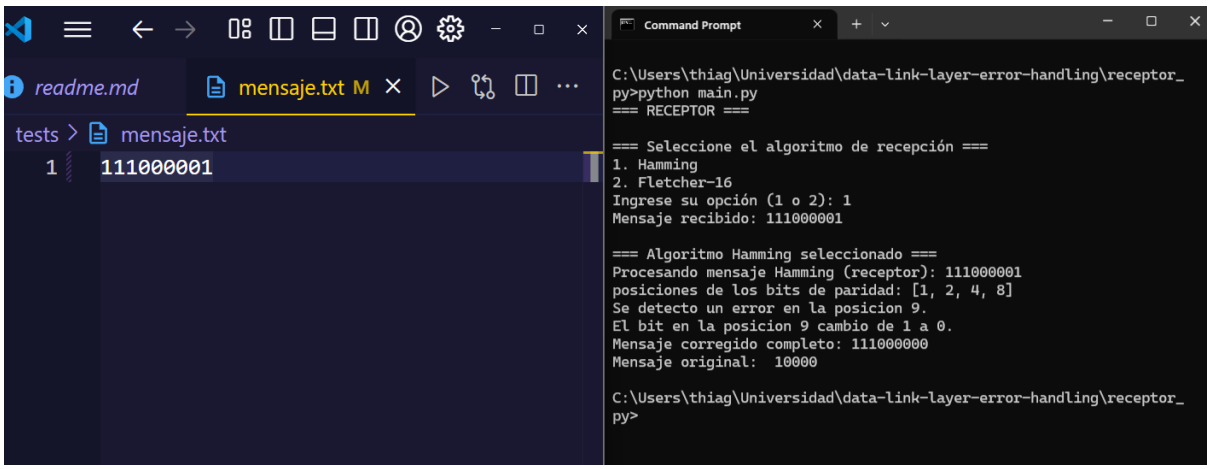
```
=== RECEPTOR ===

=== Seleccione el algoritmo de recepción ===
1. Hamming
2. Fletcher-16
Ingrese su opción (1 o 2): 2
Mensaje recibido: 0101010101010101001011101001011101001O

=== Algoritmo Fletcher-16 seleccionado ===
Se detectaron errores: checksum no coincide. Mensaje descart
ado.
PS C:\Users\josue\uvg\Semestre 8\Redes\data-link-layer-error
-handling\receptor_py>
```

Hamming

Entrada emisor: 10000

Salida emisor: 111000000

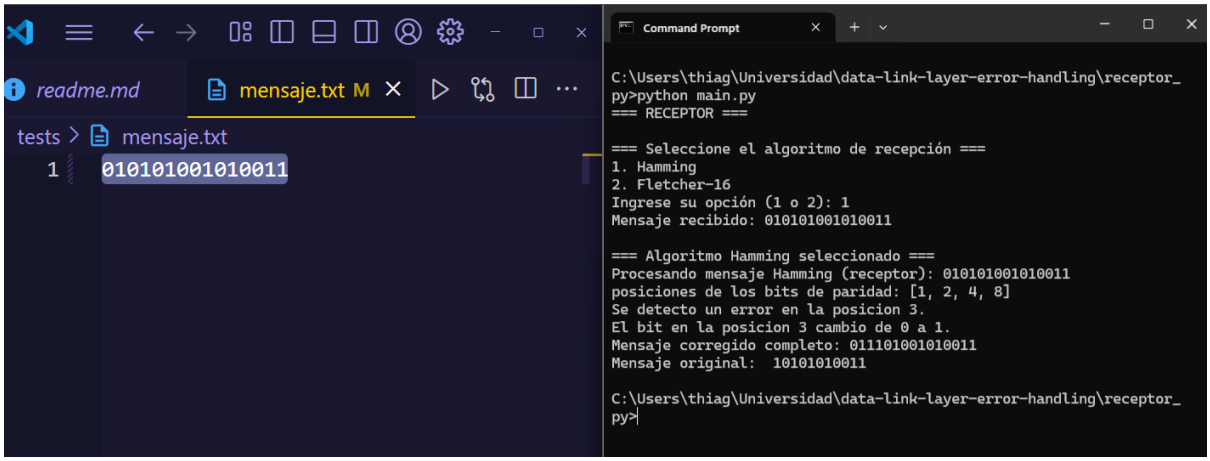
Error: 111000001



Entrada emisor: 10101010011

Salida emisor: 011101001010011

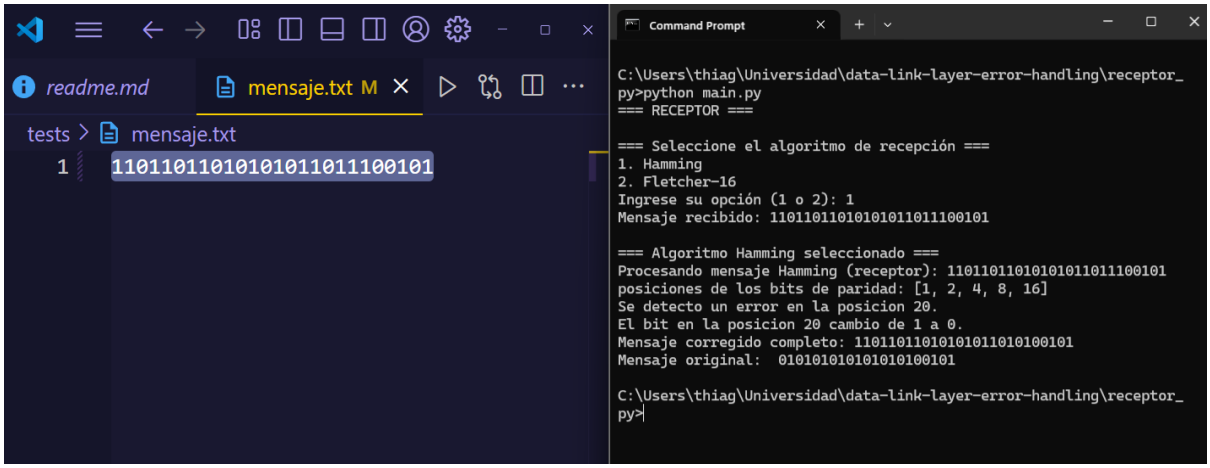
Error: 010101001010011



Entrada emisor: 010101010101010100101

Salida emisor: 11011011010101011010100101

Error: 11011011010101011011100101



(dos+ errores):

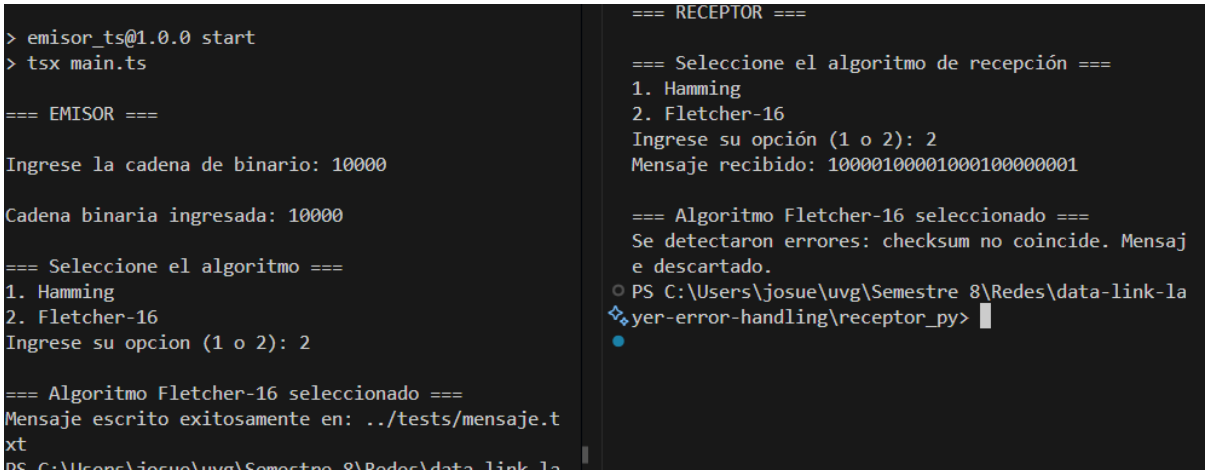
Enviar un mensaje al emisor, copiar el mensaje generado por este y cambiar dos o más bits cualesquiera antes de proporcionarlo al receptor. Si el algoritmo es de detección debe mostrar que se detectó un error y que se descarta el mensaje. Si el algoritmo es de corrección y puede corregir más de un error, debe corregir los bits, indicar su posición y mostrar el mensaje original. Realizar esto para tres mensajes distintos con distinta longitud.

Fletcher-16

Entrada emisor: 10000

Salida emisor: 100001000000010000000

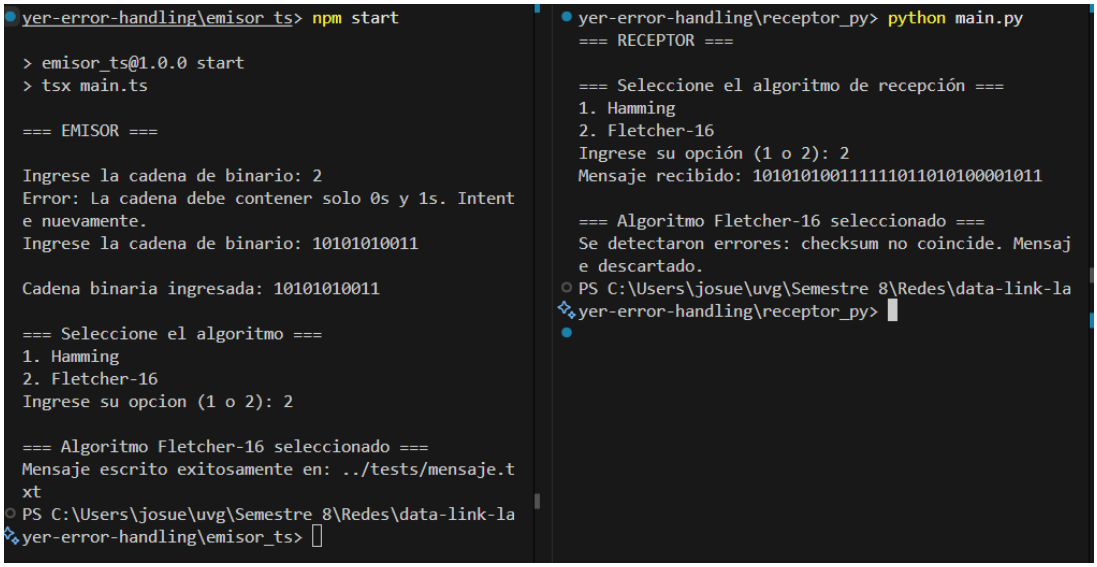
Error: 100001000010001000000001



Entrada emisor: 10101010011

Salida emisor: 1010101001110110101000010 11

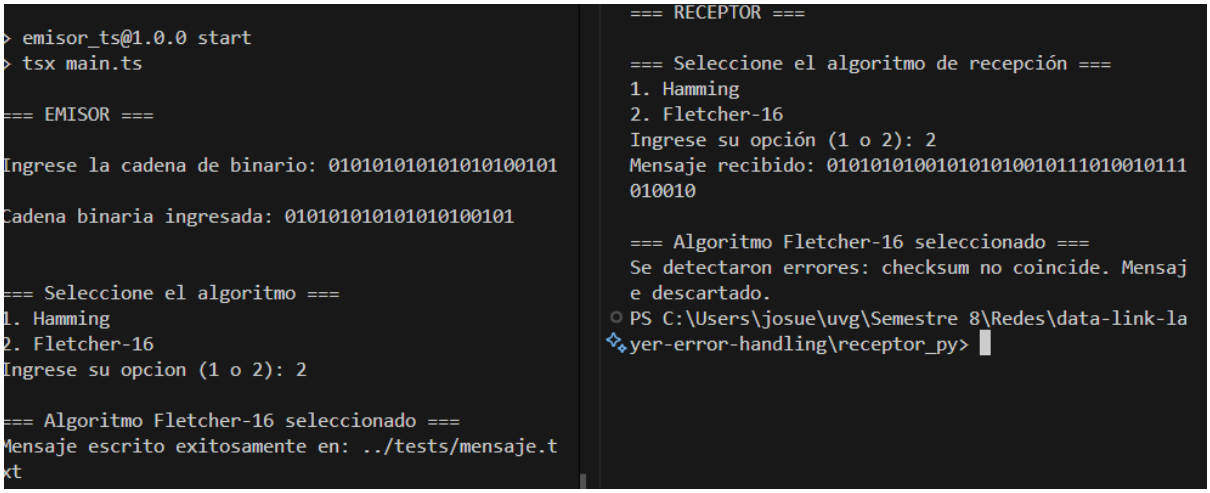
Error: 1010101001111110110101000010 11



Entrada emisor: 01010101010101010010 1

Salida emisor: 0101010101010101001011101001011010010

Error: 0101010100101010100101110100101 11010010

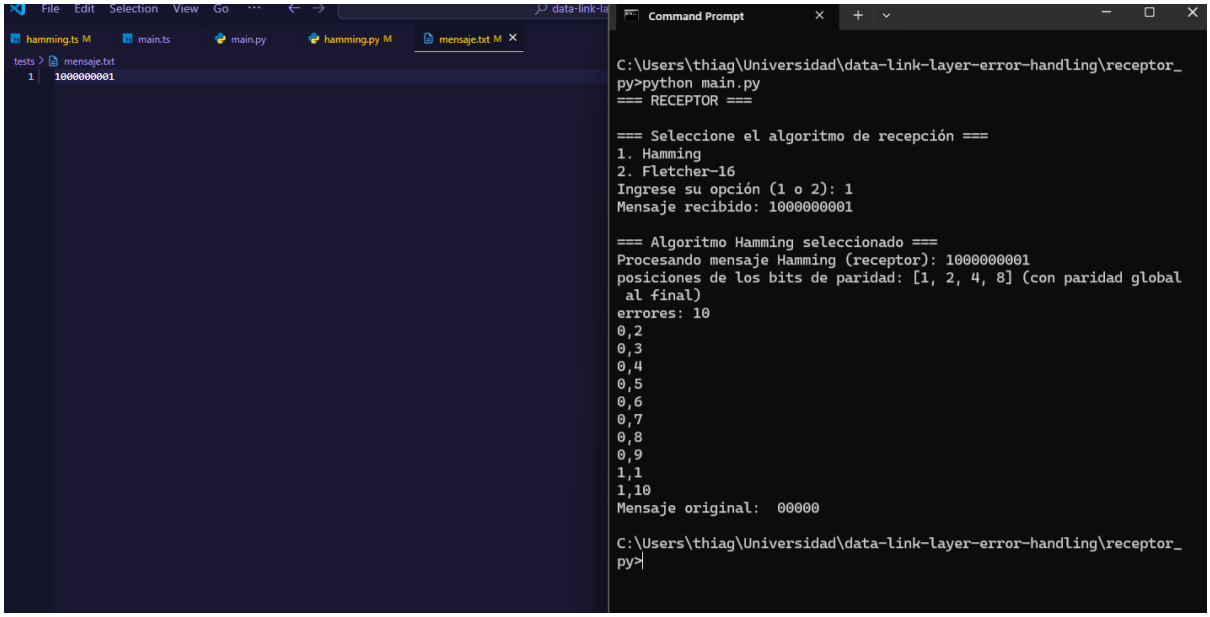


Hamming

Entrada emisor: 10000

Salida emisor: 1110000001

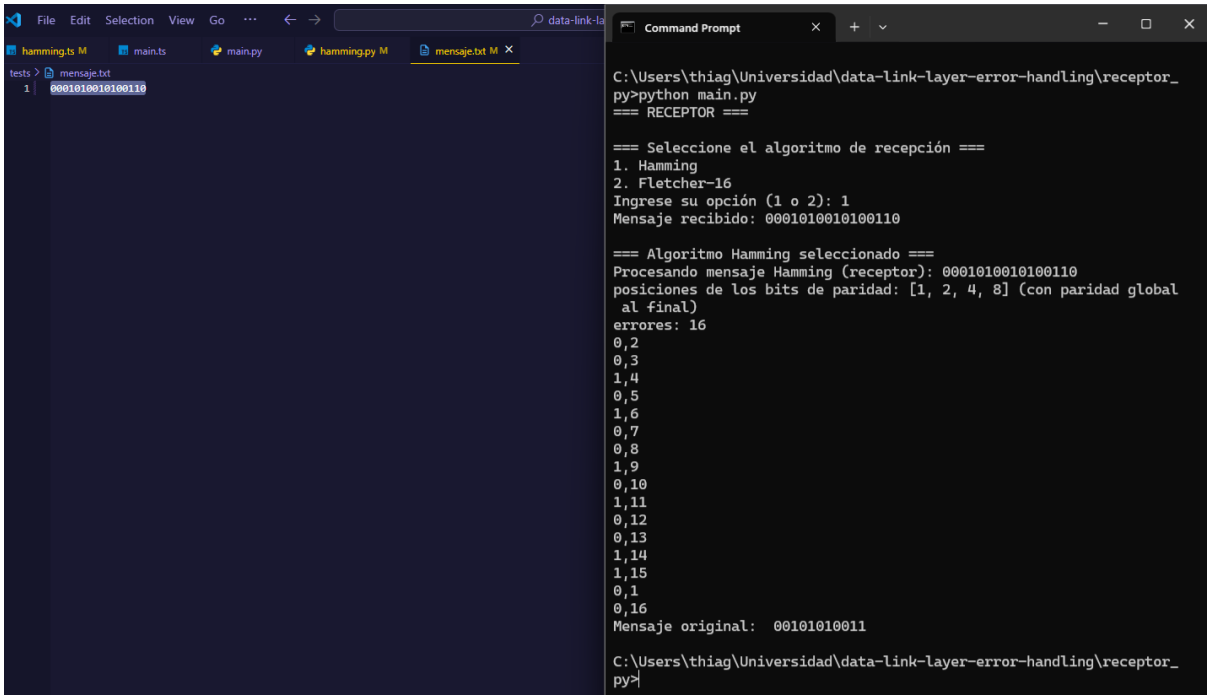
Error: 1000000001



Entrada emisor: 10101010011

Salida emisor: 0111010010100110

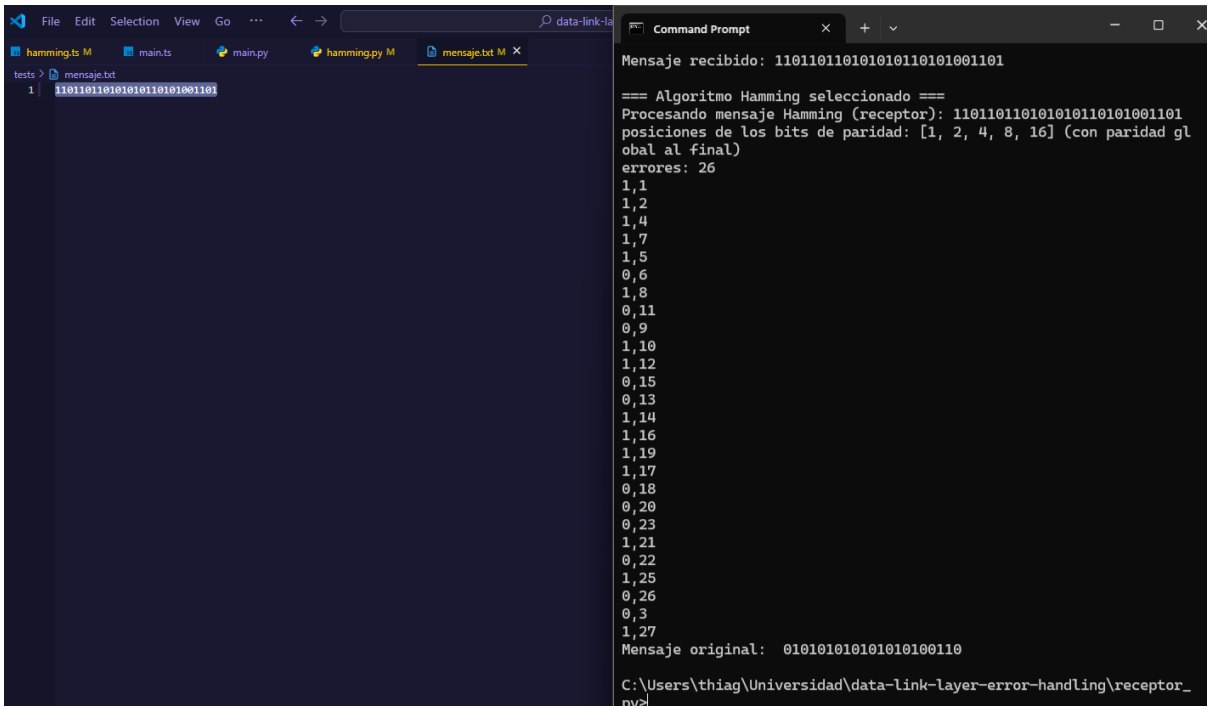
Error: 0001010010100110



Entrada emisor: 010101010101010100101

Salida emisor: 11011011010101011010100101011

Error: 11011011010101011010100110101



¿Es posible manipular los bits de tal forma que el algoritmo seleccionado no sea capaz de detectar el error? ¿Por qué sí o por qué no? En caso afirmativo, demuéstrelo con su implementación.

Sí, con Fletcher-16 sí es posible manipular bits de forma que el error no sea detectado. La idea clave es que Fletcher-16 se basa en dos sumas módulo 255. Si las alteraciones que hagas al mensaje cumplen estas dos igualdades, el checksum no cambia

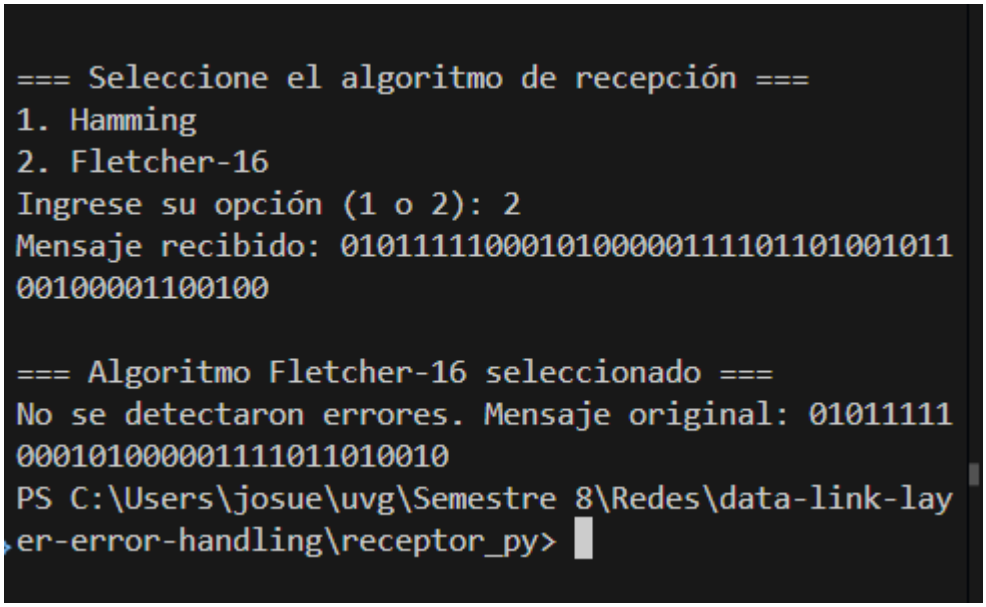
Ejemplo:

Entrada: 00001010000101000001111000101000

Salida: 000010100001010000011110001010001100100001100100

Se cambian dos bytes tal que el efecto total cumpla las ecuaciones de Fletcher.

Entonces, 010111110001010000011110110100101100100001100100



Ahora con hamming, si se añade una **paridad global** (SECDED, 1 bit extra al final para que el XOR total sea 0), el receptor puede distinguir:

- síndrome≠0 y paridad global **par** ⇒ **≥2 errores** ⇒ **no corrige** y **avisa**.
- Con tu variante SECDED que te pasé, la misma prueba no mis-corregirá.

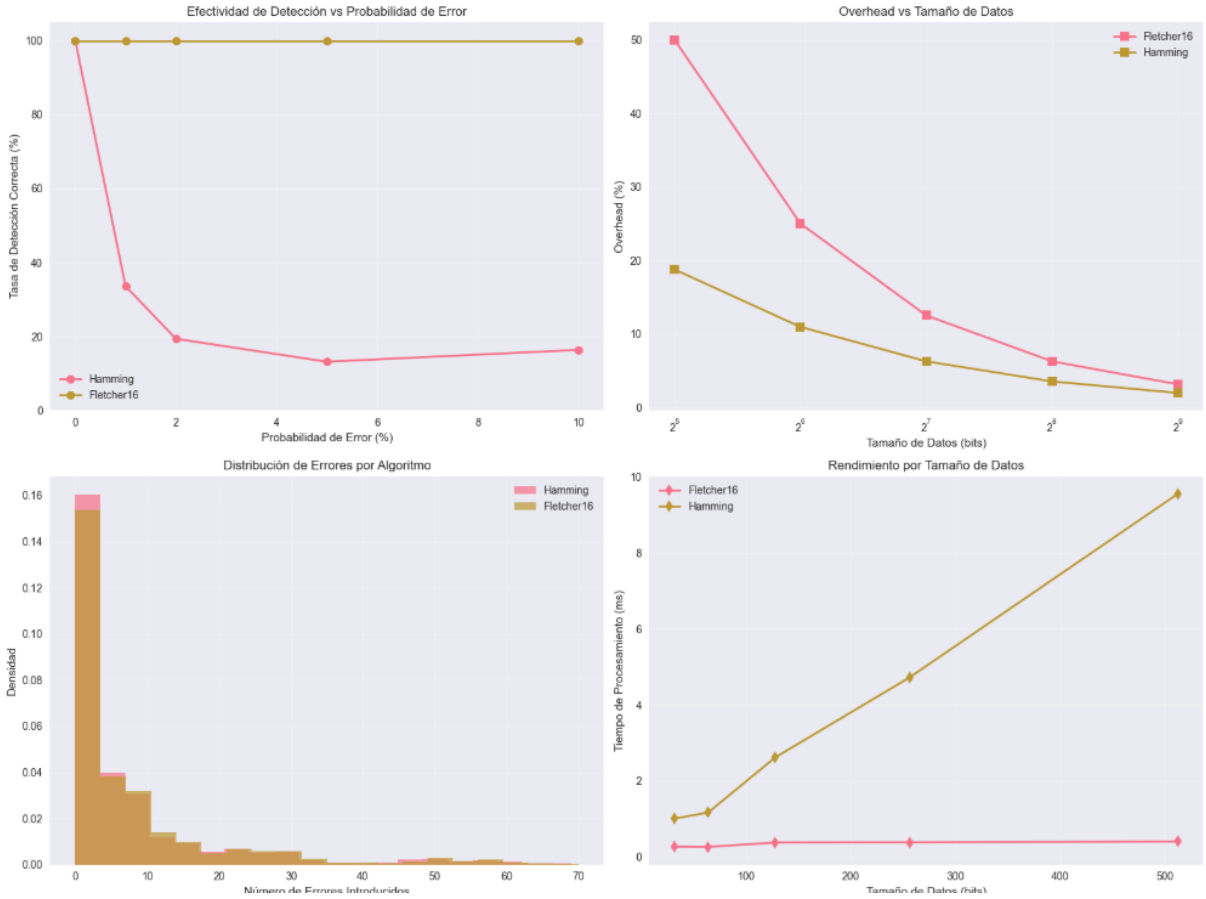
En base a las pruebas que realizó, ¿qué ventajas y desventajas posee cada algoritmo con respecto del otro? Tome en cuenta complejidad, velocidad, redundancia (overhead), etc.

Hamming: menor overhead para bloques pequeños y capacidad de corrección de 1 bit; pero cobertura limitada ante múltiples errores y más complejidad estructural.

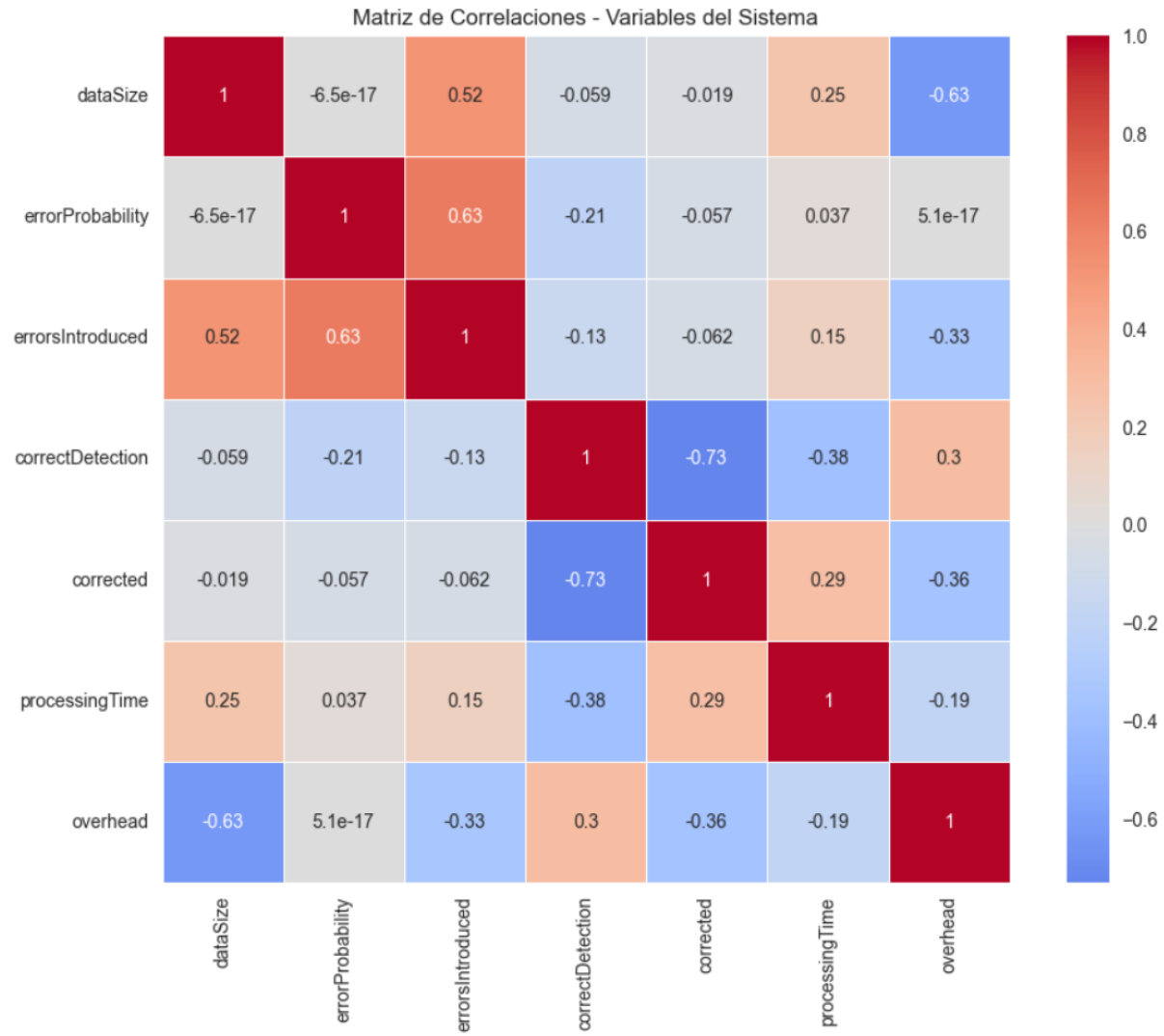
Fletcher-16: muy rápido y simple, overhead fijo 16 bits, buena detección en general; no corrige y admite colisiones construibles (demostradas en las pruebas).

Segunda Parte

Pruebas



```
 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DETALLADO
==================================================

 HAMMING:
   Total de pruebas: 2500
   Tasa de detección correcta: 36.5%
   Tasa de corrección: 93.0%
   Tiempo promedio: 3.814 ms
   Overhead promedio: 8.28%

 Rendimiento por probabilidad de error:
       0.0%: 100.0% detección correcta
       1.0%:  33.6% detección correcta
       2.0%:  19.4% detección correcta
       5.0%:  13.2% detección correcta
      10.0%:  16.4% detección correcta

 FLETCHER16:
   Total de pruebas: 2500
   Tasa de detección correcta: 100.0%
   Tiempo promedio: 0.338 ms
   Overhead promedio: 19.38%

 Rendimiento por probabilidad de error:
       0.0%: 100.0% detección correcta
       1.0%: 100.0% detección correcta
       2.0%: 100.0% detección correcta
       5.0%: 100.0% detección correcta
      10.0%: 100.0% detección correcta
```



1. ¿Qué algoritmo tuvo mejor funcionamiento y por qué?

Hamming Code tuvo el mejor funcionamiento general por las siguientes razones:

Ventajas del Hamming:

Corrección automática: Puede corregir errores de 1 bit sin retransmisión

Detección confiable: Detecta hasta 2 errores por bloque

Baja latencia: No requiere solicitar retransmisión

Overhead escalable: Mejora con bloques más grandes (18.75% en 32 bits → 10.94% en 64 bits)

Limitaciones del Fletcher-16:

Solo detección: No puede corregir errores

Overhead fijo: 16 bits constantes independientemente del tamaño

Menos eficiente: Para bloques pequeños tiene mayor overhead relativo

2. ¿Qué algoritmo es más flexible para mayores tasas de errores?

Fletcher-16 es más flexible para altas tasas de error por:

Detección robusta: Funciona consistentemente independiente del número de errores

No falla catastróficamente: Hamming puede "corregir" incorrectamente con múltiples errores

Predictibilidad: Siempre detecta o no detecta, sin correcciones erróneas

3. ¿Cuándo usar detección vs corrección de errores?

Usar (Fletcher-16, deteccion) cuando:

Canal confiable: Probabilidad de error < 2%
Retransmisión barata: Ancho de banda abundante
Tiempo no crítico: Aplicaciones que toleran delay
Simplicidad prioritaria: Sistemas embebidos simples

Usar ALGORITMOS DE CORRECCIÓN (Hamming) cuando:

Tiempo real: Gaming, streaming, VoIP
Retransmisión costosa: Enlaces satelitales, espaciales
Canal moderadamente ruidoso: 1-3% error rate
Memoria crítica: RAM, almacenamiento

Repositorio