

## 1. Solución real (solución analítica)

- Es la solución exacta obtenida resolviendo la ecuación diferencial de forma algebraica.
- No depende del tamaño de paso  $h$ .
- Representa la forma más precisa del comportamiento real del sistema.
- Sirve como referencia para comparar los métodos numéricos.

## 2. Método de Euler

- Es el método numérico **más simple** y directo.
- Usa la pendiente en el punto actual para aproximar el siguiente.
- **Exactitud:** baja.
- **Error:** proporcional a  $h$  (error de orden 1).
- **Ventajas:**
  - Fácil, rápido, intuitivo.
- **Desventajas:**
  - Acumula mucho error.
  - Requiere pasos muy pequeños para aproximarse a la realidad.

### Ejercicio 35

t	Euler	Heun	Observación
0	0.500	0.500	Inician iguales
1	2.650	3.712	Heun crece más rápido
2	6.925	7.947	Heun continúa más alto
3	11.240	11.069	Se cruzan: Euler lo supera
4	13.849	13.011	Euler queda claramente por encima

### Interpretación

- Euler **tiende a sobreestimar** después de cierto punto.
- Heun comienza con valores más altos, pero luego se ajusta y **termina más bajo y más estable**.
- La curva de Heun es más suave y menos “agresiva”.

### Ejercicio 41

t	Euler	Heun	Observación
0	1.000	1.000	Inician iguales
5	2.140	2.511	Heun predice mayor crecimiento
10	4.022	5.081	Diferencia notable
15	6.833	8.879	Heun sigue claramente más alto
20	10.709	13.974	Brecha muy grande
25	16.649	20.346	Heun casi <b>4 unidades</b> por encima

### Interpretación

- Para este modelo, **Heun da valores mucho mayores** que Euler en todos los puntos posteriores al  $t=0$ .
- Euler subestima fuertemente el crecimiento.
- Heun refleja una aceleración más consistente con un modelo no lineal.

Aspecto	Ejercicio 35	Ejercicio 41
<b>Tendencia Euler</b>	Crece y luego se exagera	Crecimiento más lento que Heun
<b>Tendencia Heun</b>	Estable y más controlada	Crecimiento significativamente mayor
<b>Diferencia notable</b>	Euler supera a Heun al final	Heun supera a Euler desde $t=5$ hasta el final
<b>Comportamiento numérico</b>	Divergencia moderada	Divergencia fuerte

## CONCLUSIÓN

1. **El método de Euler**, según tus datos:
  - Tiende a **subestimar o sobreestimar** dependiendo del modelo.
  - Es más inestable a medida que aumenta  $t$ .
  - Presenta errores acumulados visibles en ambos ejercicios.
2. **El método de Heun**:
  - Produce valores **más suaves, consistentes y menos ruidosos**.
  - Ajusta la pendiente y por eso es **más cercano al comportamiento real esperado**.
  - En ambos ejercicios se observa que Heun mantiene una trayectoria más lógica y coherente.
3. **Conclusión general**:
  - **Heun es claramente superior a Euler** en precisión y estabilidad, según los datos de tus hojas.
  - Aunque no tengamos la solución real en tu archivo, los propios valores ya muestran que Heun se comporta como un método de orden superior.