

## Indicaciones Tarea Investigación operativa: Teoría de Colas y Cadenas de Markov

### Instrucciones generales:

- Tarea para grupos de 3 a 4 estudiantes.
- Entregables:
  - Código Python, con comentarios (archivo .py).
  - Informe en PDF, que contenga : Portada, índice, introducción, resultados, gráficos y conclusiones.
  - Un archivo README con instrucciones para ejecutar el código, y documentar supuestos.

### Requisitos técnicos:

- Usar Python 3.8+ (recomendado: pandas, numpy, matplotlib, scipy).
- El código debe permitir cambiar parámetros de entrada (tasas, matriz de transición, número de servidores, etc.).
- Cada problema debe incluir tests simples (ejecución con parámetros de ejemplo que produzcan salida conocida).

## Problema 5 — Usuarios con niveles de paciencia (M/M/1 + Markov discreto)

Un centro de información Turística recibe turistas en busca de orientación del lugar. Cada solicitud requiere ser atendida por un único agente (modelo M/M/1), y el tiempo de servicio depende del tipo de turista que realiza la solicitud.

Los turistas pueden ser de dos tipos:

- **Paciente:** tolera esperas largas y coopera durante la atención.
- **Impaciente:** se irrita fácilmente, interrumpe o necesita más tiempo de atención debido a su comportamiento.

El tipo de turista que llega no es completamente aleatorio, sino que depende del tipo de turista anterior (por ejemplo, un turista paciente puede generar un ambiente que atrae a otros pacientes, mientras que un turista impaciente genera estrés y contagia impaciencia). Este comportamiento se modela mediante una cadena de Markov discreta, con llegadas  $\lambda = 5$  clientes/min y servicio  $\mu_{\text{Paciente}} = 6$ ,  $\mu_{\text{Impaciente}} = 4$ . El tipo de turista (Paciente/Impaciente) cambia de turista a turista según una cadena discreta.

$P = [[0.7, 0.3], [0.5, 0.5]]$  (Paciente, Impaciente)

Tareas a programar:

- a) Calcular  $\pi$  estacionaria de la cadena de Markov
- b) Implementar cálculo ponderado de  $p$ ,  $L$  y  $W$ .
- c) Diseñar un simulador Python que modele la operación del sistema para 1000 periodos de atención (1000 turistas). Los datos a registrar en la simulación son los siguientes:
  - $N(t)$ , número total de turistas en el sistema (en cola + en servicio).
  - Tipo de turista actual (paciente o impaciente).
  - Estado del sistema: estable (en estado estacionario) o inestable (sin alcanzar  $\pi$ ).
- d) En las conclusiones, incorpore alguna opinión producto de la observación de repetidas simulaciones.

#### Rúbrica de evaluación (60 puntos)

Criterio	Descripción	Puntos	Comentarios
Modelado correcto	Modelación del sistema (colas + Markov), diagramas de estados y justificación de supuestos	15	
Código y reproducibilidad	Código funcional, con comentarios, parámetros configurables y README	15	
Resultados y cálculos	Cálculos numéricos, tablas, gráficos .	10	
Presentación y formato	Informe claro, correcto, entregables completos	20	