{

Implementación Metodos de Investigación Operativa

< Alexis Daniel Limache Villegas 2022-119033 >

< Brayan Nixon Maquera Choque 2022-119080 >

}

TECNOLOGIA USADA

HTML

Define la estructura básica de la página y sus componentes. En combinación con React, cada componente HTML puede ser interactivo y reutilizable.

CSS

Clave para crear interfaces de usuario atractivas y responsivas.

JavaScript

JavaScript es el motor que maneja toda la lógica de negocio, como los cálculos de EOQ, punto de reorden, y otros modelos de inventarios. Permite manejar eventos y actualizar dinámicamente los componentes de la interfaz.

React

React permite dividir la interfaz en componentes reutilizables, lo que facilita la organización y mantenimiento del código.

Contenido de exposición

01 MÉTODOS IMPLEMENTADOS

TEORIA DE COLAS

PROGRAMACIÓN NO LINEAL

PROGRAMACIÓN DINAMICA

02 EJEMPLOS

{TEORIA DE COLAS}

Un Servidor / Poisson / Exponenciales

5. Obtenga las diversas características de operación si el tren de arrastre fuera elegido.

- Datos:
  - λ = 4
  - μ = 5

5.1. Probabilidad de que no haya camiones en la zona de embarques:

- Fórmula: $P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$
- Sustitución: $P_0 = 1 - \frac{4}{5} = \frac{1}{5} = 0.2$

La probabilidad de que no haya camiones en la zona de embarques es del 20%

5.2. Número promedio de camiones en la línea de espera:

- Fórmula: $L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$
- Sustitución: $P_0 = \frac{(4)^2}{5(5-4)} = \frac{16}{5} = 3.2$

El número promedio de camiones en la línea de espera es 3.2.

5. Obtenga las diversas características de operación si el tren de arrastre fuera elegido.

- Datos:
  - λ = 4
  - μ = 5

5.3. Número promedio de camiones en la zona de embarques:

- Fórmula: $L = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$
- Sustitución: $L = \frac{16}{5} + \frac{4}{5} = \frac{20}{5} = 4$

El número promedio de camiones en la zona de embarques es 4.

5.4. Tiempo promedio que un camión pasa en la linea de espera:

- Fórmula: $W_q = \frac{L_q}{\lambda}$
- Sustitución: $W_q = \frac{\frac{16}{5}}{4} = \frac{16}{20} = \frac{4}{5} = 0.8\ horas$

$$\left(\frac{0.8\ horas}{1}\right)\left(\frac{60\ min}{1\ hora}\right) = 48minutos$$

El tiempo promedio que un camión pasa en linea de espera es de 0.8 horas o 48 minutos.

5. Obtenga las diversas características de operación si el tren de arrastre fuera elegido.

- Datos:
  - λ = 4
  - μ = 5

5.5. Tiempo promedio que un camión pasa en la zona de embarques:

- Fórmula: $W = W_q + \frac{1}{\mu}$
- Sustitución: $W = \frac{4}{5} + \frac{1}{5} = 1$

$$1\ hora = 60\ min$$

El tiempo promedio que un camión pasa en la zona de embarques es de 1 hora o 60 minutos.

5.6. Probabilidad que un camión que llega tenga que esperar a ser atendido:

- Fórmula: $P_w = \frac{\lambda}{\mu}$
- Sustitución: $P_w = \frac{4}{5} = 0.8$

La probabilidad que un camión que llega tenga que esperar a que lo atiendan es de 80%.

Varios Servidores / Poisson / Exponenciales

EJERCICIO 1

Núm. Servidores → s = 3 Empleados
Ritmo de servicio → μ = 30 Clientes/Hora
Tasa de llegadas → λ = 81 Clientes/Hora

a) ¿Cuál es la utilización promedio de los empleados de la concesión?

Utilización promedio del sistema.

$$\rho = \frac{\lambda}{s\,\mu} = \frac{81}{(3)(30)} = 0.9 \text{ o } 90\%$$

b) ¿Cuál es el tiempo promedio que pasan los clientes en el área de la concesión?

Tiempo promedio de estancia en el sistema: $W_s = W_q + \frac{1}{\mu}$

Tiempo promedio de espera en cola: $W_q = \frac{L_q}{\lambda}$ $\quad (L_q = \lambda W_q)$

Probabilidad de que haya cero clientes en el sistema.

$$P_o = \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \left[\frac{(\lambda/\mu)^s}{s!}\left(\frac{1}{1-\rho}\right)\right]}$$

Número promedio de clientes en la fila.

$$Lq = \frac{P_o(\lambda/\mu)^S \rho}{s!\,(1-\rho)^2}$$

EJERCICIO 1

Núm. Servidores → s = 3 Empleados
Ritmo de servicio → μ = 30 Clientes/Hora
Tasa de llegadas → λ = 81 Clientes/Hora

b) ¿Cuál es el tiempo promedio que pasan los clientes en el área de la concesión?

$$P_o = \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \left[\frac{(\lambda/\mu)^s}{s!}\left(\frac{1}{1-\rho}\right)\right]}$$

$$P_o = 0.0249 \text{ o } 2.49\%$$

$$P_o = \frac{1}{\sum_{n=0}^{2} \frac{(81/30)^0}{0!} + \frac{(81/30)^1}{1!} + \frac{(81/30)^2}{2!} + \left[\frac{(81/30)^3}{3!}\left(\frac{1}{1-0.9}\right)\right]}$$

$$P_o = \frac{1}{\frac{(2.7)^0}{0!} + \frac{(2.7)^1}{1!} + \frac{(2.7)^2}{2!} + \left[\frac{(2.7)^3}{3!}\left(\frac{1}{0.1}\right)\right]}$$

$$P_o = \frac{1}{1 + 2.7 + 3.645 + [3.2805(10)]}$$

$$P_o = \frac{1}{7.345 + 32.805} = \frac{1}{40.15} = 0.0249$$

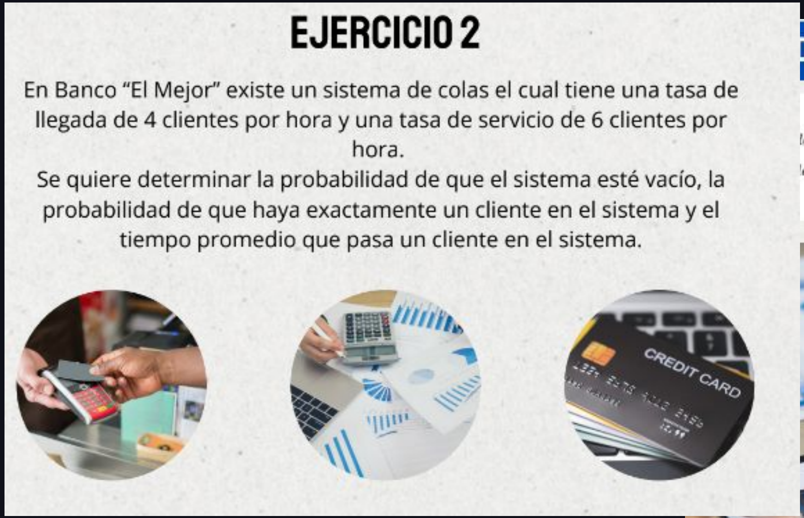
$$Lq = \frac{P_o(\lambda/\mu)^s \rho}{s!\,(1-\rho)^2} = \frac{0.0249(2.7)^3(0.9)}{3!(1-0.9)^2}$$

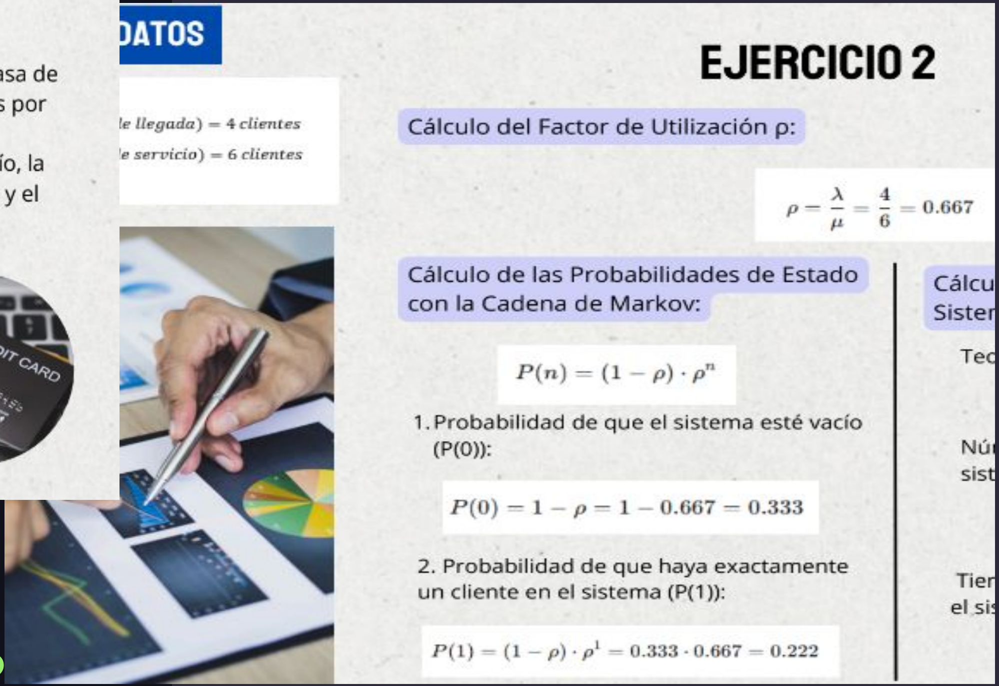
$$= \frac{0.0249(19.683)\,(0.9)}{6\,(0.01)} = \frac{0.4410}{0.06} = 7.35 \text{ Clientes}$$

$$Wq = \frac{Lq}{\lambda} = \frac{7.35}{81} = 0.09 \text{ Horas o } 5.4 \text{ min}$$

$$W = Wq + \frac{1}{\mu} = 0.09 + \frac{1}{30} = 0.12 \text{ Horas o } 7.4 \text{ min}$$

Nacimiento y Muerte





{ Colas Poisson Arbitrarias

$$\lambda = \frac{2}{8} = 0.25\frac{trabajos}{hora}$$

Tasa media de llegadas

$$\mu = \frac{1}{3.2} = 0.3125\frac{trabajos}{hora}$$

Tasa media de servicios

$$\sigma = 2horas$$

$$L_q = \frac{\left(0.25^2 \times 2^2 + \left(\frac{0.25}{0.3125}\right)^2\right)}{2\left(1 - \left(\frac{0.25}{0.3125}\right)\right)}$$

$$L_q = 2.225$$

N# trabajos en espera

$$W_q = \frac{2.225}{0.25}$$

$$W_q = 8.9$$

N# tiempo en espera

$$W = 8.9 + \frac{1}{0.3125}$$

$$W = 12.1$$

N# tiempo en el sistema

$$P_w = \frac{0.25}{0.3125} = 80\%$$

Porcentaje Ocupado

}

Múltiples Servidores sin Espera

DATOS DEL PROBLEMA
- Tasa de llegadas: ***λ=12***
- Tasa de servicio: ***μ=3***
- Número de servidores: ***k=5***

CARGA DEL SISTEMA:

$$\frac{\lambda}{\mu} = \frac{12}{3} = 4$$

$$P_j = \frac{\dfrac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^j}{j!}}{\sum_{i=0}^{k} \dfrac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^i}{i!}}$$

PROBABILIDAD DE QUE LOS 5 MECÁNICOS ESTÉN OCUPADOS

$$P(5) = \frac{(4)^5/5!}{\sum_{i=0}^{5} \frac{(4)^i}{i!}} \qquad P(5) = \frac{(4)^5/5!}{\frac{(4)^0}{0!}+\frac{(4)^1}{1!}+\frac{(4)^2}{2!}+\frac{(4)^3}{3!}+\frac{(4)^4}{4!}+\frac{(4)^5}{5!}}$$

$$P(5) = \frac{(4)^5/5!}{1+4+8+10.6667+10.6667+8.5333}$$

$$P(5) = \frac{8.5333}{42.8667} = 0.199$$

Esto significa que hay una probabilidad del **19.9%** de que los cinco mecánic
estén ocupados y que un cliente reciba una señal de ocupado

DATOS DEL PROBLEMA
- Tasa de llegadas: ***λ=12***
- Tasa de servicio: ***μ=3***
- Número de servidores: ***k=5***

CARGA DEL SISTEMA:

$$\frac{\lambda}{\mu} = \frac{12}{3} = 4$$

$$L = \frac{\lambda}{\mu}\left(1 - P_k\right)$$

NÚMERO PROMEDIO DE AUTOS EN EL SISTEMA

$$L = 4 * (1 - 0.199)$$

$$L = 4 * 0.801 = 3.204$$

El número promedio de autos en el sistema, considerando tanto los autos que están siendo atendidos como aquellos que llegan, es aproximadamente **3.2** autos.

Fuentes Finitas

Problema 1 - datos

Una compañía utiliza un grupo de seis máquinas idénticas; cada una funciona un promedio de 20 horas entre descomposturas. Por tanto, la tasa de llegadas o solicitud de servicio de reparación de cada máquina es 1/20 = 0.05 por hora. Con las descomposturas ocurriendo al azar, se utiliza la distribución de probabilidad de Poisson para describir el proceso de llegada de máquinas descompuestas. Una persona del departamento de mantenimiento proporciona el servicio de reparación de canal único para las seis máquinas. Los tiempos de servicio exponencialmente distribuidos tienen una media de dos horas por máquina, o una tasa de servicios de 1/2 = 0.50 máquinas por hora.

N tamaño de la población = 6

tasa de llegadas de cada unidad

$$\lambda = 0.05$$

tasa de servicios

$$\mu = 0.50$$

Problema 1 - Procedimiento

Probabilidad de que no haya unidades en el sistema

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{N} \frac{N!}{(N-n)!}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}$$

$$\frac{1}{\frac{6!}{6!}\left(\frac{0.05}{0.5}\right)^0+\frac{6!}{5!}\left(\frac{0.05}{0.5}\right)^1+\frac{6!}{4!}\left(\frac{0.05}{0.5}\right)^2+\frac{6!}{3!}\left(\frac{0.05}{0.5}\right)^3+\frac{6!}{2!}\left(\frac{0.05}{0.5}\right)^4+\frac{6!}{1!}\left(\frac{0.05}{0.5}\right)^5+\frac{6!}{0!}\left(\frac{0.05}{0.5}\right)^6}$$

$$\frac{1}{1+6(0.1)^1+30(0.1)^2+120(0.1)^3+360(0.1)^4+720(0.1)^5+720(0.1)^6}$$

$$\frac{1}{1+0.6+0.3+0.12+0.36+0.0072+0.00072}$$

$$\frac{1}{2.06392}$$

$$0.4845$$

{ PROGRAMACIÓN NO LINEAL }

...

{ Programación Cuadrática

$$Z = 6x_1 + 3x_2 - 4x_1x_2 - 2x_1^2 - 3x_2^2$$

$$Como: x_1 = 1$$
$$x_2 = 0$$

$$Z = 6(1) + 3(0) - 4(1)(0) - 2(1)^2 - 3(0)^2$$
$$Z = 6 - 2 = 4$$

Por lo tanto:

$$Z = 4$$
$$x_1 = 1$$
$$x_2 = 0$$

$$Max\ Z = 6x_1 + 3x_2 - 4x_1x_2 - 2x_1^2 - 3x_2^2$$

Sujeto a:

$$x_1 + x_2 \leq 1$$
$$2x_1 + 3x_2 \leq 4$$
$$x_1, x_2 \geq 0$$

$$\begin{aligned}\mathcal{L}(x,\lambda,\mu) = {} & 6x_1 + 3x_2 - 4x_1x_2 - 2x_1^2 - 3x_2^2 \\ & - \lambda_1(x_1 + x_2 - 1) - \lambda_2(2x_1 + 3x_2 - 4) \\ & - \mu_1(-x_1) - \mu_2(-x_2)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathcal{L}(x,\lambda,\mu) = {} & 6x_1 + 3x_2 - 4x_1x_2 - 2x_1^2 - 3x_2^2 \\ & -\lambda_1x_1 - \lambda_1x_2 + \lambda_1 - 2\lambda_2x_1 + 3\lambda_2x_2 + 4\lambda_2 \\ & +\mu_1x_1 + \mu_2x_2\end{aligned}$$

}

Programación Separable

MPNL SEPARABLE

$$Max\ Z = 30x_1 + 35x_2 - 2x_1^2 - 3x_2^2$$

$s.a.:$

$$x_1^2 + 2x_2^2 \leq 250$$

$$x_1 + x_2 \leq 20$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

$$x_1^2 + 2x_2^2 \leq 250$$

$$x_1 + x_2 \leq 20$$

Entonces:

$$(7.5)^2 + 2(5.83)^2 = 124.2278 \leq 250$$

$$7.5 + 5.83 = 13.33 \leq 20$$

{ Programación Fraccionaria }

Función Objetivo:

$$\text{Maximizar: } Z = \frac{3x_1 + 2x_2}{x_1 + 4x_2}$$

Sujeto a:

$$x_1 + 2x_2 \leq 6$$

$$2x_1 + 3x_2 \geq 4$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

Valores óptimos:

- $x_1 = 0.10$
- $x_2 = 2.90$

Valor de la función objetivo:

$$Z = \frac{3(0.10) + 2(2.90)}{0.10 + 4(2.90)} = 0.5214$$

Verificación del cumplimiento de restricciones:

1. Primera restricción: $x_1 + 2x_2 \leq 6$

$$0.10 + 2(2.90) = 5.90 \leq 6 \quad \text{(Cumple)}$$

2. Segunda restricción: $2x_1 + 3x_2 \geq 4$

$$2(0.10) + 3(2.90) = 8.80 \geq 4 \quad \text{(Cumple)}$$

3. No negatividad: $x_1, x_2 \geq 0$

$$x_1 = 0.10 \geq 0, \quad x_2 = 2.90 \geq 0 \quad \text{(Cumple)}$$

{ Programación Geométrica

Función Objetivo:

Minimizar:

$$Z = 1 \cdot x_1^{0.5} \cdot x_2^{-1} + 2 \cdot x_1^{-0.5} \cdot x_2^2$$

Restricciones:

1. $x_1^1 \cdot x_2^{0.5} \leq 8$
2. $x_1^{-1} \cdot x_2^2 \geq 4$
3. $x_1^2 \cdot x_2^1 = 10$

Valores óptimos:

- $x_1 = 1.0000$
- $x_2 = 0.9800$

Verificación de restricciones:

1. Primera restricción: $x_1^1 \cdot x_2^{0.5} \leq 8$

$$1.0000^1 \cdot 0.9800^{0.5} = 1.0000 \cdot 0.9899 = 0.9899 \leq 8 \quad \text{(Cumple)}$$

2. Segunda restricción: $x_1^{-1} \cdot x_2^2 \geq 4$

$$1.0000^{-1} \cdot 0.9800^2 = 1.0000 \cdot 0.9604 = 0.9604 \geq 4 \quad \text{(No cumple si el límite es estricto, verifica esto en el modelo)}$$

3. Tercera restricción: $x_1^2 \cdot x_2^1 = 10$

$$1.0000^2 \cdot 0.9800 = 1.0000 \cdot 0.9800 = 0.9800 \quad \text{(No cumple con exactitud, el modelo debería ajustarse si se permite una tolerancia)}$$

}

PROGRAMACIÓN DINÁMICA

{ Holgura por Rechazos

EJEMPLO

La **HIT-AND-MISS MANUFACTURING COMPANY** ha recibido un pedido para surtir un artículo de tipo especial. El cliente ha especificado estándares de calidad tan rigurosos que es posible que el fabricante tenga que producir más de un artículo para obtener uno aceptable. El número adicional de artículos que se producen en una corrida de producción se llama holgura por rechazos.

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA:

- El fabricante estima que cada unidad tiene una probabilidad de 1/2 de ser aceptable y 1/2 de ser defectuosa.
- En un lote de tamaño L, la probabilidad de que ninguna unidad sea aceptable es (1/2)^L.

A TOMAR EN CUENTA :

- Los costos marginales de producción **son de $100 por unidad** , y los artículos adicionales se desperdician.
- Se incurre en **costos fijos de $300** cada vez que se pone en marcha el proceso de producción y se requiere una preparación completa a este mismo costo para cada corrida de producción.
- El fabricante tiene tiempo para realizar hasta **tres corridas** de producción. Si al final de la tercera corrida no obtiene un artículo aceptable, el costo ocasionado por la venta perdida y las **multas será de $1,600.**

Formulacion:

Etapa n = n-ésima corrida de producción ($n = 1, 2, 3$),
x_n = tamaño del lote de la etapa n,
Etapa s_n = número de productos aceptables por obtener (1 o 0) al iniciar la etapa n.

Según el objetivo que se estableció para el problema,

$f_n(s_n, x_n)$ = costo total esperado en las etapas $n, \ldots, 3$ si en la etapa n el sistema comienza en el estado s_n, la decisión inmediata es x_n, y en adelante se toman decisiones óptimas,

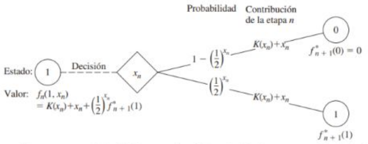
$$f_n^*(s_n) = \min_{x_n=0,1,\ldots} f_n(s_n, x_n),$$

donde $f_n^*(0) = 0$. Si se usa $100 como unidad monetaria, la contribución al costo de la etapa n es $[K(x_n) + x_n]$ independientemente del siguiente estado, donde $K(x_n)$ es una función de x_n tal que

$$K(x_n) = \begin{cases} 0, & \text{si } x_n = 0 \\ 3, & \text{si } x_n > 0. \end{cases}$$

Por tanto, para $s_n = 1$,

$$f_n(1, x_n) = K(x_n) + x_n + \left(\frac{1}{2}\right)^{x_n} f_{n+1}^*(1) + \left[1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{x_n}\right] f_{n+1}^*(0)$$
$$= K(x_n) + x_n + \left(\frac{1}{2}\right)^{x_n} f_{n+1}^*(1)$$



En consecuencia, la relación recursiva de los cálculos de programación dinámica es

$$f_n^*(1) = \min_{x_n=0,1,\ldots} \left\{K(x_n) + x_n + \left(\frac{1}{2}\right)^{x_n} f_{n+1}^*(1)\right\}$$

para $n = 1, 2, 3$.

Procedimiento de la solución

s_1 \ x_1	$f_1(1, x_1) = K(x_1) + x_1 + \left(\frac{1}{2}\right)^{x_1} f_2^*(1)$: 0	1	2	3	4	$f_1^*(s_1)$	x_1^*
1	7	$7\frac{1}{2}$	$6\frac{3}{4}$	$6\frac{7}{8}$	$7\frac{7}{16}$	$6\frac{3}{4}$	2

LA POLÍTICA ÓPTIMA ES PRODUCIR DOS ARTÍCULOS EN LA PRIMERA CORRIDA DE PRODUCCIÓN

EL COSTO TOTAL ESPERADO DE ESTA POLÍTICA ES DE $675

Programacion Dinamica Probabilistica

FORMULACIÓN DE PROGRAMACIÓN DINÁMICA

Etapa n= n-ésima jugada del juego (n=1,2,3)
Xn= número de fichas que debe apostar en la etapa n
Etapa Sn=número de fichas disponibles para comenzar la etapa

Se eligió esta definición del estado del sistema porque proporciona la información necesaria sobre la situación actual para tomar una decisión óptima sobre cuántas fichas apostar en la siguiente jugada.

Como el objetivo es maximizar la probabilidad de que la joven gane la apuesta, la función objetivo que debe maximizarse en cada etapa es la probabilidad de terminar las tres jugadas con cinco fichas o más. (Observe que el valor de terminar con más de cinco fichas es el mismo que el de terminar con cinco fichas, ya que la apuesta se gana de las dos formas.) Así,

$f_n(s_n, x_n)$ = probabilidad de terminar las tres jugadas con cinco fichas o más, dado que la joven comienza la etapa n con s_n fichas, su decisión inmediata es x_n y en adelante toma decisiones óptimas,

$$f_n^*(s_n) = \max_{x_n=0,\,1,\,\ldots,\,s_n} f_n(s_n, x_n).$$

n=1
Etapa 1

s_1 \ x_1	$f_1(s_1, x_1) = \frac{1}{3}f_2^*(s_1 - x_1) + \frac{2}{3}f_2^*(s_1 + x_1)$				$f_1^*(s_1)$	x_1^*
	0	1	2	3		
3	$\frac{2}{3}$	$\frac{20}{27}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{20}{27}$	1

Por tanto, la política óptima es

$$x_1^* = 1 \begin{cases} \text{si gana,} \quad x_2^* = 1 \begin{cases} \text{si gana,} & x_3^* = 0 \\ \text{si pierde,} & x_3^* = 2 \text{ o } 3. \end{cases} \\ \text{si pierde,} \quad x_2^* = 1 \text{ o } 2 \begin{cases} \text{si gana,} & x_3^* = \begin{cases} 2 \text{ o } 3 & (\text{para } x_2^* = 1) \\ 1, 2, 3 \text{ o } 4 & (\text{para } x_2^* = 2) \end{cases} \\ \text{si pierde,} & \text{la apuesta está perdida} \end{cases} \end{cases}$$

Esta política da a la experta en estadística una probabilidad de $\frac{20}{27}$ de ganar la apuesta a sus colegas.

PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PO

```
PS C:\xampp\htdocs\io> & C:/Users/pca/AppData
Probabilidad óptima de ganar: 0.7407
Política óptima de apuestas: [2, 0, 1]
PS C:\xampp\htdocs\io>
```

Optimización de Asignación

Optimización de Asignación de Brigadas Médicas

Contexto:
El **Consejo Mundial de la Salud** busca **mejorar la atención médica** en países en desarrollo. Para ello:

- Cuenta con **5 brigadas médicas** disponibles.
- Debe asignarlas a **3 países seleccionados**.

Objetivo:
Determinar cuántas brigadas asignar a cada país para **maximizar la medida de desempeño**

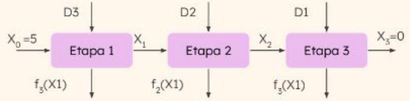
Restricciones:

- Las brigadas deben mantenerse **intactas** (asignación en números enteros).
  No es obligatorio asignar brigadas a todos los países.

Datos:
Se proporciona una tabla con las estimaciones de los **años de vida adicionales por persona (en miles)**, según el número de brigadas asignadas a cada país.

Pregunta:
¿Cuál es la asignación óptima de las 5 brigadas que **maximiza la eficiencia global**?

PAÍS		
1	**2**	**3**
0	0	0
45	20	50
70	45	70
90	75	80
105	110	100
120	150	130



ETAPA 1	PAÍS 1						$f(X_0)$	D3
X_0	0	1	2	3	4	5		
5	160	170	165	160	155	120	170	1

SOLUCIÓN ÓPTIMA		
D3	1	45
D2	3	75
D1	1	50
	Z=	170

{ Distribución de Científicos

Etapa 3: $n = 3$

s_3	$f_3^*(s_3)$	x_3^*
0	0.80	0
1	0.50	1
2	0.30	2

Etapa 2: $n = 2$

x_2 / s_2	$f_2(s_2, x_2) = p_2(x_2) * f_3^*(s_2 - x_2)$			$f_2^*(s_2)$	x_2^*
	0	1	2		
0	0.6*0.8=0.48			0.48	0
1	0.6*0.5=0.30	0.4*0.8=0.32		0.30	0
2	0.6*0.3=0.18	0.4*0.5=0.20	0.2*0.8=0.16	0.16	2

Etapa 1: $n = 1$

x_1 / s_1	$f_1(s_1, x_1) = p_1(x_1) * f_2^*(s_1 - x_1)$			$f_1^*(s_1)$	x_1^*
	0	1	2		
2	0.4*0.16=0.064	0.2*0.3=0.060	0.15*0.48=0.072	0.060	1

El grupo encargado de un proyecto espacial del gobierno no lleva a cabo una investigación sobre cierto problema de ingeniería que debe resolverse antes de que los seres humanos puedan viajar seguros a Marte. Por el momento, tres equipos de investigación tratan de resolver el problema desde tres puntos de vista diferentes. Se estima que en las circunstancias actuales, la probabilidad de que los respectivos equipos —llamados 1, 2 y 3— fracasen, es de 0.40, 0.60 y 0.80. En consecuencia, la probabilidad actual de que los tres equipos fracasen es (0.40)(0.60)(0.80) = 0.192. Como el objetivo es minimizar la probabilidad de fracaso, se asignan al proyecto dos científicos de más alto nivel.

En la tabla se proporciona la probabilidad estimada de que los equipos respectivos fracasen si se les asigna 0, 1 o 2 científicos para que colaboren con ellos. Sólo se consideran números enteros de científicos puesto que cada uno de ellos debe dedicar su atención completa a un equipo. El problema es determinar cómo deben asignarse los dos científicos adicionales para minimizar la probabilidad de que los tres equipos fracasen.

Por tanto, la solución óptima debe tener $x_1^* = 1$, lo que hace $s_2 = 2 - 1 = 1$, y con esto $x_2^* = 0$, con lo que $s_3 = 1 - 0 = 1$, y $x_3^* = 1$. De esta manera, los equipos 1 y 3 deben recibir un científico adicional cada uno. La nueva probabilidad de que los tres equipos fracasen es de 0.060.

=> 0.20*0.60*0.50=0.060

Gracias!}