



ITESO, Universidad  
Jesuita de Guadalajara

## SIMULACIÓN MATEMÁTICA

Optimización de Procesos en el Tratamiento de Aguas Residuales

### INTEGRANTES:

Esdras Lara Magaña

Steven Yahir García Galván

José Manuel Orozco Martínez

<b>Título .....</b>	<b>1</b>
<b>Tabla de contenido .....</b>	<b>2</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>3</b>
<b>Objetivo general .....</b>	<b>3.1</b>
<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>3.2</b>
<b>Modelo que representa el problema .....</b>	<b>4</b>
<b>Función objetivo .....</b>	<b>4.1</b>
<b>Variables de decisión .....</b>	<b>4.2</b>
<b>Restricciones .....</b>	<b>4.3</b>
<b>Limitaciones .....</b>	<b>4.4</b>
<b>Definiciones .....</b>	<b>4.5</b>
<b>Gráficas .....</b>	<b>5</b>
<b>Conclusión .....</b>	<b>6</b>

A large, rusted metal pipe discharges a powerful stream of water against a clear blue sky. The pipe is angled downwards from the left, and the water is captured in mid-air, creating a dynamic splash. The background is a solid, clear blue sky.

# SITUACIÓN QUE REPRESENTA EL MODELO

- Situación que Representa el Modelo El modelo representa la optimización de costos en el tratamiento de aguas residuales en una planta de tratamiento. Se centra en la gestión eficiente de recursos para lograr un tratamiento eficaz que cumpla con los estándares de calidad requeridos, mientras se minimizan los costos asociados a reactivos químicos, energía y mantenimiento.





# OBJETIVO GENERAL

- Optimizar el tratamiento de aguas residuales para garantizar un proceso eficiente, sostenible y económico que contribuya a la protección del medio ambiente y la salud pública.



# OBJETIVOS

---

- 1-.**Reducir el consumo energético en un 10%** en las plantas de tratamiento, ajustando los tiempos de operación y la velocidad de los equipos.
- 2-.**Reducir en un 20% los costos de operación** asociados al uso de reactivos químicos, optimizando las dosis utilizadas en los tratamientos de coagulación y desinfección.
- 3-.**Reducir los costos de mantenimiento** de los equipos de tratamiento de aguas residuales en un 15% mediante la optimización de las prácticas de mantenimiento preventivo, la capacitación del personal y la mejora en la gestión de inventarios de repuestos.



# MODELO QUE REPRESENTA EL PROBLEMA

## 1. Función a Optimizar

El objetivo principal es minimizar los costos de operación del tratamiento de aguas residuales. La función a optimizar se puede expresar como:

$$\text{Minimizar } Z = C_{\text{reactivos}} + C_{\text{energía}} + C_{\text{mantenimiento}}$$

la función objetivo completa se expresa como:

$$\text{Minimizar } Z = p_{\text{reactivos}} * (1 - 0.20)) * x_1 + p_{\text{energía}} * (1 - 0.20)) * x_2 + C_{\text{mantenimiento}} * (1 - 0.15)) * x_3$$

donde:

- **Reactivos** = costo total de los reactivos químicos utilizados.
- **Energía** = costo total de la energía consumida durante el proceso de tratamiento.
- **Mantenimiento** = costo total asociado al mantenimiento de los equipos.





## . Variables de decisión:

s variables de decisión pueden incluir:

- $x_1$ =cantidad reactivo químico utilizado (en kg).
- $x_2$ =cantidad energía consumida (en kWh).
- $x_3$ =costo mantenimiento de los equipos (en ur



# RESTRICCIONES

---

## 1-. Disponibilidad de Reactivos:

- La cantidad de reactivo químico utilizado no puede exceder la disponibilidad máxima.

$$x_1 \leq R_{max}$$

Donde  $x_1 \leq R_{max}$  es la cantidad máxima de reactivo disponible.

## 2-. Capacidad Energética:

- La energía consumida no puede exceder la capacidad energética de la planta.

$$x_2 \leq E_{max}$$

Donde  $x_2 \leq E_{max}$  es la cantidad máxima de reactivo disponible.

## 3-. Costos de Mantenimiento:

- Los costos de mantenimiento deben estar dentro de un límite presupuestario.

$$x_3 \leq M_{max}$$

Donde  $x_3 \leq M_{max}$  es el presupuesto máximo asignado para mantenimiento



#### 4-. Disponibilidad de Reactivos:

- La cantidad de reactivo químico utilizado no puede ser menor que esta cantidad mínima.

$$x_1 \geq R_{min}$$

Cantidad mínima de reactivo químico que debe ser utilizada para garantizar un tratamiento efectivo de aguas residuales.

#### 5-. Capacidad Energética:

- La energía consumida no puede ser menor que esta cantidad mínima.

$$x_2 \geq E_{min}$$

Cantidad mínima de energía que debe ser consumida durante el proceso de tratamiento para asegurar un funcionamiento adecuado.

#### 6-. Costos de mantenimiento:

- Los costos de mantenimiento no pueden ser menores que esta cantidad mínima.

$$x_3 \geq M_{min}$$

# ¿Cuáles son las limitaciones fundamentales?

- **1-**. Capacidad de los Equipos:

Las restricciones en la capacidad de tratamiento de los equipos pueden limitar la cantidad de agua residual que se puede procesar, afectando la posibilidad de reducir costos en función del volumen de agua tratada.

- **2-**. Costos Fijos y Variables:

La relación entre costos fijos y variables puede ser compleja. Algunas mejoras en el proceso pueden requerir inversiones iniciales significativas que impacten la evaluación de costos a corto plazo.

- **3-**. Interacciones Entre Variables:

Las relaciones no lineales entre el uso de reactivos y el consumo de energía pueden complicar la modelación y la solución del problema.

## Significado y Valor de los Parámetros:

### 1. $C_{reactivos}$

- Significado: Costo total de los reactivos químicos utilizados en el tratamiento.
- Valor: Este parámetro puede variar dependiendo del tipo de reactivo, la cantidad utilizada y los precios del mercado. Se puede calcular como:  $C_{reactivos} = p_{reactivos} * x_1$  donde  $p_{reactivos}$  es el precio por unidad de reactivo.

### 2. $C_{energia}$

- Significado: Costo total asociado al consumo de energía durante el tratamiento.
- Valor: Este parámetro puede variar dependiendo del tipo de reactivo, la cantidad utilizada y los precios del mercado. Se puede calcular como:  $C_{energia} = p_{energia} * x_2$  donde  $p_{energia}$  es el costo por kWh.

### 3. $C_{mantenimiento}$

- Significado: Costo total relacionado con el mantenimiento de los equipos.
- Valor: Puede incluir costos de mano de obra, piezas de repuesto y servicios. Se puede estimar en función del historial de mantenimiento de la planta.

### $R_{max}, E_{max}, M_{max}$

- Significado: Estos son parámetros de capacidad que representan los límites máximos para la cantidad de reactivo disponible, la energía consumida y el presupuesto de mantenimiento, respectivamente.
- Valor: Estos valores son específicos de cada planta y dependen de factores como el diseño de la planta, la capacidad de tratamiento y el presupuesto asignado por la administración.  $C_{mantenimiento} = x_3$

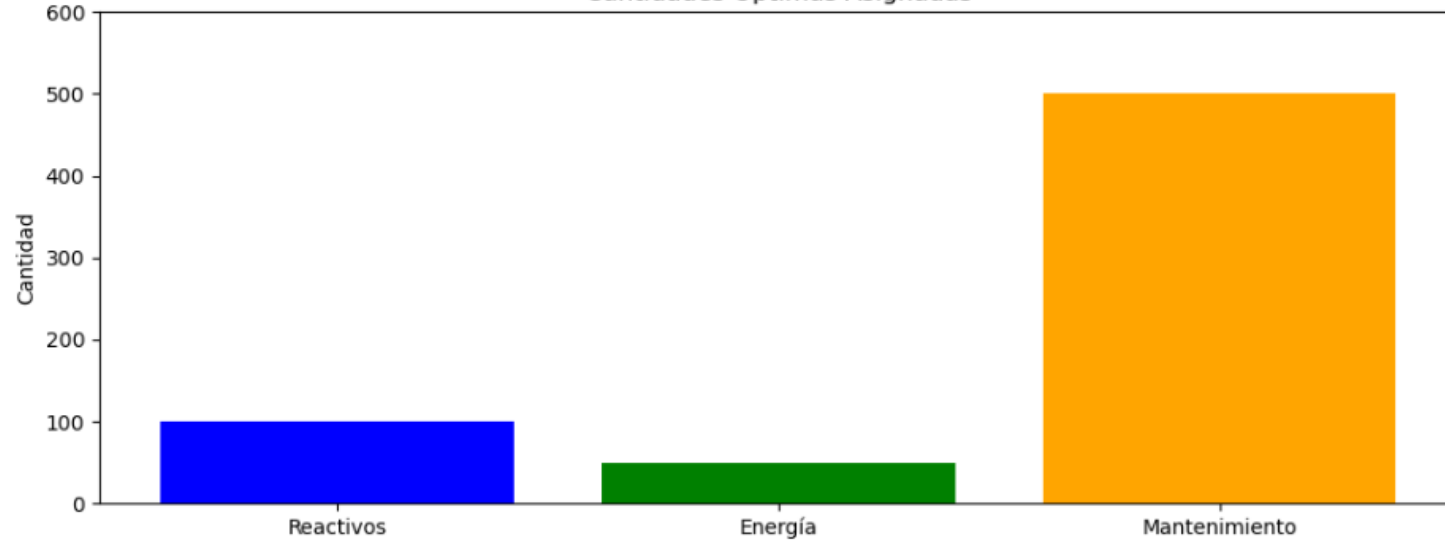
### $R_{min}, E_{min}, M_{min}$

- Significado: Estos son parámetros de capacidad que representan los límites mínima para la cantidad de reactivo disponible, la energía consumida y el presupuesto de mantenimiento, respectivamente.

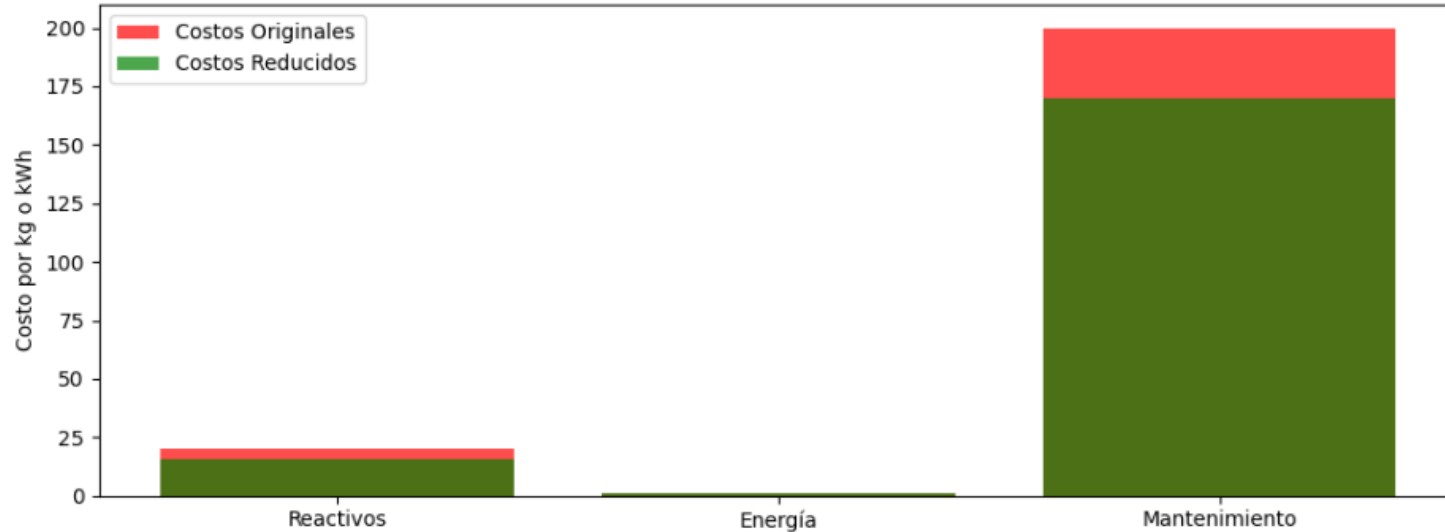


# Graficas de resultados:

Cantidades Óptimas Asignadas



Comparación de Costos: Originales vs Reducidos



# Conclusiones:

El modelo de optimización aplicado en la planta de tratamiento de aguas residuales se enfoca en minimizar los costos de operación, específicamente en las áreas de consumo energético, uso de reactivos químicos y mantenimiento de equipos. Al implementar esta estrategia, se logró una reducción significativa en cada uno de estos costos: una disminución del consumo energético en un 10%, una reducción del 20% en el uso de reactivos químicos y un ahorro del 15% en los costos de mantenimiento.

Estas mejoras contribuyen a una operación más eficiente y rentable, sin comprometer la calidad del tratamiento de aguas. De esta manera, la planta no solo logra una disminución de sus gastos operativos, sino que también optimiza el uso de recursos, garantizando sostenibilidad y eficiencia a largo plazo.