

TERCER CONCURSO UNIVERSITARIO DE DISTRITOS TÉRMICOS – COLOMBIA EQUIPO UTP-LPEA

Juan Zapata-Mina
Andrés Felipe Arias
Maria Camila Gutierrez



GENERGÉTICA

Grupo de Investigación en Gestión Energética



CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN

2. CASO DE ESTUDIO

3. METODOLOGÍA

4. HERRAMIENTA COMPUTACIONAL

5. RESULTADOS

6. CONCLUSIONES



GENERGÉTICA
Grupo de Investigación en Gestión Energética



CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN

2. CASO DE ESTUDIO

3. METODOLOGÍA

4. HERRAMIENTA COMPUTACIONAL

5. RESULTADOS

6. CONCLUSIONES



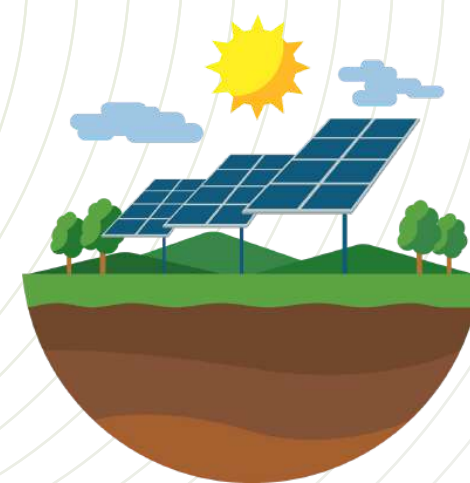
GENERGÉTICA
Grupo de Investigación en Gestión Energética



INTRODUCCIÓN



- Implementación de políticas internacionales que buscan reducir la emisión de gases efecto invernadero.
- Distritos térmicos como alternativa de desarrollo sostenible urbano.
- Uso de fuentes de energía no convencionales para la generación de energía.

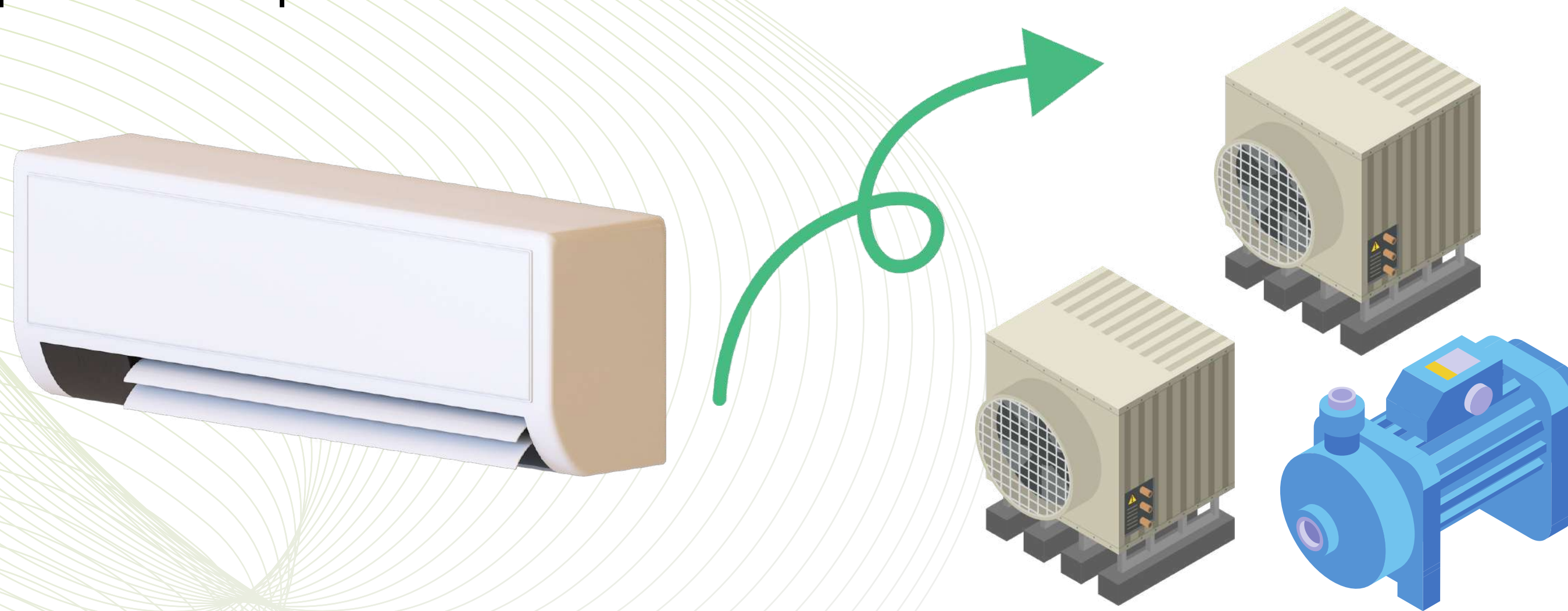


INTRODUCCIÓN



¿Qué es un distrito térmico?

Sistemas centralizados para la producción de energía térmica (agua fría o caliente) que permiten reemplazar los sistemas convencionales de aire acondicionado o calentamiento.



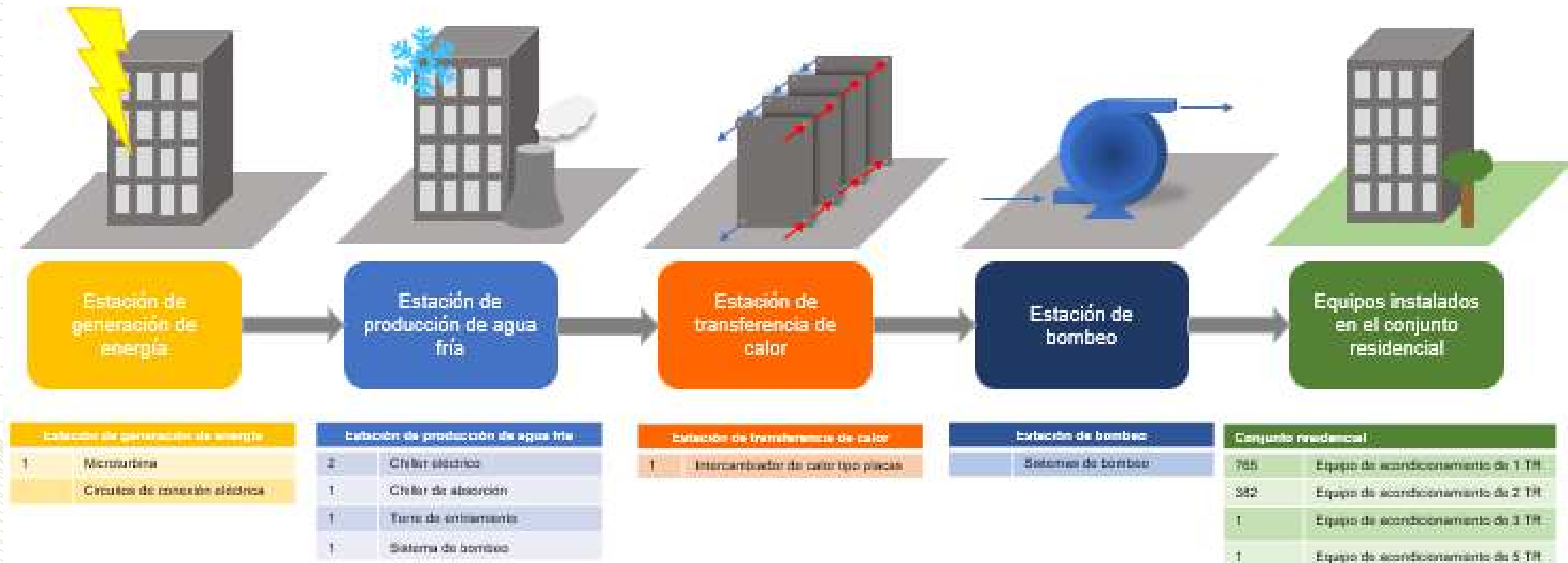


INTRODUCCIÓN

Descripción del problema

Evaluar diferentes fuentes de energía aplicadas a la operación de un distrito térmico en Barranquilla.

Distrito térmico- Barranquilla



INTRODUCCIÓN



GENERGÉTICA
Grupo de Investigación en Gestión Energética

OBJETIVOS

- Analizar el funcionamiento de un distrito térmico considerando las diferentes fuentes de energía.
- Establecer indicadores técnicos, económicos y ambientales.
- Implementar un método de decisión multicriterio para la evaluación de las diferentes fuentes de energía.
- Construir herramienta computacional para la evaluación de fuentes de energía.



CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN

2. CASO DE ESTUDIO

3. METODOLOGÍA

4. HERRAMIENTA COMPUTACIONAL

5. RESULTADOS

6. CONCLUSIONES



GENERGÉTICA
Grupo de Investigación en Gestión Energética

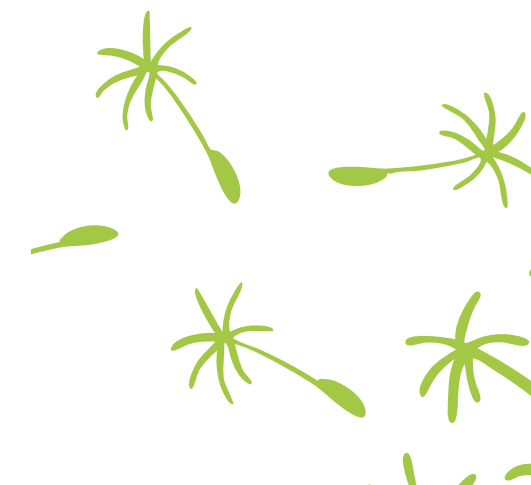
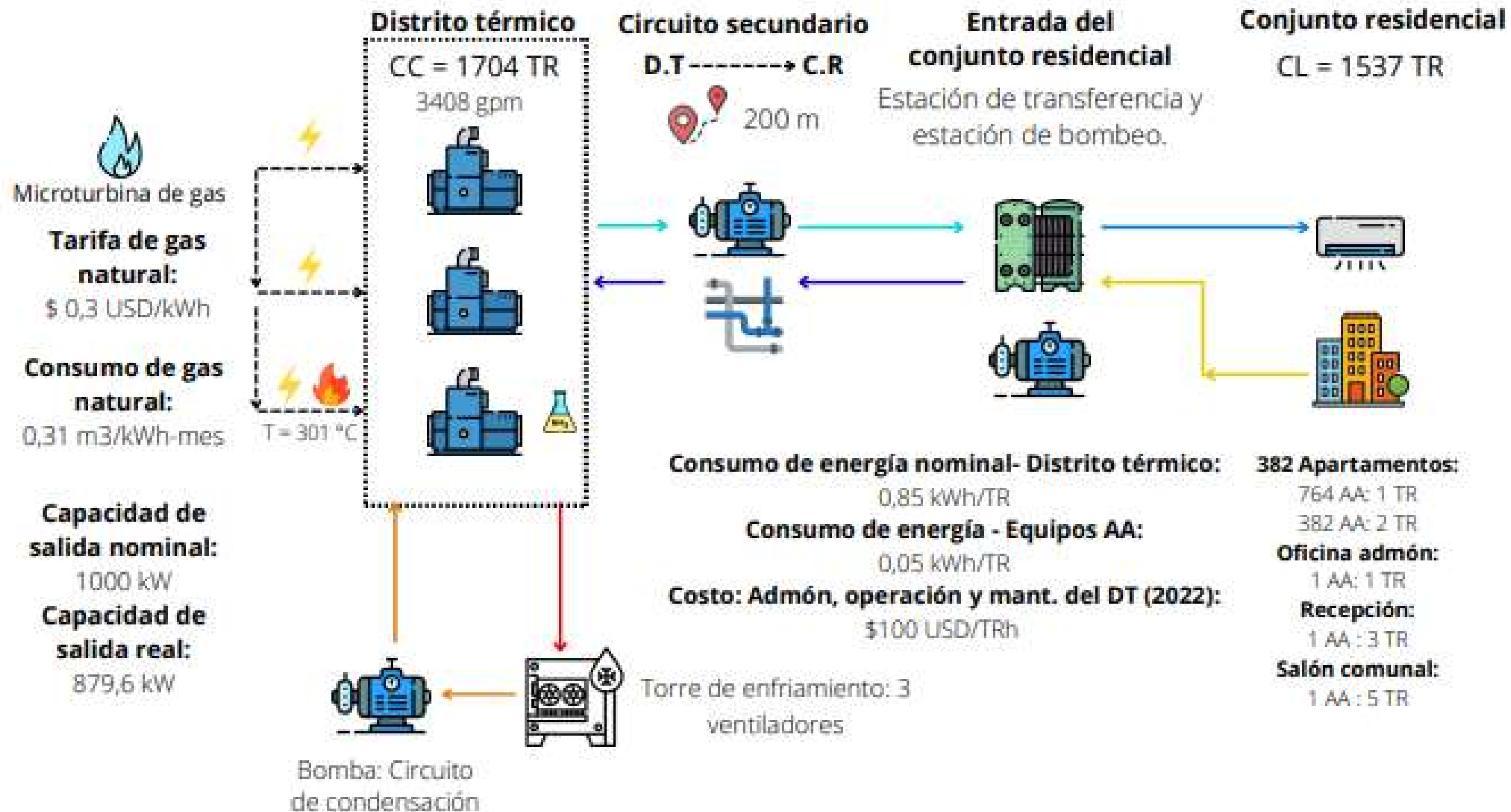


CASO DE ESTUDIO



GENERGÉTICA
Grupo de Investigación en Gestión Energética

Distrito térmico - Barranquilla: Línea Base

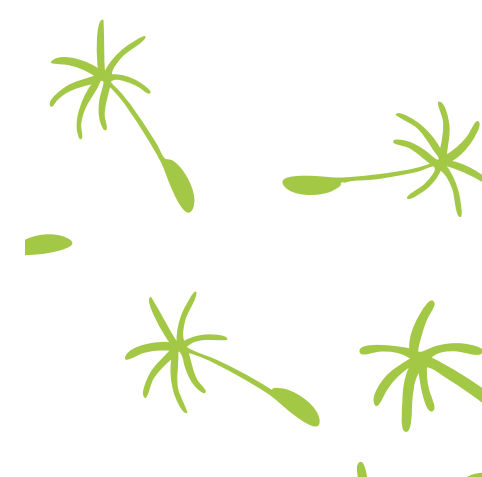
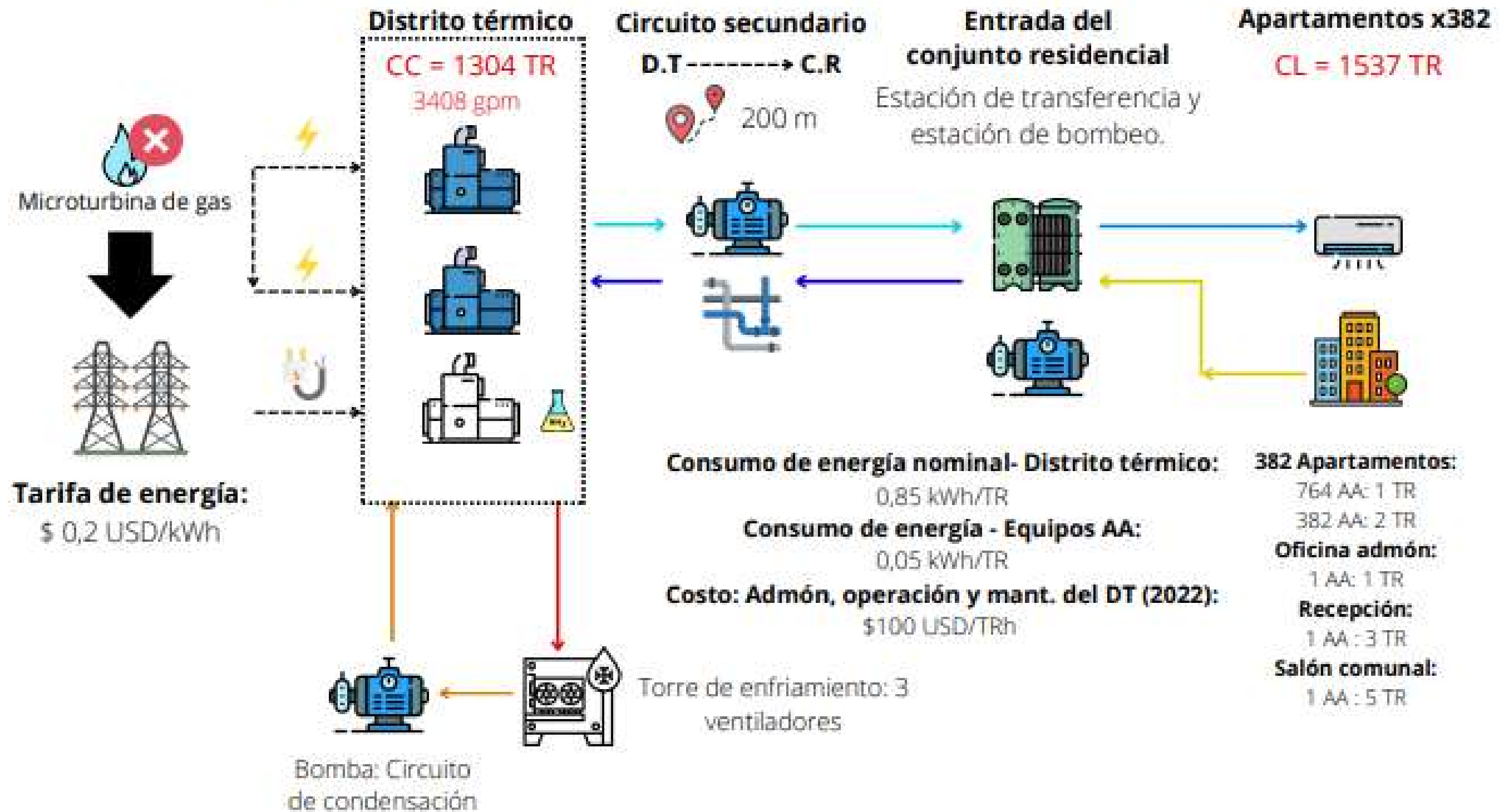


CASO DE ESTUDIO



GENERGÉTICA
Grupo de Investigación en Gestión Energética

Distrito térmico - Barranquilla: Línea Base

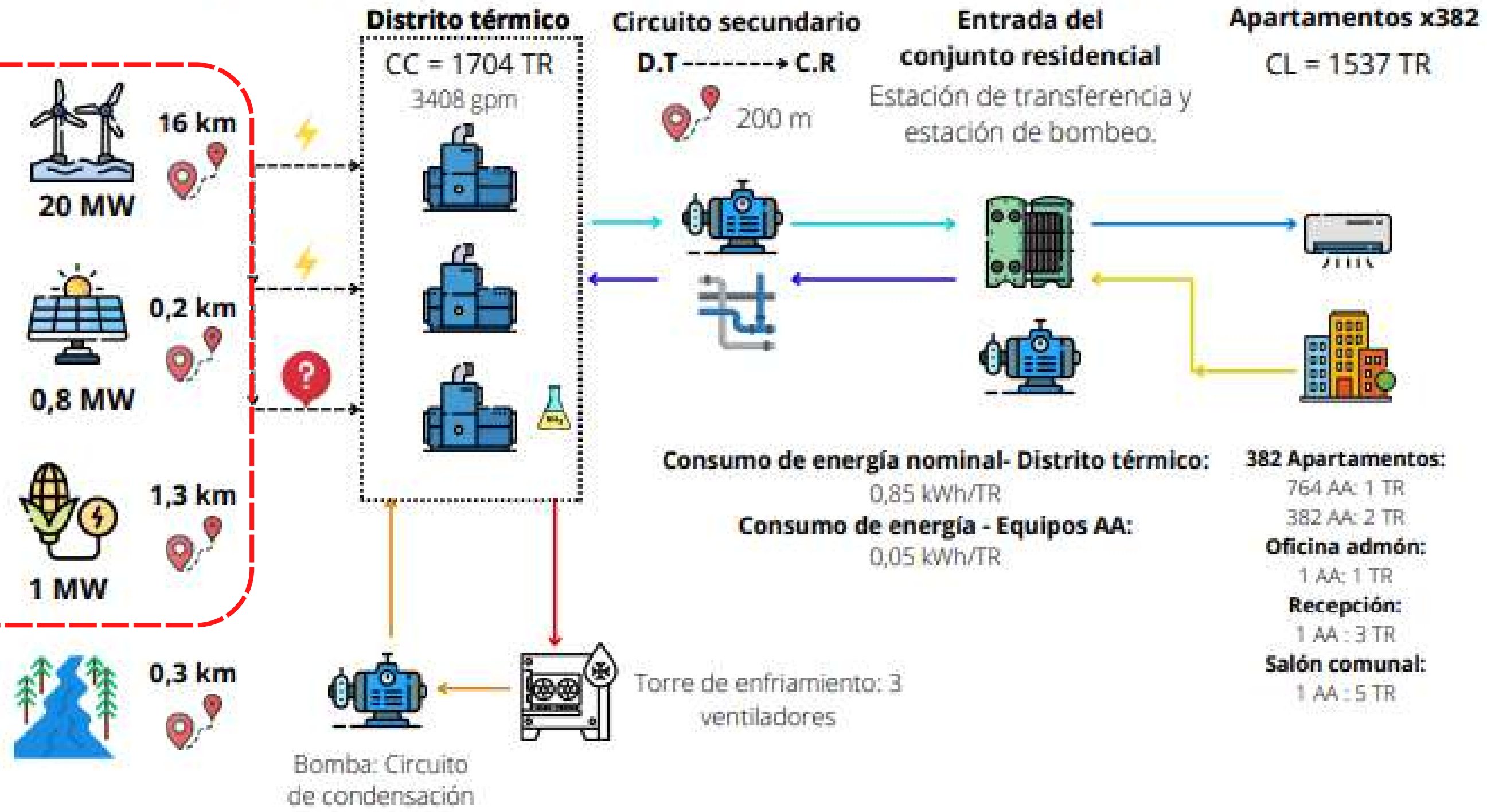


CASO DE ESTUDIO



Distrito térmico - Barranquilla: Caso de estudio

- Alternativa 1**
- Alternativa 2**
- Alternativa 3**



CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN

2. CASO DE ESTUDIO

3. METODOLOGÍA

4. HERRAMIENTA COMPUTACIONAL

5. RESULTADOS

6. CONCLUSIONES



GENERGÉTICA
Grupo de Investigación en Gestión Energética

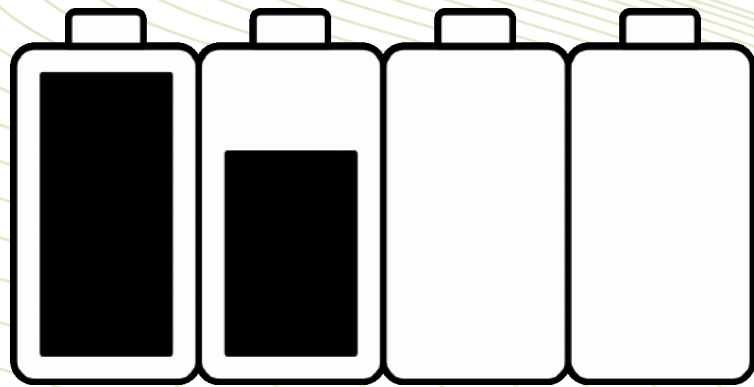


METODOLOGÍA

Cálculo de indicadores



Análisis de decisión multicriterio



METODOLOGÍA



Cálculo de Indicadores

Indicador energético

Indicadores económicos

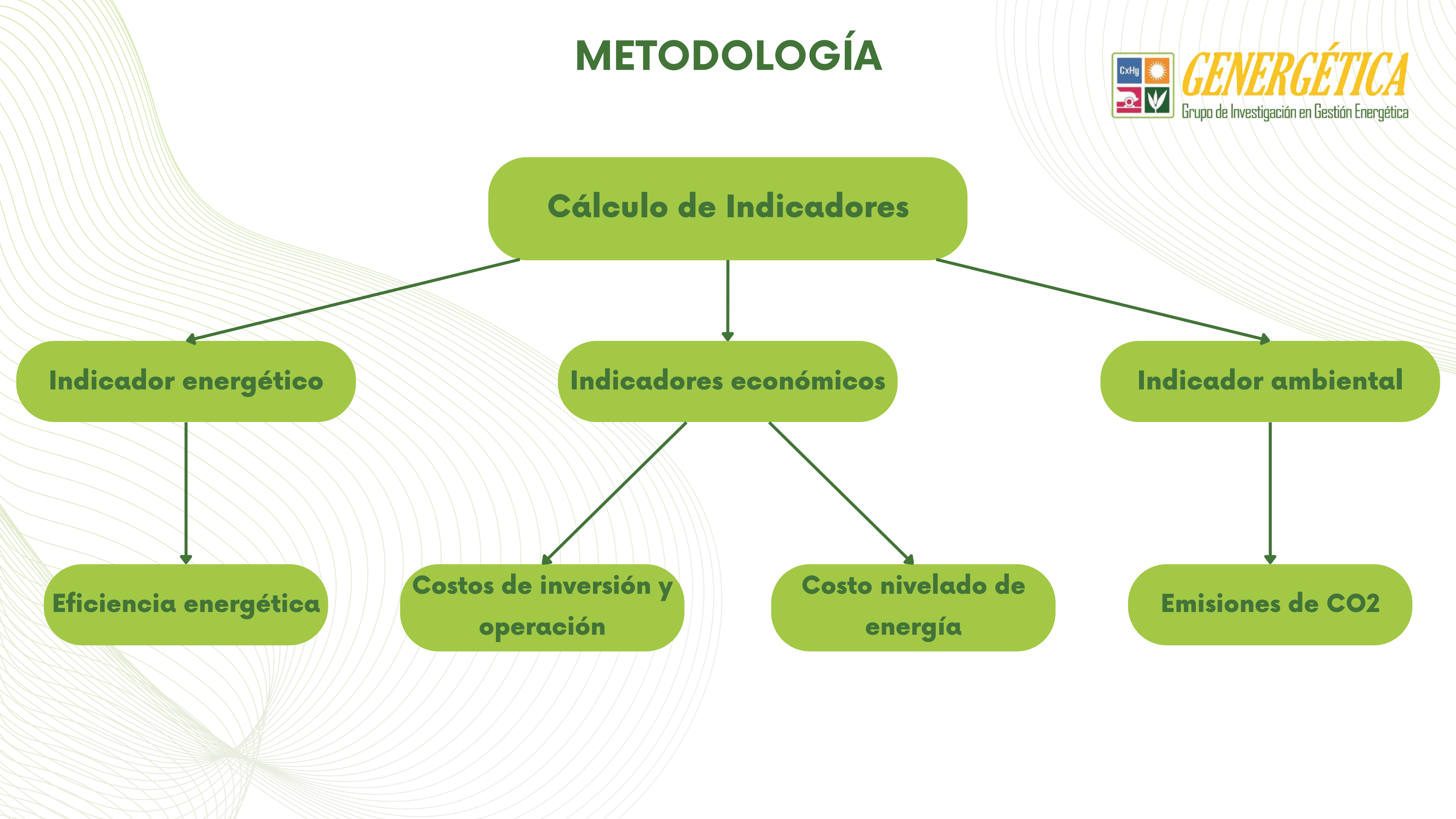
Indicador ambiental

Eficiencia energética

Costos de inversión y
operación

Costo nivelado de
energía

Emisiones de CO₂



METODOLOGÍA



Indicador energético

GAS NATURAL



$$\eta_{T.G} = \frac{W_{eléc}}{E_{comb}} = \frac{\text{Energía eléctrica}}{\text{Energía del combustible}}$$

$$\eta_{T.G} = \frac{1448 \text{ kWh}}{2698,85 \text{ kWh}} = 0,536 = 53,6\%$$

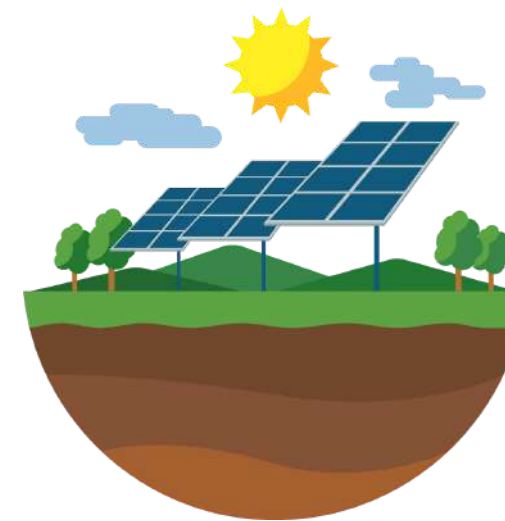
BIOMASA



$$\eta_{P.I} = \frac{W_{eléc}}{E_{comb}} = \frac{\text{Energía eléctrica}}{\text{Energía del combustible}}$$

$$\eta_{P.I} = \frac{1448 \text{ kWh}}{4800 \text{ kWh}} = 0,301 = 30,1\%$$

SOLAR



$$\eta_{panel} = 19\%$$

Aerogenerador

Marca	Vestas
Modelo	V66/2000
Potencia nominal	2 MW
Diámetro	66 m
Área de barrido	3422 m ²
Compatible offshore	Si
Velocidad nominal de viento	17 m/s

EÓLICA



$$\dot{W}_{eolic} = \rho A \frac{V^3}{2}$$

$$\eta_{aerogen} = \frac{\dot{W}_{elect}}{\dot{W}_{eolic}} = 20,5\%$$

METODOLOGÍA



GENERGÉTICA
Grupo de Investigación en Gestión Energética

Indicador ambiental

GAS NATURAL



Factor de emisiones contaminantes

55539 kg CO₂/TJ

Emisiones de CO₂ equivalente

4726,9 t CO_{2eq}/año

BIOMASA



Factor de emisiones contaminantes

84364,4 kg CO₂/TJ

Emisiones de CO₂ equivalente

12770,2 t CO_{2eq}/año

SOLAR



Emisiones de CO₂ equivalente

0 t CO_{2eq}/año

EÓLICA



Emisiones de CO₂ equivalente

0 t CO_{2eq}/año

Indicadores económicos

Costo de inversión y operación

Fuente Energía	CAPEX	OPEX
renovable	[USD/MW]	[USD/AÑO]
Eólica	\$ 1.700.000	\$ 616.670
Solar	\$ 1.000.000	\$ 44.412
Biomasa	\$ 2.000.000	\$ 433.582
Agua de río	-	-

Costo nivelado de energía

$$TLCC = \sum_{t=1}^n \frac{C_n}{(1+d)^n}$$

$$LCOE = \frac{TLCC}{\sum_{t=1}^N \frac{Q_n}{(1+d)^n}}$$

METODOLOGÍA



GENERGÉTICA
Grupo de Investigación en Gestión Energética

Indicadores económicos

GAS NATURAL



Costo de inversión y operación

Costo global =
3.710.000 USD

Costo nivelado de energía

Costo nivelado de energía =
9531 USD/MWh

BIOMASA



Costo de inversión y operación

Costo global =
10.671.640 USD

Costo nivelado de energía

Costo nivelado de energía = 31029,16
USD/MWh

SOLAR



Costo de inversión y operación

Costo global =
1.688.240 USD

Costo nivelado de energía

Costo nivelado de energía = 8271,23
USD/MWh

EÓLICA



Costo de inversión y operación

Costo global =
46.333.400 USD

Costo nivelado de energía

Costo nivelado de energía = 1959,11
USD/MWh

Análisis de decisión multicriterio

Métodos de toma de decisión multicriterio

- Permiten seleccionar la mejor opción posible entre un conjunto de alternativas que exhiben características que pueden entrar en conflicto por ser de diferente naturaleza.
- Las alternativas pueden ser evaluadas bajo múltiples escenarios y distintos criterios.

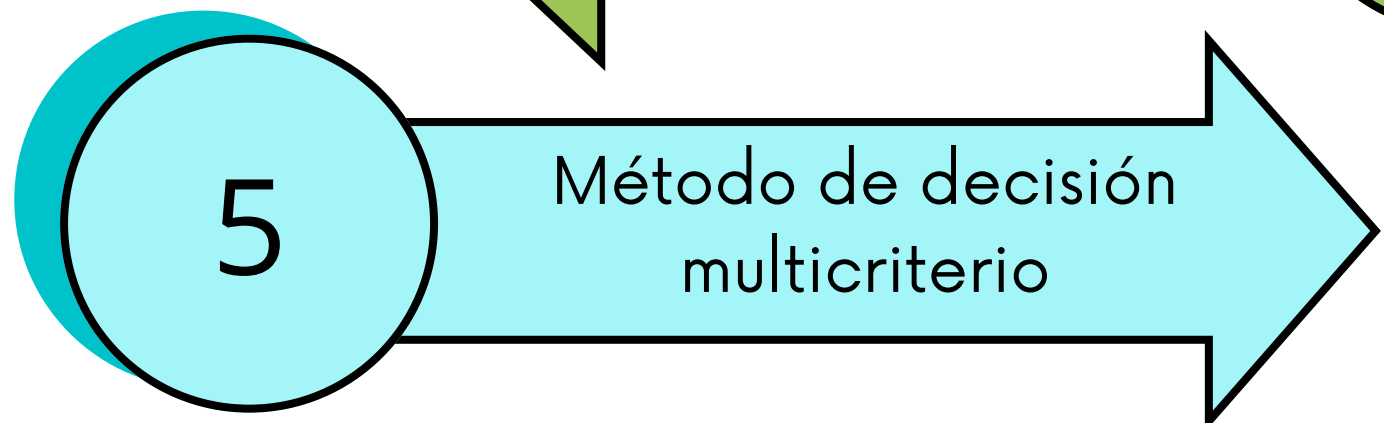
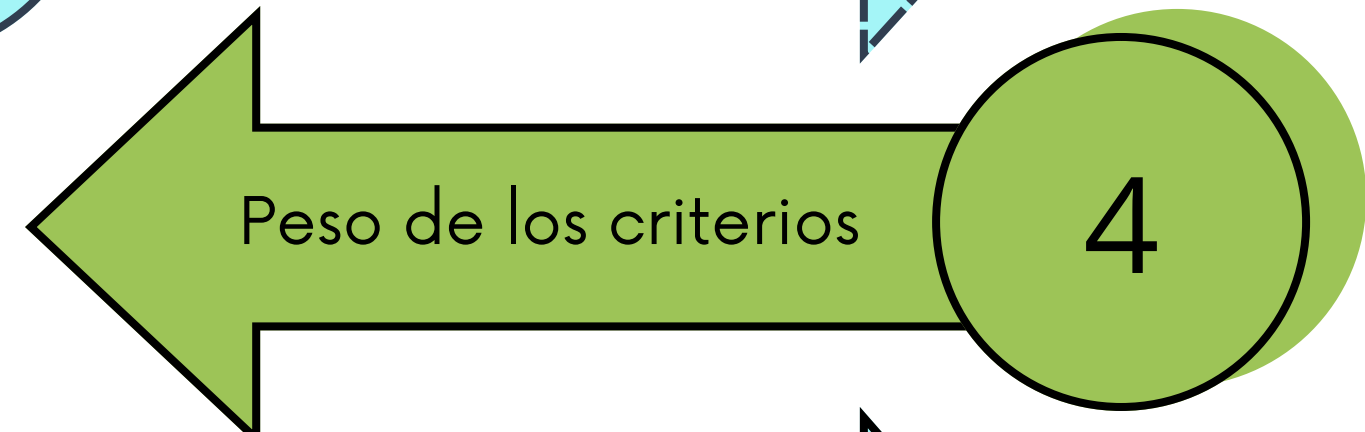
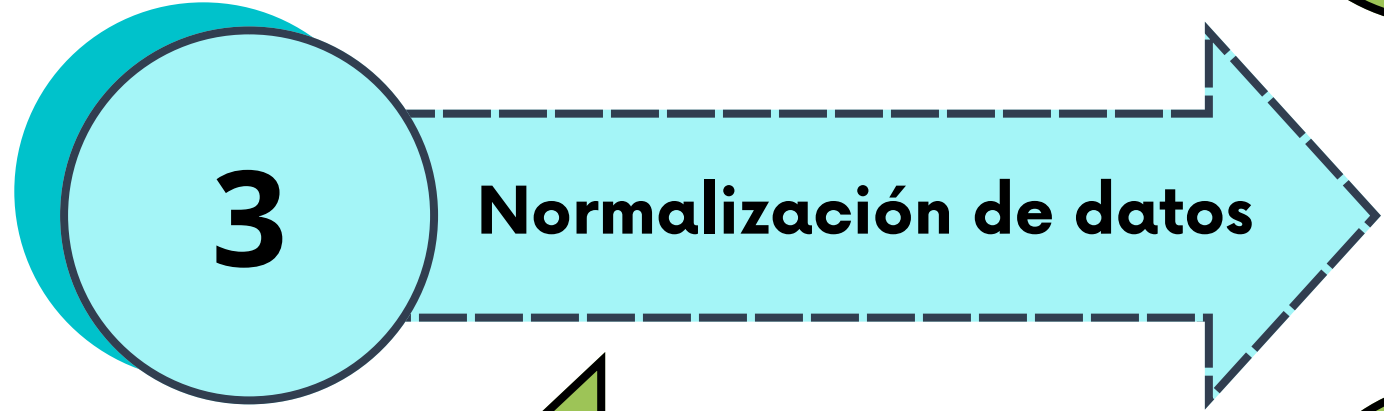
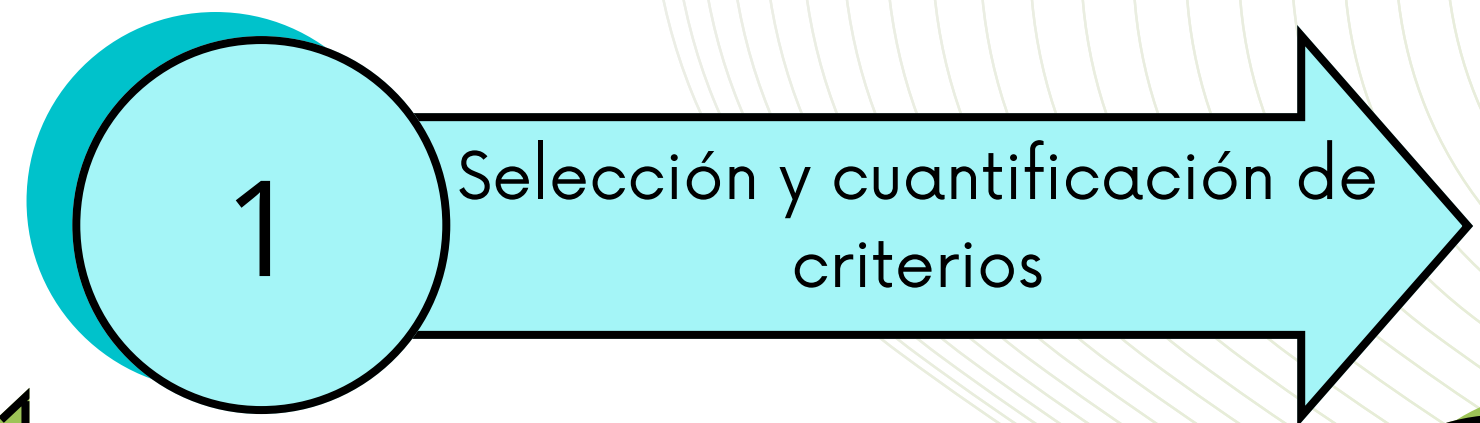
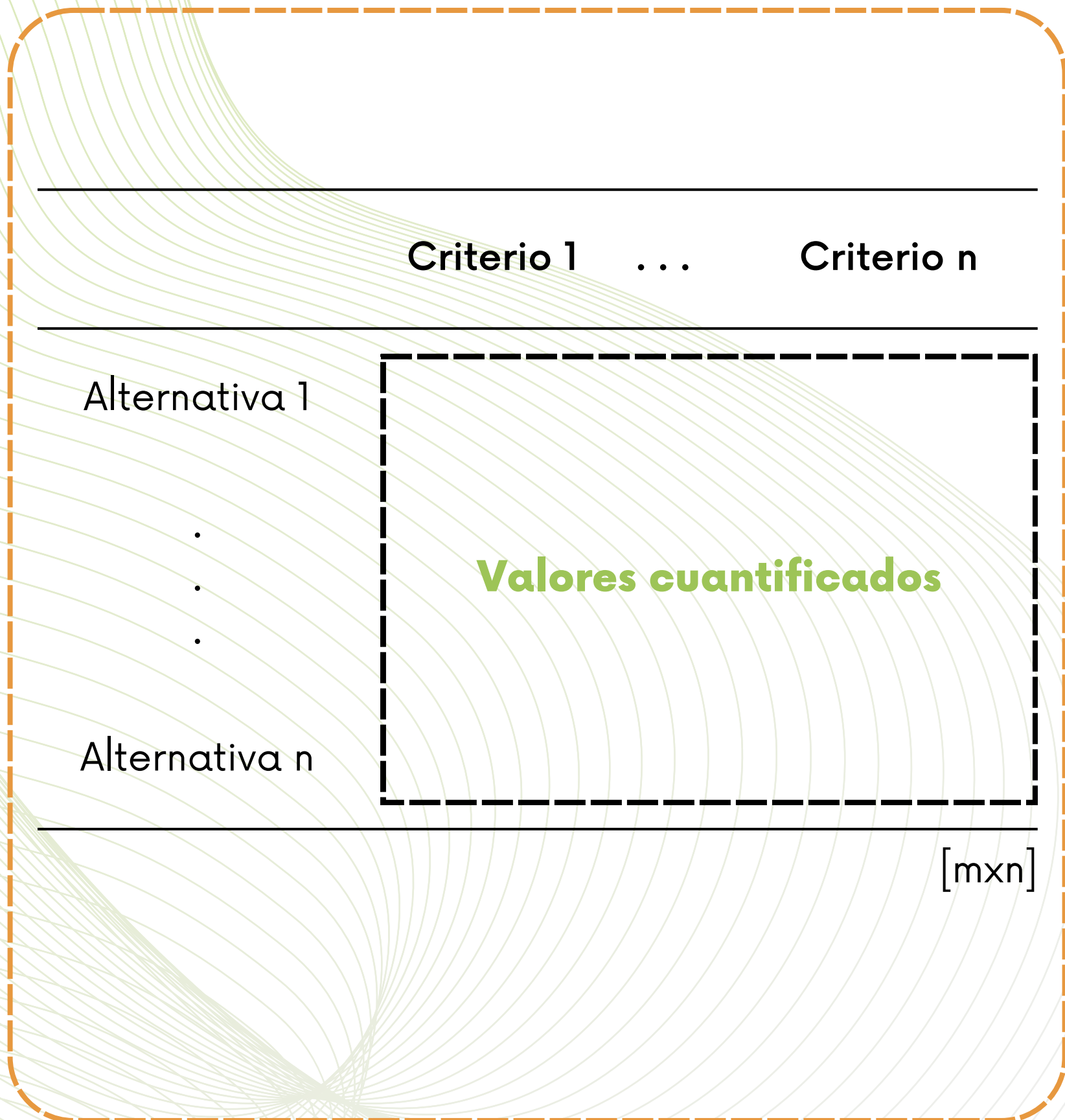


METODOLOGÍA



Criterio	Nombre	Naturaleza/atributo
C1	Eficiencia energética	Técnico/Positivo
C2	Emisiones de CO ₂ eq	Ambiental/Negativo
C3	Costo nivelado de energía	Económico/Negativo

METODOLOGÍA



METODOLOGÍA

Método ENTROPÍA

a.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} = [a_{ij}]_{m \times n}$$

b.

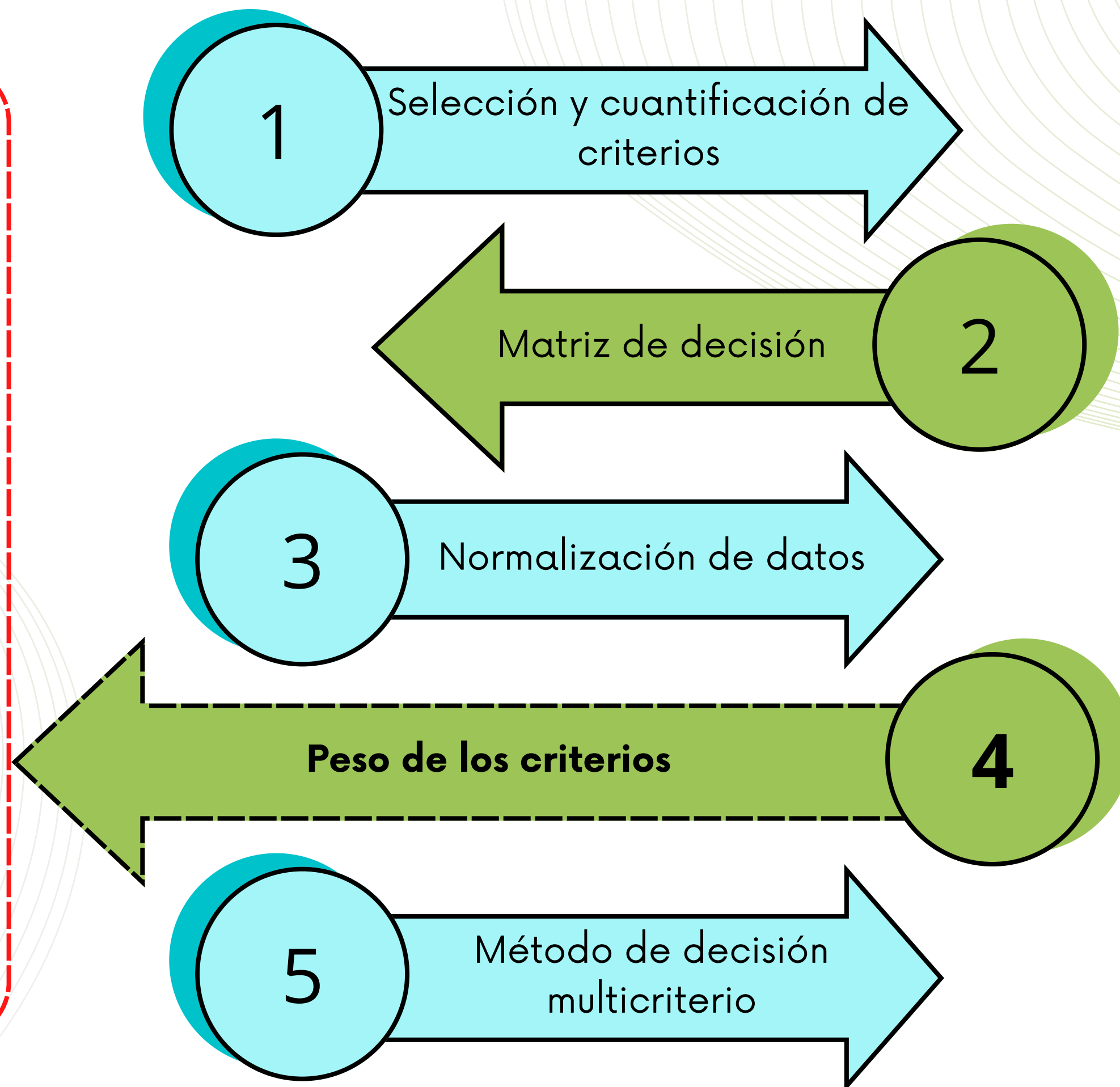
$$\hat{r}_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}}, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

c.

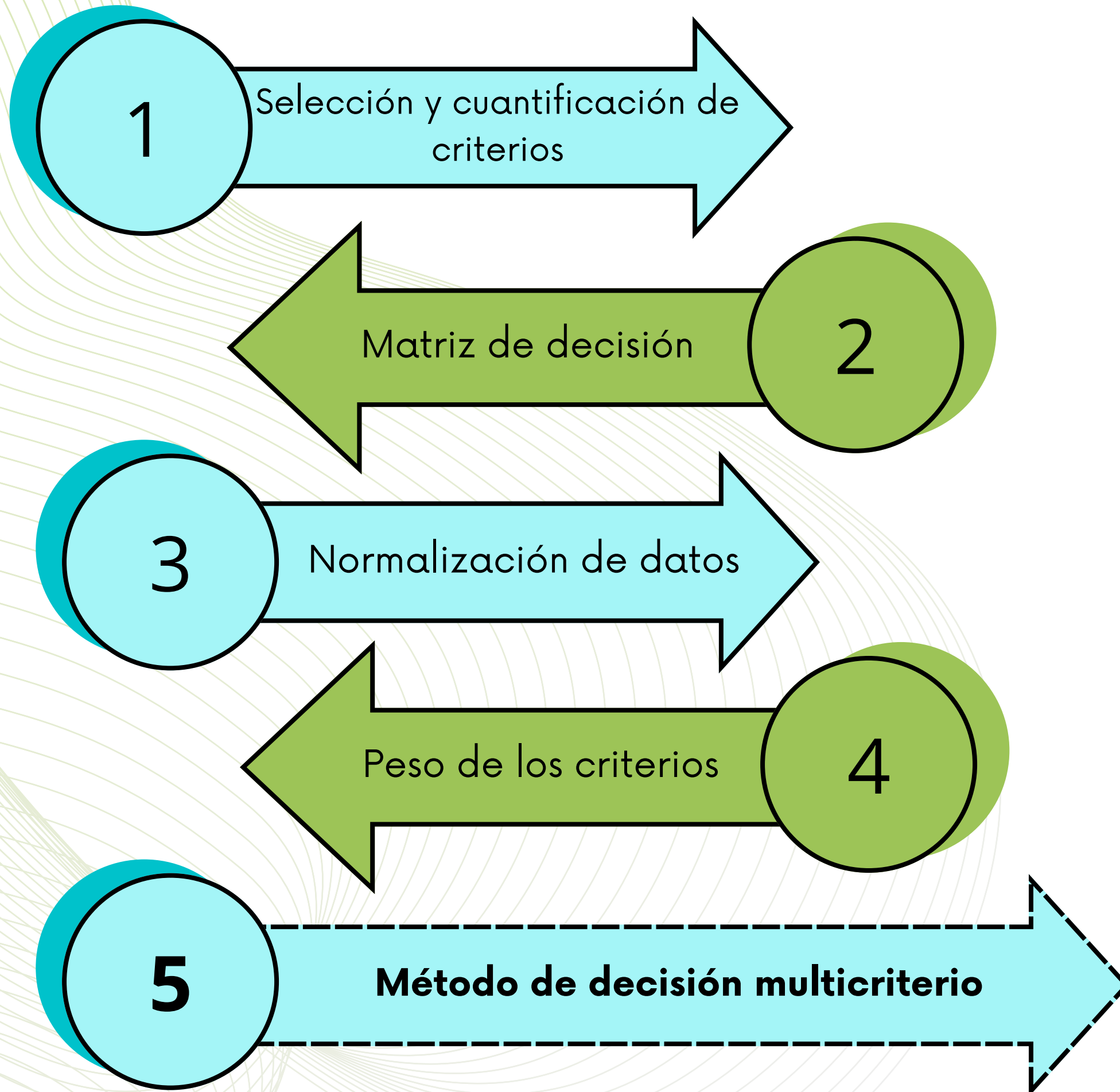
$$e_j = -\frac{1}{\ln(m)} \sum_{i=1}^m \hat{r}_{ij} \ln \hat{r}_{ij}, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

d.

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n (1 - e_j)}, \quad j = 1, 2, \dots, n$$



METODOLOGÍA



	<i>Índice de dominancia</i>	<i>Ranking</i>
Alternativa 1	0,789	2
Alternativa 2	0,502	3
.		
.		
.		
Alternativa m	0,937	1

METODOLOGÍA



MÉTODOS DE TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIO - MCDM									
Elementales			Síntesis a criterio único					Superación	
Dominancia	WSM	WPM	AHP	TOPSIS	VIKOR	PROMETHEE II	PROMETHEE I	ELECTRE	
Jerarquía	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
Asignación de atributo	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Requiere cálculo de pesos	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Algoritmo	Complejidad baja			Complejidad media			Complejidad alta		
Características favorables	Sencillez en la implementación			Ampliamente utilizado	Baja componente subjetiva				
				Incluye análisis de consistencia con el cual es posible evaluar qué tan objetiva es la respuesta	Considera tanto la solución más favorable como la menos favorable para determinar el índice de decisión	Selecciona las mejores alternativas con base en el menor número de características desfavorables exhibidas por alternativa	Son ampliamente utilizados particularmente en problemas reales de planeamiento	Análisis de dominancia por par de alternativas	
Características desfavorables	Poca implementación en problemas multicriterio			Alta componente subjetiva	No es posible realizar análisis extendido de dominancia por par de alternativas		Requieren de la construcción de un gran número de matrices, función del número de alternativas y el número de criterios		

METODOLOGÍA



1

Selección y cuantificación de criterios

Matriz de decisión

2

3

Normalización de datos

Peso de los criterios

4

5

Método de decisión multicriterio

Método TOPSIS

- a.
$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}}$$
- b.
$$\sum_{j=1}^m w_j = 1.$$
- c.
$$IS^+ = \{(\max v_{ij} \mid j \in J) \text{ o } (\min v_{ij} \mid j \in J')\} = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\},$$

$$IS^- = \{(\min v_{ij} \mid j \in J) \text{ o } (\max v_{ij} \mid j \in J')\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\},$$
- d.
$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, m$$
- e.
$$SR_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}, \quad 0 < SR_i < 1, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN

2. CASO DE ESTUDIO

3. METODOLOGÍA

4. HERRAMIENTA COMPUTACIONAL

5. RESULTADOS

6. CONCLUSIONES



GENERGÉTICA
Grupo de Investigación en Gestión Energética





Visualización de indicadores (caso de estudio)



Evaluación de fuentes de energía para un distrito térmico

Fuente de energía

Seleccione la fuente:

Gas natural

APLICAR

Tasa representativa del mercado

Valores obtenidos para la energía:

Gas natural

Emisiones (kgCO_{2eq})

4.715.182

Eficiencia energética (%)

54

Consumo (USD/mes)

\$ 58.717

Costos totales (USD)

\$ 3.170.400

Costo nivelado de energía (USD/MWh_{año})

\$ 9.531

Precio del dólar en Colombia

\$ 4.000

Costos totales (COP)

\$ 12.681.600.000



Visualización de indicadores (caso de estudio)



Evaluación de fuentes de energía para un distrito térmico

Fuente de energía
Seleccione la fuente:

Gas natural **APLICAR**

Valores obtenidos para la energía: **Gas natural**

Emisiones (kgCO₂eq)	4.715.182	Tasa representativa del mercado
Eficiencia energética (%)	54	Precio del dólar en Colombia
Consumo (USD/mes)	\$ 58.717	\$ 4.000
Costos totales (USD)	\$ 3.170.400	Costos totales (COP)
Costo nivelado de energía (USD/MWh_{año})	\$ 9.531	\$ 12.681.600.000



Visualización de indicadores (caso de estudio)



Evaluación de fuentes de energía para un distrito térmico

Fuente de energía

Seleccione la fuente:



APLICAR

Valores obtenidos para la energía:

Gas natural

Emisiones (kgCO _{2eq})	4.715.182
Eficiencia energética (%)	54
Consumo (USD/mes)	\$ 58.717
Costos totales (USD)	\$ 3.170.400
Costo nivelado de energía (USD/MWh _{año})	\$ 9.531

Tasa representativa del mercado

Precio del dólar en Colombia

\$ 4.000

Costos totales (COP)

\$ 12.681.600.000



Visualización de indicadores (caso de estudio)



Evaluación de fuentes de energía para un distrito térmico

Fuente de energía

Seleccione la fuente:

Gas natural

APLICAR

Tasa representativa del mercado

Valores obtenidos para la energía:

Gas natural

Emisiones (kgCO_{2eq})

4.715.182

Eficiencia energética (%)

54

Consumo (USD/mes)

\$ 58.717

Costos totales (USD)

\$ 3.170.400

Costo nivelado de energía (USD/MWh_{año})

\$ 9.531

Precio del dólar en Colombia

\$ 4.000

Costos totales (COP)

\$ 12.681.600.000



Visualización de indicadores (caso de estudio)



Evaluación de fuentes de energía para un distrito térmico

Fuente de energía

Seleccione la fuente:

Gas natural

APLICAR

Tasa representativa del mercado

Valores obtenidos para la energía:

Gas natural

Emisiones (kgCO_{2eq})

4.715.182

Eficiencia energética (%)

54

Consumo (USD/mes)

\$ 58.717

Costos totales (USD)

\$ 3.170.400

Costo nivelado de energía (USD/MWh_{año})

\$ 9.531

Precio del dólar en Colombia

\$ 4.000

Costos totales (COP)

\$ 12.681.600.000



Visualización de indicadores (caso de estudio)



Evaluación de fuentes de energía para un distrito térmico

Fuente de energía

Seleccione la fuente:

Gas natural

APLICAR

Tasa representativa del mercado

Valores obtenidos para la energía:

Gas natural

Emisiones (kgCO_{2eq})

4.715.182

Eficiencia energética (%)

54

Consumo (USD/mes)

\$ 58.717

Costos totales (USD)

\$ 3.170.400

Costo nivelado de energía (USD/MWh_{año})

\$ 9.531

Precio del dólar en Colombia

\$ 4.000

Costos totales (COP)

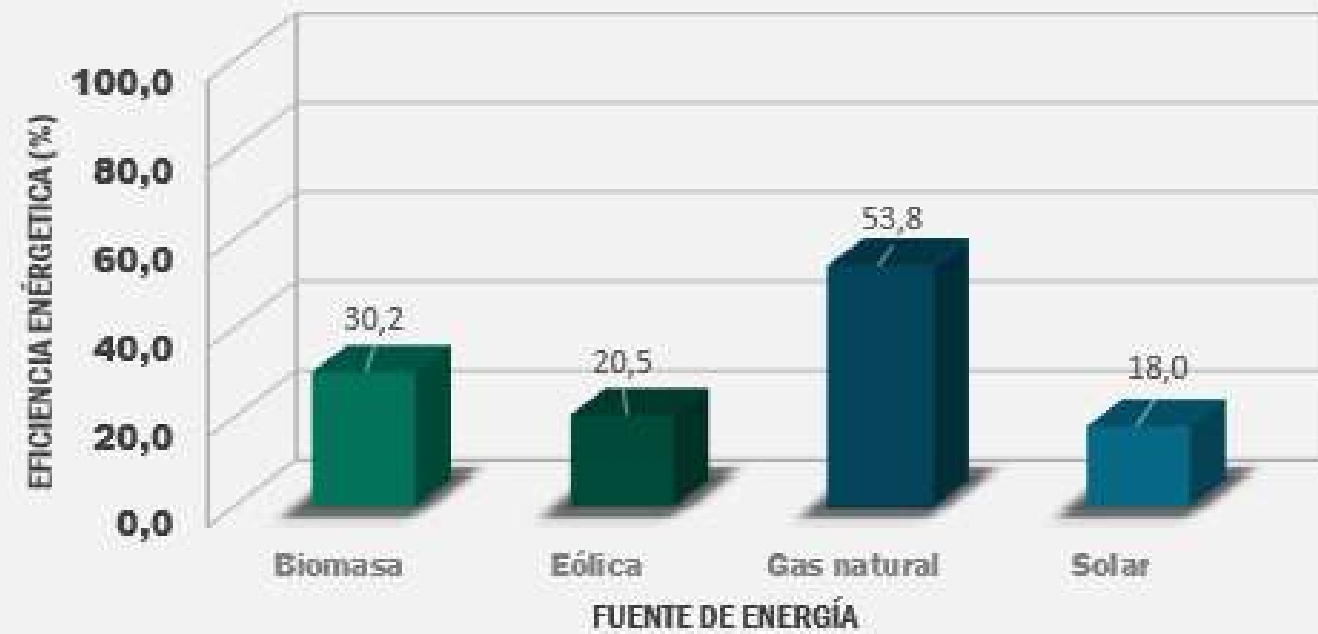
\$ 12.681.600.000

Visualización de indicadores (caso de estudio)

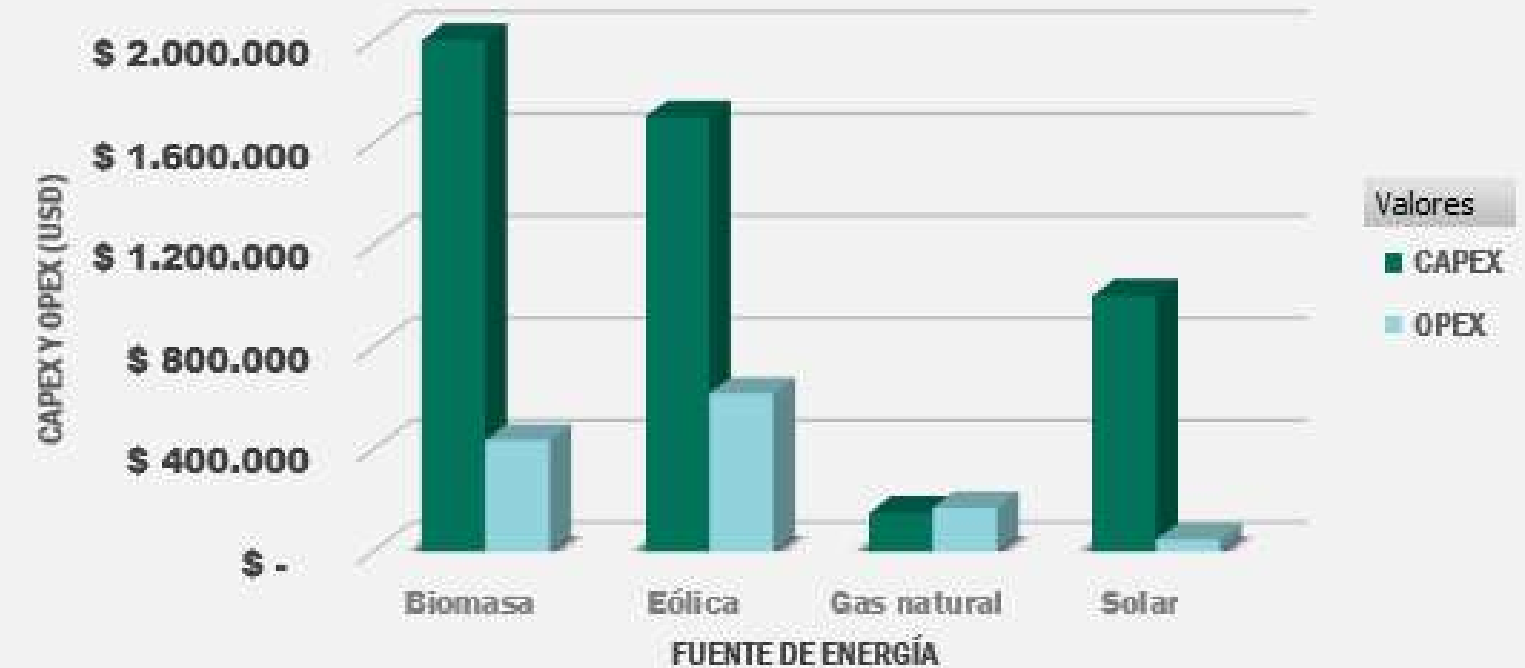


Evaluación de fuentes de energía para un distrito térmico

Eficiencia energética



CAPEX Y OPEX





Análisis de decisión multicriterio



Evaluación de fuentes de energía para un distrito térmico

MÉTODO DE TOMA DE DECISIÓN MULTICRITERIO:

Ingrese valores de eficiencia y emisiones

MATRIZ DE DECISIÓN

Fuente de energía	Eficiencia (%)	Emisiones (kgCO ₂ eq)	Costo nivelado de energía	Capex	Opex
Gas natural	80	4000000	9531	170000	170400
Biomasa	80	12000000	31029	2000000	433582
Eólica	20	0,1	1959	1700000	616670
Solar	30	0,1	8271	1000000	44412

Análisis de decisión multicriterio



Evaluación de fuentes de energía para un distrito térmico

MÉTODO DE TOMA DE DECISIÓN MULTICRITERIO:

Ingrese valores de eficiencia y emisiones

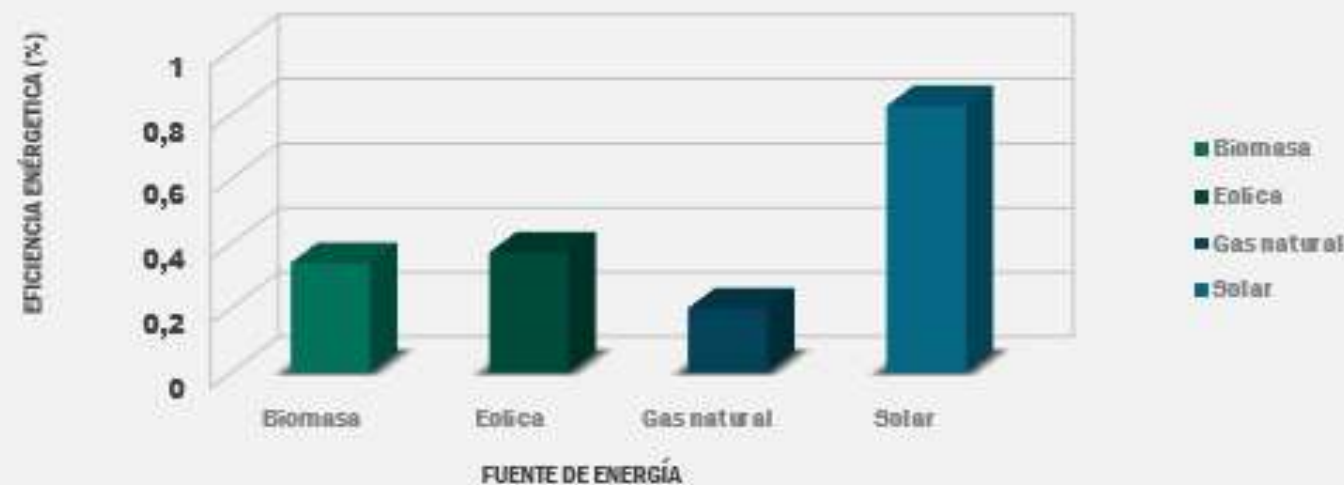
Fuente de energía	MATRIZ DE DECISIÓN				
	Eficiencia (%)	Emisiones (kgCO ₂ eq)	Costo nivelado de energía	Capex	Opex
Gas natural	80	4000000	9531	170000	170400
Biomasa	80	12000000	31029	2000000	433582
Eólica	20	0,1	1959	1700000	616670
Solar	30	0,1	8271	1000000	44412

Análisis de decisión multicriterio



Evaluación de fuentes de energía para un distrito térmico

Índice de dominancia



Actualizar gráfica de índices



El índice de dominancia permite identificar con base en el método de toma de decisión multicriterio, que fuente de energía es la más idónea para las condiciones y necesidades de un caso particular

Fuente de energía	Índice de dominancia
Gas natural	0,19941
Biomasa	0,34044
Eólica	0,37294
Solar	0,82752

Se recomienda considerar valores dentro de los siguientes rangos al variar la eficiencia energética dentro de la matriz de decisión

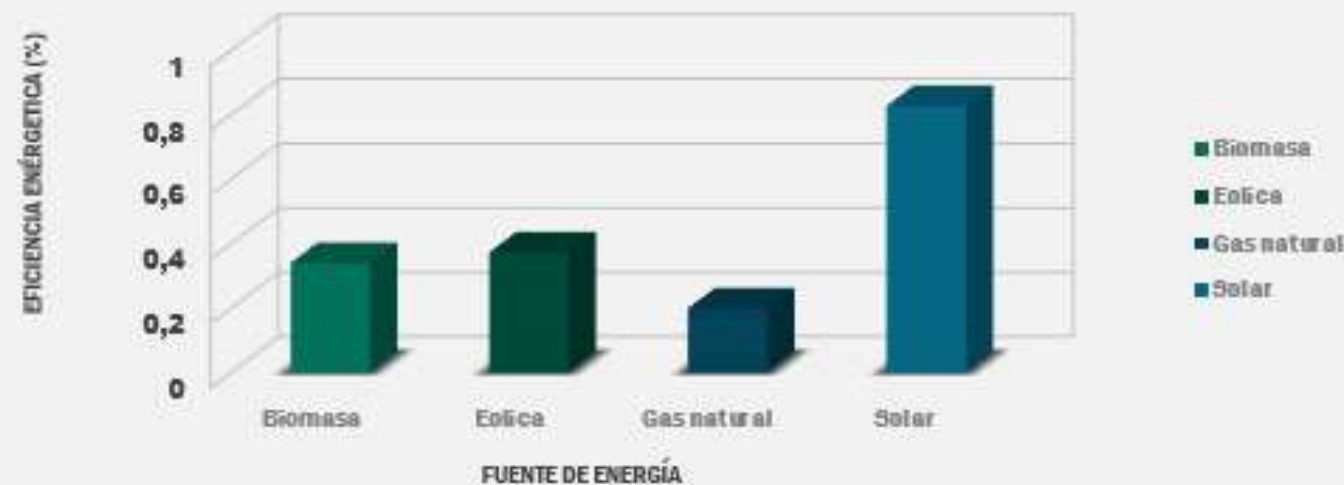
Fuente de energía	Rango [%]
Gas natural	30 - 70
Biomasa	20 - 40
Eólica	15 - 30
Solar	15 - 25

Análisis de decisión multicriterio



Evaluación de fuentes de energía para un distrito térmico

Índice de dominancia



Actualizar gráfica de índices



El índice de dominancia permite identificar con base en el método de toma de decisión multicriterio, que fuente de energía es la más idónea para las condiciones y necesidades de un caso particular

Fuente de energía	Índice de dominancia
Gas natural	0,19941
Biomasa	0,34044
Eólica	0,37294
Solar	0,82752

Se recomienda considerar valores dentro de los siguientes rangos al variar la eficiencia energética

Fuente de energía	Rango [%]
Gas natural	30 - 70
Biomasa	20 - 40
Eólica	15 - 30
Solar	15 - 25



Cálculo de indicadores (Situaciones alternativas)



Evaluación de fuentes de energía para un distrito térmico

Seleccione la fuente con la que desea trabajar

Eólica

Se recomienda establecer **datos de entrada** que se encuentren dentro de los siguientes

DATOS DE ENTRADA

Velocidad del viento (m/s)	17
Potencia del aerogenerador (kW)	2.000,000

Datos de entrada	Rangos
Velocidad del viento (m/s)	15 - 25
Potencia del aerogenerador (k	1500 - 2500

VALORES RECALCULADOS

Emisiones (kgCO ₂ eq)	0
Eficiencia energética (%)	20,51045207
Consumo (USD/mes)	\$ 0
Costo nivelado de energía (USD/MWh _{año})	\$ 1.959



Cálculo de indicadores (Situaciones alternativas)



Evaluación de fuentes de energía para un distrito térmico

Seleccione la fuente con la que desea trabajar **Eólica**

Se recomienda establecer **datos de entrada** que se encuentren dentro de los siguientes

Datos de entrada	Rangos
Velocidad del viento (m/s)	15 - 25
Potencia del aerogenerador (k	1500 - 2500

DATOS DE ENTRADA	
Velocidad del viento (m/s)	17
Potencia del aerogenerador (kW)	2.000,000

VALORES RECALCULADOS	
Emisiones (kgCO ₂ eq)	0
Eficiencia energética (%)	20,51045207
Consumo (USD/mes)	\$ 0
Costo nivelado de energía (USD/MWh _{año})	\$ 1.959



Cálculo de indicadores (Situaciones alternativas)



Evaluación de fuentes de energía para un distrito térmico

Seleccione la fuente con la que desea trabajar

Eólica

DATOS DE ENTRADA

Velocidad del viento (m/s)	17
Potencia del aerogenerador (kW)	2.000,000

VALORES RECALCULADOS

Emisiones (kgCO ₂ eq)	0
Eficiencia energética (%)	20,51045207
Consumo (USD/mes)	\$ 0
Costo nivelado de energía (USD/MWh _{año})	\$ 1.959

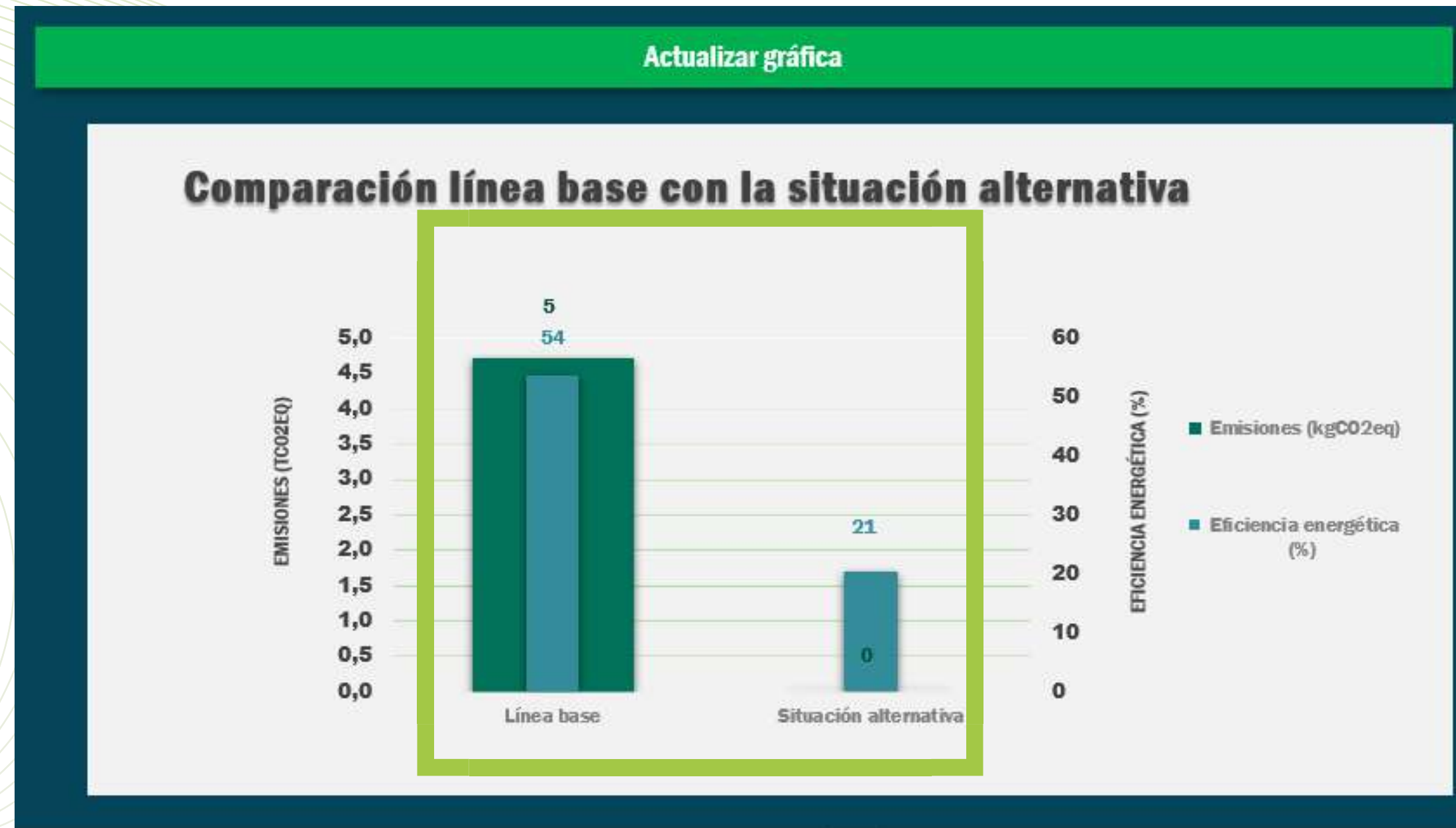
Se recomienda establecer **datos de entrada** que se encuentren dentro de los siguientes

Datos de entrada	Rangos
Velocidad del viento (m/s)	15 - 25
Potencia del aerogenerador (k	1500 - 2500

Cálculo de indicadores (Situaciones alternativas)



Evaluación de fuentes de energía para un distrito térmico



Cálculo de indicadores (Situaciones alternativas)



Evaluación de fuentes de energía para un distrito térmico



Análisis de sensibilidad

Con el fin de probar la idoneidad de la herramienta, se realizó un análisis de sensibilidad variando la eficiencia de las fuentes de energía, por medio de la variación de algunos parámetros.

Seleccione la fuente con la que desea trabajar		Biomasa	Se recomienda establecer datos de entrada que se encuentren dentro de los siguientes rangos.	
DATOS DE ENTRADA				
Energía requerida por el DT (kWh)		1.500	Datos de entrada	Rangos
Flujo de calor de la fuente (kWh)		4.300,000	Energía requerida por el DT (kWh)	1000 - 2000
VALORES RECALCULADOS				
Emisiones (kgCO ₂ eq)		12.770.478	Flujo de calor de la fuente (kWh)	4200 - 5200
Eficiencia energética (%)		34,88372093		
Consumo (USD/mes)		\$ 0		
Costo nivelado de energía (USD/MWh _{año})		\$ 31.029		

Análisis de sensibilidad

Con el fin de probar la idoneidad de la herramienta, se realizó un análisis de sensibilidad variando la eficiencia de las fuentes de energía, por medio de la variación de algunos parámetros.

Seleccione la fuente con la que desea trabajar **Biomasa**

Se recomienda establecer **datos de entrada** que se encuentren dentro de los siguientes rangos:

Datos de entrada	Rangos
Energía requerida por el DT (kWh)	1000 - 2000
Flujo de calor de la fuente (kWh)	4200 - 5200

DATOS DE ENTRADA	
Energía requerida por el DT (kWh)	1.500
Flujo de calor de la fuente (kWh)	4.300,000

VALORES RECALCULADOS	
Emisiones (kgCO ₂ eq)	12.770.478
Eficiencia energética (%)	34,88372093
Consumo (USD/mes)	\$ 0
Costo nivelado de energía (USD/MWh _{año})	\$ 31.029



Análisis de sensibilidad

Seleccione la fuente con la que desea trabajar

Gas natural

DATOS DE ENTRADA

Energía requerida por el DT (kWh)	1.200
Caudal de combustible (m ³ /s)	0,080

VALORES RECALCULADOS

Emisiones (kgCO ₂ eq)	4.995.503
Eficiencia energética (%)	42,07337597
Consumo (USD/mes)	\$ 62.208
Costo nivelado de energía (USD/MWh _{año})	\$ 9.531

Se recomienda establecer **datos de entrada** que se encuentren dentro de los siguientes rangos:

Datos de entrada	Rangos
Energía requerida por el DT (kWh)	1000 - 2000
Caudal de combustible (m ³ /s)	0,05 - 0,1



Análisis de sensibilidad

Seleccione la fuente con la que desea trabajar

Gas natural

Se recomienda establecer **datos de entrada** que se encuentren dentro de los siguientes rangos:

DATOS DE ENTRADA

Energía requerida por el DT (kWh)	1.200
Caudal de combustible (m ³ /s)	0,080

Datos de entrada	Rangos
Energía requerida por el DT (kWh)	1000 - 2000
Caudal de combustible (m ³ /s)	0,05 - 0,1

VALORES RECALCULADOS

Emisiones (kgCO ₂ eq)	4.995.503
Eficiencia energética (%)	42,07337597
Consumo (USD/mes)	\$ 62.208
Costo nivelado de energía (USD/MWh _{an})	\$ 9.531

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN

2. CASO DE ESTUDIO

3. METODOLOGÍA

4. HERRAMIENTA COMPUTACIONAL

5. RESULTADOS

6. CONCLUSIONES



GENERGÉTICA
Grupo de Investigación en Gestión Energética

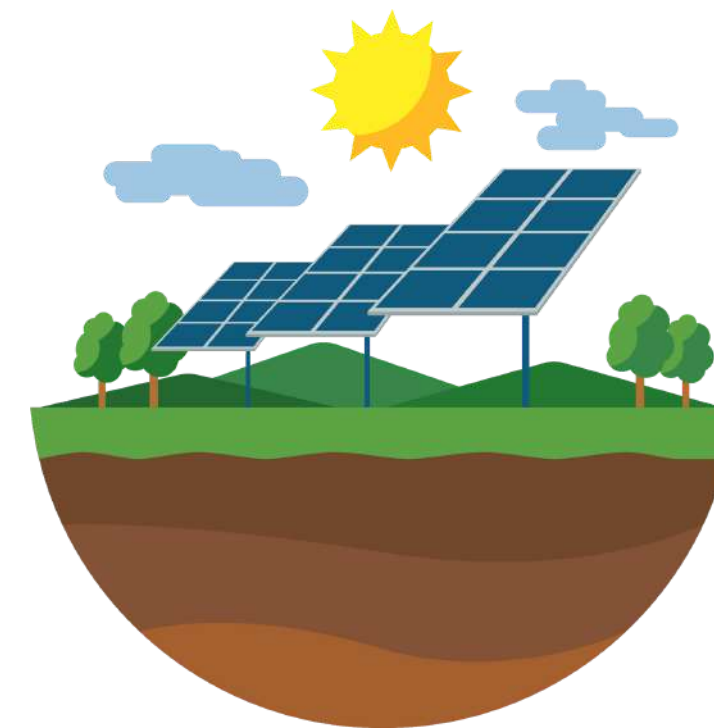


RESULTADOS

Resumen de resultados

- Entre los principales resultados de la herramienta se observa que a partir de los criterios establecidos, el método de decisión multicriterio presenta como mejor elección a la energía solar.

Fuente de energía	Rango de eficiencia utilizado [%]
Gas natural	30 - 70
Biomasa	20 - 40
Eólica	15 - 30
Solar	15 - 25



Energía solar

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN

2. CASO DE ESTUDIO

3. METODOLOGÍA

4. HERRAMIENTA COMPUTACIONAL

5. RESULTADOS

6. CONCLUSIONES



GENERGÉTICA
Grupo de Investigación en Gestión Energética



CONCLUSIONES

Se concluye que el análisis de decisión multicriterio es una herramienta que permite seleccionar de forma más idónea cualquier fuente de energía

La operación del distrito a partir del gas natural no es mala opción a nivel económico. Sin embargo, el impacto en las emisiones contaminantes es demasiado grande y no permitiría tener incentivos tributarios.

Se concluye que la fuente de energía más adecuada para operar el distrito térmico es la solar, sin embargo, es importante tener en cuenta que esta energía implica el uso de un chiller de compresión de vapor para cubrir la demanda máxima del distrito térmico.



GENERGÉTICA

Grupo de Investigación en Gestión Energética



GENERGÉTICA
Grupo de Investigación en Gestión Energética

¡GRACIAS!

Grupo de Investigación en Gestión Energética – GENERGÉTICA
Laboratorio de Ensayos para Equipos Acondicionadores de Aire - LPEA
Facultad de Ingeniería Mecánica
Universidad Tecnológica de Pereira
Pereira - Colombia
Teléfono: +57 (6) 3185936652
Correo electrónico: juan.zapata@utp.edu.co



GENERGÉTICA

Grupo de Investigación en Gestión Energética



Universidad Tecnológica
de Pereira