

**Diseño de un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) dirigido a la Mejora de los Procesos de Enseñanza-Aprendizaje en el Tema de Integración Energética con el Método *Pinch***

Diana Michell Rivera Alonso y José Miguel Gallardo Gómez

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Químico

Modalidad: Práctica en docencia

Director

Giovanni Morales Medina

Doctor en Ingeniería Química

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Físicoquímicas

Escuela de Ingeniería Química

Bucaramanga

2024

### **Agradecimientos**

En primer lugar, quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios, cuya guía y apoyo sentí en cada paso de este camino.

A mis padres, *Sadis Gallardo* y *Haydeé Gómez*, y a mi hermano *Andrés Gallardo*, por creer en mí desde el principio. Gracias por darme el preciado regalo de la educación, no solo en lo académico, sino también en los valores que me inculcaron desde casa. Su amor, apoyo incondicional y confianza en mis capacidades han sido fundamentales para llegar hasta aquí.

Quiero agradecer también a la Universidad Industrial de Santander, a la Escuela de Ingeniería Química y a su capacitado personal, maestros y trabajadores, por todo el conocimiento que me brindaron a lo largo de estos años. Al director Giovanni Morales, por su apoyo en la elaboración de este proyecto de grado para obtener mi título como Ingeniero Químico.

A mis amigos de toda la carrera: *Juan Castellanos*, *Cristian Franco*, *Stiven Lancheros*, *Ferney Zarate*, *José Martínez*, *Laura tenjo*, *Ricardo Montaña* y *David Felipe*. Gracias por compartir conmigo tantos momentos, por su amistad y por hacer de este recorrido una experiencia inolvidable.

A los grandes amigos que fui haciendo a lo largo de estos años: *Camilo Calderón*, *Jorge Betin*, *David Porras*, *Andrey Gomez* y muchos más que, aunque no mencione aquí, ocupan un lugar especial en mi vida. Gracias por las experiencias compartidas y por ser parte de este viaje.

Finalmente, agradezco al grupo de investigación *CICAT* por todas las bases y experiencias de laboratorio que adquirí allí, así como a la empresa *Tratamientos Químicos Industriales* por brindarme la confianza para afianzar mis conocimientos adquiridos durante mi carrera y crecer profesionalmente.

**José Miguel Gallardo Gómez**

### **Agradecimientos**

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios, por mostrarme su presencia y ser mi guía en cada paso que doy.

Agradezco profundamente a mi familia, mi mayor fuente de apoyo y amor. Su dedicación, valores y enseñanzas han sido fundamentales en mi vida. Gracias por estar a mi lado en cada paso de este camino, por celebrar los buenos momentos y ayudarme a superar los malos. Su amor incondicional y confianza han sido pilares esenciales en mi desarrollo personal y profesional.

A la Universidad Industrial de Santander por brindarme un inmejorable espacio de desarrollo profesional. Gracias a mi director de tesis Giovanni Morales Medina, por su guía, apoyo y paciencia a lo largo de este proceso y a todos los docentes que me acompañaron a lo largo de la carrera.

Y, por último, gracias a esas personas que estuvieron a mi lado durante el pregrado: Amigos, Compañeros de clase, profesores, tutores y todo aquel que atestigua la gran labor que este proceso merece.

**Diana Michell Rivera Alonso**

**Expresamos nuestros agradecimientos a la Vicerrectoría Académica por dispositivos de cómputo y auxilias estudiantiles financiadas por la convocatoria GradaTIC-2024 para el desarrollo del OVA enmarcado en el presente trabajo de grado.**

## Resumen

**Título:** Diseño de un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) Dirigido a la Mejora de los Procesos de Enseñanza-Aprendizaje en el Tema de Integración Energética con el Método *Pinch* \*

**Autor:** Diana Michell Rivera Alonso, José Miguel Gallardo Gómez <sup>1\*\*</sup>

**Palabras clave:** Objetivo Virtual de Aprendizaje (OVA), Integración Energética, Metodología *Pinch*, Tecnologías de información y Comunicación (TIC).

### Descripción:

El presente trabajo se centra en la creación de un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) en una plataforma de uso libre, como Genially, enfocado en la integración energética de procesos industriales utilizando el método *Pinch*. La población objetivo está compuesta por los estudiantes de noveno semestre de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander, quienes cursan la asignatura “Análisis de Procesos”. El OVA se integra en un enfoque pedagógico híbrido que combina el uso de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. El OVA incorpora diferentes estrategias didácticas, incluyendo modalidades kinestésica, visual y auditiva, para ajustarse a las distintas formas de aprendizaje de los estudiantes. Su contenido está dividido en cuatro módulos, cada uno estructurado con un soporte teórico y actividades secuenciales evaluativas que abarcan: introducción teórica, aspectos técnicos, ejercicios y ejemplos prácticos del método *Pinch*. Tras implementarse, se evaluó la efectividad del OVA mediante un cuestionario basado en la escala Likert. Los resultados demostraron mejoras en la comprensión, retención de información y autonomía de los estudiantes, lo que también influyó positivamente en su motivación durante el curso. En conclusión, el desarrollo de este OVA centrado en la integración energética demostró ser una herramienta eficaz para optimizar la calidad del aprendizaje, al ofrecer una forma interactiva y dinámica de abordar los contenidos académicos.

---

\*Trabajo de grado

\*\*Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Giovanni Morales Medina. Nova. Ingeniero Químico Ph.D.

### Abstract

**Title:** Design of a Virtual Learning Object (VLO) Aimed at Improving Teaching-Learning Processes in the Topic of Energy Integration with the *Pinch* Method. \*

**Authors:** Diana Michell Rivera Alonso, José Miguel Gallardo Gómez \*\*

**Keywords:** Virtual Learning Object (VLO), Energy Integration, *Pinch* Method, Information and Communication Technologies (ICT).

#### Abstract:

The present work focuses on the creation of a Virtual Learning Object (VLO) on a free-use platform, such as Genially, aimed at the energy integration of industrial processes using the *Pinch* Method. The target population consists of ninth-semester students from the Chemical Engineering School at the Industrial University of Santander, enrolled in the "Process Analysis" course. The VLO is integrated into a hybrid pedagogical approach that combines the use of Information and Communication Technologies (ICT) to enhance the teaching-learning process. It incorporates various didactic strategies, including kinesthetic, visual, and auditory modalities, to accommodate different learning styles. The content is divided into four modules, each structured with theoretical support and sequential evaluative activities that include: theoretical introduction, technical aspects, exercises, and practical examples of the *Pinch* Method. After implementation, the effectiveness of the VLO was evaluated using a questionnaire based on the Likert scale. The results showed improvements in students' understanding, information retention, and autonomy, which positively influenced their motivation throughout the course. In conclusion, the development of this VLO focused on energy integration proved to be an effective tool for optimizing learning quality by providing an interactive and dynamic approach to academic content.

---

\*Bachelor Thesis

\*\*Faculty of Physicochemical Engineering. School of Chemical Engineering. Director: Giovanni Morales Medina. Chemical Engineer Ph.D.

## Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción .....	11
1 Objetivos .....	13
1.1 Objetivo General.....	13
1.2 Objetivos Específicos .....	13
2 Estado del Arte.....	14
3 Marco Conceptual y Teórico.....	16
3.1 Método <i>Pinch</i> .....	16
3.1.1 Métodos de Localización del Punto Pinch .....	17
3.1.2 Diagrama de Rejilla.....	23
3.2 Estilos de Aprendizaje .....	29
3.2.1 Estilo de Aprendizaje Visual.....	29
3.2.2 Estilo de Aprendizaje Auditivo .....	29
3.2.3 Estilo de Aprendizaje Kinestésico.....	30
4 Metodología .....	30
4.1 Etapa 1: Investigación.....	30
4.2 Etapa 2: Diseño y Desarrollo del OVA .....	31
4.3 Etapa 3: Evaluación del OVA.....	31
5 Resultados .....	32
5.1 Estilos de Aprendizaje .....	32
5.2 Planeación Didáctica.....	33
5.3 Objeto Virtual de Aprendizaje.....	35
5.3.1 Presentación Inicial .....	35
5.3.2 Presentación del Personaje .....	38
5.3.3 Fondo.....	39
5.3.4 Contenido .....	40
5.4 Actividades .....	44
5.4.1 Módulo 1 .....	44
5.4.2 Módulo 2 .....	45

5.4.3 Módulo 3 .....	46
5.4.4 Módulo 4 .....	47
5.5 Evaluación del OVA .....	48
6 Conclusiones .....	51
7 Recomendaciones.....	52
Referencias bibliográficas.....	53

**Lista de Tablas**

	Pág.
<b>Tabla 1</b> $\Delta T_{min}$ recomendados en diferentes sectores industriales. ....	17
<b>Tabla 2</b> Datos iniciales para Curva Compuesta y Tabla Problema. ....	18
<b>Tabla 3</b> Información de Corrientes Calientes y Frías. ....	19
<b>Tabla 4</b> Ilustración Tabla Problema. ....	21
<b>Tabla 5</b> Secuencias Didácticas. ....	34
<b>Tabla 6</b> Resumen de Respuestas en las Encuestas - Escala Likert. ....	49

## Lista de Figuras

	Pág.
<b>Figura 1.</b> <i>Ilustraciones de curvas compuestas de corrientes calientes y frías.</i> .....	19
<b>Figura 2.</b> <i>Ilustración del Método de Curvas Compuestas.</i> .....	20
<b>Figura 3.</b> <i>Ilustración de un Diagrama de Cascada Basado en la Tabla Problema.</i> .....	23
<b>Figura 4.</b> <i>Ilustración Diagrama de Rejilla para 4 Corrientes.</i> .....	24
<b>Figura 5.</b> <i>Número mínimo de intercambiadores arriba del punto Pinch.</i> .....	27
<b>Figura 6.</b> <i>Número mínimo de intercambiadores abajo del punto Pinch.</i> .....	28
<b>Figura 7.</b> <i>Diagrama Metodológico para la Construcción del OVA.</i> .....	30
<b>Figura 8.</b> <i>Pantalla de Inicio y portada al OVA.</i> .....	35
<b>Figura 9.</b> <i>Video de la Narrativa del OVA.</i> .....	37
<b>Figura 10.</b> <i>Módulos de Aprendizaje.</i> .....	37
<b>Figura 11.</b> <i>Personajes del OVA: Astra, Iris, Tycho y Halley.</i> .....	38
<b>Figura 12.</b> <i>Fondos Usados a lo Largo del OVA.</i> .....	39
<b>Figura 13.</b> <i>Estructura del OVA.</i> .....	40
<b>Figura 14.</b> <i>Portada, video introductorio y contenido Módulo 1</i> .....	41
<b>Figura 15.</b> <i>Portada y contenido módulo 2.</i> .....	42
<b>Figura 16.</b> <i>Portada, contenido y ejemplo de los ejercicios propuestos módulo 3.</i> .....	43
<b>Figura 17.</b> <i>Portada y menú módulo 4.</i> .....	44
<b>Figura 18.</b> <i>Reto módulo 1.</i> .....	45
<b>Figura 19.</b> <i>Retos módulo 2.</i> .....	46
<b>Figura 20.</b> <i>Reto módulo 3.</i> .....	47
<b>Figura 21.</b> <i>Reto módulo 4.</i> .....	48

**Lista de Apéndices**

	Pág.
<b>Apéndice A.</b> <i>Encuesta de valoración de la herramienta implementada.</i> .....	58
<b>Apéndice B.</b> <i>Plantilla planeación didáctica módulo 1.</i> .....	65
<b>Apéndice C.</b> <i>Plantilla planeación didáctica módulo 2.</i> .....	66
<b>Apéndice D.</b> <i>Plantilla planeación didáctica módulo 3.</i> .....	67
<b>Apéndice E.</b> <i>Plantilla planeación didáctica módulo 4.</i> .....	68
<b>Apéndice F.</b> <i>Porcentaje de Aprobación.</i> .....	69
<b>Apéndice G.</b> <i>Aspectos de Mejora del OVA.</i> .....	70

## Introducción

La incorporación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en los procesos de enseñanza-aprendizaje ha adquirido una relevancia significativa en los últimos años. Los Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA) se han convertido en una herramienta valiosa para facilitar la adquisición de conocimientos y habilidades en diversas áreas del conocimiento. En el campo de la Ingeniería Química, la enseñanza del método *Pinch* para la integración energética de procesos industriales representa un desafío debido a su complejidad y naturaleza técnica (Low et al., 2021; Mizutani et al., 2003; Zhang et al., 2012).

El método *Pinch* permite el diseño de redes de intercambio de calor con un consumo mínimo de servicios de calentamiento y enfriamiento, maximizando la recuperación de energía y minimizando los costos de operación. Su aplicación en la industria ha conllevado a la mejora en la eficiencia energética y a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo así a los objetivos de sostenibilidad ambiental (López & Álvarez, 2010). A nivel académico, la enseñanza de esta metodología puede resultar compleja para los estudiantes de Ingeniería Química debido a la dificultad de visualizar y aplicar los conceptos teóricos a situaciones prácticas (Low et al., 2021; Mizutani et al., 2003; Zhang et al., 2012). En este contexto, los OVA se presentan como una alternativa innovadora para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje del método *Pinch*, al proporcionar recursos interactivos y multimedia que permiten una comprensión más profunda y una aplicación práctica de los conceptos (Gil Vera, 2019).

El presente trabajo de grado se enfoca en el diseño y desarrollo de un OVA dirigido a la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje en el tema de integración energética con el método *Pinch*. Mediante el uso de la plataforma Genially y la incorporación de elementos de

gamificación, se busca la creación en un entorno de aprendizaje atractivo y envolvente que motive a los estudiantes involucrarse activamente en su proceso formativo.

El OVA se estructura en cuatro módulos: el módulo 1 introduce los conceptos básicos del método *Pinch*, enfatizando su importancia en la integración energética y su relación con los objetivos de descarbonización en Colombia. El módulo 2 aborda los aspectos técnicos necesarios para identificar el punto *Pinch*, utilizando herramientas como curvas compuestas y la tabla problema. En el módulo 3, se realizan ejercicios prácticos que analizan los requerimientos mínimos de servicios, considerando factores técnicos, económicos y ambientales. Finalmente, el módulo 4 presenta casos de estudio en la industria, donde los estudiantes pueden interpretar ejemplos concretos y proponer nuevas aplicaciones del método *Pinch*, fomentando así su creatividad y pensamiento crítico en el campo de la ingeniería energética. En conjunto, el OVA abarca desde los conceptos básicos del método *Pinch* hasta su aplicación práctica en diversos entornos industriales, incluyendo ejercicios interactivos y casos de estudio contextualizados.

## 1 Objetivos

### 1.1 Objetivo General

Desarrollar un Objeto Virtual de Aprendizaje dirigido a la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje en el tema de integración energética con el método *Pinch*, dirigido a los estudiantes de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander.

### 1.2 Objetivos Específicos

- Proponer una secuencia didáctica, considerando los componentes pedagógicos requeridos en la fundamentación del tema de integración energética con el método *Pinch*, para su codificación en un OVA.
- Diseñar los módulos que comprende el OVA para el tema seleccionado, a través de la codificación de la secuencia didáctica propuesta, para su posterior evaluación con estudiantes de la Escuela de Ingeniería Química.
- Evaluar la experiencia con el OVA en los procesos de enseñanza-aprendizaje, mediante su aplicación en un grupo de estudiantes de 9vo semestre, definiendo mejoras y desarrollos futuros en la herramienta.

## 2 Estado del Arte

En el ámbito de los Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVAs), diversos estudios han explorado su implementación en diferentes áreas del conocimiento. A continuación, se destacan diversos reportes encontrados en la literatura.

Gil Vera (2019) diseñó un OVA para la enseñanza de la física mecánica, dirigido a estudiantes de educación media y universitarios en sus primeros semestres. Este OVA, programado en Adobe Flash Player 12.0, cubre temas como movimiento rectilíneo, cinemática, trabajo, energía y fuerza. La evaluación se realizó con 50 estudiantes de la asignatura Física Mecánica en el “Politécnico Colombiano Jaime Izasa Cadavid” de Medellín, Colombia, divididos en dos grupos de 25 estudiantes (grupos A y B). El grupo A utilizó el OVA en dispositivos móviles y computadores, mientras que el grupo B recibió clases magistrales. La comparación de calificaciones, en una escala de 0,0 a 5,0, mostró un promedio de 4,8 para el grupo A y 4,3 para el grupo B, indicando que el uso del OVA facilitó una metodología de enseñanza más ágil y flexible en comparación con la clase tradicional.

Por su parte, Escobar Pérez y Burgos Benavides (2015) estudiaron un programa que incluía OVAs y un laboratorio virtual de química (VLabQ) para enseñar la ley de conservación de la masa a estudiantes de décimo grado en la Institución Educativa Eduardo Romo Rosero de Pasto, Nariño. Este programa se apoyó en recursos TIC accesibles desde Google, como videos de reacciones químicas y visores de moléculas 3D. Según los autores, las respuestas correctas en una prueba de conocimientos sobre la ley de conservación de la masa aumentaron del 32% en el pre-test al 72.85% en el post-test después de 5 meses de uso de estos recursos por 17 estudiantes. El estudio sugiere que los OVAs mejoran el interés de los estudiantes en temas que suelen parecer tediosos bajo métodos convencionales.

Gutiérrez Mendoza et al. (2016) desarrollaron un OVA sobre el concepto de derivada, orientado a estudiantes de cuarto semestre en la Universidad Militar Nueva Granada en Bogotá, para el curso de Cálculo Integral. Programado en formato SCORM y alojado en Moodle, el OVA fue evaluado a través de pruebas de desempeño y cuestionarios. Los resultados muestran que el uso de este recurso facilitó la comprensión del área bajo la curva en cálculo integral, promoviendo el aprendizaje con tecnologías de información y comunicación.

Segura Vidal et al. (2017) analizaron la eficacia de un OVA diseñado para enseñar geometría analítica en el programa de Licenciatura en Matemáticas de la Universidad de Holguín, Cuba. Este OVA fue desarrollado con eXeLearning, MathJax para fórmulas matemáticas y Numbas para exámenes en línea, e incluyó temas de álgebra vectorial y geometría analítica en el plano y el espacio. Evaluado por 4 profesores de geometría y topología, 3 profesores de otras asignaturas, 7 estudiantes de primer año y una selección de 20 estudiantes de segundo a cuarto año, el 85,71% de los participantes consideró que el OVA motivaba el proceso de aprendizaje en geometría analítica.

Por su parte, la Universidad Industrial de Santander (UIS) ha reglamentado y financiado el desarrollo de diversos OVAs, los cuales se encuentran disponibles en el sitio web del Instituto de Proyectos Educativos Digitales (IPRED). Estos recursos han sido creados a través de convocatorias anuales en Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) (Universidad Industrial de Santander - Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia [UIS - IPRED], 2024) y convocatorias de la Vicerrectoría Académica de la UIS. De hecho, el OVA enmarcado en el desarrollo del presente documento fue ganador de la convocatoria GraduaTIC-2024 de la Vicerrectoría Académica, obteniendo apoyos para dispositivos periféricos y auxiliaturas estudiantiles.

En sintonía con las políticas institucionales, la Escuela de Ingeniería Química de la UIS, ha desarrollado OVAs que tienen como objetivo ofrecer un soporte en los procesos de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes. Incluyendo, entre otros, los temas de Optimización (Diaz & Saganome, 2024), Energías Renovables (Tautiva & García, 2024), Huella de Carbono (Ayala & Alquichire, 2024) y separación gas/liquido (Ibarra & Hernández, 2022).

Los trabajos previos en el desarrollo y la aplicación de OVAs en diferentes campos del conocimiento y niveles educativos respaldan la utilidad de estas herramientas TIC como facilitadoras de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

### 3 Marco Conceptual y Teórico

#### 3.1 Método *Pinch*

Método para diseñar redes de intercambio de calor que logren un consumo mínimo de servicios industriales de calentamiento y enfriamiento, al tiempo que maximizan la recuperación de energía y minimizan los costos de operación. Este método se basa en la aplicación de los principios de la primera y segunda ley de la termodinámica y utiliza herramientas gráficas y algebraicas para determinar el punto en el cual la diferencia de temperatura entre las corrientes calientes y frías es la mínima, conocido como el punto *Pinch* (Linnhoff, 1982; Smith, 2005).

En este punto se presenta la diferencia de temperatura mínima permitida entre las corrientes calientes y frías en un proceso. Esta diferencia de temperatura mínima ( $\Delta T_{min}$ ) es establecida por consideraciones económicas y de transferencia de calor. Un  $\Delta T$  menor que  $\Delta T_{min}$  puede permitir una mayor recuperación de energía con menor requerimiento de servicios industriales o costos de operación, no obstante, conlleva a costos de inversión más elevados por aumento en el área de transferencia de calor necesaria para el proceso (Linnhoff, 1982). De otro lado, un valor de  $\Delta T$  mayor que el  $\Delta T_{min}$  reduce costos de inversión al disminuir el área de transferencia de calor, sin

embargo, eleva los requerimientos de servicios industriales conllevando a un menor aprovechamiento energético. La Tabla 1 presenta valores para  $\Delta T_{min}$  recomendados para diferentes aplicaciones industriales; estos  $\Delta T_{min}$  son el resultado de un balance favorable entre los costos de inversión y los costos de operación (Linoff, 1998). De la Tabla 1 es posible afirmar que el valor del  $\Delta T_{min}$  depende de la respectiva aplicación industrial.

**Tabla 1**

$\Delta T_{min}$  recomendados en diferentes sectores industriales.

Sector Industrial	Valor típico de $\Delta T_{min}$	Comentarios
<b>Refino de petróleo</b>	20-40 °C	Coefficientes de transferencia relativamente bajos. Ensuciamiento de los intercambiadores.
<b>Petroquímico</b>	10-20 °C	Buenos coeficientes de transferencia. Bajo ensuciamiento
<b>Químico</b>	10-20 °C	Buenos coeficientes de transferencia. Bajo ensuciamiento
<b>Procesos a baja temperatura</b>	3-5 °C	Altos consumos energéticos. $\Delta T_{min}$ disminuye al disminuir la temperatura del proceso.

*Nota:* Traducido de Linnhoff, 1998

Es importante mencionar que, el método *Pinch* se basa en la aplicación de los principios de la primera ley de la termodinámica (conservación de la energía) y la segunda ley (aumento de la entropía) para optimizar la recuperación de energía y minimizar la irreversibilidad en los procesos. La primera ley conduce a la cuantificación de la transferencia de la energía, mientras que la segunda ley establece límites en la transferencia de calor (Martinez et al., 2018).

### 3.1.1 Métodos de Localización del Punto *Pinch*

Existen varios métodos para determinar el punto *Pinch* en un proceso, como el método algebraico (tabla problema) y el método de las curvas compuestas (gráfico temperatura vs calor

transferido), cada uno con sus ventajas y desventajas en términos de complejidad y facilidad de uso (Kemp, 2011; Linnhoff, 1982).

En la Tabla 2 se representa la información inicial utilizada para ilustrar el método del punto *Pinch* a través de los procedimientos de Curvas Compuestas y Tabla Problema. Esta tabla indica las temperaturas de entrada y salida de cada corriente, así como la capacidad de flujo de calor.

**Tabla 2**

*Datos iniciales para Curva Compuesta y Tabla Problema.*

Corriente	Temperatura de entrada (°C)	Temperatura de salida (°C)	Capacidad de flujo de calor, $mCp \left(\frac{kW}{^{\circ}C}\right)$
1	180	80	1.0
2	130	40	2.0
3	60	100	4.0
4	30	120	1.8

*Nota:* Tomado de Ingeniería Química Desde Cero (2020).

### 3.1.1.1 Procedimiento de la Curva Compuesta

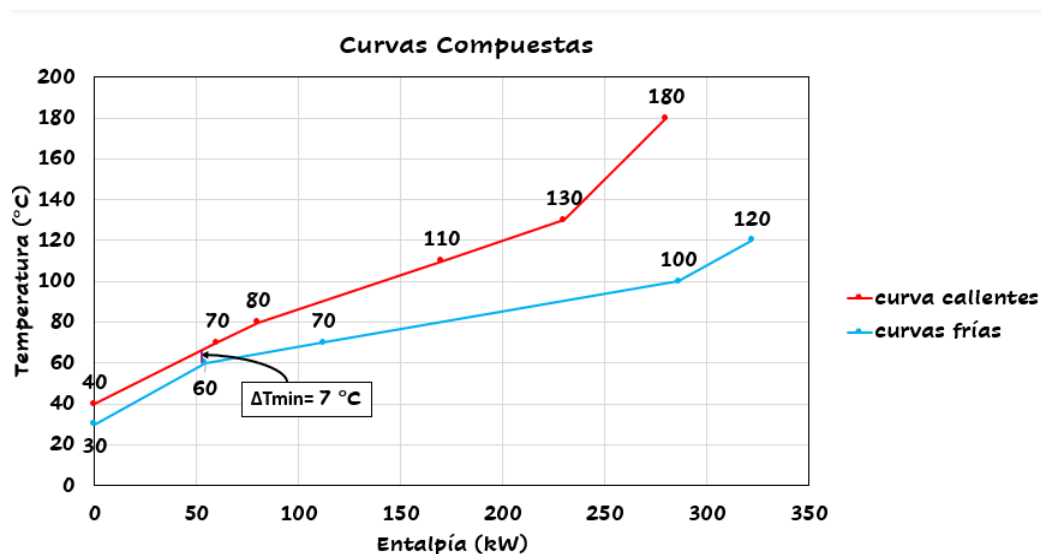
La curva compuesta representa gráficamente la diferencia de temperaturas entre las corrientes calientes y frías en función del cambio en la entalpía o calor transferido, lo que permite identificar el punto *Pinch* como el punto de convergencia de las curvas (Kemp, 2011; Linnhoff, 1982). A continuación, se presenta una ilustración de este método, definiendo sus dos tendencias principales. La Tabla 3 presenta los datos de información de las corrientes calientes y frías utilizadas en la construcción de las curvas compuestas para las corrientes calientes y frías, en coordenadas T vs H para un ejemplo en la industria petrolera ( $\Delta T_{min} = 10 \text{ }^{\circ}C$ , Tabla 1).

**Tabla 3***Información de Corrientes Calientes y Frías.*

Corrientes Calientes		Corrientes Frías	
Temperatura (°C)	$\Delta H_{Calientes}$ (kW)	Temperatura (°C)	$\Delta H_{Frías}$ (kW)
180	280	120	322
130	230	100	280
110	170	70	112
80	80	60	54
70	60	30	0
40	0	-	-

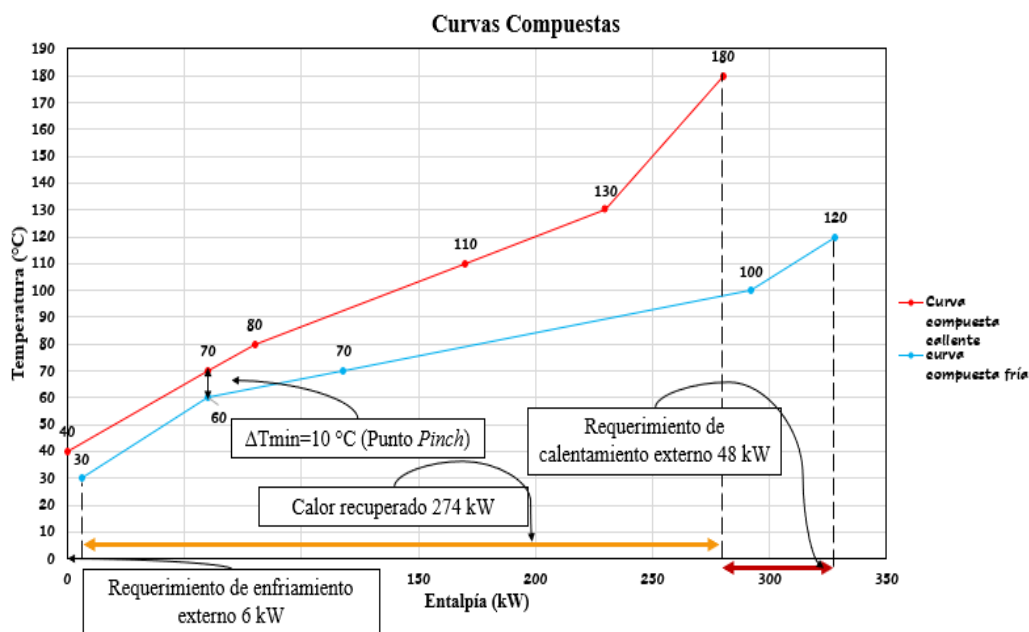
Nota:  $\Delta H_{calientes}$  Y  $\Delta H_{frías}$  Corresponde a los cálculos de flujo de calor presentado en la Tabla 2.

Los valores de cambio en la entalpía  $\Delta H$  establecen las referencias  $H=0$  para las temperaturas de 40 °C y 30 °C de las corrientes calientes y frías, respectivamente. Según esta figura, la distancia mínima entre las dos curvas se presenta a un  $\Delta T$  inferior que  $\Delta T_{min} = 10$  °C, denotado en la Figura 1 con un  $\Delta T_{min} = 7$  °C. Es necesario que esta distancia sea de 10 °C ya que representa el valor de  $\Delta T_{min}$ . El cumplimiento del  $\Delta T_{min}$  se alcanza desplazando la curva fría sobre el eje horizontal, por medio de la asignación de un  $H= 6$  kW a la  $T=30$  °C.

**Figura 1.***Ilustraciones de curvas compuestas de corrientes calientes y frías.*

La Figura 2 ilustra la obtención del  $\Delta T_{min} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  por desplazamiento de la curva compuesta fría. Se observa la ilustración del punto *Pinch* en donde la distancia de las curvas compuestas de las corrientes caliente y fría están más cerca la una a la otra, representado un  $\Delta T_{min} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . En este punto se maximiza potencialmente la recuperación de calor en un sistema, es decir que el intercambio de calor entre las corrientes calientes y frías se puede lograr de manera efectiva ya que por debajo de este punto cualquier intercambio adicional puede ser ineficiente.

**Figura 2.**  
*Ilustración del Método de Curvas Compuestas.*



Además, la Figura 2 ilustra la localización de los requerimientos de servicios externos. Al extremo izquierdo del punto *Pinch* (debajo del *Pinch*) se presentan los "Servicios de enfriamiento" necesarios para las corrientes calientes que no pueden ser enfriadas por las corrientes frías del proceso; la Figura 2 indica que se requiere un servicio industrial de enfriamiento de 6 kW. En el extremo derecho (por encima del *Pinch*), se indican los "Servicios de calentamiento" requeridos para las corrientes frías que no pueden ser calentadas lo suficiente por las corrientes calientes del

proceso; en este caso, un servicio industrial de calentamiento de 48 kW es requerido para el proceso. El calor recuperado representa la cantidad de energía térmica que se puede reutilizar en lugar de pagar por servicios externos de calentamiento y enfriamiento. Con esto, un flujo de calor de 274 kW es aprovechado en la integración energética.

### 3.1.1.2 Procedimiento de la Tabla Problema

La Tabla Problema es una herramienta algebraica que utiliza balances de energía para determinar el punto *Pinch* de manera numérica (Kemp, 2011; Linnhoff, 1982). A continuación, se presenta una Tabla que ilustra la aplicación de la Tabla Problema.

**Tabla 4**

*Ilustración Tabla Problema*

		$H_1 =$ $mCp$ (kW/°C)	$H_2 =$ $mCp$ (kW/°C)	$C_1 =$ $mCp$ (kW/°C)	$C_2 =$ $mCp$ (kW/°C)					
<b>T</b> (°C)	<b>Int.</b>	<b>1.0</b>	<b>2.0</b>	<b>4.0</b>	<b>1.8</b>	$\Sigma \Delta H_{Cal}$	$\Sigma \Delta H_{Fri}$	$\Sigma \Delta H$	$\Sigma Q_0$	$\Sigma Q_{0Ajustado}$
<b>175</b>									<b>0</b>	48
<b>125</b>	1	50				50		50	50	98
<b>105</b>	2	20	40		36	60	36	24	74	122
<b>75</b>	3	30	60	120	54	90	174	-84	-10	38
<b>65</b>	4		20	40	18	20	58	-38	<b>-48</b>	0
<b>35</b>	5		60		54	60	54	6	-42	6

En la Tabla 4, las temperaturas son organizadas de mayor a menor con el fin de analizar los intervalos de temperatura. La tabla incluye las columnas de temperatura (T), las entalpías de flujo de las corrientes frías ( $C_1, C_2$ ) y calientes ( $H_1, H_2$ ) por unidad de temperatura, el cambio de entalpía para las corrientes calientes y frías ( $\Delta H_{calientes}, \Delta H_{frías}$ ), la diferencia de entalpía ( $\Delta H$ ), el calor residual ( $Q_0$ ) y el calor residual ajustado ( $Q_{0Ajustado}$ ).

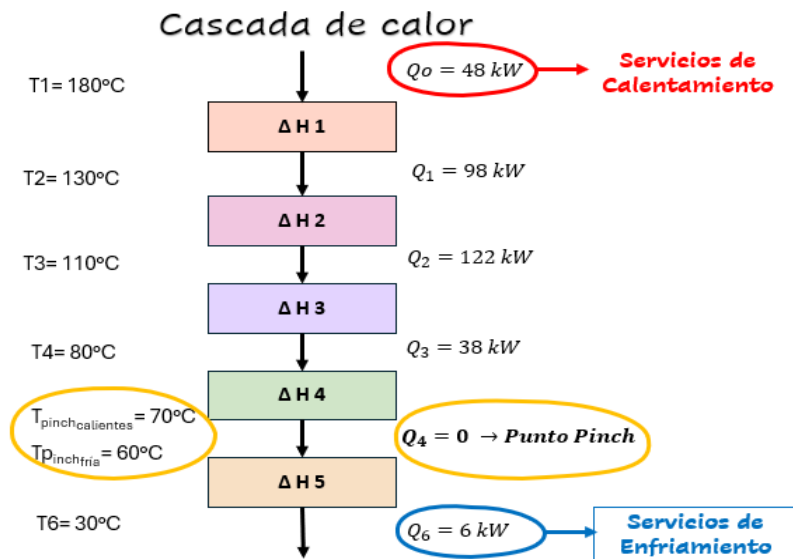
En cada intervalo de la Tabla Problema se calcula el calor cedido por las corrientes calientes y absorbido por las frías, obteniendo un balance neto ( $\Delta H$ ). Este balance se acumula de arriba abajo, generando el "calor residual", que se ajusta para no tener valores negativos. Para lograr este ajuste, se identifica el valor más negativo de la columna y este mismo valor se debe sumar con signo positivo a todos los calores residuales. El punto donde el calor residual ajustado es cero identifica el punto *Pinch*, dividiendo el proceso en zonas por encima y por debajo del punto *Pinch*. El valor máximo positivo del calor residual ajustado indica la necesidad de calentamiento externo (48 kW), mientras que el valor final define el requerimiento de enfriamiento (6kW).

La información de la Tabla Problema puede ser representada por el denominado Diagrama de Cascada, el cual muestra el flujo de calor como una "cascada" a través de los intervalos de temperatura del proceso. Esta analogía con una cascada es apropiada porque ilustra cómo el calor fluye de los niveles de temperatura más altos a los más bajos, similar al agua en una cascada (Smith, 2005). Este diagrama inicia con una secuencia de bloques funcionales que representan la distribución de energía térmica en diferentes etapas de un proceso. Cada bloque ( $\Delta H_1, \Delta H_2$ , etc.) indica el calor transferido a temperaturas específicas. Es importante realizar un ajuste de temperaturas tanto por debajo como por encima del Punto *Pinch* para reflejar las condiciones de operación del sistema. Arriba de *Pinch*, se suma  $\frac{\Delta T_{min}}{2}$  a las temperaturas de las corrientes calientes y debajo de *Pinch* se resta el mismo valor a las temperaturas de las corrientes frías.

El punto *Pinch* ( $Q_4 = 0$ ) representa el equilibrio térmico del sistema, donde el calor disponible en las corrientes calientes se iguala a la demanda de calor en las corrientes frías. Esto implica que no es necesario añadir servicios externos para calentar el proceso ni retirar calor para enfriarlo, permitiendo alcanzar la máxima eficiencia en el intercambio de calor.

**Figura 3.**

Ilustración de un Diagrama de Cascada Basado en la Tabla Problema.



Este formato ofrece una interpretación visual inmediata de los resultados numéricos, facilitando la comprensión de las oportunidades de integración energética y los puntos críticos del proceso (Pérez & Fernández, 2011).

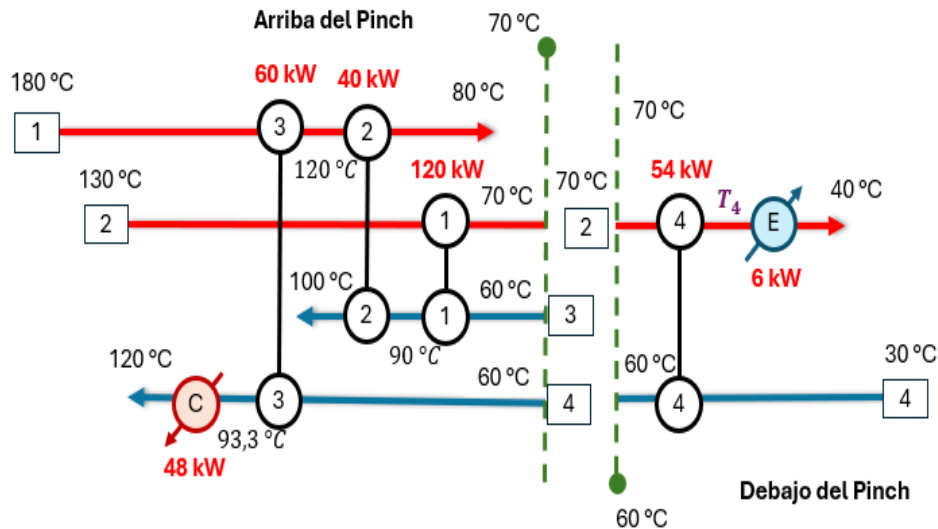
### 3.1.2 Diagrama de Rejilla

Este diagrama corresponde a una representación gráfica utilizada en el método *Pinch* para visualizar las transferencias de calor entre las corrientes calientes y frías (intercambiadores de calor), ilustrar el punto *Pinch* y mostrar los requerimientos de servicios de calentamiento y enfriamiento. Este consiste en una malla de líneas horizontales que representan las temperaturas de las corrientes, y líneas verticales que indican las cantidades de calor involucradas (Kemp, 2011; Linnhoff, 1982). La Figura 4 presenta el diagrama de rejilla para el sistema ejemplo de las Tablas 2 y 3, en donde las líneas rojas corresponden a las corrientes calientes, mientras que las azules representan las corrientes frías. El diagrama está dividido por dos líneas verticales verdes que

separan la temperatura del punto *Pinch* (localizado entre 70°C y 60 °C,  $\Delta T_{min} = 10\text{ }^\circ\text{C}$ ). La región "arriba del *Pinch*" se encuentra a 70°C, mientras que la región "abajo del *Pinch*" está a 60°C.

**Figura 4.**

*Ilustración Diagrama de Rejilla para 4 Corrientes.*



En la Figura 4, las corrientes calientes 1 y 2 ceden energía en su recorrido de izquierda a derecha, mientras que las corrientes frías 3 y 4 ganan energía en su recorrido de derecha a izquierda. Los círculos unidos por una línea vertical y etiquetados con números representan intercambiadores de calor (con un flujo de intercambio en kW), en los cuales sucede la transferencia de energía entre las corrientes correspondientes. Los servicios industriales requeridos para completar el enfriamiento y el calentamiento se encuentran denotados en círculos con las letras "C" y "E". El círculo marcado con una letra "C", representa un calentador y el círculo marcado con la letra "E", representa un enfriador.

El diagrama de rejilla de la Figura 4 muestra que la corriente caliente 1 ingresa a 180 °C y cede energía hasta 80 °C. La corriente caliente 2 comienza en 130 °C y cede energía hasta alcanzar 40 °C. Por su parte, la corriente fría 3 comienza a 60°C y gana energía hasta llegar a 100°C,

mientras que la corriente fría 4 parte de 30°C y gana energía hasta alcanzar 120°C. Los intercambiadores de calor, representados por líneas negras verticales, facilitan la transferencia de energía de las corrientes:

- Intercambiador 1: Transfiere 120 kW de la corriente caliente 2 a la corriente fría 3.
- Intercambiador 2: Transfiere 40 kW de la corriente caliente 1 a la corriente fría 3.
- Intercambiador 3: Transfiere 60 kW de la corriente caliente 1 a la corriente fría 4.
- Intercambiador 4: Transfiere 54 kW de la corriente caliente 2 a la corriente fría 4.

Para cumplir con las condiciones de operación, se requieren servicios industriales adicionales. El calentador "C" proporciona 48 kW para elevar la temperatura de la corriente fría 4 a su valor final 120 °C, mientras que el enfriador "E" remueve 6 kW de la corriente caliente 2, llevándola a su temperatura final de 40 °C.

Con esto, los servicios de calentamiento arriba del punto *Pinch* son requeridos debido a que  $(mC_p)_{frías} \geq (mC_p)_{calientes}$ , mientras que, los servicios de enfriamiento abajo del punto *Pinch* son requeridos debido a que  $(mC_p)_{calientes} \geq (mC_p)_{frías}$ . El análisis para el calentador arriba del punto *Pinch* es realizado con la corriente fría 3 que puede absorber energía de la corriente caliente 2, ya que su  $mC_p$  es mayor. La corriente caliente 2 puede ceder 120 kW, sin embargo, la corriente fría 3 con un  $\Delta H$  inicial de 160 kW al absorber los 120 kW de la corriente 2 quedaría con un déficit de energía de 40 kW. La corriente 1 ya que tiene un  $mC_p$  también menor que el de la corriente 3, puede ceder energía a esta corriente, de los 100 kW que tenía inicialmente cede los 40 kW a la corriente 3 y aun tiene 60 kW más que podría ceder. El intercambio de energía entre la corriente 1 y 4 también es viable ya que el  $mC_p$  de la corriente 4 es mayor que el de la corriente 1. Esta corriente fría 4 requiere 108 kW de energía, la corriente 1 puede ceder sus 60 kW sobrantes, al

realizar el intercambio la diferencia da un requerimiento de energía de 48 kW para la corriente fría 4. Por esta razón se agrega un calentador de 48 kW en la corriente 4 para cumplir con las condiciones de operación.

Realizando el mismo análisis con las condiciones heurísticas para la operación abajo del punto Pinch, la corriente caliente 2 tiene 60 kW de energía por ceder para cumplir con sus condiciones de operación, sin embargo, la corriente fría 4 tiene un requerimiento de energía de 54 kW, al realizar el intercambio energético la corriente caliente 2 aún tiene 6 kW de energía por ceder, debido a esto, se ubica un enfriador con capacidad de 6 kW en esta corriente.

### 3.1.2.1 Número de Intercambiadores Requeridos

El número de intercambiadores de calor necesarios en el sistema es determinado por medio de la información contenida en la Tabla de corrientes y en la Curva Compuesta. El número mínimo de intercambiadores de calor puede ser calculado con la expresión:

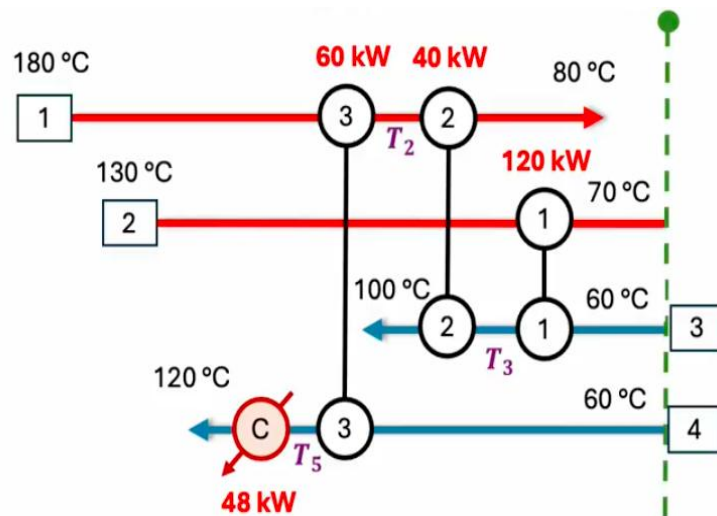
$$N_{min} = [N_f + N_c + N_s - 1]_{Arriba\ del\ Pinch} + [N_f + N_c + N_s - 1]_{Abajo\ del\ Pinch} \quad (\text{Ec. 1})$$

Como se muestra en la Ec.1 (Rossi, 2021).  $N_{min}$  representa el número mínimo de intercambiadores de calor necesarios en el sistema,  $N_f$  es el número de corrientes frías.  $N_c$  es el número de corrientes calientes y  $N_s$  Es el número de servicios industriales (calentadores y enfriadores). Con la Ec. 1 es posible determinar el número mínimo de intercambiadores de calor requeridos, tanto arriba como debajo del *Pinch*, disminuyendo el uso de servicios industriales.

Continuando con el ejemplo de las secciones anteriores, para aplicar la Ec. 1 y calcular el número de intercambiadores requeridos primero se requiere dividir el diagrama en dos partes. En las Figuras 5 y 6 se ilustran los diagramas divididos en las dos secciones enunciadas, junto con el número de intercambiadores calculados para cada sección.

**Figura 5.**

*Número mínimo de intercambiadores arriba del punto Pinch.*



Aplicando la fórmula para la sección mostrada en la Figura 5 se obtiene:

$$N_{min} = [N_f + N_c + N_s - 1]_{Arriba\ del\ Pinch}$$

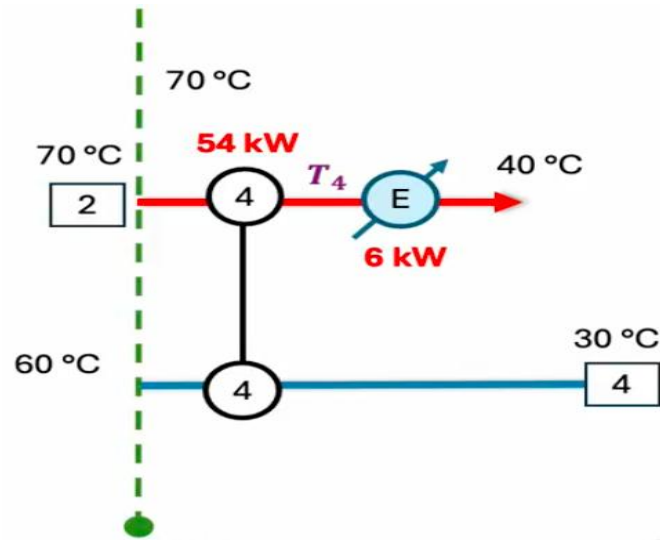
$$N_{min} = [2 + 2 + 1 - 1]_{Arriba\ del\ Pinch}$$

$$N_{min} = 4_{Arriba\ del\ Pinch}$$

Es decir, en la sección por encima del Pinch se requieren 3 intercambiadores para las corrientes frías y calientes, más uno del servicio industrial.

**Figura 6.**

Número mínimo de intercambiadores abajo del punto *Pinch*.



Aplicando la fórmula para la sección por debajo del *Pinch* (Figura 6) se obtiene:

$$N_{min} = [N_f + N_c + N_s - 1]_{Abajo\ del\ Pinch}$$

$$N_{min} = [1 + 1 + 1 - 1]_{Abajo\ del\ Pinch}$$

$$N_{min} = 2_{Abajo\ del\ Pinch}$$

Con esto, en la sección por debajo del *Pinch* se requiere 1 intercambiador para las corrientes frías y calientes, más uno del servicio industrial. Luego, el número total de intercambiadores corresponde a:

$$N_{min} = 4_{Arriba\ del\ Pinch} + 2_{Abajo\ del\ Pinch}$$

$$N_{min} = 6$$

Para ubicar los intercambiadores de calor en el diagrama rejilla, se debe seguir parámetros clave que aseguran una adecuada transferencia de energía entre las corrientes frías y calientes, respetando los principios del método *Pinch*. Por encima del punto *Pinch*, el criterio es evitar la necesidad de cualquier calentador externo ya que toda la energía requerida para elevar la temperatura de las corrientes frías debe provenir de las corrientes calientes. De manera similar, por

debajo del punto *Pinch* se debe evitar al máximo la necesidad de un enfriador externo. Los intercambiadores se deben ubicar de tal manera que las corrientes calientes cedan la energía necesaria a las corrientes frías disponibles para cumplir con los parámetros de operación.

La elección de las corrientes que intercambian energía está determinada principalmente por sus capacidades caloríficas, priorizando aquellas que puedan mejorar mayores flujos de energía. Esto se debe a que corrientes con mayores capacidades caloríficas, optimiza el intercambio de energía y minimiza la necesidad de servicios industriales externos (Smith, 2005).

## **3.2 Estilos de Aprendizaje**

Preferencias individuales en la manera de percibir, procesar y asimilar la información. Existen varios modelos que describen diferentes estilos de aprendizaje, como el modelo de Kolb (acomodador, divergente, asimilador, convergente), el de Felder-Silverman (sensorial/intuitivo, visual/verbal, activo/reflexivo, secuencial/global) y el de Fleming (VAK: visual, auditivo, kinestésico) (Felder & Silverman, 1988; Fleming & Mills, 1992; Kolb, 1984).

### **3.2.1 *Estilo de Aprendizaje Visual***

Estilo en el que el individuo aprende mejor a través de la observación y el uso de recursos visuales como imágenes, diagramas, gráficos, demostraciones y representaciones pictóricas de la información. Tienen facilidad para recordar lo que ven y prefieren las instrucciones e información escrita (Fleming & Mills, 1992).

### **3.2.2 *Estilo de Aprendizaje Auditivo***

Estilo en el que el individuo aprende mejor a través de la escucha y la participación en discusiones, conferencias, explicaciones verbales y grabaciones de audio. Tienen facilidad para

recordar lo que escuchan y prefieren las instrucciones e información hablada (Fleming & Mills, 1992).

### 3.2.3 *Estilo de Aprendizaje Kinestésico*

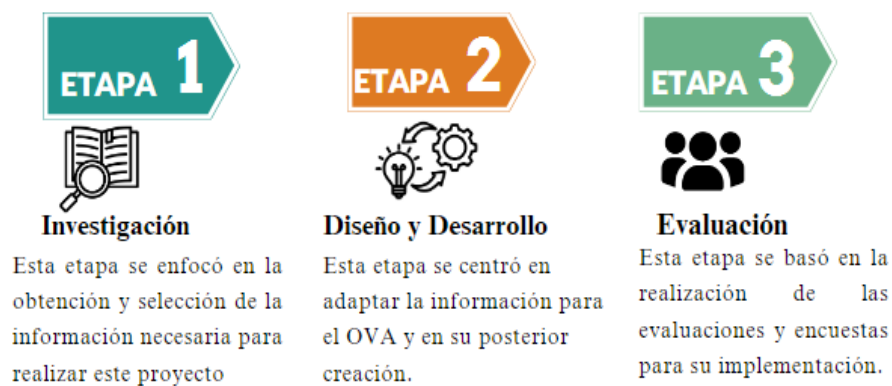
Estilo en el que el individuo aprende mejor a través de la experiencia práctica, el movimiento, la manipulación de objetos. Tienen facilidad para recordar lo que hacen y prefieren las actividades prácticas, juegos de roles y demostraciones (Fleming & Mills, 1992).

## 4 Metodología

La metodología seguida para el diseño e implementación del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) se desarrolló en varias etapas como es ilustrado en la figura 7.

### Figura 7.

*Diagrama Metodológico para la Construcción del OVA.*



### 4.1 Etapa 1: Investigación

**Actividad 1. Revisión.** Se realizó una revisión de los conceptos y principios fundamentales de los Objetos Virtuales de Aprendizaje, estrategias de gamificación, plataformas digitales y herramientas tecnológicas disponibles.

**Actividad 2.** Selección de la plataforma de codificación. Después de evaluar diferentes opciones (Articulate 360, Adobe Captivate, H5P), se optó por utilizar la plataforma Genially para el desarrollo del OVA debido a sus capacidades interactivas y de diseño multimedia.

#### **4.2 Etapa 2: Diseño y Desarrollo del OVA**

**Actividad 1.** Contenido del OVA. El contenido fue definido por medio de una historia relacionada con el uso eficiente de la energía disponible en corrientes frías y calientes en el contexto industrial. Los fundamentos del método *Pinch*, así como ejemplos de aplicación industrial fueron organizados en cuatro módulos.

**Actividad 2:** Planeación didáctica. La organización y presentación de los contenidos de cada módulo del OVA fue definida a través del diligenciamiento de una plantilla didáctica diseñada por el Centro para el Desarrollo de la Docencia de la UIS (CEDEUIS). Esta plantilla establece los objetivos de aprendizaje, así como los contenidos temáticos, las estrategias de enseñanza, los recursos didácticos, las actividades de evaluación y los criterios de evaluación. Las plantillas pueden ser consultadas en los Apéndice B, C, D y E.

**Actividad 3.** Configuración y codificación del OVA. La historia o hilo conductor del OVA fue establecido de manera coherente y progresiva para la navegación por parte de los usuarios. El OVA fue codificado en Genially, mientras los fondos del tema o hilo conductor y las voces fueron diseñados en las aplicaciones DALLE y VozFly.

#### **4.3 Etapa 3: Evaluación del OVA**

**Actividad 1.** Prueba. El OVA fue puesto a prueba por los estudiantes de noveno semestre de la actividad académica “Análisis de Procesos” de la Escuela de Ingeniería Química, por medio de un enlace de acceso dispuesto en la plataforma Moodle del respectivo curso. Durante esta etapa,

los estudiantes interactuaron con el OVA sin previo conocimiento del tema de integración energética con el método *Pinch*.

**Actividad 2.** Recolección de información. Una encuesta basada en la escala de Likert fue diseñada con el objetivo de evaluar la efectividad del OVA desde la perspectiva de los estudiantes. Esta encuesta abordó aspectos como la facilidad de uso, la claridad de los contenidos, la motivación generada por los elementos de gamificación y la relevancia de los temas abordados. La encuesta también incluyó una pregunta de respuesta libre (redacción). El formato de la encuesta puede ser consultado en el Apéndice A.

**Actividad 3.** Realimentación del OVA. Las opiniones recolectadas por medio de la encuesta fueron analizadas en términos de la aceptación visual, auditiva y kinestésica (interactividad) de los estudiantes. El análisis de los resultados de la encuesta condujo a diferentes ajustes al OVA y recomendaciones para implementaciones futuras.

## 5 Resultados

### 5.1 Estilos de Aprendizaje

Los resultados de la encuesta sobre estilos de aprendizaje (Apéndice A, pregunta 10) mostraron que el 79.3% de los estudiantes presentan un estilo de aprendizaje predominantemente visual, mientras que el 20,7% restante presentan los estilos auditivos y kinestésicos. En respuesta, el OVA incorporó principalmente recursos visuales como diagramas, mapas mentales y cuadros sinópticos. Sin embargo, también se incluyeron elementos auditivos y actividades prácticas para atender a todos los estilos de aprendizaje.

Para cubrir diferentes intereses del público objetivo, el OVA integró una variedad de recursos gráficos, secuencia dinámica, contenido auditivo y actividades evaluativas. Estos

elementos fueron diseñados para reforzar y contextualizar el aprendizaje teórico, incluyendo una experiencia educativa adaptada a las preferencias de los estudiantes.

## 5.2 Planeación Didáctica

La primera Planeación Didáctica, mostrada en el Apéndice B, establece la meta de comprensión abarcadora de entender los conceptos fundamentales del método *Pinch* y su relevancia en la integración energética de procesos industriales, así como su relación con los objetivos de descarbonización de Colombia. Las metas formativas se enfocan en explicar los conceptos clave, comprender su aplicación mediante un cuestionario, y valorar la importancia de la integración energética para la sostenibilidad. Con esto, la planeación se dirige a introducir los conceptos básicos del método *Pinch*.

La segunda Planeación Didáctica (Apéndice C) se centra en los aspectos técnicos para localizar el punto *Pinch* mediante las técnicas de las Curvas Compuestas y la Tabla Problema. Las metas formativas se enfocan en explicar los aspectos de las curvas compuestas, la tabla problema y los requerimientos de servicios industriales. Con esto, la planeación busca que los estudiantes aprendan las herramientas técnicas fundamentales para el establecimiento del número de intercambiadores y los flujos de energía externos en una integración energética.

La tercera Planeación Didáctica (Apéndice D) desarrolla ejercicios de aplicación del método *Pinch*. Las metas apuntan a analizar los requerimientos mínimos de calentamiento y enfriamiento a partir del análisis *Pinch*, aplicar los pasos del método para resolver ejercicios prácticos de integración energética, identificando el punto *Pinch* y los flujos energéticos de servicios industriales. Asimismo, con los ejemplos se interpretan y analizan casos de estudio de aplicación con aspectos técnicos, económicos y ambientales, enmarcados en la integración

energética. Con esto, la planeación se dirige a reforzar la aplicación del método *Pinch* mediante ejercicios prácticos.

Finalmente, la cuarta Planeación Didáctica (Apéndice E) se enfoca en ejemplos de aplicación del método *Pinch* en procesos industriales. Las metas formativas buscan el análisis de los beneficios técnicos, ambientales y económicos obtenidos al implementar el método *Pinch*, interpretar casos de estudio y proponer procesos en donde se aplique la integración energética mediante esta metodología. La Tabla 5 resume los objetivos de aprendizaje y las metas formativas propuestas por las cuatro secuencias didácticas, diseñadas para el OVA de integración energética por el método *Pinch*.

**Tabla 5**  
*Secuencias Didácticas.*

<b>Secuencia Didáctica</b>	<b>Objetivo de Aprendizaje</b>	<b>Metas Formativas</b>
<b>Conceptos Fundamentales</b>	Entender los conceptos clave del método <i>Pinch</i> y su relevancia para la descarbonización.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar los conceptos claves del método <i>Pinch</i>.</li> <li>• Comprender la utilidad de su aplicación</li> <li>• Valorar la importancia de la integración energética.</li> </ul>
<b>Localización del Punto Pinch</b>	Localizar el punto <i>Pinch</i> usando curvas compuestas y la tabla problema.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar el concepto del punto <i>Pinch</i></li> <li>• Aplicar las herramientas para identificar los requerimientos industriales.</li> </ul>
<b>Ejercicios Prácticos</b>	Analizar los requerimientos de calentamiento y enfriamiento mediante el análisis <i>Pinch</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolver ejercicios prácticos con 4 corrientes.</li> <li>• Identificar el punto <i>Pinch</i></li> <li>• Analizar casos de estudio.</li> </ul>
<b>Aplicación en Procesos Industriales</b>	Evaluar la implementación del método <i>Pinch</i> en procesos industriales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretar beneficios técnicos, económicos y ambientales</li> <li>• Proponer procesos de integración energética.</li> </ul>

### 5.3 Objeto Virtual de Aprendizaje

#### 5.3.1 Presentación Inicial

La Figura 8 ilustra la pantalla de inicio del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) desarrollado, el cual introduce la narrativa sobre el planeta Helios, congelado tras el impacto de un asteroide. Para restaurar su temperatura ideal, se aplican técnicas avanzadas del método *Pinch* de Integración Energética.

El OVA presenta los fundamentos del método *Pinch*, cubriendo temas como el punto *Pinch*, Curvas Compuestas y la Tabla Problema. Su objetivo es proporcionar una capacitación completa en la metodología, con conceptos teóricos, aplicaciones, beneficios y actividades prácticas. También se reconoce su desarrollo como proyecto de grado en Ingeniería Química.

**Figura 8.**  
*Pantalla de Inicio y portada al OVA.*



El nombre del OVA, “Salvando el Planeta Helios,” (Figura 8) refuerza la historia integradora de los conceptos académicos a través de la gamificación. El nombre "Helios", inspirado en la mitología griega y el dios del Sol, simboliza vida y energía, evocando el clima

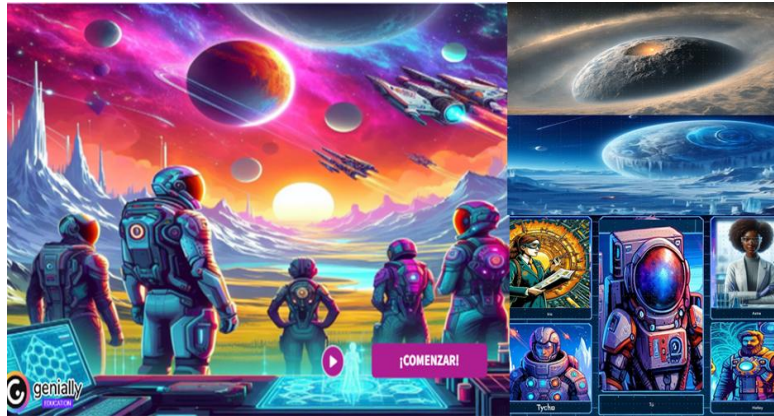
templado que caracterizaba al planeta antes de su congelación. Al titular el OVA de esta manera enfatiza la importancia de restaurar la energía térmica necesaria para revitalizar el planeta.

La narrativa describe el impacto de un asteroide congelado en Helios, liberando grandes cantidades de hielo, gases fríos como metano y amoníaco, y fragmentos minerales que, junto a una nube de polvo, bloquearon la radiación solar, acelerando el congelamiento del planeta (Ciencia UNAM, s.f.). En respuesta, la población del planeta busca fuentes energéticas para sobrevivir. El método Pinch, aplicado en la historia, sugiere aprovechar las corrientes calientes industriales para calentar corrientes frías que, a su vez, proporcionen calefacción distrital a los habitantes (Xia et al., 2016). Para salvar a Helios, los usuarios del OVA deberán aplicar estos conocimientos en módulos interactivos y superar los desafíos planteados (Actividades).

En la Figura 9 se presenta del video que narra la historia de lo sucedido en el planeta Helios, presentando a los personajes e invitando al participante a formar parte de este OVA (Objeto Virtual de Aprendizaje) para ayudar a salvar el planeta mientras aprende sobre el método *Pinch*. El video ambienta una era de hielo en Helios, provocada por el impacto de un asteroide congelado proveniente de una nébula cercana. Sin embargo, se explica que, con la ayuda del participante y un equipo de expertos en termodinámica, existe la posibilidad de revertir esta situación y devolver a Helios su antiguo esplendor templado. A lo largo de esta aventura de aprendizaje, el participante conocerá los principios de la termodinámica y la tecnología *Pinch*, aprendiendo a aprovechar el calor residual y optimizar los intercambios térmicos.

**Figura 9.**

*Video de la Narrativa del OVA.*



Posteriormente, la historia avanza de forma secuencial estructurada en cuatro módulos de aprendizaje (Figura 10): Introdutorio, Aspectos Técnicos, Ejercicios de Aplicación y Ejemplos de Aplicación en la Industria. Estos módulos abarcan desde los conceptos básicos hasta la implementación práctica en entornos industriales. Además del contenido técnico, el OVA motiva a los estudiantes a comprometerse con la preservación ambiental y promueve el camino hacia la sostenibilidad, resaltando la responsabilidad de los ingenieros químicos de diseñar procesos económicamente viables, pero con conciencia del impacto ambiental. Esto se logra mediante la repetición constante de conceptos clave y el enfoque en reducción de emisiones.

**Figura 10.**

*Módulos de Aprendizaje.*



### 5.3.2 *Presentación del Personaje*

En la Figura 11 se presentan los personajes que guiarán el transcurso del OVA. Astra es representada como una científica vestida con una bata de laboratorio y lentes, reflejando su enfoque analítico. Su nombre fue seleccionado por su relación con las estrellas y la energía calorífica. Thyco y Halley son un dúo de rescatistas interplanetarios, vestidos con trajes espaciales y equipados con herramientas, representando su experiencia en la integración energética y su disposición para enfrentar desafíos en diferentes entornos.

Iris, la ingeniera química, viste un mono de trabajo y casco, simbolizando su labor en la optimización de los procesos térmicos. Su nombre fue elegido por su conexión con la naturaleza y la eficiencia energética. Estos personajes acompañarán a los estudiantes en el descubrimiento del método *Pinch*, guiándolos a través de conceptos termodinámicos y su aplicación práctica. La diversidad de sus perfiles representa la multidisciplinariedad requerida para abordar desafíos energéticos complejos.

#### **Figura 11.**

*Personajes del OVA: Astra, Iris, Tycho y Halley.*



### 5.3.3 Fondo

Se diseñó un entorno futurista alienígena, ilustrado en la Figura 12, que refleja la transformación gradual del planeta Helios a medida que se avanza en el OVA, inspirado en los principios del método *Pinch* y el intercambio térmico. Inicialmente, el fondo muestra un paisaje gélido e invernal, representando el impacto del asteroide congelado. Sin embargo, conforme el participante progresa en el aprendizaje de esta metodología, el entorno va recuperando su calidez y vida.

Las formaciones de hielo se derriten, dando paso a una exótica vegetación y cielos más cálidos. Hacia el final, el fondo muestra un Helios revitalizado, con flora y fauna prósperas, gracias a la aplicación exitosa de los principios termodinámicos. Este diseño dinámico e inmersivo del fondo fue posible gracias a la tecnología DALL-E de Copilot, permitiendo visualizar la transformación del planeta a medida que se aprende y se aplica el método *Pinch*.

#### **Figura 12.**

*Fondos Usados a lo Largo del OVA.*



### 5.3.4 Contenido

Se desarrollaron cuatro módulos de aprendizaje enfocados en el método *Pinch*, como se muestra en la Figura 13. El Módulo 1, Introdutorio, presenta los conceptos fundamentales. El Módulo 2, Aspectos Técnicos, profundiza en los métodos de localización del punto *Pinch* y otros aspectos técnicos clave. El Módulo 3, Ejercicios de Aplicación, permite a los participantes poner en práctica lo aprendido a través de ejercicios prácticos. Finalmente, el Módulo 4, Ejemplos de Aplicación en la Industria, presenta casos reales de la implementación del método *Pinch* en entornos industriales. Esta estructura modular lleva a los participantes desde lo fundamental hasta la aplicación práctica, con actividades y ejemplos interactivos que refuerzan el aprendizaje en cada etapa. La Figura 13 resume el contenido y actividades del OVA.

**Figura 13.**  
*Estructura del OVA.*



#### 5.3.4.1 Módulo 1

El Módulo Introdutorio establece las bases del Método *Pinch*, una tecnología fundamental para el diseño y mejora de plantas industriales. Este módulo es guiado por el personaje Astra, cuya imagen aparece en la portada del módulo (Figura 14).

**Figura 14.**

Portada, video introductorio y contenido Módulo 1



El contenido introductorio incluye un video que brinda una visión general sobre la relevancia de la integración energética en procesos industriales y destaca los aspectos clave del Método Pinch, incluye la Primera Ley para la conservación de la energía y la Segunda Ley para guiar el flujo de calor de manera eficiente. Además, se examinan los métodos perseguidos por el Método *Pinch*, como el mínimo consumo de energía, el mínimo uso de servicios de calentamiento y enfriamiento.

También se analiza la importancia de la temperatura  $\Delta T_{min}$  y el diagrama de rejilla como herramientas gráficas para diseñar redes de intercambiadores de calor. La integración energética, basada en el método Pinch, se presenta como un enfoque para reducir las emisiones de carbono y apoyar los objetivos de desarrollo sostenible. El menú del módulo, que muestra estos temas, se ilustra en la Figura 14.

### 5.3.4.2 Módulo 2

El segundo módulo, titulado "Aspectos Técnicos del Método *Pinch*", es presentado por el personaje Iris y su portada se muestra en la Figura 15. Se explica en detalle el concepto fundamental del punto *Pinch*, que representa la mínima diferencia de temperatura permitida entre las corrientes calientes y frías en una red de intercambio de calor, siendo un elemento crucial para el diseño de sistemas energéticamente eficientes.

#### Figura 15.

Portada y contenido módulo 2.



El menú de contenidos, presentado en la Figura 15, muestra que se abordan dos métodos para localizar el punto *Pinch*: el método de la tabla problema y el método de las curvas compuestas. Ambos métodos son explicados detalladamente, incluyendo los pasos a seguir, los cálculos necesarios e interpretación de los resultados para facilitar su implementación.

### 5.3.4.3 Módulo 3

El Módulo 3, titulado "Ejercicios de Aplicación", es guiado por los personajes Thycho y Halley (Figura 16). En este módulo, se ofrecen cinco ejercicios prácticos que permiten aplicar los

conceptos del Análisis Pinch. Los ejercicios se presentan en formato de video y abarcan tanto el método de la tabla problema como el de las curvas compuestas.

**Figura 16.**

*Portada, contenido y ejemplo de los ejercicios propuestos módulo 3.*



En este módulo se abordan ejercicios prácticos tanto del método de la tabla problema como del método de las curvas compuestas. Tres de los ejercicios se resuelven manualmente, mientras que los otros dos utilizan Microsoft Excel, también se incluye un ejercicio sobre el uso del software Aspen Analyzer. Cada ejercicio explica detalladamente el paso a paso, el fundamento teórico y el análisis de resultados obtenidos. Se enfatiza el ahorro energético y la reducción de emisiones que se logran al aplicar el Método *Pinch* en comparación con un diseño sin integración energética.

#### 5.3.4.4 Modulo 4

El Módulo 4, titulado "Ejemplos de Aplicación en la Industria", presenta casos reales de implementación del Método *Pinch* en diversos entornos industriales (Figura 17). En este módulo, se detallan tres ejemplos de aplicación del método en diferentes industrias.

**Figura 17.**

Portada y menú módulo 4.



Para cada ejemplo, se proporciona información sobre la industria, una descripción del proceso específico donde se aplicó la tecnología *Pinch*, los ahorros energéticos y económicos, y el impacto ambiental positivo por la reducción del consumo de calentamiento y enfriamiento, junto con las modificaciones en los intercambiadores de calor para optimizar el sistema.

## 5.4 Actividades

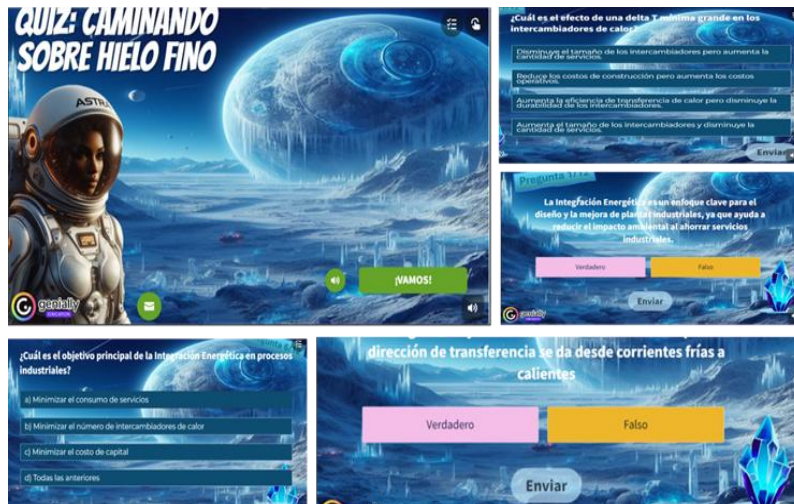
En el OVA, se incorporaron cuatro actividades interactivas o retos, en donde la superación de cada reto implica avanzar en la meta de salvar al planeta helios. Estas actividades abarcan diversos estilos de aprendizaje y emplean elementos de gamificación diseñados en Genially.

### 5.4.1 Módulo 1

Se diseñó un reto o quiz titulado "Caminando sobre hielo fino", haciendo alusión a la situación que enfrenta el planeta Helios debido al congelamiento. El quiz consta de 12 preguntas que evalúan los conceptos clave aprendidos en el Módulo 1, incluyendo preguntas de verdadero/falso y de opción múltiple (ver Figura 18). Los estudiantes no podrán avanzar a la siguiente pregunta hasta que respondan correctamente. Este enfoque les proporciona

retroalimentación inmediata, permitiéndoles corregir errores en el momento y reforzar su aprendizaje de manera efectiva. Superar con éxito este desafío es un requisito para avanzar al siguiente módulo, donde se muestra el progreso del planeta Helios y cómo el cumplimiento de este desafío ha contribuido a mejorar la calidad del clima al hacer más eficiente el intercambio calórico.

**Figura 18.**  
*Reto módulo 1.*



#### 5.4.2 Módulo 2

Para el módulo 2 se diseñó un reto llamado "Operación punto *Pinch*: sellando las fugas de calor", como se muestra en la Figura 19. Este reto consta de dos partes interactivas diseñadas para reforzar los métodos de localización del punto *Pinch*. La primera parte, "Completa los siguientes pasos del algoritmo para la construcción de la Tabla Problema", pone a prueba la capacidad de los participantes para seguir el procedimiento adecuado mediante la selección de palabras que completan correctamente las frases que describen cada paso del algoritmo.

La segunda parte, llamada "Ajusta la curva compuesta juego", se enfoca en el método de las curvas compuestas. En esta sección, los participantes deben seleccionar los incrementos adecuados en el delta de entalpía de las corrientes frías para obtener el delta de temperatura mínimo

requerido. Además, deberán determinar el calor requerido por los servicios de calentamiento y enfriamiento para lograr una integración energética óptima.

**Figura 19.**  
*Retos módulo 2.*



### 5.4.3 Módulo 3

El reto del módulo 3, titulado "Misión: Mapea flujo de calor", ofrece a los participantes la oportunidad de ayudar a Tycho y Halley mediante un caso de estudio práctico (Figura 20). En este escenario industrial, deberán aplicar el Método *Pinch* para optimizar la integración energética del proceso. El objetivo principal del reto es responder preguntas clave sobre el análisis del punto *Pinch* y su impacto en la eficiencia energética y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Las preguntas incluyen la determinación de temperaturas del punto *Pinch*, el calor transferido, los costos anuales de servicios de calentamiento y enfriamiento, y la reducción potencial de emisiones de CO<sub>2</sub>. Al final del reto, los participantes ingresan sus respuestas en un formulario de Google Forms y cargan sus cálculos y análisis, demostrando su capacidad para mapear el flujo de calor en el proceso industrial.

**Figura 20.**  
Reto módulo 3.



**MISIÓN: MAPEA FLUJOS DE CALOR**

Servico	CO <sub>2</sub> (kg)	(g CO <sub>2</sub> eq/kWh)
Vapor	0,001075	182
Agua	0,000020	120

Preguntas:

a) ¿Cuál es la temperatura del punto pinch para las corrientes 91a? \*

**Actividad Evaluativa Módulo 3**

Con base en el proceso descargado responde las preguntas.

metoblogu@gmail.com [Switch account](#)

The name, email, and photo associated with your Google account will be recorded when you upload files and submit this form.

**\*Indicates required question**

Email \*

[Resolver quiz](#)

#### 5.4.4 Módulo 4

En el reto final titulado "Operación: Calor de Rescate", los participantes deberán trabajar con el equipo completo para completar la última misión y salvar a Helios (Figura 21). En este módulo, se diseñó un reto en donde los estudiantes tuvieran la oportunidad de aplicar el método de la Tecnología *Pinch* a un proceso industrial de su elección, demostrando los conocimientos y habilidades adquiridos durante el curso. El objetivo principal es que los estudiantes propongan y desarrollen un proyecto final en el que apliquen la Tecnología *Pinch* a un proceso industrial que requiera el intercambio de calor entre corrientes calientes y frías. Para ellos deberán, aplicar el método *Pinch*, calcular los ahorros energéticos, económicos y de emisiones, y presentar un informe escrito detallado.

**Figura 21.**  
*Reto módulo 4.*



OVA “*Salvando al Planeta Helios*” corresponde a: <https://view.genially.com/65d9f4acbbb01e0014528c3e/interactive-content-ova-metodo-pinch>

## 5.5 Evaluación del OVA

La evaluación del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) fue efectuada por un grupo de 29 estudiantes de la actividad académica “Análisis de Procesos” en el semestre 2024-II. La encuesta diseñada en Google Forms constó de un total de 14 preguntas y las respectivas respuestas de apreciación por parte de los estudiantes pueden ser analizadas en el Apéndice A . En la Tabla 6 se presenta 8 preguntas formuladas utilizando la metodología de escala Likert, lo que permitió a los participantes expresar su nivel de acuerdo o desacuerdo en una escala que va del 1 al 5.

**Tabla 6***Resumen de Respuestas en las Encuestas - Escala Likert*

Pregunta	Escala Likert				
	1	2	3	4	5
¿El OVA ofreció una experiencia de aprendizaje interactiva y cautivadora?	0,0%	6,9%	17,2%	44,8%	31%
¿Se encontró el contenido del OVA claro y fácil de comprender?	3,45%	3,45%	20,7%	41,4%	31%
¿Se incorporaron imágenes, grabaciones de audio y videos en el OVA para ilustrar los contenidos abordados?	3,45%	0,00%	13,8%	17,2%	65,5%
¿Recomendaría este OVA a otros compañeros de estudio?	3,45%	6,9%	24,1%	34,5%	31%
¿Resultó sencillo utilizar y desplazarse por el OVA?	0,00%	13,8%	17,2%	48,3%	20,7%
¿El OVA le resultó útil para aprender?	0,00%	0,00%	24,1%	34,5%	41,4%
¿El orden y organización del OVA contribuyeron a la comprensión de los conceptos?	3,4%	6,9%	27,6%	34,5%	27,6%
¿La evaluación y/o retroalimentación posibilitaron la medición del progreso en el aprendizaje?	0,00%	0,00%	17,2%	58,6%	24,1%

Según la Tabla 6, el 75.8% de los estudiantes considera que el OVA ofreció una experiencia de aprendizaje interactiva y cautivadora (calificaciones de 4 y 5), indicando que las metodologías son efectivas para captar el interés de los alumnos, sin embargo, un 6.9% se mostró insatisfecho. Aunque la mayoría de los estudiantes considera el contenido claro, hay un pequeño grupo que presenta dudas, lo que podría requerir una revisión para mejorar la accesibilidad del material. En cuanto a los recursos utilizados, un 81.7% (65.5% + 17.2%) valoró positivamente la incorporación de imágenes, grabaciones de audio y videos, destacando la efectividad de los elementos multimedia.

Por otra parte, la pregunta 4 muestra que un 24.1% calificó el OVA con un 3, indicando una opinión neutral, lo que sugiere que, aunque apreciaron ciertos aspectos, no estaban completamente convencidos de su efectividad general. El 69% (48.3% + 20.7%) encontró que el OVA fue fácil de usar, aunque un 13.8% reportó insatisfacción en este aspecto, lo que sugiere que se pueden realizar mejoras en la usabilidad. Respecto a la utilidad del OVA, un 75.9% (34.5% + 41.4%) consideró que fue útil para su aprendizaje, lo que refuerza su efectividad como herramienta educativa. Sin embargo, la organización del contenido fue valorada positivamente por el 62.1% (34.5% + 27.6%), mientras que un 10.3% (3.4% + 6.9%) mostró insatisfacción, lo que indica que se pueden realizar ajustes en la estructura.

Finalmente, un alto porcentaje de 86.2% indicó que la evaluación y retroalimentación facilitaron la medición de su progreso, lo que refleja una buena alineación entre las estrategias de evaluación y los objetivos de aprendizaje. No obstante, solo un 24.1% siente que se consideraron todos los estilos de aprendizaje, lo que sugiere que es necesario implementar ajustes para atender de manera más integral las diversas formas de aprender.

## 6 Conclusiones

El trabajo realizado evidenció que la gamificación es una estrategia efectiva para incrementar la motivación y el compromiso de los estudiantes, promoviendo así un aprendizaje más activo y colaborativo, así como fomentando su participación en el proceso educativo.

El OVA fue diseñado de forma innovadora utilizando personajes ficticios (Astra, Iris, Tycho y Halley) que indicaban una narrativa definida por la frase “Salvando el Planeta Helios”, lo que potenció su atractivo y dinamismo. Se estructuró en cuatro módulos, cada uno acompañado de retos y desafíos, lo que permitió a esta secuencia abarcar desde nociones básicas hasta aplicaciones prácticas, incorporando elementos de gamificación que aumentan la motivación y el compromiso de los estudiantes.

El OVA recibió calificaciones positivas en múltiples dimensiones, indicando su efectividad como herramienta de aprendizaje. Sin embargo, es esencial abordar las áreas de mejora identificadas, como la claridad del contenido y la atención a diferentes estilos de aprendizaje, para optimizar la experiencia educativa en futuras implementaciones. Los resultados de la encuesta proporcionaron una base para los ajustes del OVA con miras a la mejora en el aprendizaje de los estudiantes.

La implementación de actividades prácticas y retos interactivos en cada módulo resultó ser funcional, así lo afirmaron el 80% de los estudiantes en la encuesta mientras el 20% apoyó la idea en menor intensidad.

## 7 Recomendaciones

Al ser una herramienta TIC se recomienda que las clases sean llevadas a cabo en salas de cómputo donde se cuente con computadoras de buen rendimiento e internet de alta capacidad para correr el programa sin complicaciones y no perder la secuencia del OVA.

Incitar a los docentes que dirigen la clase Análisis de Procesos a presentar el OVA “Salvando al planeta Helios” a los estudiantes para que el tema sea aceptado y comprendido de una manera más dinámica y audiovisual para ayudar al proceso de enseñanza-aprendizaje del método *Pinch* para la optimización de energía. Lo anterior puede conducir a una evaluación pedagógica del OVA.

Para futuras investigaciones, se recomienda profundizar en la interacción del OVA, dado que las encuestas a los estudiantes reflejan calificaciones mayormente entre 3 y 4, lo que indica una percepción positiva, pero no óptima. Las sugerencias de los estudiantes destacan la utilidad del Quiz y la interfaz, mientras que algunos consideran que la estética general del OVA podría mejorarse. Aunque se implementaron la mayoría de las recomendaciones tras la primera evaluación, ciertos aspectos de forma y diseño recibieron opiniones mixtas. Además, se sugiere explorar otros entornos de desarrollo para el OVA, considerando que Genially presenta áreas susceptibles de mejora.

Se sugiere llevar a cabo una evaluación final de los estudiantes tras la implementación de las correcciones pertinentes, basándose en los resultados de la primera encuesta completada por ellos.

**Referencias bibliográficas**

- Bertram, D. (2008). Las escalas Likert, son el sentido de la vida. *Informe Del Tema*:  
*Http://Poincare.Matf.Bg.Ac.Rs/~ Kristina/Topic-Dane-Likert.Pdf.[Enlaces]*.
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). De los elementos de diseño del juego a la gamificación: definición de “gamificación”.. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, 9–15.
- Escobar Pérez, H. E., & Burgos Benavides, L. A. (2015). Objetos virtuales de aprendizaje y un laboratorio virtual de química en la enseñanza de la ley de conservación de la masa. *I8(18)*. <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/>
- Felder, R. M., & Silverman, L. K. (1988). Estilos de aprendizaje y de enseñanza en la educación de ingeniería. *Ing.Educación*, 78(7), 674–681.
- Fleming, N. D., & Mills, C. (1992). No un inventario más, sino un catalizador para la reflexión. *Mejorar la Academia*, 11(1), 137–155.
- Genially. (2024). *Genially para escuelas*.
- Gil Vera, V. D. (2019). Objetos virtuales de aprendizaje en la enseñanza de la física: un caso de aplicación / Virtual Learning Objects in the Teaching of Physics: a Case of Applying. *Revista Internacional de Aprendizaje En Ciencia, Matemáticas y Tecnología*, 5(1), 9–17.  
<http://journals.eagora.org/revEDUMAT/article/view/1856/1174>
- Gutiérrez Mendoza, L., Buitrago Alemán, M. R., & Ariza Nieves, L. M. (2017). Identificación de dificultades en el aprendizaje del concepto de la derivada y diseño de un OVA como

mediación pedagógica. *Revista Científica General José María Córdova*, 15(20), 137.  
<https://doi.org/10.21830/19006586.170>

Ibarra Rincón, F. C., & Hernández Rueda, A. L. (2022). *Diseño de un Objeto Virtual de Aprendizaje para la asignatura Operaciones Unitarias II, orientado a procesos de separación gas/líquido*. [Tesis de grado Practica en docencia ]. Universidad Industrial de Santander.

Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. (2015). Escala de Likert: Análisis y explicación. *British Journal of Applied Science & Technology*, 7(4), 396–403.  
<https://doi.org/10.9734/BJAST/2015/14975>

Martinez, J., Dominguez, O., & Finetti, J. E. (2018). DISEÑO DE REDES DE INTERCAMBIO DE ENERGÍA, SU ENSEÑANZA EN DISEÑO DE PROCESOS EN INGENIERÍA QUÍMICA. *AAIQ Asociación Argentina de Ingenieros Químicos - CSPQ, III*.  
[https://www.aaiq.org.ar/SCongresos/docs/06\\_029/papers/09a/09a\\_1640\\_383.pdf](https://www.aaiq.org.ar/SCongresos/docs/06_029/papers/09a/09a_1640_383.pdf)

Kemp, I. C. (2011). *Pinch analysis and process integration: A user guide on process integration for the efficient use of energy*. Segunda edición. Elsevier.

Kolb, D. (1984). *Aprendizaje experiencial: la experiencia como fuente de aprendizaje y desarrollo*. *Acantillados de Englewood*.

Linnhoff, B. (1982). Guía del usuario sobre la integración de procesos para el uso eficiente de la energía. *AIChE J.*, 28, 0.

- Lizarazo Salcedo, E. I., & Pabón Pabón, W. A. (2024). *Diseño de un Objeto Virtual de Aprendizaje para la Asignatura de Introducción a La Ingeniería Química* [Trabajo de grado practica en docencia]. Universidad Industrial de Santander.
- Low, M. C., Lee, C. K., Sidhu, M. S., Lim, S. P., Hasan, Z., & Lim, S. C. (2021). Aprendizaje combinado para mejorar la educación en ingeniería utilizando el enfoque de aula invertida: una descripción general. *Revista Electrónica de Informática y Tecnología de la Información / Blended Learning to Enhanced Engineering Education using Flipped Classroom Approach: An Overview. Electronic Journal of Computer Science and Information Technology*, 7(1). <https://doi.org/10.52650/ejcsit.v7i1.111>
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (n.d.). *OBJETOS DE APRENDIZAJE VIRTUAL*, 2006
- Mizutani, F. T., Pessoa, F. L. P., Queiroz, E. M., Hauan, S., & Grossmann, I. E. (2003). Modelo de programación matemática para la síntesis de redes de intercambiadores de calor, incluidos diseños detallados de intercambiadores de calor / Mathematical Programming Model for Heat-Exchanger Network Synthesis Including Detailed Heat-Exchanger Designs. 2. Network Synthesis. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 42(17), 4019–4027. <https://doi.org/10.1021/ie020965m>
- Morales Martín, L. Y., Gutiérrez Mendoza, L., & Ariza Nieves, L. M. (2016). Guía para el diseño de objetos virtuales de aprendizaje (OVA). Aplicación al proceso enseñanza-aprendizaje del área bajo la curva de cálculo integral. *Revista Científica General José María Córdova*, 14(1900–6586), 127–147.

Romaní, J. C. C. (2009). *El concepto de tecnologías de la información. Benchmarking sobre las definiciones de las TIC en la sociedad del conocimiento.*

Segura Vidal, C., Parra Inza, E., Tamayo Cuenca, R., Abreu Blaya, R., Tamayo, E., & Abreu, R. (2017). GeAWeb: Objeto Virtual de Aprendizaje para la Geometría Analítica. *Journal for Educators, Teachers and Trainers*, 8(1), 91–112. <http://hdl.handle.net/10481/59811>

Smith, R. (2005). *Proceso químico: diseño e integración. / Chemical process: design and integration.* John Wiley & Sons.

Universidad Industrial de Santander - Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia [UIS - IPRED]. (2024, March 13). *Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia (IPRED) Herramientas. OBJETOS VIRTUALES DE Aprendizaje (OVA).*

Werbach, K., Hunter, D., & Dixon, W. (2012). *Para ganar: Cómo el pensamiento de juego puede revolucionar su negocio (Vol. 1).* Filadelfia: Prensa Digital de Wharton.

Zhang, F. L., Yu, S. R., Shen, L., & Zhao, Q. P. (2012). El nuevo método de diseño *Pinch* para redes de intercambiadores de calor. / The New *Pinch* Design Method for Heat Exchanger Networks. *Advanced Materials Research*, 512–515, 1253–1257. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.512-515.1253>

Xia, Jianjun, et al. “Method for integrating low-grade industrial waste heat into district heating network.” *Build. Simul*, vol. 9, 2016, pp. 153-163. <https://doi.org/10.1007/s12273-015-0262-3>.

Ciencia UNAM. (s.f.). Consecuencias ambientales de los impactos de asteroides. *Universidad Nacional Autónoma de México*. Recuperado de <https://ciencia.unam.mx/>

Rossi, C. (2021). *Análisis PINCH: herramienta práctica para la eficiencia térmica en procesos, reducción de costos e impacto ambiental*. CECACIER. <https://www.cecacier.org/wp-content/uploads/2021/07/Analisis-Pinch-24-6-2021-CRS.pdf>

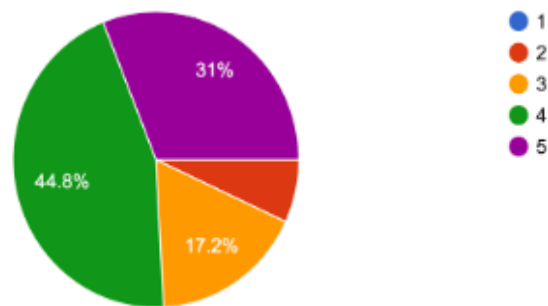
Linnhoff, M. (1998). Introduction to Pinch Technology. Recuperado de:  
<https://www.ou.edu/class/che-design/a-design/Introduction%20to%20Pinch%20Technology-LinnhoffMarch.pdf>

## Apéndice A

**Apéndice A.** Encuesta de valoración de la herramienta implementada.

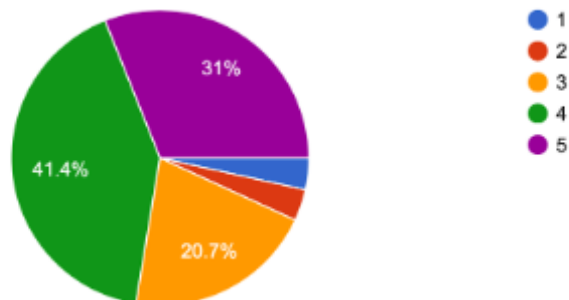
**(Pregunta 1)** ¿El OVA ofreció una experiencia de aprendizaje interactiva y cautivadora?

Opciones de respuesta	1	2	3	4	5
Número de estudiantes	0	2	5	13	9
Porcentaje	0.0 %	6.9%	17.2%	44.8%	31.0%



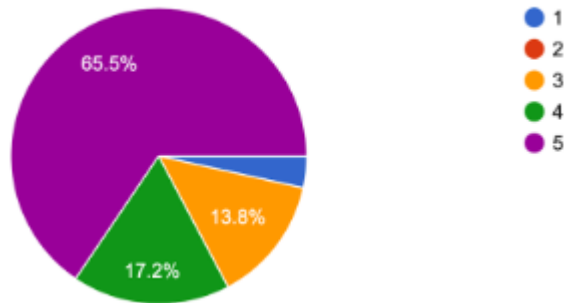
**(Pregunta 2)** ¿Se encontró el contenido del OVA claro y fácil de comprender?

Opciones de respuesta	1	2	3	4	5
Número de estudiantes	1	1	6	12	9
Porcentaje	3.45 %	3.45%	20.7%	41.4%	31.0%



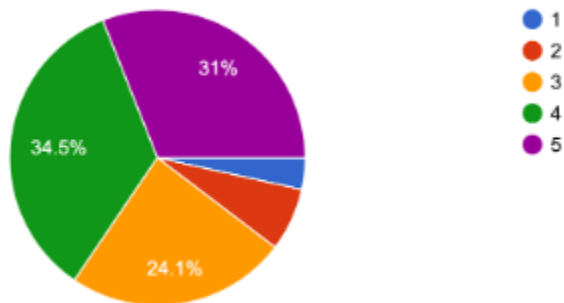
**(Pregunta 3)** ¿Se incorporaron imágenes, grabaciones de audio y videos en el OVA para ilustrar los contenidos abordados?

Opciones de respuesta	1	2	3	4	5
Número de estudiantes	1	0	4	5	19
Porcentaje	3.4%	0.0%	13.8%	17.2%	65.5%



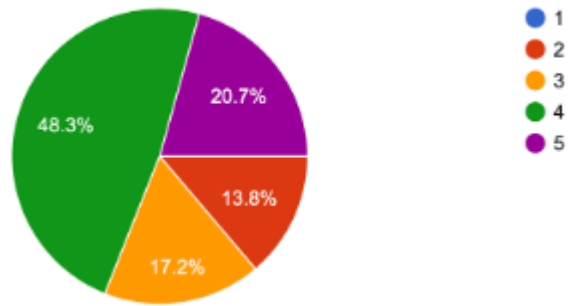
**(Pregunta 4)** ¿Recomendaría este OVA a otros compañeros de estudio?

Opciones de respuesta	1	2	3	4	5
Número de estudiantes	1	2	7	10	9
Porcentaje	3.4%	6.9%	24.1%	34.5%	31.0%



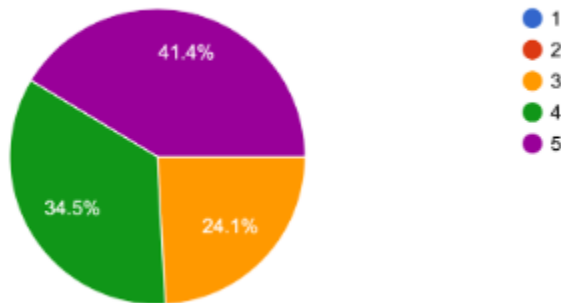
**(Pregunta 5)** ¿Resultó sencillo utilizar y desplazarse por el OVA?

Opciones de respuesta	1	2	3	4	5
Número de estudiantes	0	4	5	14	6
Porcentaje	0.0%	13.8%	17.2%	48.3%	20.7%



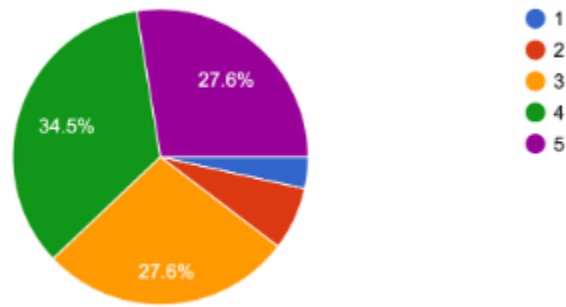
**(Pregunta 6)** ¿El OVA le resultó útil para aprender?

Opciones de respuesta	1	2	3	4	5
Número de estudiantes	0	0	7	10	12
Porcentaje	0.0 %	0.0%	24.1%	34.5%	41.4%



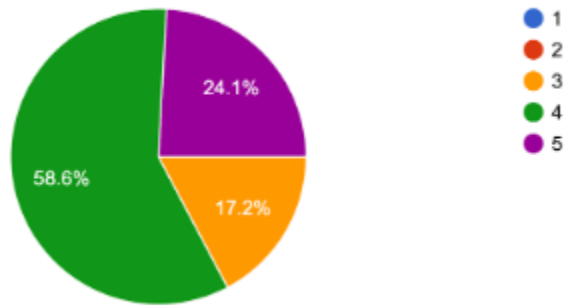
**(Pregunta 7)** ¿El orden y organización del OVA contribuyeron a la comprensión de los conceptos?

Opciones de respuesta	1	2	3	4	5
Número de estudiantes	1	2	8	10	8
Porcentaje	3.4%	6.9%	27.6%	34.5%	27.6%



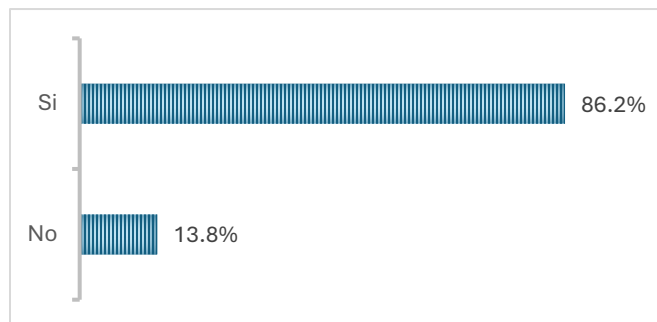
**(Pregunta 8)** ¿La evaluación y/o retroalimentación posibilitaron la medición del progreso en el aprendizaje?

Opciones de respuesta	1	2	3	4	5
Número de estudiantes	0	0	5	17	7
Porcentaje	0.0%	0.0%	17.2%	58.6%	24.1%



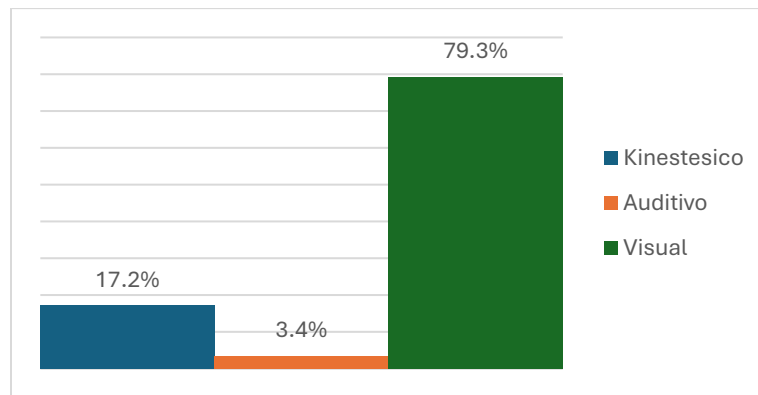
**(Pregunta 9)** ¿Fueron considerados todos los estilos de aprendizaje?

Opciones de respuesta	Si	No
Número de estudiantes	25	4
Porcentaje	86.2%	13.8%



**(Pregunta 10)** Los estilos de aprendizaje comúnmente se categorizan en tres grupos principales: Kinestésico, visual y auditivo. Aunque cada persona tiende a tener un estilo de aprendizaje dominante con el que se encuentra más a gusto, es frecuente que también presenten rasgos de los otros estilos. ¿Cuál considera que es su estilo de aprendizaje?

Opciones de respuesta	Kinestésico	Auditivo	Visual
Número de estudiantes	5	1	23
Porcentaje	17.2%	3.4%	79.3%



**(Pregunta 11)** ¿Qué elementos del OVA disfrutó más y cuáles destacaría?

- ✓ Disfruté los videos explicativos y destaco la inclusión de los casos de la industria.
- ✓ Disfrute los quices y destacó las gráficas y el contenido del OVA.
- ✓ El diseño y las gráficas presentadas.
- ✓ Los videos, y los tesoros escondidos.
- ✓ La interfaz y las actividades.

- ✓ Destaco las descripciones conceptuales que hacen y que los conceptos son cortos y sencillos de entender.
- ✓ La estética del OVA en general.
- ✓ Lo visual, que no se llena tanto de texto.
- ✓ Me pareció muy completo a la hora de los ejercicios.
- ✓ La estética del OVA en general.

**(Pregunta 12)** ¿Cuáles temas o aspectos recomendaría reforzar en una futura versión del OVA?

- ✓ Ninguno
- ✓ Las diferentes tipografías den los módulos
- ✓ Algunos textos que se salen del cuadro de dialogo.
- ✓ Es difícil seleccionar algunos elementos por su tamaño.
- ✓ Algunas opciones del servidor están sobrepuestas y no deja seleccionar opciones del OVA.
- ✓ Quizá en las gráficas de los ejercicios, ser un poco más precisas para una lectura correcta.
- ✓ Dejar ejercicios propuestos con sus respectivas respuestas para afianzar mejor el tema.
- ✓ Explicación un poco más básica.


**(Pregunta 13)** ¿Cuál es el hilo conductor del OVA de Integración energética con el método *Pinch*?

- ✓ La aplicación del método *Pinch* en Helios, un planeta en constante crecimiento, donde se optimizan los recursos energéticos para evitar su agotamiento.
- ✓ El impacto de un asteroide congelado en el planeta Helios, que provoca su congelación y la búsqueda y optimización de nuevas fuentes de energía mediante la integración energética con el método *Pinch*.
- ✓ La aplicación del método *Pinch* en Helios, un planeta en constante crecimiento, donde se optimizan los recursos energéticos para evitar su agotamiento.


**(Pregunta 14)** ¿Cuáles errores tipográficos, en imágenes o conceptuales encontró en el OVA sobre el método *Pinch*?

- ✓ Algunas opciones del servidor están sobrepuestas y no dejan seleccionar opciones del OVA.
- ✓ Encontré un error que decía "cambiadores de calor".
- ✓ Ninguno.
- ✓ En el módulo 1 un pequeño error de ortografía.


Apéndice B. Plantilla planeación didáctica módulo 1.

		<p align="center"><b>PLANTILLA PARA LA PLANEACIÓN DIDÁCTICA MÓDULO 1</b></p>					
<p align="center">ACTIVIDAD ACADÉMICA (1):                      CONCEPTOS CLAVE PARA COMPRENDER EL MÉTODO PINCH: MÓDULO INTRODUCTORIO                      Tipos de Exigible: Período Regular, Especial Virtual, Componente Teórico-Práctico, Formato OVA</p>							
<p align="center">META DE COMPRENSIÓN ABARCADORA (2):                      ¿Cuáles son los conceptos fundamentales de la metodología Pinch y su relevancia en la integración energética de procesos industriales? ¿Cómo se relaciona con los objetivos de descarbonización de Colombia?</p>							
<p align="center">METAS FORMATIVAS ASOCIADAS A LA ACTIVIDAD ACADÉMICA (3)</p>							
<p><b>Saber</b> (Competencias Cognitivas)</p>	<p>- Explica los conceptos fundamentales de la metodología Pinch y su relevancia en la integración energética de procesos industriales, con el objetivo de alcanzar una gestión más eficiente de la energía.</p>	<p><b>Saber Hacer</b> (Competencias Procedimentales)</p>	<p>- Comprende los conceptos de la metodología pinch mediante la resolución de un cuestionario asociado.</p>	<p><b>Saber Ser</b> (Competencias Actitudinales)</p>	<p>- Valora la importancia de la integración energética en los procesos industriales para la sostenibilidad ambiental y económica.</p>		
<p>ÁREA DE CONOCIMIENTO Y TEMA DISCIPLINAR A TRATAR EN LA ACTIVIDAD ACADÉMICA (4)</p>	<p>Ingeniería de Procesos - Integración Energética</p>	<p>PROPÓSITO (5)</p>	<p>Introducir los conceptos fundamentales de la metodología Pinch.</p>				
<p>COMPRESIONES ESPERADAS EN LOS ESTUDIANTES (6)</p>	<p>- Conceptos fundamentales de la metodología Pinch.                      - Concepto del <math>\Delta T_{min}</math> y su relación en el intercambio de energía                      - Importancia de la integración energética en procesos industriales desde un punto de vista ambiental y económico.                      - Uso de las leyes de la termodinámica como base para el análisis de transferencia de energía mediante el método Pinch.                      - Conceptos de servicios de calentamiento y enfriamiento en un proceso industrial y justificación de su uso.</p>	<p>PREGUNTAS ESENCIALES (7)</p>	<p>- En el contexto industrial, ¿qué beneficios técnicos, ambientales y económicos se obtienen al implementar la metodología Pinch?                      - ¿En qué casos es posible aplicar integración energética (metodología pinch)?                      - ¿Qué representan el punto Pinch?                      - ¿Cómo se construyen e interpretan las curvas compuestas en el análisis Pinch?                      - ¿Qué representa el <math>\Delta T_{min}</math> y qué factores se deben considerar para seleccionar un valor apropiado?</p>				
<p align="center">SECUENCIA DIDÁCTICA PROPUESTA (8)</p>							
MOMENTO DE APRENDIZAJE	HORAS DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE (9)	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA (10)	EXPERIENCIAS DE APRENDIZAJE (11)	AMBIENTES DE APRENDIZAJE (12)	RECURSOS FÍSICOS (13)	RECURSOS ELECTRÓNICOS (14)	EVIDENCIAS DE DESARROLLO DE COMPETENCIAS (15)
<p>ANTES DE INICIAR EL OVA                      - Presentación del OVA:                      - Contenido del OVA</p>	<p>HTP: 10 minutos</p>	<p>Presentación multimedia introductoria                      Slide con el menú de los módulos que conforman el OVA</p>	<p>Visualizar un video animado que introduzca la narrativa de la situación inicial a resolver, así como la importancia de abordarla, como una secuencia para Reconocer las temáticas que se trabajaran en cada módulo</p>	<p>Aula Virtual del OVA                      Aula Virtual del OVA</p>	<p>Computador                      Computador</p>	<p>Internet - Genially                      Internet - Genially</p>	<p>Atención al video                      Atención y comprensión del contenido</p>
<p>DURANTE EL MÓDULO 1                      - Presentación del módulo 1                      - Presentación de los conceptos clave:                      - ¿Qué es la integración energética?                      - ¿Qué es la metodología pinch?                      - Leyes de la termodinámica aplicadas a la metodología pinch                      - Concepto de servicios de calentamiento y enfriamiento                      - Objetivos del método pinch                      - Concepto de <math>\Delta T_{min}</math>                      - Presentación del diagrama de rejilla                      - Relación del método pinch y las metas de descarbonización en Colombia</p>	<p>HIP: 2 horas</p>	<p>Narrativa e introducción de los temas a tratar en el módulo                      Exposición catedrática de los conceptos utilizando herramientas interactivas de visualización y transición de tema                      Presentación de la meta de descarbonización de Colombia a 2030 y los ODS asociados con la metodología pinch</p>	<p>Explicación detallada de los conceptos mediante presentaciones interactivas, visualizando los conceptos tanto en pantalla como en formato audio.</p>	<p>Aula Virtual del OVA                      Aula Virtual del OVA                      Aula Virtual del OVA</p>	<p>Computador                      Computador                      Computador</p>	<p>Internet - Genially                      Internet - Genially                      Internet - Genially</p>	<p>Atención y comprensión del contenido                      Atención y comprensión del contenido                      Respuestas al cuestionario</p>
<p>AL FINALIZAR EL MÓDULO                      Actividad Evaluativa</p>	<p>HTP: 15 minutos</p>	<p>Mediante un quiz</p>	<p>El quiz será de opción múltiple y verdadero y falso, al final los estudiantes pondrán ver su puntuación</p>	<p>Aula Virtual del OVA</p>	<p>Computador</p>	<p>Internet - Genially</p>	<p>Atención y comprensión del contenido</p>


Apéndice C. Plantilla planeación didáctica módulo 2.

		<p align="center"><b>PLANTILLA PARA LA PLANEACIÓN DIDÁCTICA MÓDULO 2</b></p>					
<p align="center"><b>ACTIVIDAD ACADÉMICA (1):</b>                      ASPECTOS TÉCNICOS DE LA METODOLOGÍA PINCH                      Tipología: Exigible, Período Regular, Espacio Virtual, Componente Técnico-Práctico, Formato OVA</p>							
<p align="center"><b>META DE COMPRENSIÓN ABARCADORA (2):</b>                      ¿QUÉ ES EL PUNTO PINCH Y CÓMO SE LOCALIZA MEDIANTE LAS CURVAS COMPUESTAS Y LA TABLA PROBLEMA?</p>							
<p align="center"><b>METAS FORMATIVAS ASOCIADAS A LA ACTIVIDAD ACADÉMICA (3)</b></p>							
<p><b>Saber</b>   Explica el concepto de punto pinch y su importancia.</p> <p><b>Competencias (Cognitivas)</b>   Explica que representan las curvas compuestas, sus componentes y cómo se construyen e interpretan.   Entiende el concepto de tabla problema, su construcción y cómo se utiliza para localizar el punto Pinch.</p>	<p><b>Saber Hacer (Competencias Procedimentales)</b>   Identifica correctamente el punto pinch en un gráfico de curvas compuestas así como el requerimiento por servicios.   Demuestra que conoce las metodologías de localización de localización del punto pinch, tabla problema y curvas compuestas.</p>	<p><b>Saber Ser (Competencias Actitudinales)</b>   Asume una actitud de aprendizaje continuo para comprender los aspectos técnicos de la metodología Pinch.</p>					
<p><b>AREA DE CONOCIMIENTO Y TEMA DISCIPLINAR A TRATAR EN LA ACTIVIDAD ACADÉMICA (4)</b></p>	<p>Ingeniería de Procesos - Integración Energética</p>		<p><b>PROPÓSITO (5)</b></p>	<p>Aprender las herramientas técnicas para la localización del punto Pinch.</p>			
<p><b>COMPRESIONES ESPERADAS EN LOS ESTUDIANTE(S)(6)</b></p>	<p>·Concepto del punto Pinch                      ·Elaboración e interpretación de curvas compuestas para determinar el punto Pinch.                      ·Construcción de tablas problema como herramienta para localizar el punto Pinch.</p>		<p><b>PREGUNTAS ESENCIALES (7)</b></p>	<p>¿Qué representa el punto Pinch?                      ¿Cómo se construyen e interpretan las curvas compuestas en el análisis Pinch?                      ¿Qué información proporciona la tabla problema y cómo se utiliza para localizar el punto Pinch?</p>			
<p align="center"><b>SECUENCIA DIDÁCTICA PROPUESTA (8)</b></p>							
MOMENTO DE APRENDIZAJE	HORAS DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE(9)	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA (10)	EXPERIENCIAS DE APRENDIZAJE (11)	AMBIENTES DE APRENDIZAJE (12)	RECURSOS FÍSICOS (13)	RECURSOS ELECTRÓNICOS(14)	EVIDENCIAS DESARROLLO DE COMPETENCIAS (15)
<p>DURANTE EL MÓDULO 2</p> <p>Presentación del módulo 2</p> <p>Explicación del concepto de punto pinch</p> <p>Métodos para localizar el punto pinch:</p> <p>·Curvas Compuestas</p> <p>·Tabla Problema</p>	<p>HIP: 1,5 horas</p>	<p>Narrativa e introducción de los temas a tratar en el módulo</p> <p>Slide con la definición y presentación de los métodos de localización</p> <p>La información se presenta por pasos</p>	<p>Introducción a los nuevos temas a abordar mediante audio y ambiente del nuevo mundo (escenario del OVA)</p> <p>Se presenta el concepto de punto pinch y mediante botones interactivos se puede seleccionar cualquiera de los dos métodos para localizar el método pinch y aprender sobre el</p> <p>Cada número representará el paso a paso de la metodología para localizar el punto pinch, ya sea por curvas compuestas o tabla problema, también se presenta gráficamente como deben verse los resultados y como se deben analizar los resultados</p>	<p>Aula Virtual del OVA</p> <p>Aula Virtual del OVA</p> <p>Aula Virtual del OVA</p> <p>Aula Virtual del OVA</p>	<p>Computador</p> <p>Computador</p> <p>Computador</p> <p>Computador</p>	<p>Internet - Genially</p> <p>Internet - Genially</p> <p>Internet - Genially</p> <p>Internet - Genially</p>	<p>Atención y comprensión del contenido</p> <p>Atención y comprensión del contenido</p> <p>Atención y comprensión del contenido</p> <p>Atención y comprensión del contenido</p>
<p>AL FINALIZAR EL MÓDULO</p> <p>Actividad Evaluativa</p>	<p>HIF: 15 minutos</p>	<p>Mediante un quiz</p>	<p>El quiz será de completar la frase/selección múltiple</p>	<p>Aula Virtual del OVA</p>	<p>Computador</p>	<p>Internet - Genially</p>	<p>Respuestas al cuestionario</p>

Apéndice D. Plantilla planeación didáctica módulo 3.

		<b>PLANTILLA PARA LA PLANEACIÓN DIDÁCTICA MÓDULO 3</b>							
<b>ACTIVIDAD ACADÉMICA (1):</b> EJERCICIOS DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PINCH Tipologías: Exigible, Período Regular, Espacio Virtual, Componente Teórico-Práctico, Formato OVA									
<b>META DE COMPRENSIÓN ABARCADORA (2):</b> ¿CÓMO SE APLICAN LOS MÉTODOS DE CURVAS COMPUESTAS Y TABLA PROBLEMA PARA DETERMINAR LOS REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE CALENTAMIENTO Y ENFRÍAMIENTO EN UN PROCESO?									
<b>METAS FORMATIVAS ASOCIADAS A LA ACTIVIDAD ACADÉMICA (3)</b>									
<b>Saber (Competencias Cognitivas)</b>	- Analiza los requerimientos mínimos de calentamiento y enfriamiento a partir del análisis Pinch. - Analiza los beneficios ambientales y económicos de la aplicación de la metodología Pinch en la industria.		<b>Saber Hacer (Competencias Procedimentales)</b>	- Aplica los pasos de la metodología Pinch para resolver ejercicios prácticos de integración energética, identificando correctamente el punto pinch y la energía necesaria por servicios. - Interpreta y analiza un caso de estudio de aplicación de la metodología Pinch en aspectos técnicos, económicos y ambientales.		<b>Saber Ser (Competencias Actitudinales)</b>	- Valora la importancia de la integración energética en los procesos industriales para la sostenibilidad ambiental y económica. -Asume una actitud de aprendizaje continuo y apertura para comprender y aplicar metodologías de integración energética evidenciado en la realización de todas las actividades.		
<b>ÁREA DE CONOCIMIENTO Y TEMA DISCIPLINAR A TRATAR EN LA ACTIVIDAD ACADÉMICA (4)</b> Ingeniería de Procesos - Integración Energética			<b>PROPÓSITO (5)</b>		Reforzar la aplicación de la metodología Pinch mediante ejercicios prácticos.				
<b>COMPRESIONES ESPERADAS EN LOS ESTUDIANTES (6)</b>			<b>PREGUNTAS ESENCIALES (7)</b>		¿Cómo se determinan los requerimientos mínimos de servicios de calentamiento y enfriamiento a partir del análisis Pinch? ¿Qué beneficios representa la aplicación del método pinch de integración energética a un proceso?				
<b>SECUENCIA DIDÁCTICA PROPUESTA (8)</b>									
<b>MOMENTO DE APRENDIZAJE</b>	<b>HORAS DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE</b>	<b>ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA (10)</b>		<b>EXPERIENCIAS DE APRENDIZAJE (11)</b>		<b>AMBIENTES DE APRENDIZAJE (12)</b>	<b>RECURSOS FÍSICOS (13)</b>	<b>RECURSOS ELECTRÓNICOS (14)</b>	<b>CLAS DE SARROLLO DE COMPETEN</b>
DURANTE EL MÓDULO 3 Presentación del módulo 3 Desarrollo de 5 ejercicios: Ejercicio 1: Curvas Compuestas Ejercicio 2: Tabla Problema Ejercicio 3: Tabla Problema Ejercicio 4: Curvas Compuestas Ejercicio 5: Curvas Compuestas	HIP: 5 horas	Narrativa e introducción de los temas a tratar en el desarrollo de ejercicio en formato power point para el desarrollo de ejercicio en formato power point para el desarrollo de ejercicio en Excel paso a paso desarrollo de ejercicio en Excel paso a paso desarrollo de ejercicio en Aspen Analyzer		Introducción a los nuevos temas a abordar mediante audio y ambiente del nuevo mundo (escenario del OVA) El ejercicio se desarrollará paso a paso como si los cálculos se realizaran a mano explicando los conceptos El ejercicio se desarrollará paso a paso como si los cálculos se realizaran a mano explicando los conceptos El ejercicio se desarrollará paso a paso explicando los conceptos realizando los cálculos en excel El ejercicio se desarrollará paso a paso explicando los conceptos realizando los cálculos en excel Se comprobará el ejercicio 4 usando el software aspen analyzer y explicando también como se puede usar este complemento en la integración de procesos que se hayan simulado en algún formato de Aspen One (Aspen Hysys y Aspen Plus)		Aula Virtual del OVA  Aula Virtual del OVA Aula Virtual del OVA Aula Virtual del OVA	Computador Computador Computador Computador	Internet - Power point Internet - Power point-Excel Internet - Power point-Excel Internet - Power point-Aspen Analyzer	Atención al video Atención al video Atención al video Atención al video
AL FINALIZAR EL MÓDULO Caso de estudio	HF: 4 horas	Se propondrá un caso de estudio en donde se aplicará el método pinch.		Los estudiantes pondrán descargar el enunciado del caso de estudio en pdf dentro del ambiente de genialty y a partir de este, deberán resolver un cuestionario en google forms y subir la evidencia		Aula Virtual del OVA	Computador	Internet - Google forms	Resolver el cuestionario

Apéndice E. Plantilla planeación didáctica módulo 4.

		<b>PLANTILLA PARA LA PLANEACIÓN DIDÁCTICA MÓDULO 4</b>					
ACTIVIDAD ACADÉMICA (1): EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PINCH (INTEGRACIÓN ENERGÉTICA) EN PROCESOS INDUSTRIALES Tipología: Exigible, Período Regular, Espacio Virtual, Componente Teórico-Práctico, Formato OVA							
META DE COMPRENSIÓN ABARCADORA (2): ¿CUÁLES SON LOS BENEFICIOS TÉCNICOS, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS QUE SE HAN CONSEGUIDO AL IMPLEMENTAR LA METODOLOGÍA PINCH EN PROCESOS INDUSTRIALES?							
METAS FORMATIVAS ASOCIADAS A LA ACTIVIDAD ACADÉMICA (3)							
<b>Saber (Competencias Cognitivas)</b>	Analiza los beneficios técnicos, ambientales y económicos de la aplicación de la metodología Pinch en la industria. Explica en que secciones del proceso es posible aplicar integración energética usando la metodología pinch y por qué	<b>Saber Hacer (Competencias Procedimentales)</b>	Interpreta y analiza casos de estudio de aplicación de la metodología Pinch en la industria. Propone un proceso al cual se le podría aplicar integración energética mediante la metodología pinch y analiza los resultados desde diferentes aspectos, técnico, económico y ambiental.	<b>Saber Ser (Competencias Actitudinales)</b>	Valora la importancia de la integración energética en los procesos industriales para la sostenibilidad ambiental y económica. Assume una actitud de aprendizaje continuo y apertura para comprender y aplicar metodologías de integración energética evidenciado en la realización de todas las actividades.		
ÁREA DE CONOCIMIENTO Y TEMA DISCIPLINAR A TRATAR EN LA ACTIVIDAD ACADÉMICA (4)		Ingeniería de Procesos - Integración Energética		PROPÓSITO (5)		Analizar y aplicar la metodología pinch en casos reales de la industria.	
COMPRENSIONES ESPERADAS EN LOS ESTUDIANTE(S) (6)		Identificación de las secciones o etapas de un proceso industrial donde es posible aplicar la integración energética mediante la metodología Pinch. Comprensión de los beneficios técnicos obtenidos al implementar la metodología Pinch, como la reducción de los requerimientos de servicios de calentamiento y enfriamiento. Análisis de los beneficios ambientales derivados de la aplicación del método Pinch, tales como la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero y el impacto ambiental. Evaluación de los beneficios económicos resultantes de la integración energética, como el ahorro en costos energéticos y el aumento de la eficiencia y competitividad del proceso.		PREGUNTAS ESENCIALES (7)		¿En qué etapas o secciones de un proceso industrial es factible aplicar la metodología Pinch de integración energética y por qué?  ¿Cuáles son los principales beneficios técnicos que se pueden obtener al implementar el método Pinch en un proceso, relacionados con los requerimientos de servicios y la eficiencia energética? Desde el punto de vista ambiental, ¿qué ventajas ofrece la aplicación de la metodología Pinch en términos de reducción de emisiones y mitigación del impacto ambiental? ¿Cómo contribuye la integración energética mediante el método Pinch a mejorar la rentabilidad y competitividad de un proceso industrial, desde el aspecto económico?	
SECUENCIA DIDÁCTICA PROPUESTA (8)							
MOMENTO DE APRENDIZAJE	HORAS DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE (9)	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA (10)	EXPERIENCIAS DE APRENDIZAJE (11)	AMBIENTES DE APRENDIZAJE (12)	RECURSOS FÍSICOS (13)	RECURSOS ELECTRÓNICOS (14)	EVIDENCIAS DESARROLLO DE COMPETENCIAS (15)
DURANTE EL MÓDULO  Presentación del módulo 4 Presentación de 3 ejemplos de aplicación de integración energética en la industria  Se presentarán 3 casos de procesos industriales reales en Colombia y/o internacionales	HIP: 3 horas	Narrativa e introducción de los temas a tratar en el módulo Exposición mediante video en donde se analice el proceso antes y después de aplicar integración energética y los beneficios que se obtuvieron	Introducción a los nuevos temas a abordar mediante audio y ambiente del nuevo mundo (escenario del OVA) Mediante videos se analizar casos de procesos reales detallando la sección en donde se aplicará la integración energética y a partir de ello, analizar el ahorro en servicios: Ahorro energético, económico y de emisiones evitadas.	Aula Virtual del OVA  Aula Virtual del OVA  Aula Virtual del OVA	Computador  Computador  Computador	Internet- Genially  Internet- Genially  Internet- Genially	Atención y comprensión del contenido  Atención al video  Atención al video
AL FINALIZAR EL MÓDULO  Actividad evaluativa	HIF: 8 horas	Animar al estudiante a poner en práctica los conceptos adquiridos	El estudiante aplicará la metodología pinch a un proceso industrial de su interés, evaluando costos y disminución de emisiones mediante la presentación de un informe	Aula Virtual del OVA	Computador	Internet- Genially	Atención al video
AL FINALIZAR EL OVA Encuesta de percepción	HIF: 10 minutos	Formulario digital de percepción	Al finalizar el OVA el estudiante responderá un formulario de percepción en donde podrá dar sus comentarios y sugerencias	Aula Virtual Moodle o Aula de clase	Computador-Celular	Internet- Google forms	Resolver el cuestionario

**Apéndice F. Porcentaje de Aprobación.**

Estudiante	Preguntas								Promedio
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	
Estudiante 1	3	4	3	2	2	3	3	4	3.00
Estudiante 2	5	4	5	4	4	5	5	4	4.50
Estudiante 3	2	3	3	3	2	3	2	3	2.63
Estudiante 4	3	4	5	3	2	4	4	4	3.63
Estudiante 5	4	4	3	4	3	4	4	4	3.75
Estudiante 6	4	4	4	3	4	3	3	4	3.63
Estudiante 7	5	4	5	5	5	5	5	5	4.88
Estudiante 8	3	3	5	3	2	4	3	4	3.38
Estudiante 9	2	1	5	1	3	3	1	4	2.50
Estudiante 10	3	3	5	3	4	5	2	4	3.63
Estudiante 11	4	4	5	4	5	5	4	4	4.38
Estudiante 12	4	5	5	5	4	5	4	4	4.50
Estudiante 13	5	5	5	5	5	5	5	5	5.00
Estudiante 14	5	4	5	5	4	5	4	5	4.63
Estudiante 15	4	4	4	4	4	4	4	4	4.00
Estudiante 16	4	4	3	4	4	4	4	4	3.88
Estudiante 17	4	5	5	4	5	5	5	4	4.63
Estudiante 18	5	5	4	5	4	5	5	5	4.75
Estudiante 19	5	5	5	5	4	5	5	4	4.75
Estudiante 20	5	5	5	5	5	5	5	5	5.00
Estudiante 21	4	3	1	4	3	3	4	3	3.13
Estudiante 22	5	5	5	3	3	4	4	4	4.13
Estudiante 23	4	5	5	5	4	4	4	5	4.50
Estudiante 24	4	3	4	4	4	4	3	3	3.63
Estudiante 25	5	5	5	5	5	5	5	5	5.00
Estudiante 26	4	4	5	2	4	3	3	3	3.50
Estudiante 27	4	4	5	4	4	4	3	4	4.00
Estudiante 28	4	2	4	3	4	3	3	4	3.38
Estudiante 29	3	3	5	4	3	4	3	3	3.50
Análisis de Resultados	Suma del Promedio								115.7
	Promedio Total								4.0
	Porcentaje de Aprobación								80%

**Apéndice G. Aspectos de Mejora del OVA.**

Acorde con las encuestas realizadas a los estudiantes, los aspectos de mejora que se implementaron en el OVA fueron los siguientes:

**Mejoras en la navegabilidad:**

Se implementaron botones para acceder al menú de los módulos en la parte superior izquierda de todas las primeras páginas de los módulos con el fin de que tengan la opción de retroalimentar la información en los módulos anteriores.

Se arreglaron los fallos en los botones de navegación e interactivos en donde era necesario dar click en lugares específicos alejados del botón o mover el cursor hasta lograr la interactividad del botón debido a su tamaño y la forma. Todos estos fallos fueron corregidos minuciosamente en los 4 módulos del OVA.

Se agregaron nuevos botones de navegación para retroceder página al inicio de las actividades evaluativas de los 4 módulos ya que los estudiantes manifestaban que a veces por error hacían click en el inicio sin haber revisado algunos temas y no había la opción de retroceder y era necesario reiniciar el OVA desde el inicio.

**Ajustes de forma y diseño Módulo 1 (Descarbonización y ODS):**

Se ajustaron todos los textos y las nubes diálogo de la conversación entre Tycho y Halley sobre los objetivos de desarrollo sostenible y la descarbonización en Colombia ya que en algunas el texto sobresalía de la nube y esto provocaba un aspecto estético del OVA no deseado y desorganizado.

**Evaluación y navegación de las actividades de los Módulos 1 y 2:**

Para la evaluación de las actividades del módulo 1 y módulo 2 anteriormente se tenían que enviar las respuestas al correo [metodopinch@gmail.com](mailto:metodopinch@gmail.com), sin embargo, aunque el estudiante tuviera todas las respuestas mal era posible seguir avanzando y navegando en el OVA. Se realizó una corrección, en donde, se suprime el texto de enviar los resultados al correo y ahora, hasta que no se marquen las respuestas correctas en las actividades no es posible avanzar en el OVA.

**Actividad Modulo 3:**

Los botones de navegación ahora son visibles únicamente hasta que el estudiante abra el cofre donde se encuentra el enunciado del ejercicio y luego entre al formulario de respuestas.

**Video de presentación:**

Se adiciono un relato de como el asteroide congelo el planeta sustentando las razones con la geología y se cambiaron algunos errores de fundamento teórico, como por ejemplo “tecnología *Pinch*” por “método *Pinch*”, entre otros.

**Tipografía:**

Se ajustó la tipografía de todas las diapositivas de los módulos a una misma a excepción de los títulos.