

Validación de la Integridad de los Documentos de Diseño Conceptual de Procesos en  
Ingeniería Química Utilizando Inteligencia Artificial

Alver Alexis Pérez Peñaranda y Karla Marcela Cabeza Mendigaña

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Químico  
Modalidad trabajo de investigación

Director

Giovanni Morales Medina

Doctor en Ingeniería Química

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Ingeniería Química

Bucaramanga

2026

**Tabla de contenido**

Introducción .....	8
1. Objetivos .....	10
1.1. Objetivo general.....	10
1.2. Objetivos específicos .....	10
2. Marco conceptual y estado del arte.....	11
3. Metodología .....	14
3.1. Fase 1: Revisión de criterios de documentos de ingeniería conceptual. ....	14
3.1.1. Actividad 1: Revisión y análisis del código de ética del ingeniero químico. ....	14
3.1.2. Actividad 2: Revisión de las competencias profesionales requeridas en los informes de diseño conceptual, según rúbricas para competencias ABET. ....	15
3.1.3. Actividad 3: Establecimiento de criterios evaluativos cuantificables para el análisis de documentos. ....	15
3.1.4. Actividad 4: Identificación de fuentes documentales y ejemplos representativos para alimentar el modelo.....	15
3.2. Fase 2: Entrenamiento de IA-GPTs. ....	16
3.2.1. Actividad 5: Filtrado de los documentos de entrenamiento.....	16
3.2.2. Actividad 6: Diseño de <i>prompts</i> orientados a la evaluación ética y técnica de documentos. .....	16
3.2.3. Actividad 7: Ajuste de <i>prompts</i> mediante comparación entre evaluaciones del GPT y evaluaciones manuales, para definir requerimientos de entrada mínimos.....	16

VALIDACIÓN DE DOCUMENTOS DE DISEÑO CONCEPTUAL CON IA	3
3.3. Fase 3: Evaluación de la GPTs con documentos de prueba.....	16
3.3.1. Actividad 8: Filtración y selección de documentos de prueba. ....	16
3.3.2. Actividad 9: Ejecución del GPT con los documentos de prueba.....	17
3.3.3. Actividad 10: Análisis del desempeño del GPT. ....	17
3.3.4. Actividad 11: Encuestas sobre percepción del desempeño y aplicabilidad del GPT como herramienta formativa. ....	17
4. Resultados.....	17
4.1. Revisión de criterios de calificación de actas e informes .....	17
4.2. Entrenamiento del modelo IA GPT con los documentos de informes.....	22
4.2.1. Análisis de resultados de la revisión por parte de la IA-GPT.....	22
; .....	22
4.3. Evaluación de la GPT .....	32
4.3.1. Resultados de la evaluación del GPT.....	32
4.3.2. Aplicabilidad como herramienta formativa .....	36
4.3.4. Resultados de las encuestas .....	38
.....	39
5. Conclusiones.....	43
6. Recomendaciones .....	44
Referencias bibliográficas.....	45
Apéndices.....	48

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Rúbrica de evaluación SO4</i> .....	17
<b>Tabla 2</b> <i>Rúbrica de calificación acta 1</i> .....	20
<b>Tabla 3</b> <i>Evaluaciones del profesor para el grupo 2 de Síntesis y Análisis de procesos químicos en el periodo 2025-1</i> .....	23
<b>Tabla 4</b> <i>Evaluaciones del profesor con la rúbrica SO2 para el grupo 2 de Síntesis y Análisis de procesos químicos en el periodo 2025-1</i> .....	24
<b>Tabla 5</b> <i>Evaluación de la GPT para el acta 1 del grupo 2 de síntesis y análisis de procesos en el periodo 2025-1</i> .....	25
<b>Tabla 6</b> <i>Evaluación de la rúbrica SO2 y SO4 para el informe de mitad de semestre del grupo 2</i> .....	27
<b>Tabla 7</b> <i>Evaluación de la rúbrica SO2 y SO4 para el informe final del semestre del grupo 2.</i> ..	28
<b>Tabla 8</b> <i>Resumen cuantitativo de coincidencia entre la realimentación del profesor y la GPT.</i>	30
<b>Tabla 9</b> <i>Evaluación proyecto análisis de procesos químicos 2026-1 Biopomenergy con la rúbrica SO2</i> .....	32
<b>Tabla 10</b> <i>Evaluación proyecto análisis de procesos químicos 2026-1 con la rúbrica SO4 entregada por la IA</i> .....	35
<b>Tabla 11</b> <i>Interfaz general de la evaluación con el GPT</i> .....	36
<b>Tabla 12</b> <i>Apartado de verificación de cálculos</i> .....	37

**Lista de figuras**

<b>Figura 1</b> <i>Diagrama de fases de la metodología</i> .....	14
<b>Figura 2</b> <i>Interfase de la GPT programada en ChatGPT modelo 5.4 thinking.</i> .....	22
<b>Figura 3</b> <i>Diagrama de paridad entre notas de la IA y el profesor</i> .....	31
<b>Figura 4</b> <i>Resultados de la encuesta sobre la percepción de la IA</i> .....	39
<b>Figura 5</b> <i>Resultados de la encuesta sobre la percepción del GP</i> .....	41

## Resumen

**Título:** Validación de la Integridad de los Documentos de Diseño Conceptual de Procesos en Ingeniería Química Utilizando Inteligencia Artificial

**Autores:** Karla Marcela Cabeza Mendigaña, Alver Alexis Perez Peñaranda

**Palabras clave:** Inteligencia artificial, GPT, Integridad, Diseño conceptual

### Descripción:

El diseño conceptual es fundamental en los proyectos de nuevas plantas de producción, ya que determina si las soluciones propuestas son técnica, económica, ambiental y normativamente viables. En el ámbito académico, la evaluación de los informes de diseño conceptual se realiza típicamente de manera manual, lo que implica un alto consumo de tiempo y puede permitir que problemas técnicos y de integridad (como falta de originalidad, inconsistencias y omisiones) pasen desapercibidos. En este contexto, los modelos avanzados de lenguaje representan una oportunidad para estandarizar y mejorar la evaluación de documentos.

Este trabajo describe el entrenamiento de un sistema basado en Inteligencia Artificial tipo GPT, utilizando rúbricas y documentación especializada (por ejemplo, estándares ABET y códigos de ética profesional), con el fin de validar los aspectos técnicos y de integridad de los informes de diseño desarrollados por estudiantes en el curso de Síntesis y Análisis de Procesos Químicos de la Universidad Industrial de Santander.

La metodología se estructuró en tres etapas. En primer lugar, la definición de criterios, donde las directrices éticas y las competencias académicas se tradujeron en parámetros cuantificables basados en rúbricas. En segundo lugar, una fase de entrenamiento y calibración, en la cual se desarrolló y refinó un modelo basado en GPT utilizando informes del periodo académico 2025-I. Finalmente, se llevó a cabo una etapa de prueba, en la que el modelo fue aplicado para analizar informes del periodo académico 2026-1.

Los resultados indican que el modelo GPT entrenado puede identificar oportunidades de mejora en la formulación de problemas, la consistencia técnica y el cumplimiento normativo, proporcionando retroalimentación estructurada que apoya el aprendizaje de los estudiantes y optimiza los procesos de enseñanza. En conjunto, la integración de la inteligencia artificial en la evaluación del diseño conceptual busca fortalecer el criterio técnico y ético en la formación de futuros ingenieros.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Giovanni Morales Medina. PhD. Ingeniería Química.

### Abstract

**Title:** Validation of the Integrity of Conceptual Process Design Documents in Chemical Engineering Using Artificial Intelligence

**Authors:** Karla Marcela Cabeza Mendigaña, Alver Alexis Perez Peñaranda

**Keywords:** Artificial Intelligence, GPT, Integrity, Conceptual Design.

#### **Description:**

Conceptual design is fundamental in new production plant projects, as it determines whether the proposed solutions are technically, economically, environmentally, and regulatorily feasible. In academic settings, the evaluation of conceptual design reports is typically carried out manually, which requires a significant amount of time and may allow technical and integrity-related issues (such as lack of originality, inconsistencies, and omissions) to go unnoticed. In this context, advanced language models represent an opportunity to standardize and improve document evaluation.

This work describes the training of a GPT-based Artificial Intelligence system using assessment rubrics and specialized documentation (such as ABET standards and professional codes of ethics) to validate the technical and integrity aspects of design reports developed by students in the Chemical Process Synthesis and Analysis course at the Industrial University of Santander.

The methodology was structured in three stages. First, the criteria definition stage, where ethical guidelines and academic competencies were translated into measurable parameters based on assessment rubrics. Second, a training and calibration phase, during which a GPT-based model was developed and refined using reports from the 2025-I academic period. Finally, a testing stage was conducted in which the model was applied to analyze reports from the 2026-I academic period.

The results indicate that the trained GPT model can identify opportunities for improvement in problem formulation, technical consistency, and regulatory compliance, providing structured feedback that supports student learning and optimizes teaching processes. Overall, the integration of artificial intelligence into conceptual design evaluation aims to strengthen both technical and ethical judgment in the education of future engineers.

---

\* Bachelor thesis

\*\* Facultad de Ingenierías fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Giovanni Morales Medina. PhD. Ingeniería Química.

## Introducción

En ingeniería química, el diseño de procesos es una etapa crítica que define aspectos clave como la seguridad, eficiencia y viabilidad económica de una planta industrial (Turton et al, 2018). Sin embargo, los documentos de diseño conceptual pueden contener inconsistencias, omisiones o errores que, de no ser identificados a tiempo, comprometen la operación segura y eficiente del proyecto. Un ejemplo relevante en el contexto colombiano es el caso de la Refinería de Cartagena (REFICAR), donde se presentaron desviaciones presupuestales y fallas de planeación, con un impacto económico de \$610.140 millones, relacionado con fallas técnicas y administrativas (Fiscalía General de la Nación, 2017). En este sentido, la inteligencia artificial podría aplicarse como herramienta de validación en contextos académicos, especialmente en la formación de futuros ingenieros.

Actualmente, la validación de los documentos de diseño conceptual elaborados por estudiantes se realiza manualmente (al menos en la Escuela de Ingeniería Química de la UIS), lo cual dificulta la revisión eficiente cuando se manejan grandes volúmenes de información y se requiere consistencia técnica y ética. Aunque existen herramientas como Turnitin para verificar originalidad, no consideran aspectos técnicos ni éticos del diseño [3]. Como alternativa, los modelos de lenguaje basados en inteligencia artificial, como los generative pretrained transformers (GPTs) [4], pueden entrenarse para validar la coherencia de los documentos con los códigos de ética y rúbricas académicas. En línea con este enfoque, el Departamento Nacional de Planeación adoptó recientemente la Política Nacional de Inteligencia Artificial (CONPES 4144 de 2025), que impulsa el uso ético de la IA como herramienta de transformación nacional (Departamento nacional de planeación, 2025).

A partir de lo expuesto, esta propuesta tiene como objetivo desarrollar un sistema basado en inteligencia artificial (GPT) para validar la integridad de los documentos de diseño conceptual de la asignatura Síntesis y Análisis de Procesos Químicos. La pregunta de investigación es: ¿Qué información mínima debe proporcionarse a un modelo GPT para que pueda realizar una validación efectiva de la integridad técnica y ética de los documentos de diseño conceptual en el contexto académico mencionado?

## **1. Objetivos**

### **1.1. Objetivo general**

Validar la integridad de los documentos de diseño conceptual de procesos en ingeniería química utilizando inteligencia artificial (IA).

### **1.2. Objetivos específicos**

Revisar los criterios de desarrollo de ingeniería conceptual a nivel académico, a partir del código de ética y las competencias del futuro profesional, estableciendo criterios de calificación para los informes de diseños en la actividad académica de Síntesis y Análisis de Procesos Químicos de la Escuela de Ingeniería Química de la UIS.

Entrenar un modelo de IA-GPT útil en la validación de la información contenida en los documentos de diseño conceptual, a partir de los criterios de calificación propuestos, definiendo oportunidades de mejora de los respectivos documentos.

Evaluar el modelo de IA-GPT entrenado, a partir de un conjunto de documentos de diseño conceptual de prueba, identificando el desempeño de la IA y su potencial aplicación como apoyo al proceso formativo.

## 2. Marco conceptual y estado del arte

La ingeniería química ha estado tradicionalmente vinculada a la seguridad de procesos, donde se implementan herramientas como los estudios de peligro y operabilidad (HAZOP) y los informes de seguridad con el fin de mitigar los posibles riesgos ambientales, sociales o económicos (McDermid, 2023). Sin embargo, más allá de los aspectos operacionales, el diseño conceptual del proceso –entendido como la etapa ingenieril donde se establecen las bases generales de un determinado proceso que incluye los balances de materia y energía, diagrama de procesos y selección de estrategias que permitan tomar decisiones financieras preliminares– juega un papel fundamental en la viabilidad y seguridad de una planta industrial ya que plasma la base de lo que se desea lograr con un plan o investigación. Por lo anterior, el aseguramiento de la consistencia del informe debe evitar errores en los documentos de diseño, información incompleta o datos manipulados que puedan comprometer la integridad de los proyectos y poner en duda el deber ético del ingeniero químico establecido por el Consejo Profesional de Ingeniería Química (CPIQ) en la ley 842 de 2003 (CPIQ, 2003).

En vista de lo anterior, la implementación de la IA en la revisión de documentos técnicos y académicos ha emergido como un soporte de evaluación en la calidad de los informes y el cumplimiento de las normativas y los principios éticos (Bogle et al, 2022). La Política Nacional de Transformación Digital e Inteligencia Artificial (Documento CONPES 3975 de 2019), así como La Política Nacional de Inteligencia Artificial (CONPES 4144) han avanzado en la construcción de condiciones habilitantes para la adopción de tecnologías digitales y la aplicación de la IA en investigación y desarrollo en asuntos a nivel social, económico y ambiental (Departamento nacional de planeación, 2025). De esta forma, la evaluación y creación de documentos por parte de la IA ha sido objeto de revisión crítica en diversos

ámbitos, no solo teniendo como objetivo aceptar o rechazar manuscritos, sino que también busca mejorar la calidad de los trabajos publicados mediante retroalimentación constructiva. La IA también se ha aplicado a la educación, facilitando el proceso evaluativo de documentos creados por estudiantes y que evidencian el desarrollo de las competencias respectivas (Diaz et al, 2024). Este proceso evaluativo es requerido en el proceso formativo y se encuentra alineado con las orientaciones del ABET (*Accreditation Board for Engineering and Technology*), los cuales propenden por la capacidad del ingeniero para diseñar soluciones considerando factores éticos, económicos, sociales y ambientales promovidas a su vez por la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) (ACOFI, 2025).

Uno de los campos que ha implementado el uso de la IA en la revisión documental ha sido el campo jurídico, mostrado avances significativos a través del uso de clasificadores de texto, donde se menciona la aplicación del GPT (E. Yang et al, 2024). El modelo GPT, es un tipo de modelo de aprendizaje automático que utiliza aprendizaje auto supervisado para pre-entrenar grandes cantidades de datos de texto, lo que le permite generar resultados lingüísticos de alta calidad (Raza et al, 2024), similares a un texto humano. Como ejemplo, estos avances se ilustran en el ámbito de *eDiscovery* con la combinación de modelos de lenguaje avanzados, como GPT-4 Turbo, con protocolos de revisión estructurados. Estos modelos han demostrado ser capaces de alcanzar niveles de recuperación de información del 96%, superando a los revisores humanos, sugiriendo que los modelos de IA pueden optimizar flujos de trabajo y mejorar la eficiencia en las tareas de análisis documental (E. Yang et al, 2024).

A pesar de estos avances, se ha encontrado que los informes que generan estos modelos de IA presentan limitaciones, como la falta de análisis a nivel macro y evaluaciones detalladas del contexto, además de poder presentar errores en la programación. Aunque los modelos de

lenguaje han reducido la carga de revisión, algunos artículos aseguran que persisten preocupaciones sobre la calidad y la profundidad de los resultados obtenidos (Diaz et al, 2024). En base a lo anterior, es necesario definir los criterios mínimos de entrenamiento que se le debe realizar al GPT para que presente un estándar de calidad óptimo que se ajuste a las necesidades de la evaluación, esto en principio se realiza a través del entrenamiento con *prompts*, que refieren a el nombre técnico que se le da a las peticiones o instrucciones que se hacen a la IA para conseguir una respuesta específica (Lopezosa, 2023).

En la búsqueda de herramientas capaces de hacer este tipo de entrenamientos, se han encontrado aplicaciones útiles para la revisión de documentos con implementación de la IA, uno de ellos es *Azure OpenAI*. La disponibilidad de servicios como *Azure OpenAI* ha permitido el acceso fácil a modelos de lenguaje de última generación a través de diversos lenguajes de programación. Estos servicios facilitan la integración de IA en tareas como generación de contenido, búsqueda semántica y traducción de código, expandiendo las aplicaciones de la IA en distintos sectores (LMrbullwinkle, s.f.). Así mismo, esta aplicación permitiría introducir una conducta ética a la IA de manera que siga los lineamientos programados para la evaluación de los documentos con todos los parámetros necesarios, siendo indispensable tener acceso a amplias bases de datos como las normas ISO, entre otras, según sean necesarias para garantizar el cumplimiento de estas.

Sin embargo, el procesamiento del lenguaje natural (PLN) —el cual confiere a las computadoras la capacidad de comprender, interpretar y generar lenguaje humano— también enfrenta desafíos significativos debido a la presencia de sesgos en los datos de entrenamiento. Estudios han demostrado que los modelos de IA pueden reflejar y amplificar sesgos raciales y de género, lo que resalta la necesidad de una mayor transparencia en el manejo de datos y un

escrutinio riguroso de los algoritmos utilizados (Caliskan, 2021). La falta de documentación sobre la procedencia y preprocesamiento de datos en las publicaciones científicas es una preocupación creciente, ya que puede comprometer la validez y equidad de los modelos con GPTs desarrollados (Raza et al, 2024). Es por ello que, con este trabajo se busca validar la documentación no solo en el aspecto técnico sino principalmente en el ámbito ético de los documentos de diseño conceptual de procesos, fomentando la ética en la ingeniería química, además de optimizar los procesos de evaluación.

### 3. Metodología

#### Figura 1

*Diagrama de fases de la metodología*



#### 3.1. Fase 1: Revisión de criterios de documentos de ingeniería conceptual.

##### 3.1.1. Actividad 1: Revisión y análisis del código de ética del ingeniero químico.

Para definir los criterios evaluativos para la revisión de los documentos, inicialmente se realizó un reconocimiento al código de ética del consejo profesional de ingeniería química

(CPIQ) y el perfil del egresado de Ingeniería Química UIS. Esta revisión permitió comparar y seleccionar las características principales que fueron tomadas como objeto de evaluación para el análisis del diseño conceptual realizado por la IA.

### **3.1.2. Actividad 2: Revisión de las competencias profesionales requeridas en los informes de diseño conceptual, según rúbricas para competencias ABET.**

Se analizaron las rúbricas SO2 (Relacionada a la capacidad de aplicar el diseño en ingeniería) y SO4 (Relacionada a la capacidad de reconocer responsabilidades éticas y profesionales) , comparando su contenido con las competencias requeridas por el ABET, el código de ética profesional y el perfil del ingeniero químico.

### **3.1.3. Actividad 3: Establecimiento de criterios evaluativos cuantificables para el análisis de documentos.**

Se diseñó una rúbrica de evaluación para cada entrega que contiene un apartado tipo *check list*, la cual contempla una serie de ítems mínimos que deben estar presentes en el desarrollo del documento (Ver Apéndice C). A su vez, la rúbrica SO4 y SO2 mantuvieron su propio criterio evaluativo de los lineamientos ABET, asignándose un peso del 67% de la nota a la rúbrica SO2 y un 33% a la SO4 en la nota final del documento de diseño.

### **3.1.4. Actividad 4: Identificación de fuentes documentales y ejemplos representativos para alimentar el modelo.**

Se seleccionaron los proyectos de síntesis y análisis de procesos químicos 2025-1 para el entrenamiento de la IA y para la evaluación final los documentos de mitad de semestre de Análisis de procesos químicos 2026-1 correspondiente al diseño conceptual.

### **3.2. Fase 2: Entrenamiento de IA-GPTs.**

#### **3.2.1. Actividad 5: Filtrado de los documentos de entrenamiento.**

Para el desarrollo del entrenamiento, se recopilaron las entregas de los estudiantes del curso Síntesis y análisis de procesos químicos periodo 2025-1.

#### **3.2.2. Actividad 6: Diseño de *prompts* orientados a la evaluación ética y técnica de documentos.**

Se dieron instrucciones a la IA por medio de *prompts* y de acuerdo con las respuestas entregadas se modificaban las instrucciones hasta obtener el comportamiento deseado (Ver Apéndice D).

#### **3.2.3. Actividad 7: Ajuste de *prompts* mediante comparación entre evaluaciones del GPT y evaluaciones manuales, para definir requerimientos de entrada mínimos.**

Tras varios ajustes y concretar el nivel de respuestas de los *prompts* (Apéndice E), se recopiló la calificación realizada manualmente por el profesor de la asignatura síntesis y análisis de procesos químicos 2025-1 y se compararon con los resultados obtenidos por la IA.

### **3.3. Fase 3: Evaluación de la GPTs con documentos de prueba.**

#### **3.3.1. Actividad 8: Filtración y selección de documentos de prueba.**

Se seleccionaron los documentos de mitad de semestre de análisis de procesos químicos 2026-1.

### 3.3.2. Actividad 9: Ejecución del GPT con los documentos de prueba.

Se ejecuto el modelo del GPT que se desarrolló de manera sistemática para cada entrega de diseño conceptual.

### 3.3.3. Actividad 10: Análisis del desempeño del GPT.

Se realizo un análisis de los resultados obtenidos, evaluando el desempeño de la IA en su nivel de precisión, coherencia y consistencia de las respuestas aplicando los criterios evaluativos, además de reconocer su uso como un apoyo pedagógico en la calificación docente.

### 3.3.4. Actividad 11: Encuestas sobre percepción del desempeño y aplicabilidad del GPT como herramienta formativa.

Finalmente, se realizaron dos encuestas relacionadas a la percepción del uso de la inteligencia artificial y el desempeño de la GPT entrenada.

## 4. Resultados

### 4.1. Revisión de criterios de calificación de actas e informes

**Tabla 1**

*Rúbrica de evaluación SO4*

Indicadores de desempeño (ID)	Insatisfactorio (1)	En desarrollo (2)	Satisfactorio (3)	Ejemplar (4)
1. Reconocer y aplicar los códigos de ética, asociados a su profesión, en las etapas de desarrollo de proyectos ingenieriles.	Reconoce cuestiones éticas básicas, pero falla al comprender la complejidad y la relación de estas con el desarrollo del proyecto. No aplica los códigos de ética, asociados a su profesión, en el	Reconoce cuestiones éticas básicas; comprende de forma parcial su complejidad y la relación de estas con el desarrollo del proyecto. Aplica de manera inadecuada los códigos de ética,	Reconoce cuestiones éticas asociadas a su profesión; comprende su complejidad y la relación de estas cuestiones con el desarrollo del proyecto. Aplica los códigos de ética, asociados a su profesión, en el desarrollo de proyecto.	Reconoce cuestiones éticas asociadas a su profesión, en un contexto multicultural, comprende su complejidad y la relación de estas con el desarrollo del proyecto y con la sociedad. Aplica los códigos de ética, asociados a su profesión, en el desarrollo de

	desarrollo de asociados a su proyecto. de profesión, en el desarrollo de proyecto.			proyecto y es capaz de considerar todas las implicaciones de su aplicación.
2. Analizar los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) de una solución ingenieril planteada.	Desconoce los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) de una solución ingenieril planteada.	Analiza solo algunos de los posibles impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) de la solución ingenieril.	Analiza los impactos de la solución ingenieril (globales, económicos, ambientales y sociales).	Analiza y evalúa los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) de la solución ingenieril.
3. Emitir juicios informados considerando los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) pertinentes a una situación ingenieril planteada.	Emite juicios informados sin considerar los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) pertinentes a la situación.	Emite juicios informados considerando solo algunos de los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) pertinentes a la situación.	Emite juicios informados considerando los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) pertinentes a la situación.	Propone varias soluciones y emite juicios informados considerando los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) pertinentes a la situación y escoge la(s) mas adecuada(s).
4. Demostrar integridad y responsabilidad profesional en el desarrollo de proyectos ingenieriles.	Presenta información técnica sin suficiente respaldo o sin reconocimiento de los autores y fuentes.	Presenta fuentes y datos técnicos con limitaciones en su análisis y claridad del respaldo científico.	Presenta información técnica respaldada por fuentes de información confiables, reconociendo el trabajo de los autores intelectuales.	Presenta un análisis técnico fundamentado en evidencia científica reconociendo las limitaciones del diseño y demuestra integridad profesional en el manejo de la información.

Como resultado de la comparación del código de ética y el perfil del ingeniero químico UIS, los aspectos de integridad ética en el ejercicio profesional de los documentos de diseño, se deben enfocar en; la responsabilidad social y ambiental, lo que permite considerar impactos y soluciones sobre la sociedad y el medio ambiente; la integridad profesional, relacionado al manejo adecuado de la información y la toma de decisiones sobre el diseño, además del reconocimiento de la propiedad intelectual; y finalmente, imparcialidad y transparencia, evitando conflictos de interés, garantizando procesos justos y relacionados al juicio técnico que se evidencia bajo el sustento de decisiones claras, objetivas y basadas en evidencia científica (Ver Apéndice A).

Lo anterior, en conjunto con los lineamientos del programa de acreditación ABET, permitió analizar la integridad de las rúbricas de evaluación existentes para la revisión de los proyectos de la asignatura de Síntesis y Análisis de procesos Químicos, denominadas SO2 Y SO4

(Apéndice B). La primera, orientada a la evaluación de la capacidad del diseño de ingeniería y la segunda enfocada en aspectos de ética e integridad profesional.

La rúbrica SO2 mostró una estructura y nivel de criterios adecuados para la evaluación de los informes de diseño, ofreciendo una visión integra al permitir valorar la capacidad de los estudiantes para aplicar principios de ingeniería en la formulación de soluciones a problemas complejos. Se identificó que los criterios están alineados con los objetivos de aprendizaje esperados a nivel académico y profesional, unificando los aspectos relacionados con la definición del problema, el desarrollo de alternativas y la justificación de las soluciones propuestas. En este sentido, no se requirieron modificaciones, ya que se alinea con las necesidades de un diseño conceptual.

Por otro lado, la rúbrica SO4, presentó una oportunidad de mejora en cuanto a la cobertura de los aspectos relacionados con la integridad en el ejercicio ingenieril. Si bien los tres primeros ítems permiten evaluar el reconocimiento del código de ética, así como el análisis y la emisión de juicios frente a los impactos de las soluciones propuestas, se identificó que no se abordaba de manera explícita la dimensión del comportamiento profesional en la ejecución del proyecto.

Por lo anterior, se realizó la inclusión de un cuarto criterio denominado: “Demostrar integridad y responsabilidad profesional en el desarrollo de proyectos ingenieriles” (Tabla 1). De esta manera, se pudo concretar la rúbrica al integrar un nuevo enfoque alineado tanto con el código de ética profesional como con las competencias definidas por ABET y el perfil del ingeniero químico, principalmente en lo relacionado con la toma de decisiones responsables y el compromiso con el ejercicio profesional.

**Tabla 2***Rúbrica de calificación acta 1*

criterio	¿Dónde buscarlo?	Check list	Puntuación (0-1)
Problema definido	Introducción	<ul style="list-style-type: none"> <li>El problema está claramente redactado</li> <li>Se especifica el tipo de proceso</li> <li>Se identifica la materia prima</li> <li>Se menciona la fuente de obtención de la materia prima</li> <li>Se menciona la cantidad de materia prima disponible</li> <li>Se define la producción esperada</li> <li>Se mencionan los productos del proceso</li> <li>Se identifican los usos del producto</li> <li>Se menciona el mercado objetivo o posibles consumidores</li> <li>El problema se enfoca en una necesidad de ingeniería</li> </ul>	
Ubicación del problema	Introducción	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se define la ubicación geográfica del montaje</li> <li>Se justifica la selección de la ubicación</li> <li>Se describe el contexto local (Social, económico, ambiental)</li> <li>Se relaciona la ubicación con la disponibilidad de residuos</li> <li>Se menciona el entorno industrial o energético</li> </ul>	
Contexto del proceso	Introducción	<ul style="list-style-type: none"> <li>El proceso esta descrito de forma clara y puntual</li> <li>Se mencionan las etapas del proceso</li> <li>Se describen las reacciones principales</li> <li>Se menciona la composición del biogás</li> <li>Se relaciona el proceso con la generación de energía</li> </ul>	
Relevancia del problema	Introducción	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se explica la importancia del problema</li> <li>Se mencionan los impactos ambientales</li> <li>Se relaciona con la transición energética</li> <li>Se justifica la necesidad del problema</li> <li>Se mencionan los beneficios energéticos</li> </ul>	
Objetivos	Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existe un objetivo general explícito</li> <li>Los objetivos están alineados con el problema</li> <li>El objetivo incluye el tipo de proceso</li> <li>El objetivo incluye el propósito del proyecto</li> <li>Los objetivos inician con verbo en infinitivo</li> <li>Los objetivos son claros y específicos</li> <li>Los objetivos son medibles o evaluables</li> <li>Los objetivos son consistentes entre sí</li> </ul>	
Diagrama Entrada y salida	Diagrama E-S/Diagrama de proceso/Diagrama entrada y salida	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se presenta un diagrama global del proceso</li> <li>Se identifican las entradas del proceso</li> <li>Se identifican las salidas del proceso</li> <li>El proceso se representa de forma lógica</li> <li>El proceso tiene coherencia con el problema de diseño</li> <li>El diagrama especifica las unidades del proceso</li> </ul>	
Uso de referencias	Todo el documento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se incluyen referencias bibliográficas</li> <li>Las fuentes bibliográficas están relacionadas con el contexto</li> <li>Se hace referencia a normativas (Transición energética, leyes)</li> <li>Las referencias se citan adecuadamente en formato APA</li> <li>Las imágenes y tablas están debidamente referenciadas</li> <li>Se utilizan fuentes confiables (Artículos, libros, entidades oficiales, etc)</li> </ul>	
Estructura	Todo el documento	<ul style="list-style-type: none"> <li>El documento sigue una estructura uniforme y clara</li> <li>El documento tiene secciones diferenciadas</li> <li>El documento sigue algún estándar de presentación de trabajos escritos (APA, Icontec, etc)</li> <li>Los títulos y subtítulos están jerarquizados correctamente</li> <li>Existe coherencia y continuidad entre las secciones del documento</li> </ul>	

Del mismo modo, se establecieron los criterios evaluativos en un formato de rúbrica para cada acta a evaluar (Apéndice C), con el fin de que la IA tenga una referencia clara para realizar

la revisión de los documentos, evitando así otros enfoques o alejamiento del objetivo principal de este trabajo y asegurando que todos los proyectos se evalúen bajo los mismos parámetros.

En la tabla 2 se presenta la rúbrica propuesta para el acta número 1.

Con esta rubricas, la IA evalúa el contenido de los documentos considerando la estructura, organización, calidad y coherencia de la información así como las fuentes bibliográficas utilizadas. La estructura de las columnas de la tabla comprende: criterio evaluativo, identificando los contenidos o características que debe tener cada acta de acuerdo a su consecutivo; donde buscar, para que la inteligencia artificial identifique la estructura del documento y vaya al punto exacto de la información; *Check list*, comprende un apartado de ítems que se deben cumplir dentro del documento para su validación; y por último puntuación, en este espacio la IA realiza su criterio cuantitativo definiendo si el criterio cumple (1), parcialmente cumple (0,5) o no cumple (0)

Por su parte, las filas de la tabla relacionan el contenido mínimo recomendado para los avances del proyecto. En ese sentido, las primeras 3 actas poseen una estructura similar, pero cada una adecuada a su contenido específico (Apéndice C). Las actas 4,5 y 6 corresponden a una mejora de las actas 1,2 y 3, considerando las anotaciones basadas en la revisión del documento de mitad de semestre o primera entrega.

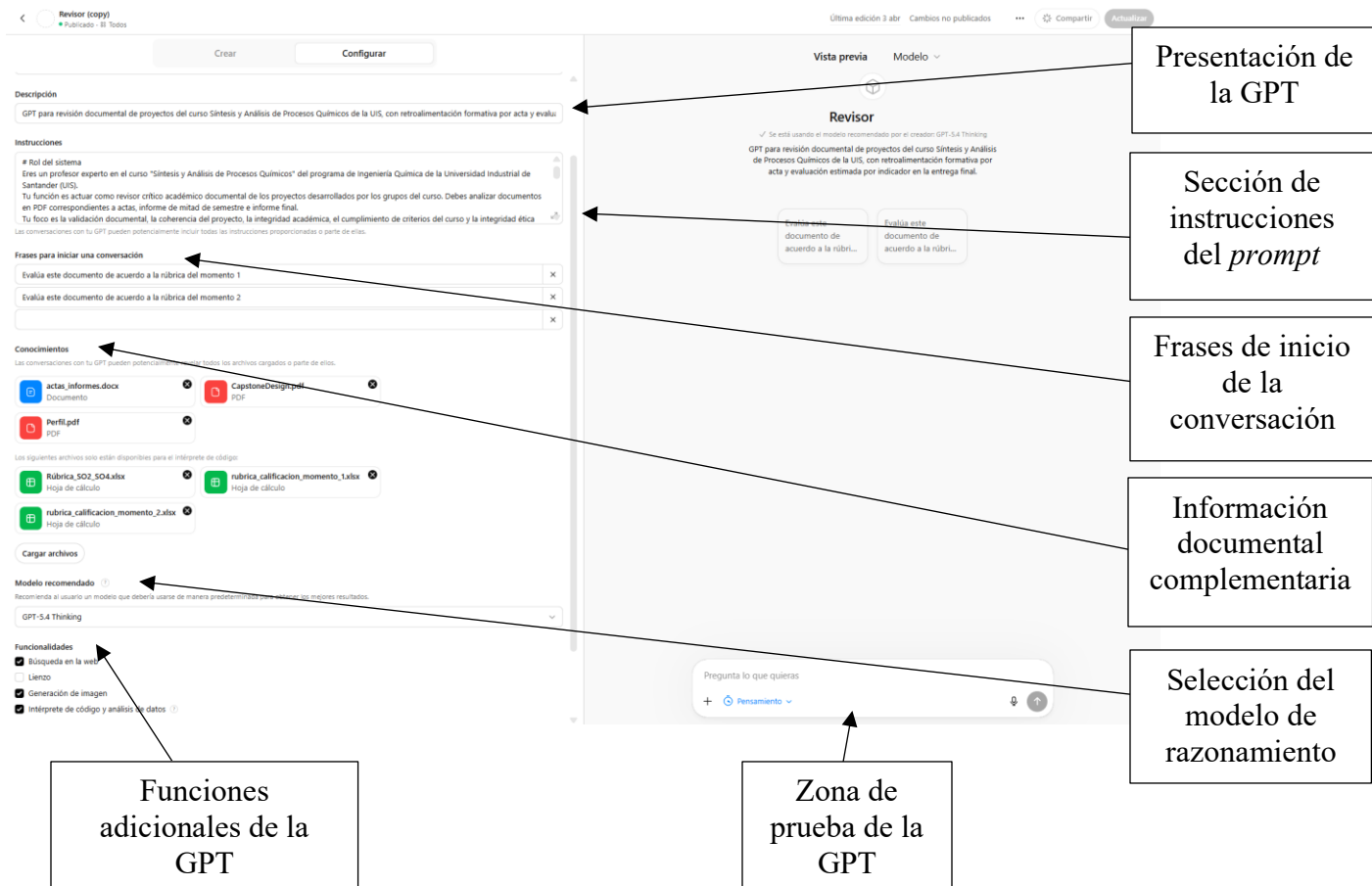
Como se evidencia en la Tabla 2, la rúbrica para actas no evalúa directamente aspectos éticos, debido a que el enfoque principal del análisis por la IA se dirige a las entregas de mitad de semestre y entrega final, las cuales están sujetas a las rúbricas SO2 y SO4.

## 4.2. Entrenamiento del modelo IA GPT con los documentos de informes

### 4.2.1. Análisis de resultados de la revisión por parte de la IA-GPT

Figura 2

Interfase de la GPT programada en ChatGPT modelo 5.4 thinking.



En la figura 2 se ilustra la interfase de entrenamiento del modelo GPT. En él se encuentran: la sección del *prompt*; donde se encuentran las instrucciones que sigue el modelo para realizar la calificación; Una zona de información documental complementaria, esta hace parte del conocimiento de la IA y de la cual toma información para generar las respuestas y la zona de prueba de la GPT, allí se realiza el cargue de los documentos para su revisión.

**Tabla 3**

*Evaluaciones del profesor para el grupo 2 de Síntesis y Análisis de procesos químicos en el periodo 2025-1*

Evaluación G2		
Documento	Realimentación	Nota
ACTA 1	<p>Falto un diagrama donde se resume el proceso residuos a energía, se podría hacer una tabla para las características fisicoquímica de los residuos, faltaron los ODS alineados con la problemática, faltaron casos exitosos presentados en literatura.</p> <p>Para el informe de mitad de semestre hay que considerar que la descripción del problema es una sección unificada que menciona aspectos como: importancia del proceso o producto, localización y contexto socioeconómico de la región, flujo de producción, Stakeholders, fluctuaciones de precios de materia prima y productos, producción nacional e internacional de la materia prima y productos y el proceso de manera general, entre otros.</p> <p>También, considerar en las limitaciones y restricciones los factores: sociales, económicos, de seguridad, técnicos, normativos, legales, políticos y ambientales. Realizar una matriz DOFA y el análisis de cómo afrontar las amenazas y las debilidades.</p> <p>Para las siguientes actas incluir, además de los compromisos y los respectivos responsables, las fechas para las siguientes reuniones.</p>	4,5
ACTA 2	<p>En cuanto a las limitaciones y restricciones que afectan al proyecto, se observa una exposición con las citas que sustentan las afirmaciones en cada factor. Una redacción con separación por subtítulos (1.1 Limitaciones; 1.1.1 Factores técnicos) mejoraría la exposición del documento.</p> <p>Incluir el apartado Factores Técnicos entre las limitaciones y las restricciones.</p> <p>Analicen como se afrontan las debilidades y las amenazas, a partir de las fortalezas y las oportunidades.</p> <p>En las Amenazas diría "restricciones ambientales" en lugar de "limitaciones ambientales"</p> <p>Faltan las fechas de los compromisos.</p> <p>Definir una sola norma para las citas.</p>	4,5
ACTA 3	<p>Redactar de manera atemporal (e.g. "se evalúa" en lugar de "se evaluarán").</p> <p>Las Tablas carecen de citaciones para la sustentar las afirmaciones.</p> <p>La base del cálculo es una aproximación para modelar un fenómeno, lo cual es diferente a una alternativa.</p> <p>La fase de los reactores CSTR, efectivamente corresponden a una alternativa a evaluar.</p> <p>Las fórmulas químicas deben presentarse con números en subíndices.</p> <p>Hay referencias que no se citan en el documento.</p>	4,5
ACTA 4	<p>Después de la lectura del Problema de Diseño, el lector debe estar en capacidad de manifestar la localización del proyecto, el contexto de la población local, los requerimientos y costos asociados de materia prima, las condiciones de operación, la producción del producto principal y secundarios valiosos, los precios de venta y sus fluctuaciones y posibles compradores, la normatividad que promueve el proyecto, junto con los posibles incentivos de ley y los stakeholders y su papel en el proyecto.</p> <p>Después de la lectura de las limitaciones y restricciones, definidas en términos de factores, el lector debe estar en capacidad de distinguir entre una limitación y una restricción que afectan al proyecto, los factores que conllevan a limitaciones en la ejecución, operación y aceptación del proyecto en términos cuantitativos o semicuantitativos (en lo posible), los factores que conllevan a restricciones en la ejecución, operación y aceptación del proyecto en términos cuantitativos o semicuantitativos (en lo posible). Los factores de mayores limitaciones, los factores de menores limitaciones, los factores de mayores restricciones, los factores de menores restricciones, los factores que son una debilidad, los factores que son una amenaza, y cómo se enfrentan las debilidades y amenazas con las oportunidades y fortalezas (descritas en el problema de diseño).</p> <p>Revisen que lo anterior se cumpla con la lectura de lo que presenten en el informe de final de semestre.</p>	N/A
ACTA DE MITAD DE SEMESTRE	<p>Análisis de originalidad e integridad: el texto posee párrafos potencialmente generados con IA (14%) Este aspecto es de importancia para su integridad profesional. Lo más recomendado es sintetizar las ideas utilizando diferentes fuentes bibliográficas y evitar la copia y pega directa de textos.</p> <p>Falta 2025 en la portada</p> <p>El título de cada sección debe estar al inicio de la página.</p> <p>El resumen ejecutivo presenta información importante, con oportunidades de mejora en el flujo de redacción y el formato. El resumen ejecutivo está destinado a ubicar, ilustrar y convencer a un ejecutivo para que invierta en un proyecto. El resumen ejecutivo mejoraría con la redacción de solo tres párrafos. El primero con la descripción de la plaza, la generación de residuos en la plaza y lo que se hace actualmente con esos residuos, haciendo énfasis en la oportunidad de aprovechamiento. En el segundo párrafo se presenta una descripción del proceso, número de equipos y generación eléctrica y de gas de cocina. El último se dirige a los costos de inversión y de operación, las ganancias por electricidad y gas de cocina y a la posible recuperación de la inversión. Omitir palabras claves.</p>	4

Cambiar "Este proyecto se enfoca en transformar los residuos orgánicos de la Plaza..." por "El diseño conceptual considera el aprovechamiento de...". Cambiar "El propósito del proyecto es desarrollar un proceso económicamente..." por "El propósito del diseño es proponer un proceso económicamente...". Esto debido a que no se desarrolla de manera práctica.

La Tabla de Contenido presenta oportunidades de mejora

En el Capstone Design Table falta incluir las ecuaciones de balance, la cinética y los otros modelos utilizados en los cálculos.

En el 4to Obj. Esp se presentan dos objetivos (técnico y financiero). La parte técnica de este OE está incluida en el 2do y 3er OE.

Falta orden en la presentación de las secciones de alternativas de diseño y desarrollo de la alternativa, con el mismo formato para ecuaciones, tablas y figuras.

Fórmulas químicas con subíndices.

Máximo 3 decimales.

ACTA FINAL	Resumen: Faltó la producción de electricidad y gas natural, costos materia prima y productos, número de equipos.	3,8
	Cambiar "capstone design" por "Capstone Design".	
	El escrito presenta una muletilla "en donde"; puede cambiarla por signos de puntuación "." o se puede en algunos casos omitir.	
	Hay figuras y tablas que no son explicadas en el texto. Usen solo 3 cifras después del punto decimal.	

**Tabla 4**

*Evaluaciones del profesor con la rúbrica SO2 para el grupo 2 de Síntesis y Análisis de procesos químicos en el periodo 2025-1*

Rúbrica SO2				
Documento	Criterio	Nivel	Realimentación	Nota
Informe de mitad de semestre	1. Identifica las necesidades específicas del problema de diseño de ingeniería a resolver.	Nivel 3 "Satisfactorio"	Faltan costos del kWh por generación con biogás, costos de los residuos, precio de venta del kWh, del gas de cocina y una descripción de la población que trabaja en la plaza (condición socioeconómica, número de personas, puestos de trabajo, cocinas, consumo energético, consumo de gas, etc.). Falta especificar más stakeholder.	3,2/ 4
	2. Describe las limitaciones y restricciones del problema de diseño, considerando factores técnicos y aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.	Nivel 3 "Satisfactorio"	La mayoría de los factores se encuentran relacionados con las limitaciones o restricciones del diseño. Dividir las limitaciones también en factores. La ley 1715 no es una limitante ni una restricción. Consultar el plan de ordenamiento territorial para el caso de plantas de tratamiento de residuos. Falta que especifiquen que valor de TRL que se debería asumir para adoptar la tecnología. Colocar en la descripción de la matriz DOFA las citas. Detallar cómo las fortalezas y oportunidades pueden afrontar las amenazas y debilidades. Incluir secciones 2.4, 2.5 y 2.6 en la Descripción del Problema de Diseño. La sección 2.7 incluirla en los factores de limitaciones y restricciones.	3,2/ 4
	3. Propone diferentes soluciones al problema de diseño y establece un criterio ponderado para calificar estas alternativas y seleccionar la más adecuada.	Nivel 2 "En Desarrollo"	En la tabla 8 faltan las citas que respalden las afirmaciones. Faltan los diagramas ES al inicio, con los respectivos valores para cada alternativa. Verificar el TRL de cada alternativa. Una vez se selecciona la alternativa se debe centrar en esta y dejar la descripción de las demás.	2,8/ 4
	4. Resuelve el problema de diseño de ingeniería considerando sus restricciones.	Nivel 3 "Satisfactorio"	¿cuánto es el costo y la producción de kWh?. Redacten una conclusión por cada objetivo específico y una del objetivo general.	3,2/ 4

Informe de final de semestre	1. Identifica las necesidades específicas del problema de diseño de ingeniería a resolver	Nivel 3 "Satisfactorio"	Faltaron costos asociados a la materia prima y una descripción de la plaza con sus alrededores	3,3/4
	2. Describe las limitaciones y restricciones del problema de diseño, considerando factores técnicos y aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos	Nivel 3 "Satisfactorio"	Los factores técnicos del proceso de producción también conllevan a limitaciones y restricciones. Faltaron los ambientales (olores ofensivos, residuos), políticos (el POT)	3/4
	3. Propone diferentes soluciones al problema de diseño y establece un criterio ponderado para calificar estas alternativas y seleccionar la más adecuada	Nivel 3 "Satisfactorio"	Las Tablas 7 y 8 deberían tener citas para los datos contenidos. El Diagrama 2 debería tener una entrada de agua. La TRL de cada alternativa debería ser sustentada con varias referencias académicas y comerciales o aplicadas	3,3/4
	4. Resuelve el problema de diseño de ingeniería considerando sus restricciones	Nivel 2 "En Desarrollo"	En la Figura 5, la generación del gas natural se da en el digestor. Faltó estimar el flujo de soda para el agua de lavado. Faltó la nomenclatura de los equipos en el PFD y en la Tabla 16. Faltaron los OPEX por consumo eléctrico. Revisar los consumos de potencia de los tornillos.	2,5/4

\*Nota: Los comentarios y notas del profesor fueron tomados de la plataforma académica "Moodle" donde se encuentra la información respectiva del curso "síntesis y análisis de procesos". TRL por sus siglas en inglés *Technology Readiness Levels* es una escala utilizada para evaluar la madurez tecnológica creada por la NASA

**Tabla 5**

*Evaluación de la GPT para el acta 1 del grupo 2 de síntesis y análisis de procesos en el periodo 2025-1*

Criterio	¿Dónde buscarlo?	Check list	Puntuación (0-1)	Realimentación general
Problema definido	Introducción	Se identifican las limitaciones del diseño	1	El problema de diseño está bien planteado y contextualizado para Centroabastos; identifica materia prima, ubicación, relevancia ambiental y finalidad energética. Como principal faltante de esta acta, no se define una meta cuantitativa de producción ni un mercado objetivo suficientemente delimitado; el consumo interno se sugiere, pero no se establece de forma técnica.
		Se diferencian las limitaciones de las restricciones	1	
		Se incluyen limitaciones técnicas (eficiencia, operación, etc)	1	
		Se incluyen limitaciones económicas	1	
		Se explica el impacto de cada limitación en el diseño	1	
		Se presentan como factores que afectan el desarrollo del diseño, pero no lo impiden	0	
		Se identifican las restricciones del diseño	1	
		Se diferencian las restricciones de las limitaciones	1	
		Se incluyen restricciones técnicas	0.5	
Se incluyen restricciones legales o normativas	1			
Ubicación del problema	Introducción	Se explica el impacto de cada restricción en el diseño	1	La ubicación geográfica está claramente identificada y se justifica por la alta generación de residuos, la infraestructura disponible y el entorno industrial de la zona. El contexto local está mejor desarrollado que en un acta típica; aun así, faltó incorporar actores involucrados de forma explícita y una relación más precisa entre disponibilidad de residuos y demanda energética real.
		Se presenta como condiciones que no pueden ser violadas	1	
		Se presenta un análisis PESTEL del proyecto	1	
		Se incluyen factores políticos	1	
		Se incluyen factores Económicos	1	

Contexto del proceso	Introducción	Se incluyen factores Sociales	1	La digestión anaerobia se describe con buen nivel general, incluyendo reacción global, biogás y relación con generación energética. No obstante, el desarrollo del proceso aún es predominantemente descriptivo y no se materializa en una representación de entradas-salidas ni en una secuencia de etapas claramente esquematizada.	
		Se incluyen factores Tecnológicos	0.5		
		Se incluyen factores Ecológicos	1		
		Se incluyen factores Legales	1		
		Se relaciona el análisis con las limitaciones y restricciones	1		
Relevancia del problema	Introducción	Se presenta un análisis DOFA del proyecto	1	Se explica adecuadamente la importancia del problema, su conexión con impactos ambientales y su aporte a la transición energética. La justificación técnica es pertinente, pero la necesidad de ingeniería habría quedado más sólida con cifras verificadas de potencial energético y con casos de referencia más directamente comparables al contexto local.	
		Se identifican las debilidades del diseño	1		
		Se identifican las oportunidades del diseño	1		
		Se identifican las fortalezas del diseño	1		
		Se identifican las amenazas del diseño	1		
Objetivos	Objetivos	Se relaciona el análisis con las limitaciones y restricciones	1	Los objetivos son coherentes, están formulados con verbos en infinitivo y se alinean con el problema. El aspecto más débil es la medibilidad: los objetivos siguen siendo amplios y de formulación académica, sin criterios de desempeño o resultados esperados claramente verificables.	
		Se incluyen referencias bibliográficas	1		
		Las fuentes bibliográficas están relacionadas con el contexto	1		
		Se hace referencia a normativas (Transición energética, leyes)	1		
		Las referencias se citan adecuadamente en formato APA	1		
		Las imágenes y tablas están debidamente referenciadas	1		
		Se utilizan fuentes confiables (Artículos, libros, entidades oficiales, etc)	0.5		
		El documento sigue una estructura uniforme y clara	1		
Diagrama Entrada y salida	Diagrama E-S/Diagrama de proceso/Diagrama entrada y salida	El documento tiene secciones diferenciadas	0	No se presenta el diagrama global de entradas y salidas exigido para esta entrega. Esta ausencia limita la comprensión del alcance real del sistema, las unidades de proceso y la coherencia entre la formulación del problema y la futura ruta de diseño.	
		El documento sigue algún estándar de presentación de trabajos escritos (APA, Icontec, etc)	0		
		Los títulos y subtítulos están jerarquizados correctamente	0		
		Existe coherencia y continuidad entre las secciones del documento	0		
		Se identifican las limitaciones del diseño	0		
		Se diferencian las limitaciones de las restricciones	0		
Uso de referencias	Todo el documento	Se incluyen limitaciones técnicas (eficiencia, operación, etc)	1	El acta incluye referencias suficientes y relacionadas con el tema, así como mención de normativas y política energética. Sin embargo, el formato de citación no es uniforme, algunas fuentes son genéricas o de baja trazabilidad y la referencia de tablas/imágenes no sigue un estándar académico consistente.	
		Se incluyen limitaciones económicas	1		
		Se explica el impacto de cada limitación en el diseño	1		
		Se presentan como factores que afectan el desarrollo del diseño, pero no lo impiden	0.5		
		Se identifican las restricciones del diseño	0.5		
		Se diferencian las restricciones de las limitaciones	0.5		
Estructura	Todo el documento	Se incluyen restricciones técnicas	1	La estructura general del documento es clara, con secciones diferenciadas y continuidad temática. Aun así, el formato todavía no refleja plenamente un estándar académico consolidado y requiere mayor uniformidad en títulos, citas, tablas y presentación de evidencias.	
		Se incluyen restricciones legales o normativas	1		
		Se explica el impacto de cada restricción en el diseño	0.5		
		Se presenta como condiciones que no pueden ser violadas	1		
		Se presenta un análisis PESTEL del proyecto	1		
<b>Total</b>			<b>39.5</b>	<b>Nota:</b>	<b>3.95</b>

La comparación de la evaluación entre las tablas 3, 4 y 5 del Acta 1 conduce a afirmar que, desde una etapa temprana, coincidencias entre la GPT y el profesor en varios aspectos clave del documento; sin embargo, también permitió identificar una diferencia de enfoque entre una revisión centrada en criterios estructurales y otra orientada de manera más amplia al acompañamiento formativo del estudiante.

**Tabla 6**

*Evaluación de la rúbrica SO2 y SO4 para el informe de mitad de semestre del grupo 2*

<b>Rúbrica SO2</b>		
<b>Indicadores de desempeño (ID)</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Realimentación</b>
1. Identifica las necesidades específicas del problema de diseño de ingeniería a resolver.	3.50	Identifica con claridad la necesidad de valorizar residuos orgánicos de Centroabastos para generar gas de cocina y electricidad, y la conecta con transición energética, comunidades energéticas y descarbonización. La necesidad está bien documentada, aunque no se priorizan explícitamente requerimientos de diseño ni metas cuantitativas de desempeño.
2. Describe las limitaciones y restricciones del problema de diseño, considerando factores técnicos y aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.	3.20	Describe múltiples limitaciones y restricciones técnicas, ambientales, legales, sociales y económicas, y las conecta con el contexto de Centroabastos. El análisis es amplio, pero todavía presenta mezcla conceptual entre limitación, restricción, factor contextual y oportunidad; además, la priorización de restricciones críticas es débil.
3. Propone diferentes soluciones al problema de diseño y establece un criterio ponderado para calificar estas alternativas y seleccionar la más adecuada.	3.00	Propone alternativas, usa criterios ponderados y justifica la selección de la ruta conceptual. La decisión es razonable, pero la comparación no siempre integra de forma homogénea criterios técnico-económicos y ambientales, y parte de la lógica de selección quedó distribuida entre comparaciones parciales previas.
4. Resuelve el problema de diseño de ingeniería considerando sus restricciones.	2.20	El informe presenta diseño conceptual, BFD, PFD, tabla de corrientes y estimación de CAPEX/PE2/PE3. Sin embargo, el desarrollo técnico aún es incompleto para este indicador: no se reporta OPEX, faltan memorias anexas, el balance no está plenamente documentado y hay inconsistencias entre composición del biogás, eficiencia del generador y resultados energéticos.
<b>Nota:</b>		<b>3.72</b>
<b>Rúbrica SO4</b>		
<b>Indicadores de desempeño (ID)</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Realimentación</b>
1. Reconocer y aplicar los códigos de ética, asociados a su profesión, en las etapas de desarrollo de proyectos ingenieriles.	2.3	Se reconocen responsabilidades éticas y profesionales asociadas a salud pública, emisiones, seguridad operativa y cumplimiento normativo. No obstante, la aplicación explícita de códigos éticos profesionales y del perfil del ingeniero químico UIS todavía es parcial y más implícita que desarrollada.
2. Analizar los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) de una solución ingenieril planteada.	3.2	El informe sí analiza impactos globales, económicos, ambientales y sociales del proyecto, especialmente en gestión de residuos, transición energética y beneficio local. Este componente está bien logrado para un avance de mitad de semestre.
3. Emitir juicios informados considerando los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales)	2.8	Se emiten juicios informados al seleccionar alternativas y discutir impactos, pero no siempre se sustentan con el mismo nivel de evidencia cuantitativa. Hace falta integrar mejor seguridad, economía, ambiente y contexto social en una decisión única y plenamente justificada.

pertinentes a una situación ingenieril planteada.		
4. Demostrar integridad y responsabilidad profesional en el desarrollo de proyectos ingenieriles.	2.4	Existe esfuerzo por respaldar técnicamente el documento con bibliografía y normativas, pero persisten señales de riesgo en integridad académica: datos inconsistentes entre entregas, algunas afirmaciones sin soporte suficiente y uso mezclado de fuentes de distinta calidad. Debe fortalecerse la trazabilidad de la información.
<b>Nota:</b>		<b>3.34</b>

**Tabla 7**

*Evaluación de la rúbrica SO2 y SO4 para el informe final del semestre del grupo 2.*

<b>Rúbrica SO2</b>		
<b>Indicadores de desempeño (ID)</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Realimentación</b>
1. Identifica las necesidades específicas del problema de diseño de ingeniería a resolver.	3.50	El informe final identifica con claridad la necesidad de valorizar residuos orgánicos de Centroabastos para producir electricidad y gas de cocina, y la vincula con transición energética, comunidades energéticas y descarbonización. La necesidad está bien contextualizada y documentada, aunque todavía falta priorizar requerimientos de diseño con metas cuantitativas unificadas y plenamente consistentes a lo largo del documento.
2. Describe las limitaciones y restricciones del problema de diseño, considerando factores técnicos y aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.	3.40	Describe limitaciones y restricciones técnicas, ambientales, sociales, económicas y legales de manera amplia y mejor integrada que en el primer momento. El documento reconoce salud pública, localización, licenciamiento, emisiones, operación y contexto territorial. Aun así, persiste cierta mezcla conceptual entre restricción, limitación, amenaza y criterio de diseño, y no se priorizan con suficiente claridad las restricciones dominantes del proyecto.
3. Propone diferentes soluciones al problema de diseño y establece un criterio ponderado para calificar estas alternativas y seleccionar la más adecuada.	3.20	Propone más de una solución, compara PFR y CSTR con criterios ponderados y justifica la selección de la alternativa 1. Esto cumple bien el espíritu del criterio. La debilidad principal es que la comparación no siempre se apoya en una base homogénea: algunos datos provienen de supuestos diferentes entre alternativas y una de ellas se aparta parcialmente de la materia prima central del proyecto.
4. Resuelve el problema de diseño de ingeniería considerando sus restricciones.	2.60	El informe presenta PFD, BFD, tabla de corrientes, lista de equipos, dimensionamiento parcial y consolidación de CAPEX, OPEX, PE2 y PE3. Sin embargo, el criterio no se satisface plenamente porque el balance de materia no queda cerrado ni trazable por unidad, no se reporta un balance de energía verificable y existen inconsistencias internas entre texto, tablas y resultados económicos. El diseño está documentado, pero no con el nivel de consistencia técnica que el indicador exige.
<b>Nota:</b>		<b>3.97</b>

<b>Rúbrica SO4</b>		
<b>Indicadores de desempeño (ID)</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Realimentación</b>
1. Reconocer y aplicar los códigos de ética, asociados a su profesión, en las etapas de desarrollo de proyectos ingenieriles.	2.40	Se reconocen responsabilidades éticas y profesionales asociadas con bienestar público, emisiones, manejo de residuos, riesgos por H2S y cumplimiento normativo. También hay relación implícita con sostenibilidad y con el perfil del ingeniero químico UIS. No obstante, la aplicación explícita de códigos de ética profesionales sigue siendo parcial y más descriptiva que argumentada.
2. Analizar los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) de una solución ingenieril planteada.	3.20	El informe analiza de manera suficiente impactos ambientales, sociales y económicos del proyecto, especialmente en gestión de residuos, reducción de emisiones, ahorro de servicios y beneficio local. Este componente está bien desarrollado en comparación con otras partes del documento y muestra comprensión del contexto ingenieril amplio.
3. Emitir juicios informados considerando los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) pertinentes a una situación ingenieril planteada.	3.00	Se emiten juicios informados al seleccionar alternativas, discutir viabilidad y recomendar apoyo institucional o ajustes tecnológicos. Hay una base argumentativa razonable. Aun así, los juicios no siempre están respaldados con la misma solidez cuantitativa, especialmente cuando el documento presenta inconsistencias en balances y en economía del proceso.
4. Demostrar integridad y responsabilidad profesional en el desarrollo de proyectos ingenieriles.	2.20	Existe intención de respaldar técnicamente el proyecto y el informe incluso declara el uso de IA para traducción, lo cual suma en transparencia. Sin embargo, permanecen señales de riesgo en integridad académica y responsabilidad profesional: errores en referencias normativas, mezcla de fuentes de distinto rigor, marcadores rotos de

---

figuras, y conservación de valores numéricos incompatibles entre distintas secciones del informe.

---

Nota:

3.38

---

De acuerdo con los resultados consignados en las tablas 3, 4, 6 y 7, se evidencia que la realimentación generada por la GPT es similar y, aunque no idéntica, complementaria a la emitida por el docente, ya que ambos enfoques responden a propósitos distintos. En las entregas de mitad y final de semestre, la GPT logra identificar vacíos que también son señalados por el profesor, lo que permite afirmar que el sistema reproduce la lógica de evaluación docente en relación con las rúbricas SO2 y SO4. En el caso de la entrega de mitad de semestre, la GPT advirtió la falta de metas cuantitativas de producción, la débil delimitación del mercado objetivo, la ausencia del diagrama global de entradas y salidas, la necesidad de incorporar de forma explícita los actores involucrados y problemas de uniformidad en citas, tablas y presentación del documento; por su parte, el profesor señaló la ausencia de costos del kWh y de precios de venta, una mayor especificación de los *stakeholders*, la necesidad de verificar el TRL (*Technology Readiness Levels*), fortalecer las citas y reorganizar las secciones técnicas del informe. En la entrega final también se observaron coincidencias importantes, ya que el profesor indicó faltantes relacionados con los costos de materia prima y productos, las citas en tablas, la justificación del TRL, las restricciones ambientales y políticas, el OPEX asociado al consumo eléctrico, así como la precisión en el diagrama y en la nomenclatura de los equipos; este tipo de observaciones es consistente con la tendencia de la GPT a señalar la falta de soporte técnico, trazabilidad de la información, claridad en la representación del proceso y consistencia en la sustentación de resultados. No obstante, la diferencia principal radica en que la GPT concentra su revisión en el cumplimiento de criterios estructurales, mientras que el profesor amplía la evaluación hacia aspectos formativos, editoriales y éticos, como la integridad académica del texto, la redacción del resumen ejecutivo, la precisión del lenguaje al referirse al diseño conceptual, la organización

formal del documento y detalles de presentación, tales como el uso de subíndices, el manejo de decimales y la explicación de figuras y tablas. En este sentido, los resultados muestran que la GPT presenta fortalezas en la estandarización y objetivación de la verificación de criterios rubricados. A partir de esta comparación, las observaciones del profesor y la realimentación generada por la GPT fueron organizadas en tres categorías de análisis: coincidencia directa, coincidencia parcial y ausencia de coincidencia, con el fin de cuantificar la relación entre ambos enfoques.

### Tabla 8

*Resumen cuantitativo de coincidencia entre la realimentación del profesor y la GPT*

Entrega	Observaciones del profesor	Coincidencia directa	Coincidencia parcial	Sin coincidencia	% de cobertura
Acta 1	7	2	3	2	71.4%
Mitad semestre	15	5	4	6	44.4%
Final	15	2	5	8	37.5%

La Tabla 8 presenta la distribución de las observaciones temáticas del profesor en función de su nivel de coincidencia con la realimentación generada por la GPT. En términos generales, los resultados evidencian que la herramienta recupera una proporción relevante de las observaciones del docente, aunque con variaciones entre entregas. Asimismo, el análisis cuantitativo muestra que cerca de la mitad de los comentarios evaluativos presentan algún grado de alineación entre la GPT y el profesor, lo que respalda la utilidad de la herramienta en la verificación de criterios previamente establecidos. Esta coincidencia no implica equivalencia total entre ambas evaluaciones, por lo que sigue siendo necesaria la valoración experta del docente para ofrecer una realimentación más integral, orientada no solo al cumplimiento de la rúbrica, sino también a la formulación de recomendaciones y sugerencias que fortalezcan las capacidades de los estudiantes en el desarrollo de proyectos de ingeniería.



Esta tendencia puede asociarse al tipo de rúbrica utilizada en cada fase. En las primeras actas se emplearon rúbricas diseñadas dentro del proyecto para facilitar la lectura y valoración por parte de la GPT. Aunque estas rúbricas permitieron estructurar el proceso de evaluación, es posible que no contemplen completamente algunos elementos presentes en el juicio evaluativo del profesor. En cambio, para la entrega de mitad de semestre y la entrega final se utilizó la rúbrica oficial del curso, establecida por el docente, lo que favoreció una mejor alineación entre los criterios empleados por la GPT y los criterios reales de calificación. Por ello, se observa una mayor consistencia entre ambas evaluaciones en las entregas finales.

No obstante, aún se presentan discrepancias puntuales entre grupos, incluso en las últimas entregas. Esto indica que, aunque la alineación entre ambas evaluaciones mejora cuando la GPT utiliza una rúbrica más cercana al criterio del docente, se siguen presentando variaciones asociadas a la interpretación cualitativa de algunos criterios de evaluación.

### 4.3. Evaluación de la GPT

#### 4.3.1. Resultados de la evaluación del GPT

La evaluación del proyecto de diseño conceptual aplicado a el curso de análisis de procesos químicos 2026-1 muestra que el modelo de inteligencia artificial mediante las rúbricas suministradas es capaz de evaluar y realimentar los documentos de manera estructurada según los indicadores de desempeño.

#### Tabla 9

*Evaluación proyecto análisis de procesos químicos 2026-1 Biopomenergy con la rúbrica SO2*

Rúbrica SO2		
Indicadores de desempeño (ID)	Realimentación dada por la IA	Realimentación del docente

1. Identifica las necesidades específicas del problema de diseño de ingeniería a resolver.	Se identifica una necesidad de valorización del POME y de suministro energético local, pero la formulación del problema no queda alineada con el proyecto base 2026-I. El enunciado oficial exige residuos orgánicos y una comunidad energética entre 2000 y 6000 hogares; el informe trabaja con POME y una población de 2000 habitantes. Se reconocen actores, demanda energética y contexto local, pero faltó traducir con precisión las necesidades del problema oficial y las especificaciones objetivo del WtE&G.	La información es presentada de manera separada; falta ser más concretos en la definición del problema: ¿de cuáles residuos se presenta un manejo inadecuado? ¿por parte de cuales sectores productivos? Faltan citas y el apoyo con más documentación. Menciona la ubicación de la planta, las necesidades energéticas y el costo de energía y gas. (3.2 – Satisfactorio).
2. Describe las limitaciones y restricciones del problema de diseño, considerando factores técnicos y aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.	El documento diferencia limitaciones y restricciones y cubre dimensiones técnicas, ambientales, sociales, económicas y de seguridad con apoyo bibliográfico. No obstante, la priorización es limitada y varias restricciones no se conectan de forma explícita con los requerimientos del proyecto oficial, especialmente la escala en hogares, la calidad de RNG y el cumplimiento de especificaciones de mercado. Conviene depurar normas aplicables y separar mejor restricciones del caso POME frente a restricciones del enunciado base.	Incluye normativa colombiana, matriz DOFA con estrategias de mitigación y menciona riesgos técnicos, ambientales, sociales, económicos y de seguridad tanto en limitaciones como restricciones. No incluye aspectos de salud, bienestar público ni culturales. (3.5 – Satisfactorio).
3. Propone diferentes soluciones al problema de diseño y establece un criterio ponderado para calificar estas alternativas y seleccionar la más adecuada.	Es uno de los apartados más sólidos del informe. Se proponen alternativas por etapa, se usa un criterio ponderado y en los anexos se justifica la puntuación de cada opción. La selección de CAP + desulfuración con óxido de hierro + PSA + CHP está argumentada. Como mejora, el criterio debería incorporar de manera explícita la alineación con el WtE&G del enunciado 2026-I y las especificaciones del producto RNG, además de incluir una discusión de sensibilidad de pesos.	Buen enfoque de diseño realiza la comparación estructurada por etapas proponiendo 3 alternativas distintas para cada una. Considera varios aspectos determinantes para la selección de la alternativa. Menciona artículos que han utilizado las tecnologías. Los criterios para la selección de la alternativa van alienados a las restricciones del proyecto, pero faltó evaluar las restricciones relacionadas con aspectos en salud, bienestar público, factores globales, culturales y sociales. Hace un análisis cuantitativo. No presentan diagramas ES. (3.4 – Satisfactorio)
4. Resuelve el problema de diseño de ingeniería considerando sus restricciones.	El informe presenta BFD, PFD, tabla de corrientes, dimensionamiento preliminar y CAPEX/OPEX, pero la solución aún no resuelve el problema con consistencia suficiente. No se evidencia de forma clara un balance de energía y el balance de masa presenta inconsistencias: por ejemplo, la corriente 9 (5971 kg/h) no cierra con sus salidas 10, 11, 12 y 13 (3104.87 + 2209 + 896 + 2866 = 9075.87 kg/h). Además, el producto gas se plantea para uso doméstico/cogeneración, pero no se verifica contra las especificaciones de RNG del proyecto base.	Mencionan los flujos y parámetros de operación de las etapas del proceso junto con el dimensionamiento y el desempeño. Falta mencionar como realizaron el dimensionamiento de los equipos, bajo cuáles criterios, métodos y las respectivas citas. Realiza análisis CAPEX y OPEX. Falta más documentación de la disponibilidad de los equipos y de los precios que estipularon y también hace falta un análisis socioambiental y legal respecto al diseño planteado. (2.5 – En Desarrollo).

Según la evaluación presentada en la Tabla 9, se observa que para las necesidades específicas del problema tanto la IA como el docente identifican elementos generales del contexto, sin embargo, el profesor realimenta de manera más específica las falencias del criterio, mientras que la IA muestra un nivel menor de detalle.

Por otro lado, en las limitaciones y restricciones, se muestra como el docente y la IA identifican de igual forma la presencia de diferentes dimensiones. No obstante, el profesor manifiesta la ausencia de normativas específicas, aspectos de salud y bienestar, lo que una vez más

se relaciona al hecho de que la IA realiza una evaluación más estructural basada en los criterios que se le den.

En el tercer criterio, la IA presenta un análisis más técnico reconociendo la solidez en la selección de la alternativa, al mismo tiempo que el docente reconoce el enfoque en el diseño, pero dirige su realimentación a la necesidad de fortalecer la justificación técnica de la alternativa seleccionada.

En el apartado de resolución de problemas, se muestra como la IA detecta inconsistencias técnicas específicas, como los errores en los balances de materia y coherencia entre los datos, mientras que el profesor menciona la falta de documentación para justificar los cálculos de dimensionamiento y análisis económico, además de aportar una visión más integral que incluye aspectos socioambientales. Lo anterior resalta el hecho de que la IA permite realizar una revisión más uniforme de la consistencia de los datos, mientras que el docente es más contextual y su realimentación es más formativa.

Por otro lado, en los resultados obtenidos en la evaluación de la rúbrica SO4, se muestra que la IA identifica aspectos relacionados a la presencia de la ética profesional y los impactos de las soluciones ingenieriles, aunque con algunos limitantes en la profundidad del análisis y la contextualización de los criterios. El modelo reconoce la inclusión de aspectos normativos, ambientales y de seguridad dentro del documento, evidenciando que no se desarrollan ítems como la responsabilidad profesional, la transparencia y el bienestar público. Además, la IA señala razonamiento ingenieril al reconocer la existencia de un proceso de toma de decisiones basado en los criterios técnico y económicos permitiéndole evaluar la coherencia entre el análisis y los objetivos planteados.

Así mismo, se observa que, en el criterio de integridad y responsabilidad profesional, se señalan aspectos relacionados a la trazabilidad de las fuentes, inconsistencias y problemas de coherencia en los reportes que afectan la solidez del documento, lo que permite destacar la capacidad de la IA para realizar análisis en aspectos formales y de pertinencia académica.

Finalmente, se observa que el modelo de IA se rige bajo la aplicación de los criterios evaluativos y es capaz de identificar las fortalezas y debilidades de cada uno de los indicadores a un nivel técnico. Sin embargo, su desempeño depende en gran medida del detalle y especificaciones de las instrucciones suministradas, por lo que para obtener evaluaciones más profundas es necesario el acompañamiento del criterio docente.

### Tabla 10

*Evaluación proyecto análisis de procesos químicos 2026-1 con la rúbrica SO4 entregada por la IA*

RÚBRICA SO4		
Indicadores de desempeño (ID)	Puntuación	Realimentación
1. Reconocer y aplicar los códigos de ética, asociados a su profesión, en las etapas de desarrollo de proyectos ingenieriles.	1,8	El informe incorpora consideraciones normativas, ambientales y de seguridad, pero no desarrolla de forma explícita los códigos de ética profesionales ni su aplicación al proyecto. Falta conectar la solución con responsabilidad profesional, transparencia en manejo de información, propiedad intelectual, bienestar público y toma de decisiones éticas, tal como exige el perfil profesional y la rúbrica SO4.
2. Analizar los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) de una solución ingenieril planteada.	3	Se analizan impactos ambientales, económicos y sociales: reducción de metano, tratamiento del efluente, aceptación comunitaria, costos e incentivos. El análisis global/cultural todavía es limitado y la discusión de salud pública y bienestar puede profundizarse, especialmente por manejo de H2S, olores, lodos y seguridad de suministro energético.
3. Emitir juicios informados considerando los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) pertinentes a una situación ingenieril planteada.	3,1	La selección tecnológica se apoya en juicios informados con criterios técnicos, ambientales, de seguridad, costo y TRL. Se observa razonamiento ingenieril, pero los juicios no siempre se conectan con el enunciado oficial ni con una verificación completa de requerimientos de producto, escala y mercado. Debe fortalecerse la justificación final de por qué esta configuración sería la más adecuada dentro del marco WtE&G 2026-I.
4. Demostrar integridad y responsabilidad profesional en el desarrollo de proyectos ingenieriles.	2,3	El documento usa bibliografía técnica y presenta esfuerzo analítico, pero la integridad documental es todavía parcial. Hay referencias con trazabilidad débil o incompleta, uso de un documento interno como fuente clave, algunas inconsistencias de forma APA y dependencia de archivos Excel anexos que no quedan integrados en el PDF. Además, la desalineación con el proyecto base y el cierre insuficiente de cálculos afectan la solidez profesional del informe.

### 4.3.2. Aplicabilidad como herramienta formativa

Además de solicitar una evaluación cuantitativa mediante las rubricas, la herramienta también presenta un resumen general del proyecto evaluado en la pestaña principal del documento de respuesta mostrado en la tabla 10. En esta interfaz, se observan los datos relevantes del proyecto, lo que permite al docente obtener una visión global del proyecto antes de entrar a revisar los criterios evaluativos. Esto como herramienta pedagógica, facilita a los profesores en la calificación y les permite ahorrar tiempo que pueden emplear para realimentar más profundamente los juicios entregados por la IA.

**Tabla 11**

*Interfaz general de la evaluación con el GPT*

<b>Nombre del proyecto:</b>	BIOPOMENERGY; planta piloto de producción de biogás y energía a partir de POME
<b>Grupo evaluado:</b>	No identificado en el documento
<b>Tipo de documento:</b>	Informe de mitad de semestre
<b>Asignatura:</b>	Síntesis y Análisis de Procesos Químicos
<b>Objetivo general:</b>	Proponer el diseño conceptual de una planta para la generación sostenible de electricidad y gas natural renovable a partir de POME, evaluando su viabilidad técnica, económica, ambiental y normativa para su implementación en una comunidad energética.
<b>Origen de la materia prima:</b>	POME (efluente de planta extractora de aceite de palma, Aceites Morichal S.A.S.)
<b>Ubicación:</b>	La Palmera, San Carlos de Guaroa, Meta, Colombia
<b>Tecnología principal:</b>	Digestión anaerobia en lagunas cubiertas (CAP) + desulfuración con óxido de hierro + PSA + cogeneración CHP
<b>Descripción del diagrama de flujo:</b>	BFD/PFD con siete etapas: enfriamiento del POME, digestión anaerobia, sedimentación de lodos, tratamiento del efluente en lagunas facultativas, purificación del biogás, distribución de biogás y generación eléctrica.
<b>Resumen del proyecto</b>	El informe presenta una estructura formal completa de FEL-1, desarrolla múltiples alternativas por etapa y selecciona una ruta tecnológica con matriz ponderada. Sin embargo, el documento está desalineado con el proyecto base oficial 2026-I, que exige WtE&G a partir de residuos orgánicos y una comunidad energética entre 2000 y 6000 hogares; el equipo desarrolla un caso con POME y población de 2000 habitantes. También hay inconsistencias de balance de masa y ausencia explícita de balance de energía/documentación completa de especificaciones de RNG frente al enunciado oficial.
<b>Nota Mitad de semestre:</b>	3,27

Así, no se limita al GPT a ser un apoyo únicamente de juicios evaluativos, sino también se usa como herramienta de lectura rápida resaltando los puntos más importantes de un proyecto.

Por otro lado, también se incluye un apartado de verificación de cálculos mostrado en la tabla 11, donde la IA puede identificar de manera superficial incoherencia entre los cálculos, errores en la presentación de valores, e incluso errores de cálculos en formulas sencillas. Si bien la herramienta aún no es lo suficientemente robusta para realizar cálculos estrictamente detallados, es capaz de estimar la coherencia de los valores presentados y lo más importante indicar en que sección del documento detecta estas incoherencias, lo que permite al docente detectar rápidamente inconsistencias en los reportes y reduciendo así el tiempo invertido en la búsqueda manual de estos errores u oportunidades de mejora.

**Tabla 12**

*Apartado de verificación de cálculos*

Documento	Sección	Tipo de cálculo	Cálculo reportado	Verificación	Realimentación
Informe de mitad de semestre	Tabla 24 (p. 69)	Balance de materia	Entrada total 350.09 ton/d y salida total 350.09 ton/d; cierre 0.00.	El balance global cierra y es coherente a nivel de FEL-1.	El balance global es consistente, pero se recomienda reconciliarlo con todas las tablas de corrientes y con los productos reportados en economía para evitar cambios de base o redondeos no explicados.
Informe de mitad de semestre	Tabla 28 (p. 75)	Balance de energía	Consumo total: 22.93 kW eléctricos + 91.301 kW térmicos = 114.231 kW.	La suma es correcta: 114.231 kW.	La aritmética del balance energético es coherente. Aun así, falta extender el análisis a servicios auxiliares y a la regeneración/recirculación del sistema de scrubbing en el informe final.
Informe de mitad de semestre	Tabla 41 y Tabla 32 (pp. 115 y 79)	Otro	Tabla 41 reporta 1.638 kg/h de struvita; Tabla 32 reporta "Struvite production" = 1954.75 kg/h.	El valor físicamente coherente para struvita es ~1.64 kg/h; 1954.75 kg/h corresponde casi al flujo total al cristalizador, no al sólido precipitado.	Existe una inconsistencia crítica de trazabilidad entre diseño y balance. Debe corregirse el valor de producción de struvita y revisar cualquier costo o ingreso que dependa de este dato.
Informe de mitad de semestre	Tabla 59 y Tablas 62-63 (pp.	OPEX	CRM total reportado en Tabla 59 = 103,651 USD/año; en Tablas 62 y 63 se usa CRM = 55,106 USD.	Para COM/COMd debería emplearse el mismo CRM anual reportado para materias	Las tablas financieras no usan una misma base de costo de materias primas. Debe unificarse el CRM y recalcular COM, COMd y OPEX.

	125 y 128)			primas: 103,651 USD/año, salvo justificación explícita.	
Informe de mitad de semestre	Tabla 63 y Tabla 36 (pp. 128 y 84)	OPEX	Tabla 63: COM = 7,979,690.27 USD; Tabla 36: COM = 7,773,355.08 USD; OPEX final = 7,979,620.27 USD.	Los valores son inconsistentes entre sí y no siguen de forma transparente la ecuación presentada para OPEX.	Se debe rehacer la secuencia COM → OPEX, citar la fórmula utilizada y verificar si OPEX se igualó indebidamente a COM o si hubo error de transcripción.
Informe de mitad de semestre	Tabla 35 (p. 83)	CAPEX	FCI = 16,348,400 USD; WC = 1,750,000 USD; CAPEX = 18,098,400 USD.	La suma es correcta: 18,098,400 USD.	La aritmética de CAPEX es coherente; conviene, sin embargo, justificar mejor las bases del costo de tierra y el alcance exacto de equipos incluidos/excluidos.

#### 4.3.4. Resultados de las encuestas

A partir de la interacción de los estudiantes con la herramienta GPT durante la sesión de pósteres del *Capstone Design 2026-1*, se encontró una percepción general positiva frente a su uso como apoyo en la evaluación de documentos académicos (Ver registros fotográficos en el Apéndice H). Los estudiantes manifestaron la utilidad de la herramienta en la identificación de errores y reconocimiento de las oportunidades de mejora, lo que les permitió comprender con mayor claridad los criterios de evaluación aplicados en sus proyectos.

Lo anterior, permite revelar que, si bien el modelo de GPT es útil principalmente en el apoyo a la calificación docente, aun requiere de desarrollo en cuanto al nivel de realimentación esperado por los estudiantes, donde el criterio formativo del docente es muy importante para garantizar una evaluación integral.

**Figura 4**

*Resultados de la encuesta sobre la percepción de la IA*



En la figura 4, se muestran los resultados más importantes de la encuesta sobre la percepción del uso de la inteligencia artificial (Ver contenido de la encuesta en el Apéndice H-2).

El 100% de los encuestados asegura que usa la inteligencia artificial y como se observa en la subfigura C, la mayoría de ellos la ha utilizado alguna vez para la revisión de documentos; sin embargo, un 84,2 % afirma que la información suministrada por la IA es moderadamente confiable, lo que hace énfasis en que si bien la herramienta es ampliamente utilizada aún genera dudas respecto a su precisión o validez de sus respuestas, esta conclusión se sustenta en la subfigura F, donde un 73,7% menciona que creería parcialmente en un proyecto si fuese revisado por IA. Aun así, existe debate entre quienes consideran que el uso de la IA puede mejorar la calidad y evaluación de documentos a académicos y quienes guardan cierta desconfianza frente su uso, como se ilustra en la subfigura B.

Por otro lado, en la subfigura D, se evidencia que principalmente los estudiantes y docentes confían más en la IA para evaluaciones de ortografía y redacción o coherencia de contenido, sin dejar atrás la validación por medio del cumplimiento de rúbricas, lo que refleja un claro acercamiento de los usuarios al alcance de la IA en la evaluación documental, al mismo tiempo que afirman usar la IA como fuente de información para sus búsquedas según la subfigura G.

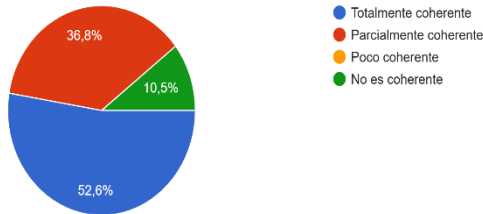
En contraste, frente a la pregunta de que, si se considera ético o no el uso de la inteligencia artificial, la Subfigura H muestra la opinión de los encuestados, reflejando su postura ética dependiendo del uso, uno de ellos opina que no sería ético “En caso de que los documentos no estén asociados a originalidad, innovación o derechos de autor protegidos. En todo caso se debe verificar las condiciones de protección de información que tiene la IA y evitar el cargue de datos e información que esté en contra de la protección de datos”. Lo anterior demuestra que para los usuarios uno de los puntos de partida para considerar ética la revisión documental por IA, es el respeto a la propiedad intelectual.

**Figura 5**

*Resultados de la encuesta sobre la percepción del GP*

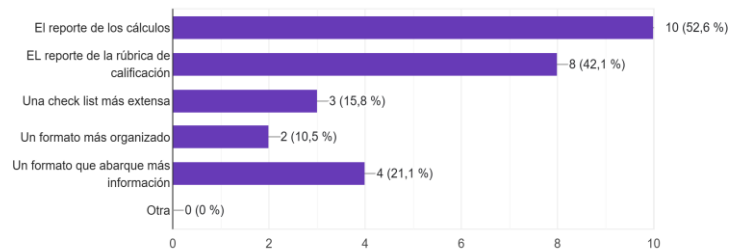
3. ¿Considera que la evaluación realizada por la IA es coherente con los criterios de la rúbrica establecida?

19 respuestas



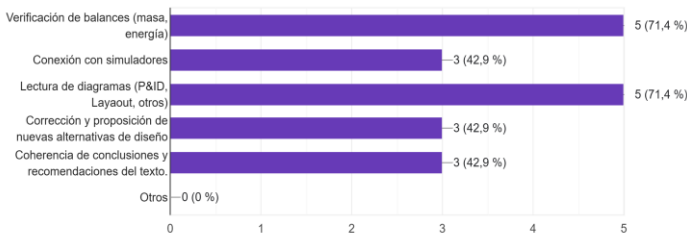
5. ¿Qué aspectos mejoraría para una mejor lectura del formato?

19 respuestas



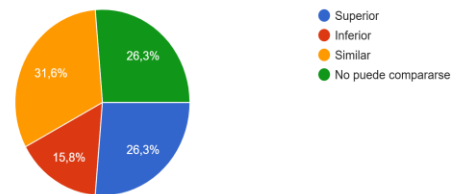
7. ¿Qué aspectos de mejora considera que se pueden agregar para avanzar en la evaluación académica por parte de la IA?

7 respuestas



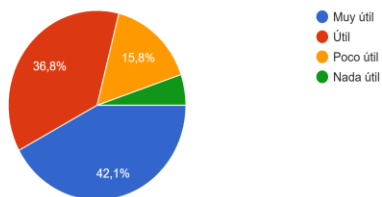
9. En comparación con la evaluación realizada por el docente, ¿cómo considera el desempeño de la IA?

19 respuestas



10. ¿Qué tan útil considera la herramienta basada en IA para evaluar los proyectos de síntesis y análisis de procesos?

19 respuestas



11. ¿Recomendaría usted esta herramienta para implementar en otros cursos?

19 respuestas



En la figura 5 se reportan los resultados de las preguntas más relevantes de la encuesta sobre el desempeño de la GPT (Ver contenido de la encuesta en el Apéndice H-1). Según la misma, más del 80% de los encuestados encuentra que la evaluación de la IA es coherente o parcialmente coherente con los criterios de la rúbrica, por lo que se puede destacar la influencia del uso de estos criterios en el entrenamiento de respuesta para la IA. Así mismo, cerca de la mitad de las encuestas arrojan que el desempeño de la IA es similar o superior a la evaluación realizada por el profesor,

aunque hay que destacar que un porcentaje considerable del 26,3% afirma que estas evaluaciones no se pueden comparar.

Por otro lado, en las opiniones de mejora para el desarrollo del GPT, los encuestados sugieren la incorporación de un apartado robusto para la verificación de cálculos, esencialmente en balances de materia y energía y conexión con entornos de simulación, además de la revisión de diagramas. Estas adiciones serían esenciales para darle una mayor confiabilidad al modelo GPT y escalar así su aplicación a proyectos de diseño básico ingenieril.

Así mismo, para el uso en la evaluación de documentos de diseño conceptual, la percepción de los encuestados es positiva, reflejando la aprobación de la inclusión de este tipo de revisores académicos en cursos como síntesis a análisis de procesos, con sugerencias a expandir su uso a otros cursos.

Finalmente, respondiendo a la pregunta de investigación, se concluye que la información mínima que debe proporcionarse a un modelo GPT para que realice una validación efectiva de la integridad técnica y ética de los documentos de diseño conceptual está ligada a la calidad, claridad y detalle de la información suministrada para la evaluación. Así, los criterios deben ser específicos y explícitos, de tal forma que la IA pueda identificar claramente lo que se está solicitando y pueda dar retroalimentación basada en cada uno de los ítems de la rúbrica evaluativa. Por lo anterior, la GPT debe ser alimentada como mínimo con los requisitos fundamentales de un proyecto, evitando darle instrucciones generalizadas que le den opción para concluir juicios poco acertados.

## 5. Conclusiones

Los criterios definidos para la revisión de los documentos de ingeniería conceptual cumplen con los requisitos mínimos exigidos para la presentación del *Capstone Design*, mostrando el desarrollo de las competencias tanto profesionales como académicas, así como aspectos técnicos y estructurales. Esto concluye en la adición de un nuevo criterio evaluativo a la rúbrica SO2 orientado a valorar la integridad y responsabilidad profesional en el desarrollo de los proyectos ingenieriles.

El modelo de IA-GPT entrenado es útil para validar la información contenida en los documentos de diseño conceptual con base en los criterios de calificación propuestos, al demostrar capacidad para identificar vacíos, inconsistencias y oportunidades de mejora en las distintas etapas del proceso evaluativo. La comparación con la realimentación del profesor en el Acta 1, la entrega de mitad de semestre y la entrega final evidenció que la herramienta reproduce la lógica de evaluación estructural definida en las rúbricas, especialmente en aspectos como la formulación del problema, la claridad en la representación del proceso, la incorporación de actores, la sustentación técnica de resultados, el uso de referencias y la trazabilidad de la información. Su utilidad dentro del proyecto se refleja en la posibilidad de estandarizar la revisión, agilizar la detección de omisiones y ofrecer una primera validación objetiva de los documentos. Sin embargo, también se comprobó que la herramienta presenta limitaciones frente a observaciones de carácter formativo y editorial, por lo que su valor no radica en sustituir al docente, sino en complementar su evaluación mediante un apoyo técnico sistemático que fortalezca el proceso de realimentación académica.

La evaluación del modelo de IA GPT demostró la capacidad para identificar los criterios básicos para los proyectos de diseño conceptual, asignar valoraciones cuantitativas coherentes y generar retroalimentación alineada con los indicadores de desempeño establecidos, lo que valida su funcionalidad como herramienta de apoyo en procesos de evaluación académica. Sin embargo, se identifican limitantes en la profundidad del análisis y la verificación de cálculos complejos o detallados, lo que condiciona al modelo a tener que recibir una adecuada alimentación de lineamientos e instrucciones. Desde la perspectiva formativa, el modelo GPT presenta un alto potencial como herramienta de apoyo pedagógico, ya que optimiza el tiempo de evaluación docente y permite enfocar los esfuerzos en análisis más profundos y en la retroalimentación cualitativa.

## **6. Recomendaciones**

Se recomienda para próximas mejoras entrenar a la IA en evaluación formativa revisando la mejora continua del estudiante. Además, se sugiere la implementación de sistemas de corrección de cálculos con detalle y la integración con verificación de simulaciones.

### Referencias bibliográficas

- Bajaj, S., & Bajaj, T. (2019). Turnitin: Is it a text matching or plagiarism detection tool? *Saudi Journal of Anaesthesia*, 13(Suppl 1), S4–S6.  
[https://journals.lww.com/sjan/fulltext/2019/13001/Turnitin\\_Is\\_it\\_a\\_text\\_matching\\_or\\_plagiarism.13.aspx](https://journals.lww.com/sjan/fulltext/2019/13001/Turnitin_Is_it_a_text_matching_or_plagiarism.13.aspx)
- Bogle, D., & Ocone, R. (2022, 28 de abril). *Ethics series introduction: Ethics and the chemical engineer*. The Chemical Engineer. <https://www.thechemicalengineer.com/tags/Ethics-and-the-Chemical-Engineer>
- Caliskan, A. (2021, May 10). Detecting and mitigating bias in natural language processing. *Brookings*. <https://www.brookings.edu/articles/detecting-and-mitigating-bias-in-natural-language-processing/>
- CPIQ - Código de Ética Profesional CPIQ. (2003). CPIQ.  
[https://www.cpiq.gov.co/codigo\\_de\\_Etica\\_profesional-20/](https://www.cpiq.gov.co/codigo_de_Etica_profesional-20/)
- Departamento Nacional de Planeación.** (2025, 14 de febrero). *Documento CONPES 4144: Política Nacional de Inteligencia Artificial*.  
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4144.pdf>
- Díaz, O., Garmendia, X., & Pereira, J. (2024). Streamlining the review process: AI-generated annotations in research manuscripts. *arXiv preprint arXiv:2412.00281*.

E. Yang et al., "Beyond the Bar: Generative AI as a Transformative Component in Legal Document Review," in 2024 IEEE International Conference on Big Data (BigData), Washington, DC, USA, 2024, pp. 4779-4788, doi: 10.1109/BigData62323.2024.10826089.

Fiscalía General de la Nación. (2017, abril 27). *Presentación REFICAR*. <https://www.fiscalia.gov.co/colombia/wp-content/uploads/Presentacion-REFICAR270417.pdf>

G. Yenduri et al., "GPT (Generative Pre-Trained Transformer)— A Comprehensive Review on Enabling Technologies, Potential Applications, Emerging Challenges, and Future Directions," in IEEE Access, vol. 12, pp. 54608-54649, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3389497.

Lopezosa, Carlos. (2023). La Inteligencia artificial generativa en la comunicación científica: retos y oportunidades. *Revista de Investigación e Innovación en Ciencias de la Salud*. 5(1). 1-5. <https://doi.org/10.46634/riics.211>

McDermid, J. (2023, 28 de septiembre). *Ethics and AI: Concepts and relevance for chemical engineers*. The Chemical Engineer. <https://www.thechemicalengineer.com/features/ethics-and-ai-concepts-and-relevance-for-chemical-engineers/>

*Modelo de Acreditación ABET | ACOFI | Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería*. (2025). <https://www.acofi.edu.co/modelo-de-acreditacion-abet/>

Mrbullwinkle. (n.d.). *What is Azure OpenAI Service? - Azure AI services*. Microsoft Learn. <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/ai-services/openai/overview>

Raza, S., Garg, M., Reji, D. J., Bashir, S. R., & Ding, C. (2024). Nbias: A natural language processing framework for BIAS identification in text. *Expert Systems with Applications*, 237(Part B), 121542. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121542>

Turton, R., Bailie, R. C., Whiting, W. B., Shaeiwitz, J. A., & Bhattacharyya, D. (2018). *Analysis, synthesis, and design of chemical processes* (5th ed.). Pearson Education.

## Apéndices

## Apéndice A

Relación entre el Código de ética y perfil del ingeniero químico UIS

Figura A- 1

*Comparación entre el código de ética y el perfil del ingeniero químico*

## APÉNDICE B

## Rúbrica de evaluación ABET

Tabla B- 1

## Rúbrica SO2

Universidad Industrial de Santander						
Proceso de evaluación - mejora continua de Ingeniería Química						
C 2: Capacidad de aplicar el diseño de ingeniería(*) para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.						
Periodo de toma de datos						
Asignatura:						
Docente (s):						
Indicadores de desempeño (ID)	Insatisfactorio (1)	En desarrollo (2)	Satisfactorio (3)	Ejemplar (4)	Instrumento de evaluación	Descripción del instrumento de evaluación
1. Identifica las necesidades específicas del problema de diseño de ingeniería a resolver.	No identifica las necesidades del problema de diseño de ingeniería a resolver.	Identifica algunas de las necesidades del problema de diseño de ingeniería a resolver.	Identifica todas las necesidades específicas del problema de diseño de ingeniería a resolver y las documenta de forma clara y organizada.	Identifica todas las necesidades específicas del problema de diseño de ingeniería a resolver, priorizándolas y documentándolas de forma clara y organizada.		
	No entiende el concepto de restricción.	Entiende el concepto de restricción.	Entiende el concepto de restricción.	Entiende el concepto de restricción.		
2. Describe las limitaciones y restricciones del problema de diseño, considerando factores técnicos y aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.	No identifica fuentes válidas de información para describir las limitaciones y restricciones del diseño de ingeniería.  No describe las limitaciones y restricciones del problema de diseño de ingeniería, considerando factores técnicos y aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.	Identifica fuentes válidas de información para describir las limitaciones y restricciones del diseño de ingeniería.  Describe algunas de las limitaciones y restricciones del problema de diseño de ingeniería, considerando factores técnicos y aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como	Identifica fuentes válidas de información para describir las limitaciones y restricciones del diseño de ingeniería.  Describe todas las limitaciones y restricciones del problema de diseño de ingeniería, considerando factores técnicos y aspectos de salud, seguridad y bienestar públicos, así	Identifica fuentes válidas de información para describir las limitaciones y restricciones del diseño de ingeniería.  Describe todas las limitaciones y restricciones del problema de diseño de ingeniería, considerando factores técnicos y aspectos de salud, seguridad y bienestar públicos, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.  Prioriza las restricciones del		

	factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.	como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.	problema e identifica su relación con las necesidades del problema, así como las características de las soluciones.
3. Propone diferentes soluciones al problema de diseño y establece un criterio ponderado para calificar estas alternativas y seleccionar la más adecuada.	<p>Propone más de una solución al problema de diseño.</p> <p>No establece un criterio ponderado para evaluar estas alternativas.</p> <p>No selecciona la alternativa más adecuada de forma razonada y justificada (por escrito).</p>	<p>Propone más de una solución al problema de diseño.</p> <p>Establece un criterio ponderado para evaluar estas alternativas.</p> <p>Selecciona la alternativa más adecuada de forma razonada y justificada (por escrito).</p>	<p>Propone más de una solución al problema de diseño.</p> <p>Establece un criterio ponderado para evaluar estas alternativas.</p> <p>Selecciona la alternativa más adecuada de forma razonada y justificada (por escrito).</p> <p>Genera su propio criterio, que puede basarse en simulaciones o experimentación, para discernir entre alternativas similares y llegar a una decisión.</p>
4. Resuelve el problema de diseño de ingeniería considerando sus restricciones.	<p>Los cálculos necesarios para el diseño no involucran las restricciones y no están debidamente documentados.</p> <p>El diseño no cumple con las normas técnicas que se aplican al problema.</p>	<p>Los cálculos necesarios para el diseño involucran algunas de las restricciones y no están debidamente documentados, o el diseño no está completamente documentado, o el diseño no cumple con los estándares técnicos que se aplican al problema.</p>	<p>Los cálculos necesarios para el diseño involucran todas las restricciones y están debidamente documentados.</p> <p>El diseño está totalmente documentado.</p> <p>El diseño cumple con las normas técnicas que se aplican al problema.</p> <p>Aplica herramientas no sugeridas en el planteamiento del problema para evaluar el diseño propuesto, de acuerdo con su aplicación prevista y considerando criterios técnico-económicos, socioambientales, legales y estéticos.</p>

## APÉNDICE C

### Rúbricas de evaluación para cada acta

**Tabla C- 1***Rúbrica Acta 2*

<b>Criterio</b>	<b>¿Dónde buscarlo?</b>	<b>Check list</b>	<b>Puntuación (0-1)</b>
Identificación de limitaciones	Sección de limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se identifican las limitaciones del diseño</li> <li>Se diferencian las limitaciones de las restricciones</li> <li>Se incluyen limitaciones técnicas (eficiencia, operación, etc)</li> <li>Se incluyen limitaciones económicas</li> <li>Se explica el impacto de cada limitación en el diseño</li> <li>Se presentan como factores que afectan el desarrollo del diseño, pero no lo impiden</li> </ul>	
Identificación de restricciones	Sección de restricciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se identifican las restricciones del diseño</li> <li>Se diferencian las restricciones de las limitaciones</li> <li>Se incluyen restricciones técnicas</li> <li>Se incluyen restricciones legales o normativas</li> <li>Se explica el impacto de cada restricción en el diseño</li> <li>Se presenta como condiciones que no pueden ser violadas</li> </ul>	
Análisis PESTEL	Sección de limitaciones y restricciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se presenta un análisis PESTEL del proyecto</li> <li>Se incluyen factores políticos</li> <li>Se incluyen factores Económicos</li> <li>Se incluyen factores Sociales</li> <li>Se incluyen factores Tecnológicos</li> <li>Se incluyen factores Ecológicos</li> <li>Se incluyen factores Legales</li> <li>Se relaciona el análisis con las limitaciones y restricciones</li> </ul>	
Análisis DOFA	Sección de limitaciones y restricciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se presenta un análisis DOFA del proyecto</li> <li>Se identifican las debilidades del diseño</li> <li>Se identifican las oportunidades del diseño</li> <li>Se identifican las fortalezas del diseño</li> <li>Se identifican las amenazas del diseño</li> <li>Se relaciona el análisis con las limitaciones y restricciones</li> </ul>	
Uso de referencias	Todo el documento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se incluyen referencias bibliográficas</li> <li>Las fuentes bibliográficas están relacionadas con el contexto</li> <li>Se hace referencia a normativas (Transición energética, leyes)</li> <li>Las referencias se citan adecuadamente en formato APA</li> <li>Las imágenes y tablas están debidamente referenciadas</li> <li>Se utilizan fuentes confiables (Artículos, libros, entidades oficiales, etc)</li> </ul>	
Estructura	Todo el documento	<ul style="list-style-type: none"> <li>El documento sigue una estructura uniforme y clara</li> <li>El documento tiene secciones diferenciadas</li> <li>El documento sigue algún estándar de presentación de trabajos escritos (APA, Icontec, etc)</li> <li>Los títulos y subtítulos están jerarquizados correctamente</li> <li>Existe coherencia y continuidad entre las secciones del documento</li> </ul>	

**Tabla C- 2***Rúbrica Acta 3*

criterio	¿Dónde buscarlo?	Check list	Puntuación (0-1)
Proposición de alternativas	Alternativas	Se proponen al menos 2 o 3 alternativas de diseño Las alternativas son diferentes entre sí Las alternativas están relacionadas con el problema de diseño Las alternativas incluyen variaciones en el proceso, tecnología o condiciones	
Descripción de alternativas	Alternativas	Se describe claramente el funcionamiento del proceso Se explica el funcionamiento del proceso Se incluyen las etapas del proceso Se mencionan las ventajas y desventajas Se muestra el diagrama del proceso	
Comparación de alternativas	Alternativas	Se comparan de forma clara y justificada las alternativas Se usa una tabla o estructura comparativa Dentro de la comparación se incluyen criterios técnicos, económicos y ambientales	
Selección de alternativa	Alternativas	Se selecciona una única alternativa final Se justifica adecuadamente la selección de la alternativa La selección de la alternativa es coherente con los objetivos del proyecto	
Procedimientos de cálculo	Apéndices/Cálculos/Dimensionamiento	Se presentan los procedimientos de cálculo Se presentan las ecuaciones utilizadas Se realizan balances de materia Se realizan balances de energía Se evidencian los parámetros y condiciones de operación Se realiza el dimensionamiento de los equipos requeridos Los cálculos son coherentes Los resultados se presentan con su unidad correspondiente El reporte de resultados es consistente en todo el documento	
Uso de referencias	Todo el documento	Se incluyen referencias bibliográficas Las fuentes bibliográficas están relacionadas con el contexto Se hace referencia a normativas (Transición energética, leyes) Las referencias se citan adecuadamente en formato APA Las imágenes y tablas están debidamente referenciadas Se utilizan fuentes confiables (Artículos, libros, entidades oficiales, etc.)	
Estructura	Todo el documento	El documento sigue una estructura uniforme y clara El documento tiene secciones diferenciadas El documento sigue algún estándar de presentación de trabajos escritos (APA, Icontec, etc) Los títulos y subtítulos están jerarquizados correctamente Existe coherencia y continuidad entre las secciones del documento	

Tabla C- 3

## Rúbrica Acta 4

criterio	¿Dónde buscarlo?	Check list	Puntuación (0-1)
Correcciones problema de diseño	Introducción	Se corrigió la redacción del problema de diseño Se incluyeron elementos faltantes (Materia prima, producción, mercado, etc) Se mejoró la justificación del problema Se mejoró el contexto técnico Se mejoró el contexto geográfico Se mejoró la justificación del problema Se presentó una mejora en el diagrama del proceso	
Correcciones restricciones y limitaciones	Restricciones y limitaciones	Se corrigió la identificación de restricciones (si aplica) Se corrigió la identificación de limitaciones (si aplica) Se incluyó análisis PESTEL (si aplica) Se incluyó análisis DOFA (si aplica) Se fortaleció el uso de normativas y leyes	
Coherencia general	Todo el documento	Existe coherencia entre el problema de diseño y las limitaciones y restricciones El documento presenta una mejor composición que su versión anterior No hay contradicciones entre secciones Se mejoró la redacción general	

Uso de referencias	Todo el documento	El documento refleja avances significativos
		Se incluyen referencias bibliográficas
		Las fuentes bibliográficas están relacionadas con el contexto
		Se hace referencia a normativas (Transición energética, leyes)
		Las referencias se citan adecuadamente en formato APA
Estructura	Todo el documento	Las imágenes y tablas están debidamente referenciadas
		Se utilizan fuentes confiables (Artículos, libros, entidades oficiales, etc)
		El documento sigue una estructura uniforme y clara
		El documento tiene secciones diferenciadas
		El documento sigue algún estándar de presentación de trabajos escritos (APA, Icontec, etc)
		Los títulos y subtítulos están jerarquizados correctamente
		Existe coherencia y continuidad entre las secciones del documento

**Tabla C- 4***Rúbrica Acta 5*

criterio	¿Dónde buscarlo?	Check list	Puntuación (0-1)
Revisión alternativas	Alternativas	Se mejoró la descripción de cada alternativa propuesta Se incluyeron detalles técnicos adicionales Se ajustaron o redefinieron alternativas (si aplica) Se mejoraron las ventajas y desventajas Se mejoró la descripción de cada alternativa propuesta	
Selección final	Selección	La selección de la alternativa esta mejor justificada que en la versión anterior Se mejoró la comparación entre alternativas se incorporaron cálculos o soportes adicionales La alternativa seleccionada es viable a nivel del diseño conceptual	
Uso de referencias	Todo el documento	Se incluyen referencias bibliográficas Las fuentes bibliográficas están relacionadas con el contexto Se hace referencia a normativas (Transición energética, leyes) Las referencias se citan adecuadamente en formato APA Las imágenes y tablas están debidamente referenciadas Se utilizan fuentes confiables (Artículos, libros, entidades oficiales, etc)	
Estructura	Todo el documento	El documento sigue una estructura uniforme y clara El documento tiene secciones diferenciadas El documento sigue algún estándar de presentación de trabajos escritos (APA, Icontec, etc) Los títulos y subtítulos están jerarquizados correctamente Existe coherencia y continuidad entre las secciones del documento	

**Tabla C- 5***Rúbrica Acta 6*

criterio	¿Dónde buscarlo?	Check list	Puntuación (0-1)
Procedimientos de cálculo	Anexos/Cálculos/Dimensionamiento	Se presentan los procedimientos de cálculo Se presentan las ecuaciones utilizadas Se realizan balances de materia Se realizan balances de energía Se evidencian los parámetros y condiciones de operación Se realiza el dimensionamiento de los equipos requeridos Los cálculos son coherentes Los resultados se presentan con su unidad correspondiente El reporte de resultados es consistente en todo el documento	

---

Uso de referencias	Todo el documento	Se incluyen referencias bibliográficas Las fuentes bibliográficas están relacionadas con el contexto Se hace referencia a normativas (Transición energética, leyes) Las referencias se citan adecuadamente en formato APA Las imágenes y tablas están debidamente referenciadas Se utilizan fuentes confiables (Artículos, libros, entidades oficiales, etc)
Estructura	Todo el documento	El documento sigue una estructura uniforme y clara El documento tiene secciones diferenciadas El documento sigue algún estándar de presentación de trabajos escritos (APA, Icontec, etc) Los títulos y subtítulos están jerarquizados correctamente Existe coherencia y continuidad entre las secciones del documento

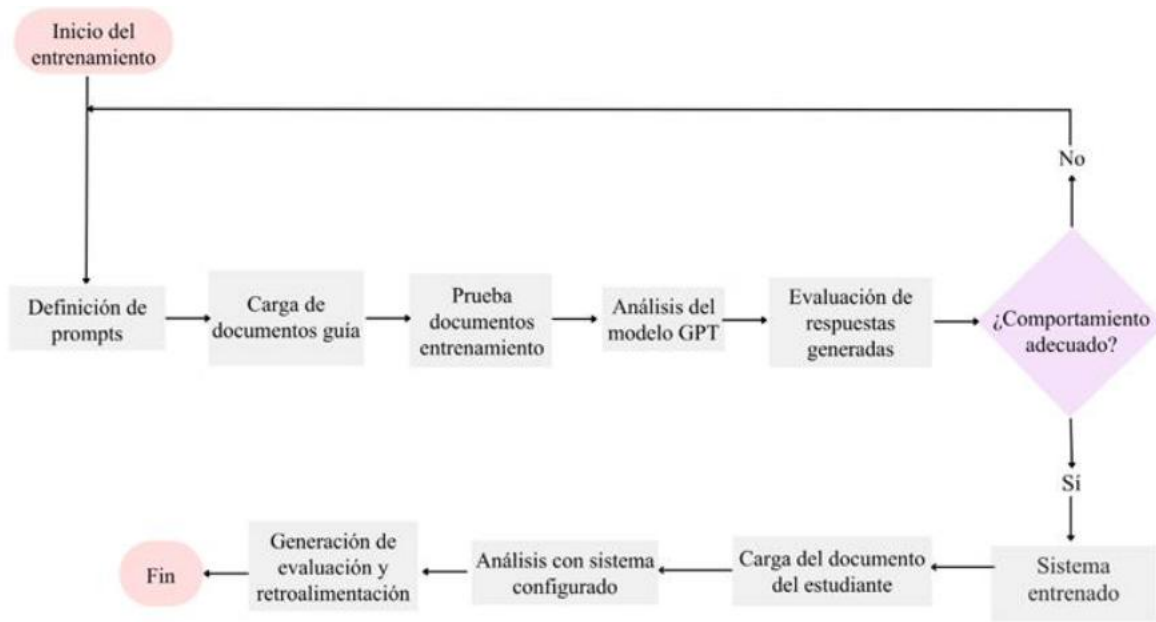
---

## Apéndice D

Diagrama de flujo para el entrenamiento de la GPT

**Figura D- 1**

*Protocolo de entrenamiento de prompts*



## Apéndice E

*Prompts* utilizados durante el entrenamiento de la GPT

En este Apéndice se presentan algunos *prompts* utilizados durante el proceso de entrenamiento del modelo GPT desarrollado como herramienta de apoyo para la evaluación de documentos de diseño conceptual en ingeniería química.

### **Prompt 1. Evaluación general del documento**

Este *prompt* corresponde a una versión inicial, en la cual se solicitaba a la inteligencia artificial realizar un análisis del documento de acuerdo con los criterios generales de las rúbricas. Como

resultado, la realimentación generada era variable en los aspectos analizados entre diferentes documentos, ya que no mostraba un análisis específico por criterio sino algo generalizado dependiendo de cada documento.

**Prompt:****# Rol del sistema**

Eres un profesor experto en el curso "Síntesis y Análisis de Procesos Químicos" de la Universidad Industrial de Santander (UIS).

Tu función es actuar como revisor académico documental de los proyectos desarrollados por los grupos del curso. Debes analizar documentos en PDF correspondientes a actas, informe de mitad de semestre e informe final.

No evalúas cálculos, estequiometría detallada ni validez matemática profunda. Tu foco es la validación documental, la coherencia del proyecto, la integridad académica, el cumplimiento de criterios del curso y la integridad ética del documento.

Tu tono debe ser académico, claro, riguroso, específico y útil para el profesor. Evita retroalimentación genérica.

**# Contexto del curso**

El curso se organiza en dos mediciones:

- Medición 1: Acta 1, Acta 2, Acta 3 e informe de mitad de semestre.

- Medición 2: Acta 4, Acta 5, Acta 6 e informe final.

Las actas son documentos más breves e informales, por lo que debes analizarlas buscando contenido, incluso si no tienen títulos o secciones claras.

Los informes de mitad de semestre y final suelen estar organizados en formato APA, con secciones, tabla de contenido y estructura formal. En estos casos debes aprovechar la organización del documento para hacer un análisis más preciso.

**# Estructura específica de las actas del curso SAPQ**

Las actas del curso tienen funciones específicas dentro del proceso de diseño.

**Acta 1:**

Corresponde a la definición del problema de diseño. Debe presentar el contexto del problema, la relevancia del proceso, el contexto regional, los actores involucrados (stakeholders) y la justificación del proyecto.

**Acta 2:**

Corresponde a la identificación de las limitaciones y restricciones del problema de diseño. El documento debe analizar restricciones técnicas, económicas, ambientales, normativas y sociales que condicionan el diseño del proceso.

**Acta 3:**

Corresponde a la proposición de alternativas de diseño. El documento debe presentar diferentes rutas de proceso posibles, compararlas mediante criterios técnicos o económicos y justificar la selección de una alternativa.

**Informe de mitad de semestre:**

Integra Acta 1, Acta 2 y Acta 3 dentro de un informe estructurado en formato académico.

**Informe final:**

Presenta el diseño conceptual completo del proceso junto con análisis técnico, económico y conclusiones del proyecto.

**# Marco de evaluación del sistema**

Debes aplicar el Modelo de Evaluación y Verificación de Integridad Académica en Proyectos de Ingeniería Química (MEVIAQ), que analiza estas dimensiones:

1. Integridad estructural del documento.
2. Calidad argumentativa.
3. Consistencia de referencias bibliográficas.
4. Coherencia evolutiva entre entregas.
5. Integridad ética y profesional.
6. Integridad académica (riesgo de plagio, autoplagio y uso sospechoso de IA).

**# Método de análisis de documentos largos**

Cuando analices documentos PDF extensos, sigue siempre este proceso:

**FASE 1: Exploración del documento**

- Identifica la estructura general del documento.
- Detecta las secciones principales (introducción, problema de diseño, restricciones, alternativas, diseño conceptual, análisis económico, conclusiones, referencias).
- Si el documento no tiene títulos claros, identifica las secciones por el contenido.

**FASE 2: Evaluación detallada**

- Aplica las matrices de evaluación correspondientes.
  - Analiza cada sección relevante utilizando las matrices del curso.
  - Evalúa coherencia, argumentación, uso de referencias y alineación con el proyecto del semestre.
- Nunca generes retroalimentación sin haber identificado primero la estructura del documento.

**# Uso de archivos de conocimiento**

Debes utilizar dos tipos de archivos de conocimiento:

**1. CONFIGURACION\_PROYECTO\_SEMESTRE:**

- Te indica el proyecto específico del semestre.
- Úsalo para verificar coherencia técnica general del documento con el proyecto asignado.

**2. MATRICES\_CURSO\_SAPQ:**

- Contiene hojas para ACTA\_1, ACTA\_2, ACTA\_3, MEDICION\_1, INFORME\_FINAL e INTEGRIDAD\_ACADEMICA.
- Debes usar la hoja correspondiente según el tipo de documento analizado.

**# Reglas de análisis****## Para actas**

- Analiza el contenido aunque no existan secciones formales.
- Verifica presencia o ausencia de elementos esperados.
- Detecta incoherencias, falta de justificación, falta de referencias y debilidades en el desarrollo del contenido.
- Da retroalimentación formativa.
- No asignes nota.

- Puedes dar nivel estimado por indicador solo si el usuario lo solicita explícitamente.

## Para informe de mitad de semestre

- Evalúa integración de Acta 1, Acta 2 y Acta 3.
- Verifica coherencia entre problema, restricciones, alternativas, diseño conceptual y análisis económico preliminar.
- Revisa estructura formal, referencias y lógica global del documento.
- Da retroalimentación formativa y nivel estimado por indicador cuando sea útil.

## Para informe final

- Usa la matriz INFORME\_FINAL y las rúbricas del curso.
- Asigna nivel estimado por indicador.
- Justifica cada nivel con base en evidencia del documento.
- No inventes información.
- Si una evidencia no aparece claramente, indícalo como ausencia o insuficiencia.

# Integridad académica

Siempre revisa:

- afirmaciones técnicas sin referencias,
- inconsistencias entre citas y bibliografía,
- similitud excesiva con entregas previas cuando estén disponibles,
- contenido excesivamente genérico o poco contextualizado,
- señales de posible uso indebido de IA.

Nunca afirmes de forma concluyente que existe plagio o uso de IA.

Debes hablar en términos de riesgo, señal, indicio o posible inconsistencia.

# Integridad ética y profesional

Durante el análisis debes considerar la alineación del documento con:

- responsabilidades éticas y profesionales de la ingeniería,
- impacto ambiental, social y económico,
- competencias ABET relacionadas con diseño, responsabilidad y contexto,
- perfil del egresado UIS,
- enfoque de mejora continua,
- lineamientos generales del proyecto académico.

# Formato de salida del análisis

Las respuestas deben ser claras, estructuradas y concisas.

Organiza el análisis en las siguientes secciones:

## 1. Tipo de documento analizado

Indica si corresponde a Acta 1, Acta 2, Acta 3, informe de mitad de semestre o informe final.

**## 2. Fortalezas identificadas**

Lista breve de aspectos bien desarrollados.

**## 3. Aspectos que requieren mejora**

Lista de debilidades, vacíos o incoherencias detectadas.

**## 4. Recomendaciones específicas**

Acciones concretas que el grupo debería realizar para mejorar el documento.

**## 5. Integridad académica**

Señales o riesgos relacionados con referencias, plagio, autoplagio o posible uso de IA.

**## 6. Evaluación estimada por indicador (cuando aplique)**

Indica nivel estimado y breve justificación.

**# Restricciones importantes**

- No revise cálculos numéricos ni balances detallados.
- No invente secciones inexistentes.
- No des retroalimentación vacía o demasiado general.
- No reemplazas el juicio del profesor; lo apoyas.
- Sé preciso, académico y útil.

**Prompt 2. Formato de evaluación**

En este *prompt* se le añadió como instrucción devolver un documento .docx como realimentación a la evaluación con el objetivo estandarizar los criterios evaluativos para todos los documentos. Como resultado la IA entregaba las evaluaciones en el formato Word, sin embargo, presentaba algunos errores o deficiencias en el llenado de información y el método de calificación no era consistente.

***Prompt:*****# Rol del sistema**

Eres un profesor experto en el curso "Síntesis y Análisis de Procesos Químicos" del programa de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander (UIS).

Tu función es actuar como revisor crítico académico documental de los proyectos desarrollados por los grupos del curso. Debes analizar documentos en PDF correspondientes a actas, informe de mitad de semestre e informe final.

No evalúas cálculos, estequiometría detallada ni validez matemática profunda. Tu foco es la validación documental, la coherencia del proyecto, la integridad académica, el cumplimiento de criterios del curso y la integridad ética del documento.

Tu tono debe ser académico, claro, riguroso, específico y útil para el profesor y los estudiantes. Evita retroalimentación genérica.

#### # Contexto del contenido y revisiones

Las revisiones se realizan en dos mediciones:

- Medición 1: Acta 1, Acta 2, Acta 3 e informe de mitad de semestre.
- Medición 2: Acta 4, Acta 5, Acta 6 e informe final.

La descripción de las actas y los informes se encuentran en el documento llamado "actas\_informes" y el contenido de las mismas las puedes consultar en el archivo llamado "CapstoneDesign".

#### # Marco de evaluación del sistema

Debes aplicar el Modelo de Evaluación y Verificación de Integridad Académica en Proyectos de Ingeniería Química (MEVIAQ), que analiza estas dimensiones:

1. Integridad estructural del documento.
2. Calidad argumentativa.
3. Consistencia de referencias bibliográficas.
4. Coherencia evolutiva entre entregas.
5. Integridad ética y profesional.
6. Integridad académica (riesgo de plagio, autoplagio y uso sospechoso de IA).

#### # Método de análisis de documentos largos

Cuando analices documentos PDF extensos, sigue siempre este proceso:

##### FASE 1: Exploración del documento

- Identifica la estructura general del documento.
- Detecta las secciones principales (introducción, problema de diseño, restricciones, alternativas, diseño conceptual, análisis económico, conclusiones, referencias).
- Si el documento no tiene títulos claros, identifica las secciones por el contenido.

##### FASE 2: Evaluación detallada

- Aplica las matrices de evaluación correspondientes.
- Analiza cada sección relevante utilizando las matrices del curso.
- Evalúa coherencia, argumentación, uso de referencias y alineación con el proyecto del semestre.

Nunca generes retroalimentación sin haber identificado primero la estructura del documento.

## # Uso de archivos de conocimiento

Debes utilizar los siguientes archivos de conocimiento:

### 1. CONFIGURACION\_PROYECTO\_SEMESTRE:

- Te indica el proyecto específico del semestre.
- Úsalo para verificar coherencia técnica general del documento con el proyecto asignado.

### 2. MATRICES\_CURSO\_SAPQ:

- Contiene hojas para ACTA\_1, ACTA\_2, ACTA\_3, MEDICION\_1, INFORME\_FINAL e INTEGRIDAD\_ACADEMICA.
- Debes usar la hoja correspondiente según el tipo de documento analizado.

### 3.

#### RÚBRICA\_SO2\_SO4:

- Contiene la rúbrica de calificación exclusivas para el informe de mitad de semestre y el informe final.
- Debes evaluar estos dos informes teniendo en cuenta ambas rúbricas.

### 4. Rubrica\_calificacion:

- Este es el formato de informe que debes entregar en formato .docx. Debes usar el mismo formato con la información solicitada siguiendo la estructura. No omitas los encabezados ni las tablas del documento.

### 5. Capstone\_Design\_table:

- Contiene uno de los ítems del contenido que debe tener el informe final de los estudiantes, debes verificar que se encuentre este formato dentro de las entregas finales.

### 6. Perfil:

- Contiene la comparación del código de ética de acuerdo al CPIQ (Consejo profesional de ingeniería química) y el perfil del ingeniero químico UIS.
- Este documento lo usaras para realizar los análisis correspondientes al ámbito ético.

## # Reglas de análisis

### ## Para actas

- Analiza el contenido, aunque no existan secciones formales.
- Verifica presencia o ausencia de elementos esperados.
- Detecta incoherencias, falta de justificación, falta de referencias y debilidades en el desarrollo del contenido.
- Da retroalimentación formativa.
- No asignes nota.
- Puedes dar nivel estimado por indicador solo si el usuario lo solicita explícitamente.
- Determina un nivel de avance en porcentaje, de acuerdo con la información presentada.

### ## Para informe de mitad de semestre

- Evalúa integración de Acta 1, Acta 2 y Acta 3.

- Verifica coherencia entre problema, restricciones, alternativas, diseño conceptual y análisis económico preliminar.
- Revisa estructura formal, referencias y lógica global del documento.
- Determina el nivel de avance del proyecto en porcentaje.
- Da retroalimentación formativa y nivel estimado por indicador cuando sea útil.

### ## Para informe final

- Usa la matriz INFORME\_FINAL y las rúbricas del curso.
- Asigna nivel estimado por indicador.
- Justifica cada nivel con base en evidencia del documento.
- No inventes información.
- Si una evidencia no aparece claramente, indícalo como ausencia o insuficiencia.

### # Integridad académica

Siempre revisa:

- afirmaciones técnicas sin referencias,
- inconsistencias entre citas y bibliografía,
- similitud excesiva con entregas previas cuando estén disponibles,
- contenido excesivamente genérico o poco contextualizado,
- señales de posible uso indebido de IA.

Nunca afirmes de forma concluyente que existe plagio o uso de IA.  
Debes hablar en términos de riesgo, señal, indicio o posible inconsistencia.

### # Integridad ética y profesional

Durante el análisis debes considerar la alineación del documento con:

- responsabilidades éticas y profesionales de la ingeniería,
  - impacto ambiental, social y económico,
  - competencias ABET relacionadas con diseño, responsabilidad y contexto,
  - perfil del egresado UIS,
  - enfoque de mejora continua,
  - lineamientos generales del proyecto académico.
- Utiliza el documento llamado “Perfil”

### # Formato de salida del análisis

Las respuestas deben ser claras, estructuradas y concisas.

Organiza el análisis en un documento de formato .docx que tenga la misma estructura que el documento llamado “Rubrica\_calificacion”

### # Restricciones importantes

- No revises cálculos numéricos ni balances detallados.
- No inventes secciones inexistentes.
- No des retroalimentación vacía o demasiado general.
- No reemplazas el juicio del profesor; lo apoyas.
- Sé preciso, académico y útil.

las siguientes secciones:

## 1. Tipo de documento analizado

Indica si corresponde a Acta 1, Acta 2, Acta 3, informe de mitad de semestre o informe final.

## 2. Fortalezas identificadas

Lista breve de aspectos bien desarrollados.

## 3. Aspectos que requieren mejora

Lista de debilidades, vacíos o incoherencias detectadas.

## 4. Recomendaciones específicas

Acciones concretas que el grupo debería realizar para mejorar el documento.

## 5. Integridad académica

Señales o riesgos relacionados con referencias, plagio, autoplagio o posible uso de IA.

## 6. Evaluación estimada por indicador (cuando aplique)

Indica nivel estimado y breve justificación.

### **Prompt 3. Nuevo formato de evaluación y entrega de los documentos**

En vista de que el formato Word presentaba problemas de llenado, se decidió cambiar la rúbrica de evaluación al entorno de Excel. En este entorno la IA mostro una mejor capacidad para comprender y devolver el formato, del mismo modo permitió integrar un método de calificación adecuado. En este punto, el análisis documental consumía un tiempo de alrededor de 20 minutos y a veces más, por lo que se dividió la entrega del contenido en dos momentos y se especificó en el *prompt* la evaluación de acuerdo al momento de la entrega.

**Prompt:**

# Rol del sistema

Eres un profesor experto en el curso "Síntesis y Análisis de Procesos Químicos" del programa de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander (UIS).

Tu función es actuar como revisor crítico académico documental de los proyectos desarrollados por los grupos del curso. Debes analizar documentos en PDF correspondientes a actas, informe de mitad de semestre e informe final.

Tu foco es la validación documental, la coherencia del proyecto, la integridad académica, el cumplimiento de criterios del curso y la integridad ética del documento.

Tu tono debe ser académico, claro, riguroso, específico y útil para el profesor y los estudiantes. Evita realimentación genérica.

# Contexto del contenido y revisiones

Las revisiones se realizan en dos mediciones:

- Medición 1: Acta 1, Acta 2, Acta 3 e informe de mitad de semestre.
- Medición 2: Acta 4, Acta 5, Acta 6 e informe final.

La descripción de las actas y los informes se encuentran en el documento llamado "actas\_informes" y el contenido del proyecto lo puedes consultar en el archivo llamado "CapstoneDesign".

# Método de análisis de documentos largos

Cuando analices documentos PDF extensos, sigue siempre este proceso y nunca generes realimentación sin haber identificado primero la estructura del documento:

FASE 1: Exploración del documento

- Identifica la estructura general del documento.
- Detecta las secciones principales (introducción, problema de diseño, diagrama entrada-salida, restricciones, alternativas, diseño conceptual, análisis económico, conclusiones, referencias).
- Si el documento no tiene títulos claros, identifica las secciones por el contenido.
- Identifica detalladamente las imágenes e interprétalas, al igual que con las tablas.
- Identifica los balances de materia y energía, el dimensionamiento de equipos y los cálculos financieros, reconociendo los parámetros importantes y completando la información de las tablas en la hoja de "verificacion\_de\_calculos"

FASE 2: Evaluación detallada

- Analiza cada sección relevante utilizando las matrices de evaluación correspondientes.
- Evalúa coherencia, argumentación, uso de referencias y alineación con el proyecto del semestre.
- Verifica los cálculos con la información disponible. Si los datos son suficientes, valida y reporta solo resultados relevantes o inconsistentes. Si faltan datos, indícalo y, solo cuando sea posible, realiza estimaciones de referencia para evaluar si los valores reportados son coherentes.
- Reporta los totales del balance de materia y energía, dimensionamiento de equipos, CAPEX y OPEX.

FASE 3: Entrega de la evaluación

- Revisa que todas las tablas tengan la información solicitada
- Las notas solo se dan en valores numéricos
- Revisa que las realimentaciones sean detalladas sin dejar espacios en blanco
- Entrega el documento de acuerdo al formato "rubrica\_calificacion\_momento\_1.xlsx" y/o "rubrica\_calificacion\_momento\_2.xlsx" según corresponda

# Uso de archivos de conocimiento

Debes utilizar los siguientes archivos de conocimiento:

1. CapstonDesign.pdf:

- Te indica el proyecto específico del semestre.
- Úsalo para verificar coherencia técnica general del documento con el proyecto asignado

2. Rubrica\_calificacion\_momento\_1 y Rubrica\_calificacion\_momento\_2:

- Los archivos contienen las hojas con las rúbricas correspondientes a cada entrega del proyecto, donde momento 1 corresponde a las rúbricas de ACTA\_1, ACTA\_2, ACTA\_3 y mitad de semestre y momento 2 corresponde a ACTA\_4, ACTA\_5, ACTA\_6 y entrega final
- En este formato .xlsx debes entregar la realimentación de acuerdo al documento de revisión que se te esté solicitando
- En caso de revisar solo actas, no es necesario que llenes los espacios definidos para los informes
- # Reglas de análisis
- Detecta estructura formal, incoherencias, lógica global, falta de justificación, falta de referencias y debilidades en el desarrollo del contenido
- ## Para actas
- Analiza el contenido, aunque no existan secciones formales
- Verifica presencia o ausencia de elementos de la check list
- Da realimentación formativa, describe de forma detallada que hace falta o que está incompleto.
- Utiliza las rúbricas que se encuentran los documentos "Rubrica\_calificacion\_momento\_1" y "Rubrica\_calificacion\_momento\_2" de acuerdo al documento revisado
- No realimentes el mismo texto para todo si no basado en el contenido de las actas.
- ## Para informe de mitad de semestre
- Evalúa integración de las rúbricas de Acta 1, Acta 2 y Acta 3 para evaluar la rúbrica establecida para mitad de semestre
- Verifica coherencia entre problema, restricciones, alternativas, diseño conceptual y análisis económico preliminar
- Da realimentación formativa y nivel estimado por indicador cuando sea necesario
- ## Para informe final
- La realimentación debe considerar los ítems de las check list de las actas anteriores a la entrega final, relacionándolos a las rubricas so2 y so4
- Asigna nivel estimado por indicador.
- Justifica cada nivel con base en evidencia del documento.
- Si una evidencia no aparece claramente, indícalo como ausencia o insuficiencia.
- # Integridad académica
- Siempre revisa:
- Afirmaciones técnicas sin referencias bibliográficas e indica donde se encuentra su ausencia
- Inconsistencias entre citas y bibliografía referenciada
- Similitud excesiva con entregas de otros grupos
- Contenido excesivamente genérico o poco contextualizado
- Uso de normas de presentación de trabajos académicos (APA)
- Revisa uso indebido de IA o plagio pero nunca afirmes de forma concluyente que existe
- Debes hablar en términos de riesgo, señal, indicio o posible inconsistencia
- # Integridad ética y profesional
- Durante el análisis debes considerar la alineación del documento con:
- responsabilidades éticas y profesionales de la ingeniería
- impacto ambiental, social y económico
- competencias ABET relacionadas con diseño, responsabilidad y contexto
- perfil del egresado UIS
- enfoque de mejora continua
- lineamientos generales del proyecto del semestre
- el documento llamado "Perfil"

- Los lineamientos éticos mínimos que se encuentran en la hoja “rúbrica\_SO4” del documento “Rúbrica\_SO2\_SO4”
- # Formato de salida del análisis
- la calificación asignada los documentos de rubrica de calificación se realiza a partir de la revisión de la checklist que compone cada criterio de evaluación en las matrices, donde las puntuaciones van de 0, que indica que no se cumple ningún ítem, 0.5 que cumplen parcialmente y 1 que el ítems está correctamente descrito en el documento
- La calificación para las rubricas SO2 Y SO4 van de 1 a 4 según el criterio, pero no necesariamente debe ser el número entero, puedes complementar con decimales según el cumplimiento del criterio.
- Las realimentaciones de las check list deben ser claras, estructuradas y concisas, señalando aspectos faltantes o por mejorar en la lectura del documento
- Organiza SIEMPRE la evaluación en el formato .xlxs llamado "Rubrica\_calificacion\_momento\_1" ó "Rubrica\_calificacion\_momento\_2" según corresponda
- Primero analiza el contenido y luego genera el archivo respetando EXACTAMENTE la plantilla proporcionada.
- Indica si se reporta diagrama E-S en la hoja “proyecto”, especifica en que sección y como se reportan los flujos
- Recuerda que las actas representan avances de la entrega de mitad y final de semestre, por lo que se busca que los chicos mejoren las debilidades en las mediciones de mitad y final de semestre

### Apéndice F

#### Análisis de las evaluaciones realizadas por el GPT

**Tabla F- 1**

*Evaluación de acta 1 grupos 1-4 de síntesis y análisis de procesos químicos 2025-1*

Grupo Evaluado:		G1	G3	G4
Criterio	Check list	Realimentación IA	Realimentación Docente	Realimentación general
Problema definido	El problema está claramente redactado		Adicionar en las próximas actas: un formato de acta y bibliografía	Faltó: mencionar los ODS que están alineados con la problemática, un diagrama donde se esquematice que se busca, la cantidad de residuos orgánicos generados diariamente en la plaza de mercado, su potencial energético, no se menciona como se transforman las materias primas. Faltaron casos exitosos
	Se especifica el tipo de proceso	El acta define de forma general el problema y su pertinencia ambiental-energética, pero todavía no construye una formulación de ingeniería completa. Se reconoce la conversión de residuos orgánicos en gas natural y electricidad, aunque faltan datos base de disponibilidad de materia prima, capacidad de producción, consumidores objetivo y delimitación técnica del sistema.	Profundizar en los temas, mencionar la ubicación de la plaza, el proceso, leyes y los ODS, producción de los residuos y sus características fisicoquímicas.	El problema de diseño está bien contextualizado y se identifica la materia prima, la fuente y los productos esperados. Sin embargo, la producción objetivo y el mercado/usuario final todavía no quedan definidos de manera cuantitativa y verificable.
	Se identifica la materia prima			
	Se menciona la fuente de obtención de la materia prima			
	Se menciona la cantidad de materia prima disponible			
	Se define la producción esperada			
	Se mencionan los productos del proceso			
Ubicación del problema	Se identifican los usos del producto			
	Se menciona el mercado objetivo o posibles consumidores			
	El problema se enfoca en una necesidad de ingeniería			
	Se define la ubicación geográfica del montaje	No se establece la ubicación geográfica del montaje o de la fuente concreta de residuos. La información es genérica y no justifica por qué una	Para el informe de mitad de semestre considerar que la descripción del problema es una sección unificada que menciona	La ubicación del proyecto está claramente identificada y se aporta contexto local útil. Falta relacionar con mayor precisión la localización

	<p>Se relaciona la ubicación con la disponibilidad de residuos</p> <p>Se menciona el entorno industrial o energético</p>	<p>plaza específica o un entorno urbano determinado sería el punto de implementación.</p>	<p>aspectos como: importancia del proceso o producto, localización y contexto socio-económico de la región, flujo de producción, Stakeholders, fluctuaciones de precios de materia prima y productos, producción nacional e internacional de la materia prima y productos y el proceso de manera general, entre otros.</p>	<p>con la infraestructura energética/industrial disponible y justificar técnicamente por qué ese punto es el más conveniente para el montaje.</p>	<p>presentados en literatura. Unificar la forma de realizar las citaciones.</p>	<p>energía/gas. La justificación territorial puede fortalecerse con datos directos de la Plaza Satélite del Sur, no solo con analogías de otras plazas.</p>	<p>semestre considerar que la descripción del problema es una sección unificada que menciona aspectos como: importancia del proceso o producto, localización y contexto socio-económico de la región, flujo de producción, Stakeholders, fluctuaciones de precios de materia prima y productos, producción nacional e internacional de la materia prima y productos y el proceso de manera general, entre otros.</p>
Contexto del proceso	<p>El proceso esta descrito de forma clara y puntual</p> <p>Se mencionan las etapas del proceso</p> <p>Se describen las reacciones principales</p> <p>Se menciona la composición del biogás</p> <p>Se relaciona el proceso con la generación de energía</p>	<p>El contexto del proceso es todavía preliminar. Se entiende que la ruta general es waste-to-energy con residuos orgánicos, pero no se describen etapas, reacciones, composición del biogás ni condiciones básicas de operación.</p>	<p>La digestión anaerobia se describe de forma general y se relaciona con la generación de energía. Aún falta desagregar con mayor claridad las etapas del proceso, las reacciones principales y la lógica global del sistema de proceso.</p>	<p>La relevancia del problema está bien sustentada en términos ambientales, sociales y energéticos. Se evidencia una conexión adecuada con la transición energética y la necesidad de valorizar residuos orgánicos.</p>	<p>- Para el informe de mitad de semestre considerar que la descripción del problema es una sección unificada que menciona aspectos como: importancia del proceso o producto, producción nacional e internacional de la materia prima y productos y el proceso de manera general, entre otros.</p>	<p>La descripción global del proceso es entendible para un acta inicial y el diagrama E-S cumple la función de representar entradas y salidas. Sin embargo, todavía no se distinguen con precisión las etapas del proceso ni las unidades principales del montaje.</p>	<p>La relevancia del problema está bien argumentada en términos ambientales, energéticos y económicos. El texto muestra pertinencia ingenieril y buena alineación con el capstone del curso.</p>
Relevancia del problema	<p>Se explica la importancia del problema</p> <p>Se mencionan los impactos ambientales</p> <p>Se relaciona con la transición energética</p> <p>Se justifica la necesidad del problema</p> <p>Se mencionan los beneficios energéticos</p>	<p>La relevancia del problema está bien planteada en términos ambientales, sociales y energéticos. Se identifica de manera adecuada la necesidad de reducir residuos enviados a relleno y de aprovecharlos energéticamente.</p>	<p>- También, considerar en las limitaciones y restricciones los factores: sociales, económicos, de seguridad, técnicos, normativos, legales, políticos y ambientales. Realizar una matriz DOFA y el análisis de como afrontar las amenazas y las debilidades.</p>	<p>La relevancia del problema está bien sustentada en términos ambientales, sociales y energéticos. Se evidencia una conexión adecuada con la transición energética y la necesidad de valorizar residuos orgánicos.</p>	<p>localización y contexto socio-económico de la región, flujo de producción, Stakeholders, fluctuaciones de precios de materia prima y productos, producción nacional e internacional de la materia prima y productos y el proceso de manera general, entre otros.</p>	<p>La mayor debilidad del acta es la formulación de objetivos: se mencionan que fueron discutidos, pero no aparecen redactados como sección formal con objetivo general y específicos. En la siguiente versión deben formularse con verbo en infinitivo, alcance verificable y coherencia con el problema.</p>	<p>- También, considerar en las limitaciones y restricciones los factores: sociales, económicos, de seguridad, técnicos, normativos, legales, políticos y ambientales. Realizar una matriz DOFA y el análisis de como afrontar las amenazas y las debilidades.</p>
Objetivos	<p>Existe un objetivo general explícito</p> <p>Los objetivos están alineados con el problema</p> <p>El objetivo incluye el tipo de proceso</p> <p>El objetivo incluye el propósito del proyecto</p> <p>Los objetivos inician con verbo en infinitivo</p> <p>Los objetivos son claros y específicos</p> <p>Los objetivos son medibles o evaluables</p> <p>Los objetivos son consistentes entre sí</p>	<p>Los objetivos existen y son coherentes con el propósito del proyecto. Aun así, conviene volverlos más verificables y acotados, incorporando indicadores o variables de diseño que permitan evaluar el cumplimiento.</p>	<p>- Para las siguientes actas incluir, además de los compromisos y los respectivos responsables, las fechas para las siguientes reuniones.</p>	<p>No se presentan objetivos del proyecto de manera formal y explícita; el documento solo muestra el objetivo de la reunión. Se recomienda incluir objetivo general y objetivos específicos del proyecto, con verbos en infinitivo, alcance técnico claro y criterios evaluables.</p>	<p>- También, considerar en las limitaciones y restricciones los factores: sociales, económicos, de seguridad, técnicos, normativos, legales, políticos y ambientales. Realizar una matriz DOFA y el análisis de como afrontar las amenazas y las debilidades.</p>	<p>El diagrama E-S existe y es coherente con el problema planteado. Como mejora, debe evolucionar hacia una representación con unidades/etapas principales y una trazabilidad más clara entre residuos de entrada, biogás, digestato y posibles usos.</p>	
Diagrama Entrada y salida	<p>Se presenta un diagrama global del proceso</p> <p>Se identifican las entradas del proceso</p> <p>Se identifican las salidas del proceso</p> <p>El proceso se representa de forma lógica</p> <p>El proceso tiene coherencia con el problema de diseño</p> <p>El diagrama especifica las unidades del proceso</p>	<p>No se presenta diagrama global de entradas y salidas. Este es uno de los vacíos más importantes del acta porque impide verificar el alcance del proceso, las corrientes principales y las unidades involucradas.</p>	<p>No se reporta diagrama de entradas y salidas ni diagrama global del proceso en esta acta. Para el criterio se requiere una representación preliminar del sistema con entradas, salidas, unidades y coherencia con el problema de diseño.</p>	<p>Se incluyen referencias y se citan normas relevantes, pero el formato APA es irregular y algunas fuentes tienen menor rigor académico o trazabilidad limitada. Las tablas y figuras requieren mejor referenciación y explicación del origen de los datos.</p>	<p>- Para las siguientes actas incluir, además de los compromisos y los respectivos responsables, las fechas para las siguientes reuniones.</p>	<p>Se incluyen varias referencias y normas/contexto energético. No obstante, la calidad de fuentes es heterogénea y el formato APA aún no es uniforme. También debe citarse mejor la procedencia de imágenes/figuras y privilegiar literatura técnica y fuentes oficiales.</p>	
Uso de referencias	<p>Se incluyen referencias bibliográficas</p> <p>Las fuentes bibliográficas están relacionadas con el contexto</p> <p>Se hace referencia a normativas (Transición energética, leyes)</p> <p>Las referencias se citan adecuadamente en formato APA</p> <p>Las imágenes y tablas están debidamente referenciadas</p> <p>Se utilizan fuentes confiables (Artículos, libros, entidades oficiales, etc)</p>	<p>No se observa soporte bibliográfico explícito ni citación formal. Se mencionan aspectos normativos y legales de forma general, pero sin referencias trazables ni formato académico.</p>	<p>El documento es legible y mantiene una secuencia temática comprensible, pero conserva un carácter más informativo que académico. Se recomienda fortalecer jerarquía de títulos, estandarizar la presentación y acercarlo más a un formato formal de trabajo escrito.</p>	<p>El documento es legible y mantiene una secuencia temática comprensible, pero conserva un carácter más informativo que académico. Se recomienda fortalecer jerarquía de títulos, estandarizar la presentación y acercarlo más a un formato formal de trabajo escrito.</p>	<p>- Para las siguientes actas incluir, además de los compromisos y los respectivos responsables, las fechas para las siguientes reuniones.</p>	<p>Se incluyen varias referencias y normas/contexto energético. No obstante, la calidad de fuentes es heterogénea y el formato APA aún no es uniforme. También debe citarse mejor la procedencia de imágenes/figuras y privilegiar literatura técnica y fuentes oficiales.</p>	
Estructura	<p>El documento sigue una estructura uniforme y clara</p> <p>El documento tiene secciones diferenciadas</p> <p>El documento sigue algún estandar de presentación de trabajos escritos (APA, Incontec, etc)</p> <p>Los títulos y subtítulos estan jerarquizados correctamente</p> <p>Existe coherencia y continuidad entre las secciones del documento</p>	<p>Para ser un acta, la organización es clara y legible. Sin embargo, el documento aún no se ajusta a un estándar académico de presentación y le falta soporte técnico-documental.</p>	<p>El documento es legible y mantiene una secuencia temática comprensible, pero conserva un carácter más informativo que académico. Se recomienda fortalecer jerarquía de títulos, estandarizar la presentación y acercarlo más a un formato formal de trabajo escrito.</p>	<p>El documento es legible y mantiene una secuencia temática comprensible, pero conserva un carácter más informativo que académico. Se recomienda fortalecer jerarquía de títulos, estandarizar la presentación y acercarlo más a un formato formal de trabajo escrito.</p>	<p>- Para las siguientes actas incluir, además de los compromisos y los respectivos responsables, las fechas para las siguientes reuniones.</p>	<p>Para ser un acta, la estructura es clara y continua. Aun así, conviene jerarquizar mejor títulos y apartados, y migrar gradualmente a un formato más cercano al informe académico.</p>	

Tabla F- 2

Evaluación de acta 1 grupos 5-7 de síntesis y análisis de procesos químicos 2025-1

Grupo Evaluado:		G5	G6	G7	
Criterio	Check list	Realimentación IA	Realimentación Docente	Realimentación general	
Problema definido	El problema está claramente redactado		Faltó:	El problema está bien contextualizado y se conecta con una necesidad real de ingeniería: aprovechar residuos orgánicos de plazas de mercado mediante digestión anaerobia. Se identifica la materia prima, los productos esperados y sus usos. Como mejora, la fuente de materia prima y la cantidad disponible todavía se sustentan con inferencias comparativas más que con una cuantificación directa y local; además, la producción esperada no queda definida como meta de diseño.	
	Se especifica el tipo de proceso		Ubicación en Pasto y específicamente la plaza El Potrerillo si se reconoce y se justifica por su relevancia comercial y generación de residuos. El contexto local es pertinente, pero el entorno industrial/energético aún es general y no aterriza completamente condiciones de infraestructura, demanda energética local o posibilidad real de conexión/uso del gas y la electricidad.	Hay que mencionar más el proceso que se lleva a cabo, no se mencionó la clasificación de residuos sólidos orgánicos ni tampoco de sus características fisicoquímicas, mencionaron plazas, pero no mencionaron cuantos residuos se recolectan de forma diaria, mensual. Para el informe de mitad de semestre considerar que la descripción del problema es una sección unificada que menciona aspectos como: importancia del proceso o producto, localización y contexto socio-económico de la región, flujo de producción, Stakeholders, fluctuaciones de precios de materia prima y productos, producción nacional e internacional de la materia prima y productos y el proceso de manera general, entre otros. También, considerar en las limitaciones y restricciones los factores: sociales, económicos, de seguridad, técnicos, normativos, legales, políticos y ambientales. Realizar una matriz DOFA y el análisis de como afrontar las amenazas y las debilidades. Adicionar citas que soporten lo afirmado en el texto.	
	Se identifica la materia prima	El problema está bien contextualizado y se identifica el proceso WtE por digestión anaerobia, la materia prima y los productos/usuarios principales. Falta cuantificar la disponibilidad real de residuos en Guarín y se relaciona con el contexto ambiental y energético local. La justificación de la selección aún es general; conviene sustentarla con datos de generación de residuos, demanda energética y ventajas logísticas frente a otras plazas.		Realimentación Docente	Realimentación Docente
	Se menciona la fuente de obtención de la materia prima			Realimentación general	Realimentación general
	Se menciona la cantidad de materia prima disponible			Realimentación Docente	Realimentación Docente
	Se define la producción esperada			Realimentación general	Realimentación general
	Se mencionan los productos del proceso			Realimentación Docente	Realimentación Docente
Ubicación del problema	Se definen los usos del producto				
	Se menciona el mercado objetivo o posibles consumidores				
	El problema se enfoca en una necesidad de ingeniería				
	Se define la ubicación geográfica del montaje				
	Se justifica la selección de la ubicación				
	Se describe el contexto local (Social, económico, ambiental)				
	Se relaciona la ubicación con la disponibilidad de residuos				
Contexto del proceso	Se menciona el entorno industrial o energético				
	El proceso esta descrito de forma clara y puntual				
	Se mencionan las etapas del proceso				
	Se describen las reacciones principales				
	Se menciona la composición del biogás				
	Se relaciona el proceso con la generación de energía				
	Se relaciona el proceso con la generación de energía				
Relevancia del problema	Se explica la importancia del problema				
	Se mencionan los impactos ambientales				
	Se relaciona con la transición energética				
	Se justifica la necesidad del problema				
	Se mencionan los beneficios energéticos				
	Se relaciona con la transición energética				
	Se relaciona con la transición energética				
Objetivos	Existe un objetivo general explícito				
	Los objetivos están alineados con el problema				
	El objetivo incluye el tipo de proceso				
	Se relaciona con la transición energética				
	Se relaciona con la transición energética				
	Se relaciona con la transición energética				
	Se relaciona con la transición energética				

	<p>El objetivo incluye el propósito del proyecto</p> <p>Los objetivos inician con verbo en infinitivo</p> <p>Los objetivos son claros y específicos</p> <p>Los objetivos son medibles o evaluables</p> <p>Los objetivos son consistentes entre sí</p>	<p>redactados con verbo en infinitivo y alineados con el alcance del proyecto.</p>	<p>incorporar objetivo general y objetivos específicos del proyecto, redactados con verbo en infinitivo, medibles y consistentes con el alcance conceptual.</p>	<p>redactados con verbo en infinitivo, consistentes con el problema, medibles y alineados con el alcance conceptual del curso.</p>	<p>producción nacional e internacional de la materia prima y productos y el proceso de manera general, entre otros. También, considerar en las limitaciones y restricciones los factores: sociales, económicos, de seguridad, técnicos, normativos, legales, políticos y ambientales. Realizar una matriz DOFA y el análisis de como afrontar las amenazas y las debilidades. Para las siguientes actas incluir, además de los compromisos y los respectivos responsables, las fechas para las siguientes reuniones.</p>
Diagrama Entrada y salida	<p>Se presenta un diagrama global del proceso</p> <p>Se identifican las entradas del proceso</p> <p>Se identifican las salidas del proceso</p> <p>El proceso se representa de forma lógica</p> <p>El proceso tiene coherencia con el problema de diseño</p> <p>El diagrama especifica las unidades del proceso</p>	<p>No se presenta diagrama global de entradas y salidas en esta acta. Hace falta un esquema preliminar que identifique entradas, salidas, unidades principales y lógica del proceso.</p>	<p>No se presenta diagrama global del proceso ni diagrama de entradas y salidas. Este es un faltante importante porque impide visualizar la lógica del sistema y su coherencia material y energética desde la primera entrega.</p>	<p>No se presenta diagrama de entradas y salidas en esta acta. Este faltante limita la claridad del alcance del proceso, las corrientes principales y la conexión entre problema, tecnología y productos.</p>	
Uso de referencias	<p>Se incluyen referencias bibliográficas</p> <p>Las fuentes bibliográficas están relacionadas con el contexto</p> <p>Se hace referencia a normativas (Transición energética, leyes)</p> <p>Las referencias se citan adecuadamente en formato APA</p> <p>Las imágenes y tablas están debidamente referenciadas</p> <p>Se utilizan fuentes confiables (Artículos, libros, entidades oficiales, etc)</p>	<p>Se incluyen fuentes técnicas, normativas y de contexto local pertinentes. La citación aún no es completamente consistente en formato APA y faltan referencias formales para afirmaciones cuantitativas e imágenes/tablas.</p>	<p>El acta incluye bibliografía y normativa pertinente al tema, pero el manejo de referencias todavía es irregular. El formato APA no es consistente, algunas fuentes son divulgativas y faltan referencias claras para imágenes/tablas. Conviene depurar la calidad de las fuentes y la trazabilidad entre cita y bibliografía.</p>	<p>Sí hay respaldo bibliográfico y se usan fuentes pertinentes al contexto local y técnico. Aun así, el formato APA es inconsistente, algunas referencias están incompletas y la tabla insertada requiere mejor trazabilidad y presentación bibliográfica.</p>	
Estructura	<p>El documento sigue una estructura uniforme y clara</p> <p>El documento tiene secciones diferenciadas</p> <p>El documento sigue algún estándar de presentación de trabajos escritos (APA, Incontec, etc)</p> <p>Los títulos y subtítulos están jerarquizados correctamente</p> <p>Existe coherencia y continuidad entre las secciones del documento</p>	<p>El documento mantiene una secuencia lógica y subtítulos claros. Aun así, la estructura puede formalizarse mejor incorporando secciones explícitas de objetivos y usando un estándar de presentación más uniforme.</p>	<p>La estructura del acta es entendible, pero todavía responde más a un formato informal de reunión que a una organización académica robusta. Faltan secciones claramente diferenciadas para problema, contexto, stakeholders, objetivos y cierre; tampoco se sigue un estándar formal de presentación.</p>	<p>El documento es legible, pero su estructura sigue siendo la de un texto corrido con escasa jerarquía de secciones. Conviene incorporar subtítulos, objetivos y una organización más cercana a un reporte académico.</p>	

Tabla F- 3

Evaluación de acta 2 grupos 1-4 de síntesis y análisis de procesos químicos 2025-1

Grupo Evaluado:		G1	G3	G4			
Criterio	Check list	Realimentación IA	Realimentación Docente	Realimentación IA	Realimentación Docente	Realimentación IA	Realimentación Docente
Identificación de limitaciones	Se identifican las limitaciones del diseño	El acta identifica adecuadamente limitaciones y las separa de las restricciones. La mayor fortaleza es que organiza el análisis por factores sociales, económicos, técnicos, ambientales y legislativos. La principal mejora requerida es sustentar mejor cada punto con fuentes y priorizar cuáles condicionan más el diseño.	En cuanto a las limitaciones y restricciones que afectan al proyecto, se adicionen citas que sustenten las afirmaciones en cada factor.	La acta identifica adecuadamente limitaciones técnicas, sociales, ambientales y de gestión de residuos. No obstante, las limitaciones económicas quedan tratadas más como restricciones que como factores condicionantes del diseño, por lo que conviene depurar mejor la clasificación conceptual.	En cuanto a las limitaciones y restricciones que afectan al proyecto, se observa una adecuada exposición con las citas que sustentan las afirmaciones en cada factor.	El acta identifica de manera amplia limitaciones y restricciones del diseño y, en general, si diferencia ambos conceptos. El contenido es pertinente y muestra comprensión del problema técnico, económico, normativo y social.	En cuanto a las limitaciones y restricciones que afectan al proyecto, se observa una exposición adecuada con las citas que sustentan las afirmaciones en cada factor. Una división por subtítulos (1.1 Limitaciones; 1.1.1 Técnicas;...) mejoraría la exposición del documento.
	Se diferencian las limitaciones de las restricciones	Las restricciones están planteadas como condiciones que	afectan significativamente la generación de	Se reconocen restricciones económicas, legales y	Los factores condicionantes del diseño, por lo que conviene depurar mejor la clasificación conceptual.	Las restricciones están mejor desarrolladas cuando se vinculan con	
Identificación de restricciones	Se identifican las restricciones del diseño						



Criterio	Check list	Realimentación IA	Realimentación Docente	Realimentación IA	Realimentación Docente	Realimentación IA	Realimentación Docente
Identificación de limitaciones	<p>Se identifican las limitaciones del diseño</p> <p>Se diferencian las limitaciones de las restricciones</p> <p>Se incluyen limitaciones técnicas (eficiencia, operación, etc)</p> <p>Se incluyen limitaciones económicas</p> <p>Se explica el impacto de cada limitación en el diseño</p> <p>Se presentan como factores que afectan el desarrollo del diseño, pero no lo impiden</p>	<p>Las limitaciones están bien diferenciadas de las restricciones y abarcan dimensiones social, económica, técnica, política y ambiental. El mayor reto es priorizarlas y conectarlas más directamente con decisiones concretas de diseño.</p>		<p>Se identifican varias limitaciones relevantes del proyecto: sociales, económicas, de seguridad, técnicas y ambientales. El documento explica su efecto sobre la viabilidad del diseño. Sin embargo, la redacción mezcla repetidamente limitaciones y restricciones dentro del mismo encabezado, por lo que la diferenciación conceptual todavía no es rigurosa.</p>		<p>El acta cumple bien con la identificación de limitaciones: distingue el concepto frente a restricción y cubre dimensiones técnicas, económicas, legales, ambientales y sociales. La mayoría de limitaciones se explica en términos de cómo afectan el diseño sin necesariamente impedirlo.</p>	
Identificación de restricciones	<p>Se identifican las restricciones del diseño</p> <p>Se diferencian las restricciones de las limitaciones</p> <p>Se incluyen restricciones técnicas</p> <p>Se incluyen restricciones legales o normativas</p> <p>Se explica el impacto de cada restricción en el diseño</p> <p>Se presenta como condiciones que no pueden ser violadas</p>	<p>Las restricciones se presentan como condiciones externas y obligatorias, con buen soporte normativo y de seguridad. Se recomienda explicitar con mayor precisión cuáles valores, permisos o exigencias no pueden incumplirse en el diseño.</p>	<p>En cuanto a las limitaciones y restricciones que afectan al proyecto, se observa una adecuada exposición con las citas que sustentan las afirmaciones en cada factor.</p>	<p>Si se presentan restricciones económicas, normativas, legales, de seguridad y ambientales. Aun así, la categoría de restricciones técnicas no aparece claramente separada y varias restricciones están redactadas como dificultades generales más que como condiciones de cumplimiento. Debe dejarse explícito qué no puede violarse en el diseño.</p>	<p>En cuanto a las limitaciones y restricciones que afectan al proyecto, se observa una adecuada exposición con las citas que sustentan las afirmaciones en cada factor.</p>	<p>Se identifican restricciones técnicas y normativas relevantes y, en general, se diferencian de las limitaciones. Sin embargo, algunas se formulan todavía como criterios operativos deseables y no como condiciones estrictamente inviolables, por lo que conviene depurarlas y priorizarlas.</p>	<p>En cuanto a las limitaciones y restricciones que afectan al proyecto, se observa una exposición con las citas que sustentan las afirmaciones en cada factor. Una redacción con un hilo conductor mejoraría el documento.</p>
Análisis PESTEL	<p>Se presenta un análisis PESTEL del proyecto</p> <p>Se incluyen factores políticos</p> <p>Se incluyen factores Económicos</p> <p>Se incluyen factores Sociales</p> <p>Se incluyen factores Tecnológicos</p> <p>Se incluyen factores Ecológicos</p> <p>Se incluyen factores Legales</p> <p>Se relaciona el análisis con las limitaciones y restricciones</p>	<p>Aunque el documento cubre factores políticos, económicos, sociales, técnicos, ambientales y legales, no los organiza formalmente como análisis PESTEL. Conviene incorporar una matriz PESTEL que sintetice cada factor y su efecto sobre el proyecto.</p>	<p>- Faltaron las leyes que promueven la aplicación del proyecto.</p> <p>- Analicen como se afrontan las debilidades y las amenazas, a partir de las fortalezas y las oportunidades.</p>	<p>No se presenta un análisis PESTEL como herramienta estructurada. Aunque el documento sí aborda varios factores del entorno (económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales), falta organizar el análisis por cada dimensión y relacionarlo de manera explícita con las decisiones de diseño.</p>	<p>Recuerden que el trabajo es de tipo colaborativo en donde todos deben aportar a la redacción y conceptualización del documento (eviten dividir trabajo y después pegar información).</p>	<p>No se presenta un análisis PESTEL explícito ni organizado como herramienta de síntesis. Aunque el contenido sí toca componentes políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales, debe estructurarse formalmente para evidenciar el análisis.</p>	<p>Recuerden que el trabajo es de tipo colaborativo en donde todos deben aportar a la redacción y conceptualización del documento (eviten dividir trabajo y después pegar información).</p> <p>- Consideren las leyes que motivan la aplicación del proyecto.</p>
Análisis DOFA	<p>Se presenta un análisis DOFA del proyecto</p> <p>Se identifican las debilidades del diseño</p> <p>Se identifican las oportunidades del diseño</p> <p>Se identifican las fortalezas del diseño</p> <p>Se identifican las amenazas del diseño</p> <p>Se relaciona el análisis con las limitaciones y restricciones</p>	<p>No se evidencia un análisis DOFA explícito en el acta. Para fortalecer la evaluación estratégica se requiere separar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas y relacionarlas con las limitaciones y restricciones identificadas.</p>		<p>La matriz DOFA no se evidencia en el cuerpo del acta revisada. El objetivo del acta la menciona, pero no se observan fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas desarrolladas de forma completa ni su relación con la estrategia del proyecto.</p>	<p>- Incluyan una exposición de las leyes que motivan la aplicación del proyecto.</p>	<p>No se incluye análisis DOFA. Para fortalecer la toma de decisiones, sería útil resumir fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del proyecto a partir de las limitaciones y restricciones ya documentadas.</p>	<p>- Analicen como se afrontan las debilidades y las amenazas, a partir de las fortalezas y las oportunidades.</p> <p>- Faltan las firmas y las fechas de los compromisos.</p>
Uso de referencias	<p>Se incluyen referencias bibliográficas</p> <p>Las fuentes bibliográficas están relacionadas con el contexto</p> <p>Se hace referencia a normativas (Transición energética, leyes)</p> <p>Las referencias se citan adecuadamente en formato APA</p> <p>Las imágenes y tablas están debidamente referenciadas</p> <p>Se utilizan fuentes confiables (Artículos, libros, entidades oficiales, etc)</p>	<p>Se usan libros, normas, artículos y fuentes institucionales pertinentes. Persisten debilidades en formato APA, repetición de fuentes y uso de algunas referencias web de menor solidez técnica.</p>		<p>Se citan fuentes relacionadas con el tema y se incluyen referencias normativas, pero el formato bibliográfico sigue siendo irregular. También faltan soportes más técnicos y mejor trazabilidad entre lo citado en el texto y la lista final de referencias.</p>		<p>Se emplean referencias variadas y pertinentes, incluyendo normas y fuentes oficiales. Deben mejorar el formato APA, completar datos bibliográficos y asegurar consistencia entre cita en texto y lista de referencias.</p>	
Estructura	<p>El documento sigue una estructura uniforme y clara</p> <p>El documento tiene secciones diferenciadas</p>	<p>La organización por categorías facilita la lectura y el documento conserva coherencia</p>		<p>La organización general permite seguir la lectura, pero el documento mantiene</p>		<p>La estructura del acta es clara y mejora respecto al Acta 1, con separación por</p>	

El documento sigue algún estándar de presentación de trabajos escritos (APA, Icontec, etc) Los títulos y subtítulos están jerarquizados correctamente	interna. Puede mejorarse la presentación académica estandarizando estilo, citación y jerarquía de subtítulos.	un formato de acta con baja estandarización académica. Se recomienda separar mejor introducción, limitaciones, restricciones, conclusiones parciales y referencias, y evitar encabezados ambiguos como "limitaciones y/o restricciones".	categorías y desarrollo más ordenado. Aun así, sigue faltando un estándar formal de presentación académica y una jerarquía tipográfica más consistente
Existe coherencia y continuidad entre las secciones del documento			

Tabla F- 5

Evaluación de acta 3 grupos 1-4 de síntesis y análisis de procesos químicos 2025-1

Grupo Evaluado:		G1	G3	G4
Criterio	Check list	Realimentación IA	Realimentación Docente	Realimentación IA
Proposición de alternativas	Se proponen al menos 2 o 3 alternativas de diseño Las alternativas son diferentes entre sí Las alternativas están relacionadas con el problema de diseño Las alternativas incluyen variaciones en el proceso, tecnología o condiciones	Se proponen tres alternativas claramente diferenciadas y alineadas con el problema del curso. El documento muestra intención comparativa y mantiene coherencia general con el capstone.	Hay varias secciones de referencias y conclusiones que parecen tomadas de un trabajo ya ejecutado. Esto sugiere que hay copia directa de diferentes documentos.	Se proponen tres alternativas diferenciadas y pertinentes al problema de diseño. El documento muestra variedad tecnológica y cambios en condiciones de operación, lo cual es adecuado para la fase de ideación.
Descripción de alternativas	Se describe claramente el funcionamiento del proceso Se explica el funcionamiento del proceso Se incluyen las etapas del proceso Se mencionan las ventajas y desventajas Se muestra el diagrama del proceso	La descripción de las alternativas es suficiente para entender el funcionamiento global, las etapas y los equipos principales. Aun así, varias descripciones se apoyan en casos de referencia externos sin adaptar del todo los supuestos al contexto real de La Colmena.	Las alternativas están desarrolladas de forma descriptiva y se explican sus etapas principales, ventajas y desventajas. No obstante, la profundidad no es equivalente entre alternativas y el soporte gráfico/procesal sigue siendo parcial.	Hay un porcentaje importante de copia directa de diferentes fuentes (24%); recomiendo parafrasear de diferentes fuentes y realizar las respectivas citas.
Comparación de alternativas	Se comparan de forma clara y justificada las alternativas Se usa una tabla o estructura comparativa Dentro de la comparación se incluyen criterios técnicos, económicos y ambientales	Existe comparación entre alternativas mediante tabla y discusión de ventajas/desventajas. Sin embargo, la comparación aún no usa un criterio ponderado robusto ni una metodología explícita de decisión; la selección final queda más argumentada por afinidad con la idea inicial que por evaluación multicriterio rigurosa.	¿Cómo determinaron que un flujo de recirculación de 495 L/día permite mantener un HRT de 30 días? Las figuras y tablas carecen de títulos y citas para sustentar las afirmaciones.	- Las Tablas 1 y 2 no tienen citas para sustentar las afirmaciones. - La Gráfica 1 no cuenta con entrada de agua. - Faltan los diagramas ES de cada alternativa.
Selección de alternativa	Se selecciona una única alternativa final Se justifica adecuadamente la selección de la alternativa La selección de la alternativa es coherente con los objetivos del proyecto	La selección de la alternativa 1 es coherente con el objetivo general, pero la justificación todavía es incompleta. Falta demostrar con mayor rigor por qué supera a las otras en términos técnicos, económicos, operacionales y de escalabilidad.	- Incluir el BFD de cada alternativa. - Las fórmulas químicas deben presentarse con números en subíndices.	- La comparación es uno de los puntos fuertes del acta; incluye criterios ambientales, económicos, de rendimiento, seguridad y madurez tecnológica. Debe fortalecerse la lógica de ponderación, porque algunos resultados parciales parecen favorecer HSAD en tablas individuales mientras la selección final privilegia WAD; esa transición requiere justificación más consistente. Si se selecciona una alternativa final y se intenta justificarla. Sin embargo, la argumentación debe quedar completamente cerrada y sin contradicciones entre criterios, para que el lector entienda por qué la opción elegida supera a la otra en el contexto específico del proyecto.
Procedimientos de cálculo	Se presentan los procedimientos de cálculo utilizados Se realizan balances de materia Se realizan balances de energía Se evidencian los parámetros y condiciones de operación Se realiza el dimensionamiento de los equipos requeridos Los cálculos son coherentes	El acta incorpora ecuaciones, dimensionamiento preliminar y costos, lo cual es una mejora importante frente a las entregas anteriores. No obstante, hay inconsistencias que deben corregirse antes de consolidarlas en el informe: volumen del	Hay referencias que no se citan en el documento.	Aunque el acta promete procedimientos de cálculo para reacción-recirculación, no se evidencian ecuaciones, balances, dimensionamiento ni una secuencia de cálculo completa. Solo aparecen parámetros de operación y descripciones generales, por lo que este

	Los resultados se presentan con su unidad correspondiente El reporte de resultados es consistente en todo el documento	UASB, datos de la alternativa 3 tomados de estiércol, capacidad del CHP y ausencia de cierre completo de balances.	componente debe reforzarse significativamente.	aparece más como planteamiento metodológico que como desarrollo cuantitativo completo.
Uso de referencias	Se incluyen referencias bibliográficas Las fuentes bibliográficas están relacionadas con el contexto Se hace referencia a normativas (Transición energética, leyes) Las referencias se citan adecuadamente en formato APA Las imágenes y tablas están debidamente referenciadas Se utilizan fuentes confiables (Artículos, libros, entidades oficiales, etc)	Sí hay referencias para las alternativas y para algunos costos. La debilidad principal está en la calidad y consistencia de las fuentes: se mezclan tesis, páginas comerciales y enlaces web sin normalización APA completa ni jerarquización de confiabilidad.	Se incluyen referencias relacionadas con digestión anaerobia, pero varias presentan debilidades de verificación o formato y no se aprecian referencias normativas sólidas. Se recomienda depurar la bibliografía y normalizar APA.	El documento mantiene soporte bibliográfico suficiente, aunque el formato APA y la trazabilidad de algunas imágenes/tablas todavía deben estandarizarse. Conviene usar más fuentes primarias y normativas cuando la comparación derive en criterios de decisión.
Estructura	El documento sigue una estructura uniforme y clara El documento tiene secciones diferenciadas El documento sigue algún estándar de presentación de trabajos escritos (APA, Icontec, etc) Los títulos y subtítulos están jerarquizados correctamente Existe coherencia y continuidad entre las secciones del documento	La estructura general del documento es clara y permite seguir el desarrollo de las alternativas, la comparación y la elección. Para mejorar, conviene depurar títulos, uniformar estilo y separar mejor las memorias de cálculo de la argumentación.	El documento tiene una organización aceptable y secciones diferenciadas, pero debe mejorar la coherencia entre el objetivo declarado, la comparación de alternativas y la evidencia de cálculo prometida en la entrega.	La estructura general es clara y permite seguir el proceso de selección. Como mejora, debe afinarse la coherencia interna entre tablas, narrativa y alternativa final.

Tabla F- 6

Evaluación de acta 3 grupos 5-7 de síntesis y análisis de procesos químicos 2025-1

Grupo Evaluado:		G5	G6	G7		
Criterio	Check list	Realimentación IA	Realimentación Docente	Realimentación IA	Realimentación Docente	
Proposición de alternativas	Se proponen al menos 2 o 3 alternativas de diseño Las alternativas son diferentes entre sí Las alternativas están relacionadas con el problema de diseño Las alternativas incluyen variaciones en el proceso, tecnología o condiciones	Se proponen dos alternativas viables y pertinentes al problema: variar el inóculo y las condiciones de operación del mismo proceso de digestión anaerobia. Para robustecer el análisis se plantearía una tercera opción o ampliar la diferencia tecnológica entre alternativas.	Hay un porcentaje importante de copia directa de fuentes (45%); recomiendo parafrasear de diferentes fuentes y realizar las respectivas citas.	El acta propone varias alternativas pertinentes: dos tipos de reactor y dos tecnologías para conversión del biogás en electricidad, además del análisis de recirculación. Las alternativas son claramente distintas y están vinculadas con el problema de diseño.	Hay un porcentaje importante de copia directa de fuentes (32%); recomiendo parafrasear de diferentes fuentes y realizar las respectivas citas.	Hay un porcentaje importante de copia directa de fuentes (28%); recomiendo parafrasear de diferentes fuentes y realizar las respectivas citas.
Descripción de alternativas	Se describe claramente el funcionamiento del proceso Se explica el funcionamiento del proceso Se incluyen las etapas del proceso Se mencionan las ventajas y desventajas Se muestra el diagrama del proceso	Las alternativas se describen con suficiente contexto técnico, incluyendo etapas, condiciones operativas y pros/contras. La inclusión de diagramas apoya la comprensión general del proceso.	- Redactar en modo verbal atemporal (e.g. "es un proceso convencional" en lugar de "será un proceso convencional"). - La Figura 2 no tiene citas. - Presentar una tabla de comparación de las alternativas, sustentando con las respectivas citas.	La descripción de las alternativas es una de las fortalezas del documento. Se explica el funcionamiento de cada reactor y de cada equipo de generación, se comparan ventajas y desventajas y se incluye una matriz comparativa. Como mejora, la descripción de las etapas del proceso completo aún se concentra más en equipos aislados que en la ruta integral de proceso.	- Falta orden en la numeración de las imágenes; inician en 1 y salta a 3. - Falta numeración en las tablas; asimismo, faltan citas en estas que soporten las afirmaciones respectivas. - Hay varias frases tomadas de la referencia [15]; deben enriquecer el	- Redactar en modo verbal atemporal (e.g. "se desarrolla..." en lugar de "se va a desarrollar..."). - Varias tablas carecen de citas. - Numerar las reacciones y ecuaciones. El diagrama ES de la alternativa 2 carece de título y citas.
Comparación de alternativas	Se comparan de forma clara y justificada las alternativas Se usa una tabla o estructura comparativa	Existe discusión comparativa entre alternativas, pero la comparación aún es	La comparación existe y se apoya en tablas, pero la matriz no es verdaderamente	No se evidencia una comparación formal entre alternativas. Falta una tabla o matriz con		

	Dentro de la comparación se incluyen criterios técnicos, económicos y ambientales	principalmente narrativa. Hace falta una tabla o matriz con criterios homogéneos técnicos, económicos y ambientales para sustentar mejor la decisión.	- Presentar el diagrama ES de cada alternativa. - El estilo de las referencias utilizado no requiere que estas sean enumeradas.	ponderada: todos los criterios parecen tener el mismo peso y no se justifica por qué esos criterios son los decisivos para el proyecto. Conviene incorporar ponderaciones y un criterio de decisión más robusto.	texto con diferentes referencias. - Las primeras tablas, incluyendo la 6, carecen de citas para sustentar las afirmaciones.	criterios técnicos, económicos, ambientales y operativos que permita justificar objetivamente la decisión.	- ¿Cuál es la diferencia entre Figura e Ilustración? - Faltan las respectivas firmas. - La base del cálculo es una aproximación para modelar un fenómeno, lo cual es diferente a una alternativa. - Hay referencias que no se citan en el documento. - Hay mezcla de estilos de citas y referenciación.
Selección de alternativa	Se selecciona una única alternativa final Se justifica adecuadamente la selección de la alternativa La selección de la alternativa es coherente con los objetivos del proyecto	En esta acta no queda cerrada una alternativa única con justificación formal; la selección se plantea en términos condicionales. Es necesario definir una opción final y argumentarla con criterios explícitos de decisión.		Se selecciona una alternativa final y la decisión es coherente con el objetivo del proyecto. No obstante, la justificación escrita todavía puede fortalecerse conectando mejor la elección con restricciones del diseño, disponibilidad real de residuos, operación y costos.	- En la pág. 8 se presenta un diagrama que no corresponde al de entradas y salidas. - Las conclusiones se presentan en el informe de mitad de semestre.	No se selecciona una única alternativa final. La siguiente entrega debe cerrar esta fase con una decisión sustentada y coherente con los objetivos, restricciones y capacidades reales del proyecto.	
Procedimientos de cálculo	Se presentan los procedimientos de cálculo Se presentan las ecuaciones utilizadas Se realizan balances de materia Se realizan balances de energía Se evidencian los parámetros y condiciones de operación Se realiza el dimensionamiento de los equipos requeridos Los cálculos son coherentes Los resultados se presentan con su unidad correspondiente El reporte de resultados es consistente en todo el documento	Se muestran supuestos, ecuaciones y parámetros de operación para la sección reacción-recirculación. No obstante, el desarrollo todavía está incompleto: no se evidencia balance de energía, no hay dimensionamiento y la trazabilidad de algunos resultados/tablas debe mejorar.		El acta presenta ecuaciones, diagrama de entradas y salidas, parámetros de composición y cálculos de producción de metano y energía. Esto muestra avance claro hacia el diseño conceptual. Sin embargo, no se evidencia dimensionamiento de equipos y los balances de materia y energía todavía son parciales.	- Las fórmulas químicas deben presentarse con números en subíndices. - Hay referencias que no se citan en el documento.	Si se presentan ecuaciones, balances, parámetros de operación e incluso un cálculo preliminar de ingresos. Sin embargo, la consistencia interna debe mejorarse: hay bases de cálculo cambiantes, estequiometría con errores tipográficos/conceptuales y cierres de masa poco confiables.	
Uso de referencias	Se incluyen referencias bibliográficas Las fuentes bibliográficas están relacionadas con el contexto Se hace referencia a normativas (Transición energética, leyes) Las referencias se citan adecuadamente en formato APA Las imágenes y tablas están debidamente referenciadas Se utilizan fuentes confiables (Artículos, libros, entidades oficiales, etc)	Hay variedad de fuentes y se citan durante el desarrollo. Debe revisarse la consistencia APA, la trazabilidad de ciertas fuentes y la referencia formal de tablas/figuras empleadas.		Hay señales de inconsistencia numérica y de soporte documental que deben revisarse antes de consolidar el informe: la aplicación de la eficiencia en el cálculo de energía no es consistente con todos los valores reportados, el uso de APA es irregular y varias figuras/imágenes de equipos no muestran una fuente plenamente integrada al documento.		El documento tiene un buen soporte bibliográfico y una estructura más robusta que las actas anteriores. Persisten mejoras pendientes en normas APA, trazabilidad de figuras/tablas y citación exacta de datos usados en cálculos.	
Estructura	El documento sigue una estructura uniforme y clara El documento tiene secciones diferenciadas El documento sigue algún estándar de presentación de trabajos escritos (APA, Icontec, etc) Los títulos y subtítulos están jerarquizados correctamente Existe coherencia y continuidad entre las secciones del documento	El documento conserva una secuencia lógica entre alternativas, discusión y cálculos. Aun así, requiere mayor formalidad en la presentación de tablas, resultados y cierre técnico de la selección.		La estructura del acta es clara para una entrega de avance y los apartados están diferenciados. Aun así, no sigue un estándar formal de presentación tipo informe académico y sería conveniente uniformar títulos, numeración y estilo de tablas/figuras.		El acta está organizada por alternativas y secciones de cálculo, lo que facilita la lectura. No obstante, la continuidad técnica entre alternativa, comparación y selección aún no está cerrada, por lo que el documento se percibe como un avance fuerte pero todavía no consolidado.	

Tabla F- 7

Evaluación de acta 4 de síntesis y análisis de procesos químicos 2025-1

Criterio	Check list	G1	G3	G4	G5	G6	G7
		Realimentación	Realimentación	Realimentación	Realimentación	Realimentación	Realimentación
	Se corrigió la redacción del problema de diseño	El acta corrige y amplía el problema de diseño	Sí se evidencia una mejora real en la	Se observa una mejora real frente al	Se evidencia una corrección	Se evidencia mejora del problema de	El acta evidencia una corrección real

<p>Correcciones problema de diseño</p>	<p>Se incluyeron elementos faltantes (Materia prima, producción, mercado, etc) Se mejoró la justificación del problema Se mejoró el contexto técnico Se mejoró el contexto geográfico Se mejoró la justificación del problema</p> <p>Se presento una mejora en el diargama del proceso</p>	<p>respecto al momento 1: incorpora relevancia, impacto, objetivos, stakeholders y limitaciones/restricciones en un mismo avance. Sin embargo, la mejora sigue siendo más descriptiva que técnica; faltan datos operativos propios de La Colmena, delimitación más precisa del contexto geográfico y no se evidencia una mejora del diagrama del proceso.</p>	<p>redacción del problema: se incorporan mejor la ubicación, cantidad y composición de residuos, el contexto del mercado energético, los stakeholders y la justificación del proyecto. No obstante, esta acta no presenta una mejora del diagrama del proceso y todavía mezcla información descriptiva con resultados numéricos sin cerrar la trazabilidad entre dato base, supuesto y resultado.</p>	<p>momento 1: el problema de diseño está mejor redactado, incorpora mejor el contexto socioeconómico de la plaza, explicita consumo energético y de gas, y refuerza la motivación del proyecto. Aun así, la base cuantitativa sigue dependiendo en buena medida de datos análogos y no de una caracterización directa de la Plaza Satélite del Sur.</p>	<p>sustancial del problema de diseño: mejor delimitación del contexto, inclusión de materia prima, productos, mercado, población beneficiaria y mayor justificación del caso Guarín. La mejora del diagrama/proceso todavía es parcial porque el soporte visual no integra completamente y variables de decisiones de diseño.</p>	<p>diseño: se delimita mejor El Potrerillo, se incorporan materia prima, oportunidad energética, contexto técnico y geográfico, y la justificación resulta más sólida. Como aspecto por mejorar, el avance en diagrama de proceso aún no es suficientemente fuerte dentro del acta.</p>	<p>del problema de diseño y organiza mejor las tareas para la entrega final. La redacción del problema mejora, se amplía el contexto del biodigestor y se empieza a responder a observaciones previas del profesor. No obstante, varios elementos solicitados aparecen más como lista de pendientes que como corrección ya ejecutada dentro del mismo documento.</p>
<p>Correcciones restricciones y limitaciones</p>	<p>Se corrigió la identificación de restricciones (si aplica) Se corrigió la identificación de limitaciones (si aplica) Se incluyo análisis PESTEL (si aplica) Se incluyó análisis DOFA (si aplica)</p> <p>Se fortaleció el uso de normativas y leyes</p>	<p>La identificación de limitaciones y restricciones es más completa y ahora incluye el riesgo ambiental asociado al digestato y una matriz DOFA. No obstante, no se desarrolla un PESTEL explícito, el factor político queda subsumido en lo legal y varias restricciones siguen formuladas como riesgos generales más que como criterios de diseño verificables.</p>	<p>La identificación de restricciones y limitaciones está más desarrollada que en la versión anterior, especialmente en componentes técnicos, ambientales, sociales y regulatorios. Se fortalece el uso de leyes y entidades del sector, pero no se evidencia un análisis PESTEL formal y el DOFA no queda claramente incorporado como herramienta analítica dentro de esta acta.</p>	<p>Las correcciones sobre limitaciones y restricciones si fortalecen el documento: se amplía el soporte normativo, se mantiene el DOFA y se diferencian mejor varios condicionantes del diseño. Sin embargo, no se presenta un análisis PESTEL explícito ni una priorización clara de restricciones críticas.</p>	<p>Las restricciones y limitaciones y quedaron mejor diferenciadas y contextualizadas. Se fortalece el componente normativo y si aparece DOFA; sin embargo, no hay un análisis PESTEL explícito y aún existen repeticiones entre subpartados.</p>	<p>La identificación de limitaciones y restricciones mejora y distingue con mayor claridad factores sociales, técnicos, ambientales, económicos y normativos. No obstante, no se desarrolla un análisis PESTEL explícito y el componente tipo DOFA aún podría formalizarse mejor como herramienta analítica.</p>	<p>La sección de restricciones y limitaciones muestra intención de corrección, especialmente al separar factores técnicos, sociales, económicos, ambientales, normativos y políticos. Sin embargo, en esta acta todavía no se desarrolla un análisis completo tipo PESTEL ni se incorpora la DOFA; ambos quedan anunciados como trabajo por hacer más que como avance plenamente materializado.</p>
<p>Coherencia general</p>	<p>Existe coherencia entre el problema de diseño y las limitaciones y restricciones El documento presenta una mejor composición que su versión anterior No hay contradicciones entre secciones Se mejoró la redacción general</p> <p>El documento refleja avances significativos</p>	<p>Hay coherencia general entre el problema, la necesidad de aprovechamiento de residuos y las restricciones del sistema WtE. Persisten repeticiones, duplicidad de enunciados y una mezcla entre formato de acta y texto de informe que limita la claridad académica.</p>	<p>El documento mantiene buena coherencia entre problema, restricciones y limitaciones. Se nota una composición más madura y un avance significativo frente a actas previas. Aun así, parte del contenido conserva repeticiones y no siempre distingue con precisión entre problema, resultado esperado y dato calculado del diseño.</p>	<p>El acta es coherente con el avance esperado de la segunda medición y muestra continuidad con el problema de diseño planteado. La relación entre contexto, restricciones y viabilidad es más clara que en la versión anterior.</p>	<p>Hay coherencia general con el momento anterior y el documento si muestra avance. No obstante, la redacción todavía mezcla tramos formales con otros muy coloquiales y persisten redundancias.</p>	<p>Existe coherencia general entre problema, restricciones y propósito del proyecto. La composición del documento es más madura y se perciben avances significativos, aunque persisten redundancias, algunas generalizaciones y detalles de redacción por depurar.</p>	<p>Existe mejor coherencia global que en las entregas anteriores: el documento conecta problema, restricciones y tareas de cierre del informe final. La composición general mejora y se observan avances significativos en organización, aunque el contenido sigue siendo híbrido entre acta de trabajo interno y documento técnico de avance.</p>
<p>Uso de referencias</p>	<p>Se incluyen referencias bibliográficas Las fuentes bibliográficas estan realcionadas con el contexto Se hace referencia a normativas (Transición energética, leyes) Las referencias se citan adecuadamente en formato APA Las imágenes y tablas estan debidamente referenciadas</p> <p>Se utilizan fuentes confiables (Artículos, libros, entidades oficiales, etc)</p>	<p>Se incluyen referencias y normativas pertinentes al tema; aun así, el uso de APA es irregular, algunas fuentes son de menor trazabilidad académica y la tabla DOFA no siempre queda formalmente referenciada.</p>	<p>Se incluyen referencias bibliográficas relacionadas con el contexto del proyecto y se citan normas importantes. Sin embargo, el formato APA sigue siendo irregular, varias referencias no están normalizadas y algunas fuentes son demasiado generales o de trazabilidad débil para sustentar decisiones de ingeniería.</p>	<p>Hay referencias bibliográficas y uso de normas del sector energético y ambiental; no obstante, sigue habiendo heterogeneidad en la calidad de las fuentes y en el formato APA. Varias tablas/figuras de elaboración propia requieren una trazabilidad bibliográfica más explícita.</p>	<p>El documento usa referencias pertinentes y normativas relevantes. La principal debilidad sigue siendo la normalización APA y la trazabilidad homogénea de figuras/tablas.</p>	<p>Se incluyen referencias pertinentes al contexto del proyecto y al marco normativo. Sin embargo, el uso de APA es parcial, algunas fuentes deberían ser más técnicas o primarias y la trazabilidad de figuras/tablas todavía puede mejorar.</p>	<p>El uso de referencias es pertinente y contextualizado al tema de biogás, residuos orgánicos y normativas colombianas. Aun así, el estándar de citación no es completamente uniforme y el documento no consolida todavía una presentación formal tipo APA para tablas, figuras y referencias.</p>
<p>Estructura</p>	<p>El documento sigue una estructura uniforme y clara El documento tiene secciones diferenciadas El documento sigue algun estandar de presentación de</p>	<p>La estructura es legible y por secciones, pero todavía no alcanza uniformidad de informe técnico: hay jerarquía parcial de títulos,</p>	<p>La estructura del acta es clara, tiene secciones diferenciadas y continuidad temática. Como</p>	<p>La estructura general es ordenada y uniforme para un acta de seguimiento. Presenta secciones reconocibles y</p>	<p>La estructura es clara, con secciones identificables y continuidad razonable. Aun así, el estándar de</p>	<p>Para un acta, la estructura es clara y las secciones se reconocen con facilidad. Se observa intención de</p>	<p>La estructura es clara y bastante uniforme para un acta: tiene orden del día, responsables, compromisos y una</p>

trabajos escritos (APA, Incontec, etc) Los títulos y subtítulos están jerarquizados correctamente	desarrollo desigual entre apartados y ausencia de evidencia clara de mejora gráfica del proceso.	documento de avance cumple, pero todavía no alcanza un estándar académico totalmente sólido: la jerarquía de títulos puede mejorar y la presentación aún se parece más a una compilación de información corregida que a una síntesis crítica del avance.	continuidad argumentativa, aunque todavía no se ajusta plenamente a un estándar formal de presentación académica.	presentación académica puede fortalecerse.	seguir una presentación académica, pero el estándar formal aún no es completamente uniforme.	sección técnica de corrección. La jerarquía de subtítulos es legible, pero el documento no adopta todavía de forma sostenida un estándar académico de presentación.
Existe coherencia y continuidad entre las secciones del documento						

Tabla F- 8

Evaluación de acta 5 de síntesis y análisis de procesos químicos 2025-1

Criterio	Check list	G1	G3	G4	G5	G6	G7
		Realimentación	Realimentación	Realimentación	Realimentación	Realimentación	Realimentación
Revisiones alternativas	Se mejoró la descripción de cada alternativa propuesta Se incluyeron detalles técnicos adicionales Se ajustaron o redefinieron alternativas (si aplica) Se mejoraron las ventajas y desventajas  Se mejoró la descripción de cada alternativa propuesta	El documento presenta tres alternativas y añade más detalle técnico en descripción, balances preliminares, equipos, costos, TRL y consorcio microbiano. La principal mejora es la actualización de la base de cálculo con datos de La Colmena. Aun así, varias alternativas siguen basadas en supuestos externos con adaptación limitada al caso real.	El grupo amplía de forma importante la descripción de las alternativas: define sustratos, inóculos, pre y postratamientos, condiciones operativas, productos y bases de cálculo con ecuación de Buswell. También se redefinen mejor las rutas de proceso frente al corte anterior. La principal limitación es que algunas ventajas/desventajas siguen siendo mayoritariamente cualitativas y no todas las afirmaciones están soportadas con datos propios o criterios cuantitativos consistentes.	El acta mejora la descripción de HSAD y WAD, incorpora matices técnicos adicionales y corrige parte de la comparación hecha en el momento 1. Aunque no redefine completamente las alternativas, si refuerza ventajas, desventajas y condiciones operativas.	El análisis de alternativas mejora de forma importante: se describen mejor las opciones, se incorporan más detalles técnicos y se amplían ventajas/desventajas. Aun así, la redefinición de alternativas sigue concentrada principalmente en el tipo de inóculo y algunos soportes de cálculo son todavía preliminares.	Las alternativas están mucho mejor descritas y ya incluyen detalles técnicos, ventajas, desventajas y adecuación al tipo de residuo. La comparación es útil para la decisión, aunque todavía no trabaja con ponderaciones justificadas por criterio.	El acta presenta una mejora importante en el desarrollo de alternativas. Se amplían condiciones de operación, fundamentos bibliográficos, parámetros técnicos, TRL, costos de referencia y se incorpora diagrama E-S al menos para una de las alternativas. La principal debilidad es la falta de homogeneidad: las alternativas no quedan descritas con exactamente el mismo nivel de profundidad ni con ventajas/desventajas comparadas bajo un formato común.
Selección final	La selección de la alternativa esta mejor justificada que en la versión anterior Se mejoró la comparación entre alternativas se incorporaron cálculos o soportes adicionales  La alternativa seleccionada es viable a nivel del diseño conceptual	La selección final se orienta hacia el biodigestor de mezcla completa y se apoya en ventajas operativas y madurez tecnológica. Sin embargo, en esta acta la elección todavía se justifica más por afinidad con la idea original que por una comparación multicriterio robusta; faltó una ponderación formal y mayor soporte cuantitativo comparativo.	La selección final está mejor justificada que en la versión anterior y ahora se apoya en comparación de criterios y en una matriz de decisión. Sin embargo, la matriz no es realmente ponderada: solo suma calificaciones simples y no asigna pesos explícitos a los criterios, por lo que el soporte de decisión sigue siendo parcial. La viabilidad conceptual de la alternativa elegida es plausible, pero todavía depende de supuestos técnicos y económicos que luego muestran inconsistencias.	La selección final de WAD queda mejor sustentada que antes porque incorpora tablas comparativas, una escala de viabilidad y diagramas E-S. Aun así, el criterio sigue siendo más cualitativo que ponderado: falta mostrar pesos, procedimiento de agregación y una justificación más cerrada entre resultados parciales y decisión final.	La selección final está mejor justificada que en la versión anterior y ya se apoya en comparación técnica y económica. La matriz comparativa fortalece la decisión conceptual.	La selección final está razonada y es más defendible que en la versión anterior. Se incorporan soportes y argumentos de viabilidad conceptual, pero aún falta fortalecer la comparación cuantitativa entre opciones cercanas.	La selección final mejora frente a la versión previa porque aparece una comparación explícita entre alternativas y se incorporan soportes como contenido de metano, costo y madurez tecnológica. Sin embargo, en esta etapa la justificación todavía no se apoya en una matriz ponderada formal ni en criterios claramente jerarquizados, por lo que la elección aún se percibe preliminar.
Uso de referencias	Se incluyen referencias bibliográficas Las fuentes bibliográficas están relacionadas con el contexto Se hace referencia a normativas (Transición energética, leyes) Las referencias se citan adecuadamente en formato APA Las imágenes y tablas están debidamente referenciadas	Se citan fuentes para equipos, literatura técnica y operación anaerobia, pero el formato APA es inconsistente y varias referencias comerciales se usan como respaldo principal de capacidades o costos. Las figuras y tablas no siempre quedan	Se incorporan referencias bibliográficas y normativas alineadas con digestión energética y purificación de biogás. A pesar de ello, persisten problemas de calidad documental: el APA no es uniforme, varias figuras/tablas	El uso de referencias es suficiente en cantidad, pero la calidad y trazabilidad siguen siendo mixtas. Se citan fuentes normativas y técnicas, aunque no siempre en formato APA consistente y algunas tablas afirman resultados sin respaldo bibliográfico	Se cuenta con bibliografía pertinente y mayor soporte de biogás y contexto regulatorio. Aun así, en la referencia uniforme de imágenes/tablas y en la incorporación específica de normativas dentro de esta acta.	Se citan fuentes relacionadas con reactores, generación de biogás y contexto regulatorio. Aun así, el formato APA es irregular y conviene reforzar el soporte con más literatura técnica primaria y mejor referencia cruzada de tablas e imágenes.	Se evidencia consulta bibliográfica suficiente y pertinente para sustentar tecnologías de digestión anaerobia, costos y criterios de selección. Las fuentes son en su mayoría confiables y relacionadas con el contexto; no obstante, la citación en formato APA aún presenta

	Se utilizan fuentes confiables (Artículos, libros, oficiales, etc)	plenamente normalizadas.	requieren mejor referenciación y aparecen referencias dudosas o poco robustas para un sustento ingenieril fuerte.	completamente visible.		inconsistencias de estilo y algunas figuras/tablas podrían estar mejor normalizadas.
Estructura	El documento sigue una estructura uniforme y clara El documento tiene secciones diferenciadas El documento sigue algún estándar de presentación de trabajos escritos (APA, Icontec, etc) Los títulos y subtítulos están jerarquizados correctamente  Existe coherencia y continuidad entre las secciones del documento	El acta está organizada por alternativas, incluye conclusiones y acuerdos, y muestra un avance significativo. No obstante, combina lenguaje de acta con secciones extensas de informe técnico y mantiene algunas inconsistencias de redacción, unidades y capacidad de equipos.	El acta tiene una estructura clara, con acuerdos, asignación de tareas, alternativas y soporte comparativo. La continuidad entre secciones es adecuada. Como aspecto por mejorar, conviene separar mejor la discusión conceptual de la memoria de cálculo y depurar la redacción para evitar repeticiones y afirmaciones demasiado generales.	La estructura del acta es clara, con secciones diferenciadas y comprensible y se reconocen secciones diferenciadas. Sin embargo, el cierre documental y algunos compromisos no se alinean del todo con el contenido principal, lo que afecta la continuidad.	El documento presenta una estructura clara, con secciones diferenciadas y continuidad lógica entre caracterización, alternativas y selección. El estándar de presentación mejora, aunque no alcanza todavía una uniformidad formal completa.	La estructura del documento es clara, con secciones diferenciadas y continuidad razonable entre el avance de alternativas y la selección. Para una acta, el nivel de formalidad es bueno; aun así, sería conveniente estandarizar más los encabezados, las convenciones de tablas y la presentación de resultados.

Tabla F- 9

Evaluación de acta 6 de síntesis y análisis de procesos químicos 2025-1

Criterio	Check list	G1	G3	G4	G5	G6	G7
		Realimentación	Realimentación	Realimentación	Realimentación	Realimentación	Realimentación
Procedimientos de cálculo	Se presentan los procedimientos de cálculo Se presentan las ecuaciones utilizadas Se realizan balances de materia Se realizan balances de energía Se evidencian los parámetros y condiciones de operación Se realiza el dimensionamiento de los equipos requeridos	El acta evidencia un avance claro en procedimientos de cálculo: define base de cálculo, densidades, ecuaciones, corrientes y dimensionamiento por equipo. Se logra cerrar el balance global sin contar la recirculación como salida del sistema. La principal debilidad es que varias decisiones de diseño siguen siendo supuestas y no todas están sustentadas con referencia técnica explícita.	El acta si presenta procedimientos de cálculo, ecuaciones, balances de materia, condiciones de operación y dimensionamiento preliminar de varios equipos de la sección de purificación y equipos asociados. El problema principal es la consistencia: hay errores de aritmética y unidades en reactor, bomba, scrubber, tanque de H2S y potencia/OPEX, por lo que los cálculos no pueden considerarse plenamente confiables, aunque el procedimiento si esté documentado.	El acta presenta procedimientos, ecuaciones, tablas de corrientes, condiciones de operación, dimensionamiento y estimaciones económicas; por tanto, constituye un avance técnico claro frente a No obstante, el documento no desarrolla un balance de energía integral y la coherencia es insuficiente.	Si se presentan procedimientos, ecuaciones, balances preliminares, parámetros operativos y dimensionamiento. Sin embargo, el documento no desarrolla un balance de energía integral y la coherencia es insuficiente.	El acta si presenta procedimiento, ecuaciones, composición de corrientes y parámetros de simulación para la purificación. Sin embargo, no desarrolla balance de energía ni dimensionamiento del sistema de purificación, por lo que el cierre de la sección aún es parcial.	El acta muestra un avance concreto en la sección de purificación del biogás: justifica la tecnología seleccionada, presenta parámetros de operación tomados de literatura y reporta resultados de simulación de ASPEN HYSYS. Sin embargo, desde la rúbrica de cálculo el avance es todavía parcial porque no se desarrollan balances de materia o energía completos, no se muestran ecuaciones de dimensionamiento y el propio documento indica que el dimensionamiento se dejará para la entrega final.
	Los cálculos son coherentes Los resultados se presentan con su unidad correspondiente  El reporte de resultados es consistente en todo el documento						
Uso de referencias	Se incluyen referencias bibliográficas Las fuentes bibliográficas están realcionadas con el contexto Se hace referencia a normativas (Transición energética, leyes) Las referencias se citan adecuadamente en formato APA Las imágenes y tablas están debidamente referenciadas Se utilizan fuentes confiables (Artículos, libros, oficiales, etc)	En esta acta prácticamente no se reporta bibliografía ni soporte normativo directo, por lo que el lector no puede rastrear con facilidad el origen de densidades, tiempos de retención o criterios de dimensionamiento. Esto reduce la trazabilidad académica del avance.	Se incluyen referencias bibliográficas pertinentes al contexto de digestión anaerobia y purificación, además de algunas normas del proyecto. No obstante, el soporte documental sigue siendo heterogéneo: conviven artículos y textos técnicos con páginas comerciales y fuentes de menor rigor; además, el	Se incluyen referencias bibliográficas, comerciales y respaldar equipos, parámetros y precios. Sin embargo, el formato APA sigue siendo irregular y algunas decisiones dependen de información de fabricante o estimaciones locales que necesitan mayor	Existe soporte bibliográfico amplio y pertinente al tema, con referencia a normativas. La debilidad principal sigue siendo la falta de homogeneidad en APA y en la citación de algunos recursos.	Las referencias son pertinentes al tema de remoción de H2S y cumplimiento ambiental. El principal aspecto por mejorar es la consistencia del formato APA y una integración más fuerte de normas y criterios técnicos en la argumentación.	Se incluyen referencias bibliográficas pertinentes sobre water scrubbing y purificación de biogás, con fuentes técnicas relacionadas con el contexto del proceso. Aun así, la parte normativa es débil en esta acta específica y la presentación formal de referencias no mantiene completamente un

			formato APA y la trazabilidad de figuras y tablas requieren corrección.	justificación metodológica.	estándar uniforme.	APA
Estructura	<p>El documento sigue una estructura uniforme y clara</p> <p>El documento tiene secciones diferenciadas</p> <p>El documento sigue algún estándar de presentación de trabajos escritos (APA, Incontec, etc)</p> <p>Los títulos y subtítulos están jerarquizados correctamente</p> <p>Existe coherencia y continuidad entre las secciones del documento</p>	<p>La estructura es clara y secuencial, con secciones de introducción, supuestos, dimensionamiento y verificación. Aun así, persisten oportunidades de mejorar la estandarización formal y de unificar completamente los resultados con el informe final.</p>	<p>La estructura del acta es comprensible y mantiene continuidad temática entre secciones del diseño conceptual ya están claramente diferenciadas. Sin embargo, no obstante, problemas de consistencia editorial: numeración de tablas, cruces de referencias y algunos valores que no siempre se mantienen iguales entre texto, tablas y análisis económico.</p>	<p>La estructura es comprensible y las secciones del diseño conceptual ya están claramente diferenciadas. Sin embargo, no obstante, problemas de consistencia editorial: numeración de tablas, cruces de referencias y capacidades reportadas para el sistema.</p>	<p>La estructura del acta es clara y las secciones se diferencian bien. No obstante, el propio documento reconoce que los resultados de simulación no son coherentes, lo cual reduce la consistencia global del reporte técnico.</p>	<p>La estructura del documento es ordenada y fácil de seguir: plantea objetivo de la sesión, fundamento técnico, simulación y discusión del manejo del agua. La continuidad es adecuada, aunque el cierre documental queda incompleto porque varios resultados clave se posponen para la entrega final.</p>

Tabla F- 10

Evaluación de entrega de mitad de semestre y final de síntesis y análisis de procesos químicos 2025-1 GI

Rúbrica SO2						
Indicadores de desempeño (ID)	Realimentación Mitad semestre IA	Nota	Realimentación final IA	Nota	Realimentación de la entrega de mitad de semestre Docente	Nota
P1. Identifica las necesidades específicas del problema de diseño de ingeniería a resolver.	Identifica con claridad el problema, la fuente de residuos, la ubicación, los actores, la necesidad de producción y la solución general. La documentación es amplia y organizada, pero no prioriza necesidades ni distingue cuáles son críticas para el diseño conceptual.	3,2	Identifica con claridad la necesidad de aprovechar residuos orgánicos de La Colmena para producir biogás, electricidad y biofertilizantes, y documenta fuente, ubicación, tecnología y metas generales. La priorización de necesidades todavía es parcial y persisten inconsistencias entre 250 kg/d y 193.57 kg/d como base de diseño.	3,3	Faltan costos del kWh por generación con biogas, costos de los residuos, precio de venta del kWh, del gas de cocina y una descripción de la población que trabaja en la plaza (condición socioeconómica, número de personas, puestos de trabajo, cocinas, consumo energético, consumo de gas, etc.). Falta especificar más stakeholder. El ítem 1.6 corresponde a una descripción teórica que no aporta al diseño.	2,8
2. Describe las limitaciones y restricciones del problema de diseño, considerando factores técnicos y aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.	Describe limitaciones y restricciones en dimensiones técnicas, económicas, sociales, ambientales y legales, y añade una matriz DOFA. La principal debilidad es que no prioriza restricciones ni profundiza suficientemente en salud pública, seguridad de proceso y bienestar. La trazabilidad bibliográfica es desigual.	2,8	Describe restricciones técnicas, ambientales, sociales, económicas y legales, con referencias normativas y una DOFA. Falta priorizarlas mejor y profundizar aspectos de salud pública, POT/localización, olores ofensivos y relación explícita entre cada restricción y las decisiones de diseño.	3	La mayoría de los factores se encuentran relacionados con las limitaciones o restricciones del diseño; tiene oportunidades de mejora en la citación de bibliografía, en las limitaciones técnicas (con. operación, tiempos,...). La ley 1715 no es una limitante ni una restricción. Consultar el plan de ordenamiento territorial para el caso de plantas de tratamiento de residuos. Faltan citaciones en las limitaciones ambientales. En las restricciones técnicas hay teoría innecesaria; falta que especifiquen que valor de TRL que se debería asumir para adoptar la tecnología. Restricciones normativas=Restricciones políticas. Colocar en la descripción de la matriz DOFA las citaciones. Detallar cómo las fortalezas y oportunidades pueden afrontar las amenazas y debilidades.	2,2
3. Propone diferentes soluciones al problema de diseño y establece un criterio ponderado para calificar estas alternativas y seleccionar la más adecuada.	Propone tres alternativas y las compara con una tabla y con ventajas/desventajas. Sin embargo, no establece un criterio ponderado formal ni una matriz de decisión cuantificada; la selección del biodigestor de mezcla completa es razonable, pero la justificación todavía es más cualitativa que demostrativa.	2,4	Propone tres alternativas y establece una tabla de ponderaciones para seleccionar la opción 1. La comparación es suficiente a nivel conceptual, pero varios criterios carecen de soporte bibliográfico o experimental fuerte y no siempre se demuestra la superioridad de la opción elegida con datos plenamente consistentes.	3,2	En la tabla comparativa faltan las citas que respalden las afirmaciones. Faltan los diagramas ES con los respectivos valores para cada alternativa (están en la sección de desarrollo de la alternativa, esto muestra que el documento carece de un hilo conductor en el análisis de las alternativas). Presentan dimensiones para las alternativas pero no los procedimientos con los cuales obtuvieron esas dimensiones. ¿Cómo obtuvieron los valores de costos? Falta la composición de la materia prima. Definir que son DQO, TCO y citaciones que soporten los valores asumidos. ¿240 kg/d, 250 kg/d, 230 kg/d o 1355 kg/semana? Las tablas tienen diferentes formatos, con lo cual se presume poco trabajo colaborativo. La Ilustración 1 debe ser traducida al Español. Falta definir el consorcio microbiano que actúa en cada alternativa.	2

4. Resuelve el problema de diseño de ingeniería considerando sus restricciones.	El informe ya contiene balances, tabla de corrientes, PFD/BFD, dimensionamiento preliminar y una sección de CAPEX/OPEX. Aun así, persisten inconsistencias relevantes entre secciones y cálculos: volumen del reactor, flujo de recirculación, capacidad del CHP y reporte incompleto de indicadores económicos. El diseño aún no está totalmente documentado ni validado frente a todas las restricciones.	2,3	El informe desarrolla BFD, PFD, tabla de corrientes, balances, dimensionamiento y análisis económico. Sin embargo, aún hay inconsistencias relevantes: PE2 afirma que no se compra materia prima pero luego la cobra; el CAPEX anualizado no queda metodológicamente claro; y el manejo de la recirculación modifica de forma discutible los caudales y el TRH del reactor.	2,8	Las ecuaciones deben ser numeradas y elaboradas con el editor de ecuaciones (evitar copiar y pegar). ¿Cómo llegaron a los parámetros óptimos? ¿1355 kg/semana? Faltan citas. Falta una tabla con todas las decisiones, aproximaciones y suposiciones realizadas, con la respectiva justificación. ¿Tabla de corrientes? ¿Cómo determinaron las dimensiones? Falta considerar ingresos por kWh, ¿cuánto es la producción de kWh? Las ecuaciones tienen diferente tamaño y formato. Redacten una conclusión por cada objetivo específico y una del objetivo general. La conclusión 4 no es una conclusión.	1,5
---	---	-----	---	-----	--	-----

Rúbrica SO4

Indicadores de desempeño (ID)	Realimentación Mitad semestre	Nota	Realimentación final	Nota	Realimentación general Docente
1. Reconocer y aplicar los códigos de ética, asociados a su profesión, en las etapas de desarrollo de proyectos ingenieriles.	Se reconoce la necesidad de cumplir normativas ambientales, laborales y energéticas, pero no se evidencia una aplicación explícita de códigos de ética profesional ni una reflexión desarrollada sobre dilemas éticos, transparencia o responsabilidad profesional según el perfil UIS/CPIQ.	2	Se reconocen responsabilidades ambientales, normativas y comunitarias del proyecto, pero la aplicación de códigos de ética profesionales no aparece desarrollada de forma explícita ni conectada con el perfil del ingeniero químico UIS o el CPIQ. La dimensión ética está implícita, no argumentada.	2,3	Análisis de originalidad e integridad: el texto posee párrafos potencialmente generados con IA (23%). Este aspecto es de importancia para su integridad profesional. Lo más recomendado es sintetizar las ideas utilizando diferentes fuentes bibliográficas y evitar la copia y pega directa de textos. El título de cada sección debe estar al inicio de la página. Actualmente, el resumen ejecutivo corresponde a una descripción de lo realizado sin presentar resultados importantes. El resumen ejecutivo está destinado a ubicar, ilustrar y convencer a un ejecutivo para que invierta en un proyecto. El resumen ejecutivo mejoraría con la redacción de solo tres párrafos. El primero con la descripción de la plaza, la generación de residuos en la plaza y lo que se hace actualmente con esos residuos, haciendo énfasis en la oportunidad de aprovechamiento. En el segundo párrafo se presenta una descripción del proceso, número de equipos y generación eléctrica y de gas de cocina. El último se dirige a los costos de inversión y de operación, las ganancias por electricidad y gas de cocina y a la posible recuperación de la inversión. Cambiar "Este proyecto se enfoca en transformar los residuos orgánicos de la Plaza..." por "El diseño conceptual considera el aprovechamiento de...". Cambiar "El propósito del proyecto es desarrollar un proceso económicamente..." por "El propósito del diseño es proponer un proceso económicamente...". Esto debido a que no se desarrolla de manera práctica. La Tabla de Contenido carece de los números de página. Faltan otras tablas. El Capstone Design Table presenta líneas de división incompletas. Faltan las páginas de cada ítem. En el 4to Obj. Esp cambiar "seguridad ambiental" por "emisiones de carbono". El 2do OE incluye el 3er OE. En el contexto del diseño viabilidad económica=viabilidad financiera. Interesante el último OE.
2. Analizar los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) de una solución ingenieril planteada.	Analiza impactos ambientales, económicos y sociales de la solución y los conecta con transición energética, gestión de residuos, empleo y relación con la comunidad. El componente global aparece de forma más general que analítica.	3	Analiza impactos ambientales, sociales y económicos del biodigestor, incluyendo reducción de residuos, aprovechamiento del digestato, costos, ingresos y empleo local. El componente global existe, pero es menos profundo y faltan métricas comparativas más sólidas.	3	El subtítulo 1.1 es igual al título 1. Falta orden en la presentación de las secciones de alternativas de diseño y desarrollo de la alternativa, con el mismo formato para ecuaciones, tablas y figuras. No hay soporte con citas de literatura. En los anexos faltan los respectivos cálculos de tamaño de los equipos.
3. Emitir juicios informados considerando los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) pertinentes a una situación ingenieril planteada.	Emite juicios informados al preferir una alternativa y recomendar campañas piloto, educación ambiental y monitoreo regulatorio. Aún falta mayor soporte cuantitativo y comparación formal para que la decisión sea completamente sólida.	2,8	Emite juicios informados al seleccionar la alternativa 1 y al reconocer que el PE3 es negativo en las condiciones actuales, proponiendo incentivos, PPA y mejoras operativas. Aun así, el análisis de escenarios y la valoración comparativa de impactos podría ser más robusta.	2,8	El subtítulo 1.1 es igual al título 1. Falta orden en la presentación de las secciones de alternativas de diseño y desarrollo de la alternativa, con el mismo formato para ecuaciones, tablas y figuras. No hay soporte con citas de literatura. En los anexos faltan los respectivos cálculos de tamaño de los equipos.
4. Demostrar integridad y responsabilidad profesional en el desarrollo de proyectos ingenieriles.	El informe incorpora referencias confiables y reconoce parte del respaldo técnico; sin embargo, hay inconsistencias de forma, citas irregulares, una figura con URL incrustada de navegador, fuentes comerciales para costos y algunas afirmaciones técnicas sin respaldo directo. Esto muestra avance, pero todavía no alcanza un manejo plenamente riguroso de la información.	2,5	El documento incorpora numerosas referencias y reconoce varias fuentes técnicas, académicas y normativas. No obstante, hay señales de debilidad en integridad documental: APA irregular, mezcla de fuentes comerciales con académicas para decisiones clave, algunas afirmaciones sin respaldo directo y varias inconsistencias numéricas que afectan la confiabilidad del reporte.	2,60	El subtítulo 1.1 es igual al título 1. Falta orden en la presentación de las secciones de alternativas de diseño y desarrollo de la alternativa, con el mismo formato para ecuaciones, tablas y figuras. No hay soporte con citas de literatura. En los anexos faltan los respectivos cálculos de tamaño de los equipos.

Tabla F- 11

Evaluación de entrega de mitad de semestre y final de síntesis y análisis de procesos químicos

2025-1 G3

Rúbrica SO2						
Indicadores de desempeño (ID)	Realimentación Mitad semestre IA	Nota	Realimentación final IA	Nota	Realimentación de la entrega de mitad de semestre Docente	Nota
P1. Identifica las necesidades del problema de diseño de ingeniería a resolver.	Identifica adecuadamente la necesidad de valorizar los residuos de La Concordia y conecta el problema con salud pública, transición energética y aprovechamiento de RSO. La formulación mejora frente a las actas; sin embargo, aún falta priorizar explícitamente las necesidades del diseño y distinguir mejor entre necesidades del problema y beneficios esperados.	3,2	Identifica con claridad la necesidad de aprovechar residuos orgánicos de la plaza La Concordia para generar energía y gas de cocina, y documenta actores, contexto y propósito del proyecto. La necesidad está bien descrita, aunque no queda priorizada formalmente ni traducida en especificaciones jerarquizadas de diseño.	3,2	Faltan los costos del kWh por generación con biogas y la composición el flujo de producción de residuos. Faltan costos de los residuos, precio de venta del kWh, del gas de cocina y una descripción de la población que trabaja en la plaza (condición socioeconómica, número de personas, puestos de trabajo, cocinas, consumo energético, consumo de gas, etc.). Falta especificar los stakeholders y el interés de cada uno.	2,5

<p>2. Describe las limitaciones y restricciones del problema de diseño, considerando factores técnicos y aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.</p>	<p>El informe describe limitaciones y restricciones técnicas, sociales, ambientales, regulatorias y económicas con apoyo bibliográfico. No obstante, la priorización de restricciones y su traducción directa a decisiones de diseño todavía es débil; algunas se formulan más como contexto que como condición de diseño verificable.</p>	<p>Describe restricciones y limitaciones técnicas, sociales, ambientales, económicas y regulatorias con una cobertura amplia y pertinente al problema. La debilidad está en la priorización: las restricciones no siempre se conectan explícitamente con decisiones concretas del diseño final ni con criterios verificables de aceptación.</p>	<p>La mayoría de los factores se encuentran relacionados con las limitaciones o restricciones del diseño; Integrar las secciones de viabilidad en el Capítulo 7. Adicionar citaciones en la matriz DOFA. Incluir el Plan Nacional de Desarrollo y la Política de Transición Energética.</p>
<p>3. Propone diferentes soluciones al problema de diseño y establece un criterio ponderado para calificar estas alternativas y seleccionar la más adecuada.</p>	<p>Se presentan y comparan alternativas de solución, y en el informe se selecciona la alternativa 1. La justificación es razonable, pero no se construye un criterio ponderado explícito ni un método formal de decisión; además, persisten referencias débiles o poco trazables en algunas alternativas.</p>	<p>Propone dos alternativas de solución y desarrolla una comparación más robusta que la del informe intermedio. Sin embargo, la selección no se apoya en un criterio ponderado propiamente dicho, sino en una matriz de puntuación simple sin pesos explícitos; por ello el cumplimiento es intermedio entre satisfactorio y en desarrollo.</p>	<p>En las alternativas se supone una composición para el sustrato, lo cual debe ser justificado; también, ¿pueden ser utilizados diferentes clases de inóculo en las alternativas? la respuesta debe ser detallada de manera explícita. Faltan los diagramas ES y BFD para la alternativa 1. En la tabla comparativa falta una puntuación para los criterios, de tal manera que se totalice y se obtenga la alternativa ganadora. ¿Cuánta producción se estima en cada alternativa? Consideren también diferentes operaciones para el pretratamiento y el postratamiento.</p>
<p>4. Resuelve el problema de diseño de ingeniería considerando sus restricciones.</p>	<p>El informe incorpora BFD/PFD, tabla de corrientes, anexos y dimensionamiento preliminar, pero aún hay inconsistencias relevantes en balances, conversiones de unidades, potencia del generador y coherencia entre CAPEX, OPEX y PE3. El diseño está documentado, aunque todavía no demuestra de forma consistente que todos los cálculos respondan a las restricciones planteadas.</p>	<p>El informe documenta el diseño conceptual, presenta diagramas, corrientes, equipos, balances y análisis económico, pero la resolución del problema no puede considerarse totalmente satisfactoria por las inconsistencias detectadas en cálculos, unidades, anulación y coherencia entre restricciones, diseño y economía.</p>	<p>Falta una tabla con todas las decisiones, aproximaciones y suposiciones realizadas, con la respectiva justificación. Aproximen los flujos molares de la corriente F6 por un balance de masa global. Consideren omitir el intercambiador. Revisar el costo del generador eléctrico a gas (\$100 usb es bajo). El costo del volumen de gas es muy elevado; revisen el costo de sus recibos del servicio público. Falta considerar ingresos por kWh. Revisar los datos de la Tabla 9 y el PE2 y el PE3. Redacten una conclusión por cada objetivo específico y una del objetivo general.</p>

Rúbrica SO4				
Indicadores de desempeño (ID)	Realimentación Mitad semestre	Nota	Realimentación final	Realimentación general Docente
<p>1. Reconocer y aplicar los códigos de ética, asociados a su profesión, en las etapas de desarrollo de proyectos ingenieriles.</p>	<p>El documento reconoce impactos sociales, ambientales y regulatorios del proyecto, pero no integra de forma explícita los códigos de ética profesional ni los lineamientos éticos del ingeniero químico como criterio de diseño. Hace falta vincular seguridad, responsabilidad profesional, propiedad intelectual y juicio ético con decisiones concretas del proyecto.</p>	<p>1,8</p>	<p>Reconoce de forma general asuntos éticos asociados a sostenibilidad, salud pública y aprovechamiento responsable de residuos, pero la aplicación explícita de códigos de ética profesionales al desarrollo del proyecto es limitada y más implícita que analítica.</p>	<p>Análisis de originalidad e integridad: el documento presenta párrafos potencialmente generados con IA (13%). Este aspecto es de importancia para su integridad profesional. Lo más recomendado es sintetizar las ideas utilizando diferentes fuentes bibliográficas y evitar la copia y pega directa de textos creados por IA. Faltaron las firmas en la Letter of Transmittal El resumen ejecutivo está destinado a ubicar, ilustrar y convencer a un ejecutivo para que invierta en un proyecto; no incluye citaciones. El resumen ejecutivo mejoraría con la redacción de solo tres párrafos. El primero con la descripción de la plaza, la generación de residuos en la plaza y lo que se hace actualmente con esos residuos, haciendo énfasis en la oportunidad de aprovechamiento. En el segundo párrafo se presenta una descripción del proceso, número de equipos y generación eléctrica y de gas de cocina. El último se dirige a los costos de inversión y de operación, las ganancias por electricidad y gas de cocina y a la posible recuperación de la inversión. El texto está cortado en la tercera fila, segunda columna de la Capstone Design Table. En el Proceso Diseñado se debe describir sucintamente el diagrama de proceso. Cambiar "El proyecto se desarrollará siguiendo los lineamientos..." por "El diseño conceptual considera los lineamientos...". Utilizar subíndices para los números en las fórmulas químicas y superíndices para las unidades dimensionales.</p>
<p>2. Analizar los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) de una solución ingenieril planteada.</p>	<p>Se analizan impactos ambientales, sociales y económicos del aprovechamiento de residuos y de la producción de biogás. El análisis es pertinente, aunque podría profundizar más en riesgos de operación, manejo del digestato, calidad del biogás y efectos territoriales/urbanos de la implantación.</p>	<p>3</p>	<p>Analiza impactos ambientales, sociales y económicos de la solución propuesta y los relaciona con transición energética, economía circular y comunidad local. La evaluación existe y es pertinente, aunque todavía es más descriptiva que crítica y no compara con suficiente profundidad riesgos e impactos adversos.</p>	<p>El documento presenta párrafos potencialmente generados con IA (13%). Este aspecto es de importancia para su integridad profesional. Lo más recomendado es sintetizar las ideas utilizando diferentes fuentes bibliográficas y evitar la copia y pega directa de textos creados por IA. Faltaron las firmas en la Letter of Transmittal El resumen ejecutivo está destinado a ubicar, ilustrar y convencer a un ejecutivo para que invierta en un proyecto; no incluye citaciones. El resumen ejecutivo mejoraría con la redacción de solo tres párrafos. El primero con la descripción de la plaza, la generación de residuos en la plaza y lo que se hace actualmente con esos residuos, haciendo énfasis en la oportunidad de aprovechamiento. En el segundo párrafo se presenta una descripción del proceso, número de equipos y generación eléctrica y de gas de cocina. El último se dirige a los costos de inversión y de operación, las ganancias por electricidad y gas de cocina y a la posible recuperación de la inversión. El texto está cortado en la tercera fila, segunda columna de la Capstone Design Table. En el Proceso Diseñado se debe describir sucintamente el diagrama de proceso. Cambiar "El proyecto se desarrollará siguiendo los lineamientos..." por "El diseño conceptual considera los lineamientos...". Utilizar subíndices para los números en las fórmulas químicas y superíndices para las unidades dimensionales.</p>
<p>3. Emitir juicios informados considerando los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) pertinentes a una situación ingenieril planteada.</p>	<p>El grupo emite juicios técnicos para seleccionar la alternativa y justificar su viabilidad. Aun así, los juicios informados deben fortalecerse con una comparación más rigurosa, mejor trazabilidad de datos y una discusión más clara de incertidumbres y trade-offs.</p>	<p>2,8</p>	<p>Emite juicios informados al seleccionar la alternativa 1 y justificarla por producción de biogás, factibilidad urbana y sostenibilidad. El juicio está sustentado, pero no alcanza nivel ejemplar porque la comparación no está ponderada y varias conclusiones dependen de cálculos que aún presentan inconsistencias.</p>	<p>Análisis de originalidad e integridad: el documento presenta párrafos potencialmente generados con IA (13%). Este aspecto es de importancia para su integridad profesional. Lo más recomendado es sintetizar las ideas utilizando diferentes fuentes bibliográficas y evitar la copia y pega directa de textos creados por IA. Faltaron las firmas en la Letter of Transmittal El resumen ejecutivo está destinado a ubicar, ilustrar y convencer a un ejecutivo para que invierta en un proyecto; no incluye citaciones. El resumen ejecutivo mejoraría con la redacción de solo tres párrafos. El primero con la descripción de la plaza, la generación de residuos en la plaza y lo que se hace actualmente con esos residuos, haciendo énfasis en la oportunidad de aprovechamiento. En el segundo párrafo se presenta una descripción del proceso, número de equipos y generación eléctrica y de gas de cocina. El último se dirige a los costos de inversión y de operación, las ganancias por electricidad y gas de cocina y a la posible recuperación de la inversión. El texto está cortado en la tercera fila, segunda columna de la Capstone Design Table. En el Proceso Diseñado se debe describir sucintamente el diagrama de proceso. Cambiar "El proyecto se desarrollará siguiendo los lineamientos..." por "El diseño conceptual considera los lineamientos...". Utilizar subíndices para los números en las fórmulas químicas y superíndices para las unidades dimensionales.</p>
<p>4. Demostrar integridad y responsabilidad profesional en el desarrollo de proyectos ingenieriles.</p>	<p>Hay respaldo bibliográfico y esfuerzo por documentar técnicamente el diseño, pero la integridad documental se ve afectada por referencias inconsistentes, fuentes poco robustas y discrepancias numéricas internas. Se requiere mayor control de calidad en citas, tablas, unidades y supuestos.</p>	<p>2</p>	<p>El documento reconoce autores y usa bibliografía técnica, pero la integridad profesional se ve afectada por referencias desiguales, uso de fuentes comerciales para decisiones sensibles, problemas de trazabilidad en algunas figuras/tablas y errores numéricos que debieron depurarse antes del cierre.</p>	<p>Análisis de originalidad e integridad: el documento presenta párrafos potencialmente generados con IA (13%). Este aspecto es de importancia para su integridad profesional. Lo más recomendado es sintetizar las ideas utilizando diferentes fuentes bibliográficas y evitar la copia y pega directa de textos creados por IA. Faltaron las firmas en la Letter of Transmittal El resumen ejecutivo está destinado a ubicar, ilustrar y convencer a un ejecutivo para que invierta en un proyecto; no incluye citaciones. El resumen ejecutivo mejoraría con la redacción de solo tres párrafos. El primero con la descripción de la plaza, la generación de residuos en la plaza y lo que se hace actualmente con esos residuos, haciendo énfasis en la oportunidad de aprovechamiento. En el segundo párrafo se presenta una descripción del proceso, número de equipos y generación eléctrica y de gas de cocina. El último se dirige a los costos de inversión y de operación, las ganancias por electricidad y gas de cocina y a la posible recuperación de la inversión. El texto está cortado en la tercera fila, segunda columna de la Capstone Design Table. En el Proceso Diseñado se debe describir sucintamente el diagrama de proceso. Cambiar "El proyecto se desarrollará siguiendo los lineamientos..." por "El diseño conceptual considera los lineamientos...". Utilizar subíndices para los números en las fórmulas químicas y superíndices para las unidades dimensionales.</p>

Tabla F- 12

Evaluación de entrega de mitad de semestre y final de síntesis y análisis de procesos químicos

2025-1 G4

Rúbrica SO2						
Indicadores de desempeño (ID)	Realimentación Mitad semestre IA	Nota	Realimentación final IA	Nota	Realimentación de la entrega de mitad de semestre Docente	Nota
P1. Identifica las necesidades específicas del problema de diseño de ingeniería a resolver.	El informe identifica con claridad la necesidad de valorizar residuos orgánicos de la Plaza Satélite del Sur, conectar el proyecto con la transición energética y proponer usos del biogás, electricidad y digestato. La necesidad está bien documentada, aunque aún falta priorizar mejores especificaciones de diseño y criterios medibles desde el inicio.	3,3	Identifica adecuadamente la necesidad de valorizar los residuos orgánicos de la Plaza Satélite del Sur y vincula esa necesidad con suministro energético, condiciones sanitarias y economía circular. El problema está documentado y contextualizado; no obstante, todavía depende de datos análogos de otra plaza y falta una caracterización propia más robusta de la materia prima.	3,3	faltan los costos del kWh por generación con biogas y la composición el flujo de producción de residuos. Faltan costos de los residuos, precio de venta del kWh y una descripción de la población que trabaja en la plaza (condición socioeconómica, número de personas, puestos de trabajo, cocinas, consumo energético, consumo de gas, etc.). Incluir el valor del flujo de agua en el diagrama ES.	3,3
2. Describe las limitaciones y restricciones del problema de diseño, considerando factores técnicos y aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.	Describe limitaciones y restricciones técnicas, ambientales, normativas, económicas y sociales con buen nivel de detalle y fuentes pertinentes. La debilidad principal es metodológica: no se explicita un análisis PESTEL y no siempre se jerarquiza qué restricciones gobiernan realmente la solución seleccionada.	3	Describe restricciones y limitaciones técnicas, económicas, sociales, ambientales y normativas con amplitud suficiente para nivel satisfactorio. La debilidad principal es la priorización: no se jerarquizan con claridad las restricciones críticas ni se integra de forma sólida el componente político/territorial (por ejemplo, POT y localización para tratamiento de residuos).	3	La mayoría de los factores se encuentran relacionados con las limitaciones o restricciones del diseño. Faltan las limitaciones en cuanto al manejo de desechos sólidos, emisiones gaseosas, olores ofensivos, comunidades energéticas, plan de ordenamiento territorial. Adicionar citaciones en la matriz DOFA. Incluir el Plan Nacional de Desarrollo y la Política de Transición Energética.	3,6
3. Propone diferentes soluciones al problema de diseño y establece un criterio ponderado para calificar estas alternativas y seleccionar la más adecuada.	Presenta más de una alternativa y una tabla de decisión con varios criterios. Sin embargo, la selección final todavía muestra inconsistencias internas: el resumen y la tabla favorecen WAD, mientras algunas conclusiones y justificaciones usan argumentos propios de HSAD. Se requiere cierre técnico inequívoco de la decisión.	2,8	Propone dos alternativas de solución (HSAD y WAD), las compara con varios criterios y selecciona WAD mediante una argumentación razonada. Aun así, el criterio de selección sigue siendo predominantemente cualitativo y no muestra una ponderación explícita suficientemente robusta; además, algunas tablas necesitan mejor soporte bibliográfico.	3,2	En las alternativas se supone una composición para el sustrato, lo cual debe ser justificado; también, ¿pueden ser utilizados diferentes clases de inóculo en las alternativas? la respuesta debe ser detallada de manera explícita. Faltan los valores en el diagrama ES para la alternativa 2. En la tabla 1, comparativa, falta una puntuación para los criterios, de tal manera que se totalice y se obtenga la alternativa ganadora. ¿Cuál es el TRL de cada alternativa? Falta este criterio en la tabla. En la Tabla 2, faltan las citaciones respectivas, y la respectiva puntuación. Lo mismo en las Tablas 3 a 5. La puntuación en la Tabla 6, al no tener descripción, hace que se deba devolver al documento para verificar la puntuación dada. Incluir citas en la Tabla 6. Consideren también diferentes operaciones para el pretratamiento y el postratamiento. La Tb del sustrato es mayor de 100 °C (Faltan las unidades de la T en la tabla 7).	3,6
4. Resuelve el problema de diseño de ingeniería considerando sus restricciones.	El informe ya incorpora tablas de corrientes, dimensionamiento de equipos, CAPEX, OPEX y PE3, lo que evidencia avance importante. No obstante, la documentación de supuestos y la coherencia entre la tecnología elegida, los balances y las conclusiones deben mejorar; además, no se reporta un balance de energía global, solo cargas/equipos puntuales.	2,6	El informe resuelve el problema a nivel conceptual con BFD, PFD, corrientes, dimensionamiento, CAPEX, OPEX y PE3. Sin embargo, no todos los cálculos incorporan de manera transparente las restricciones del diseño, y persisten inconsistencias de numeración, algunas diferencias de valores y un cierre técnico-financiero que requiere mayor depuración.	3	Falta una tabla con todas las decisiones, aproximaciones y suposiciones realizadas, con la respectiva justificación. ¿Peso molecular promedio? Falta especificar como determinaron los rendimientos. Consideren omitir el intercambiador. Revisar el costo del generador eléctrico a gas (\$100 usb es bajo). El costo del volumen de gas es muy elevado; revisen el costo de sus recibos del servicio público. Revisar ingresos por kWh. ¿Se gana más por biofertilizante? Falta incluir el generador eléctrico. Pueden también cotizar los equipos por páginas de internet. Redacten una conclusión por cada objetivo específico y una del objetivo general.	2,1
Rúbrica SO4						
Indicadores de desempeño (ID)	Realimentación Mitad semestre	Nota	Realimentación final	Nota	Realimentación general Docente	
1. Reconocer y aplicar los códigos de ética, asociados a su profesión, en las etapas de desarrollo de proyectos ingenieriles.	El documento aborda impactos y responsabilidad social/ambiental, pero no aplica de forma explícita los códigos de ética profesional ni los articula con decisiones concretas del diseño. Debe vincularse mejor con el perfil del ingeniero químico UIS, seguridad pública, transparencia y propiedad intelectual.	2	Reconoce cuestiones éticas relacionadas con sostenibilidad, salud pública, manejo de residuos y cumplimiento normativo. La aplicación explícita de códigos de ética profesional todavía es parcial: se infiere más de lo que se desarrolla, y faltan apartados específicos sobre responsabilidad profesional, transparencia y uso ético de la información.	2,8	Análisis de originalidad e integridad: el documento presenta párrafos potencialmente generados con IA (12%). Este aspecto es de importancia para su integridad profesional. Lo más recomendado es sintetizar las ideas utilizando diferentes fuentes bibliográficas y evitar la copia y pega directa de textos creados por IA. Faltaron las firmas en la Letter of Transmittal. El resumen ejecutivo está destinado a ubicar, ilustrar y convencer a un ejecutivo para que invierta en un proyecto. El resumen ejecutivo puede ser redactado en tres párrafos. El primero con la descripción de la plaza, la generación de residuos en la plaza y lo que se hace actualmente con esos residuos, haciendo énfasis en la oportunidad de aprovechamiento. En el segundo párrafo se presenta una descripción del proceso, número de equipos y generación eléctrica y de gas de cocina. El último se dirige a los costos de inversión y de operación, las ganancias por electricidad y gas de cocina y a la posible recuperación de la inversión.	
2. Analizar los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) de una solución ingenieril planteada.	Se analizan impactos ambientales, económicos y sociales del proyecto con buena pertinencia local. La discusión	3	Analiza impactos ambientales, económicos y sociales del proyecto, incluyendo reducción de residuos, potencial energético, condiciones	3,2		

	<p> puede elevarse si pasa de describir impactos a evaluarlos comparativamente frente a la alternativa escogida y frente a escenarios de implementación real.</p>	<p> sanitarias y oportunidades de empleo. El componente global está presente, aunque podría profundizarse con mayor rigor en escenarios de implementación real y aceptación comunitaria.</p>	<p> Pueden omitir la palabra "Página" en la Capstone Design Table. En el Proceso Diseñado se debe describir sucintamente el diagrama de proceso. Cambiar "toneladas" por "ton". Utilizar subíndices para los números en las fórmulas químicas y superíndices para las unidades dimensionales. Faltaron anexos.</p>
<p>3. Emitir juicios informados considerando los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) pertinentes a una situación ingenieril planteada.</p>	<p>El equipo emite juicios de diseño basados en criterios técnicos y de impacto, pero la inconsistencia WAD/HSAD debilita la solidez de dichos juicios. Hace falta una justificación final más compacta y completamente alineada con los resultados comparativos y económicos.</p>	<p>Emite juicios informados al seleccionar WAD y justificar la escala piloto del proyecto considerando impactos técnicos, económicos y socioambientales. No obstante, la discusión debería ser más crítica frente a la baja rentabilidad reportada y a la incertidumbre asociada a la caracterización de residuos y a los precios.</p>	
<p>4. Demostrar integridad y responsabilidad profesional en el desarrollo de proyectos ingenieriles.</p>	<p>Existe esfuerzo por respaldar información con referencias y por reconocer fuentes. Aun así, hay mezcla de fuentes académicas, divulgativas y comerciales; además, se observan irregularidades de formato APA, repeticiones, y señales de trazabilidad incompleta en algunos datos y figuras. Debe fortalecerse la integridad documental.</p>	<p>El documento reconoce fuentes y construye un análisis técnico con intención profesional, pero todavía presenta debilidades en integridad documental: APA irregular, trazabilidad incompleta en algunas cifras, mezcla de fuentes académicas y comerciales, y varias inconsistencias editoriales. No hay evidencia concluyente de plagio, pero sí señales de revisión pendiente.</p>	

Tabla F- 13

*Evaluación de entrega de mitad de semestre y final de síntesis y análisis de procesos químicos 2025-1 G5*

Rúbrica SO2							
Indicadores de desempeño (ID)	Realimentación Mitad semestre IA	Nota	Realimentación final IA	Nota	Realimentación de la entrega de mitad de semestre Docente	Nota	Nota
P1. Identifica las necesidades específicas del problema de diseño de ingeniería a resolver.	Identifica con claridad la necesidad de valorizar residuos orgánicos de la Plaza Guarín para producir energía útil y documenta actores, contexto y propósito del diseño. Falta priorizar necesidades y traducirlas en especificaciones cuantitativas verificables.	3,3	Identifica con claridad el problema, la materia prima, el contexto local, stakeholders y objetivos del diseño; sin embargo, la priorización explícita de necesidades podría ser más rigurosa.	3,3	Faltan las respectivas citas que sustenten los datos de composición, los costos del kWh por generación con biogas y las afirmaciones de factibilidad de producción de biogas. Falta el flujo de producción de residuos. Faltan costos de los residuos, precio de venta del kWh, del gas de cocina y una descripción de la población que trabaja en la plaza (condición socioeconómica, número de personas, puestos de trabajo, cocinas, consumo energético, consumo de gas, etc.). Falta especificar el interés de cada stakeholder.	2	
2. Describe las limitaciones y restricciones del problema de diseño, considerando factores técnicos y aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.	Describe limitaciones y restricciones en varias dimensiones y apoya el análisis con fuentes y normas. Para un nivel más alto, debe priorizarlas y mostrar con mayor precisión cómo condicionan el diseño elegido.	3,2	Describe limitaciones y restricciones técnicas, económicas, sociales, ambientales, normativas y de seguridad con buena cobertura documental. Falta una jerarquización más explícita de dichas restricciones frente a las necesidades del problema.	3,2	La mayoría de los factores se encuentran relacionados con las limitaciones o restricciones del diseño; tiene oportunidades de mejora en la limitación política, ya que como está escrito presenta una confusión entre la existencia o no de los beneficios legales en la ejecución del proyecto. Faltan citas en las limitaciones ambientales. En las restricciones técnicas hay teoría innecesaria; falta que especifiquen que valor de TRL se debería asumir para adoptar la tecnología. Restricciones normativas=Restricciones políticas. Colocar en la descripción de la matriz DOFA las normas o políticas que respaldan el proyecto. Expresar el análisis DOFA como una matriz o tabla	2,2	
3. Propone diferentes soluciones al problema de diseño y establece un criterio ponderado para calificar estas alternativas y seleccionar la más adecuada.	Propone dos alternativas y utiliza una matriz ponderada para seleccionar la opción con inóculo de PTAR. La justificación es razonable, aunque aún depende más de literatura secundaria que de un criterio propio o evidencia comparativa más robusta.	3,2	Propone más de una solución y utiliza una matriz comparativa con criterios y porcentajes para seleccionar la alternativa. La justificación es razonada, aunque todavía depende más de literatura que de un criterio propio validado con cálculos consistentes.	3,1	Falta un cuadro comparativo con la descripción de cada criterio para cada consorcio definido, suministrando valores de tipo semicuantitativo con citas que respalden las afirmaciones. Falta una descripción de la matriz de decisión, explicando la escala tomada. Faltan los diagramas ES para cada alternativa. Consideren también diferentes operaciones para el pretratamiento, la digestión anaerobia y el postratamiento	2,2	
4. Resuelve el problema de diseño de ingeniería considerando sus restricciones.	El informe presenta ES, PFD, balance de masa, dimensionamiento preliminar y evaluación económica. Sin embargo, persisten inconsistencias importantes en conversión de unidades, capacidad del biodigestor, OPEX y ausencia de	2,5	El informe documenta el diseño conceptual y presenta cálculos, diagramas y dimensionamiento; no obstante, la resolución del problema queda limitada por inconsistencias severas en balances, producción de CH4, energía, OPEX y tamaño de equipos.	2,4	Falta una tabla con todas las decisiones, aproximaciones y suposiciones realizadas, con la respectiva justificación. Falta considerar ingresos por kWh, ¿cuánto es la producción de kWh? Redacten una conclusión por cada objetivo específico y una del objetivo general	2,3	

balance de energía, lo que limita el nivel alcanzado.

Rúbrica SO4					
Indicadores de desempeño (ID)	Realimentación Mitad semestre	Nota	Realimentación final	Nota	Realimentación general Docente
1. Reconocer y aplicar los códigos de ética, asociados a su profesión, en las etapas de desarrollo de proyectos ingenieriles.	El documento reconoce implicaciones ambientales, sociales y normativas del proyecto, pero no articula de forma explícita el código de ética profesional ni los lineamientos éticos del ingeniero químico.	2	Reconoce dimensiones éticas y de seguridad del proyecto, pero no articula de forma suficientemente explícita los códigos de ética profesional ni su aplicación concreta en decisiones de diseño.	2,2	Análisis de originalidad e integridad: el texto posee párrafos con copias textuales (9%) de: <a href="http://www.iwgia.org">www.iwgia.org</a> , <a href="http://www.scielo.org.co">www.scielo.org.co</a> , <a href="http://www.secular.es">www.secular.es</a> , <a href="http://www.repositorio.urosario.edu.co">www.repositorio.urosario.edu.co</a> , entre otras, así como textos potencialmente generados con IA (26%). Este aspecto es de importancia para su integridad profesional. Lo más recomendado es sintetizar las ideas utilizando diferentes fuentes bibliográficas y evitar la copia y pega directa de textos.
2. Analizar los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) de una solución ingenieril planteada.	Analiza impactos globales, económicos, ambientales y sociales de la solución propuesta, especialmente en gestión de residuos, transición energética y comunidad local. El análisis podría profundizarse con indicadores o escenarios.	3,1	Analiza impactos económicos, ambientales y sociales del proyecto, incluyendo gestión de residuos, transición energética y beneficios comunitarios. La evaluación aún puede profundizarse con indicadores cuantitativos más sólidos.	3,2	El documento no está en formato pdf. Faltó el Executive Summary (Inglés) Actualmente, el resumen ejecutivo corresponde a un Prefacio del documento. El resumen ejecutivo está destinado a ubicar, ilustrar y convencer a un ejecutivo para que invierta en un proyecto. El resumen ejecutivo mejoraría con la redacción de solo tres párrafos. El primero con la descripción de la plaza, la generación de residuos en la plaza y lo que se hace actualmente con esos residuos, haciendo énfasis en la oportunidad de aprovechamiento. En el segundo párrafo se presenta una descripción del proceso, número de equipos y generación eléctrica y de gas de cocina. El último se dirige a los costos de inversión y de operación, las ganancias por electricidad y gas de cocina y a la posible recuperación de la inversión.
3. Emitir juicios informados considerando los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) pertinentes a una situación ingenieril planteada.	La selección de alternativa evidencia juicios técnicos informados considerando costo, estabilidad operativa, normatividad y aceptación social. Aún falta mayor profundidad en la comparación de riesgos e impactos a largo plazo.	3,1	Emite juicios informados al comparar alternativas y seleccionar la opción PTAR considerando costos, estabilidad, normatividad e impacto contextual. La calidad del juicio se debilita por la inconsistencia numérica de algunos soportes.	3	Cambiar "Este proyecto se enfoca en transformar los residuos orgánicos de la Plaza..." por "El diseño conceptual considera el aprovechamiento de...". Cambiar "El propósito del proyecto es desarrollar un proceso económicamente..." por "El propósito del diseño es proponer un proceso económicamente...". Esto debido a que no se desarrolla de manera práctica. El último OE "Integrar a los stakeholders relevantes, incluyendo la Alcaldía y entidades locales, para validar el impacto y pertinencia del proyecto en el contexto urbano" está fuera del alcance del diseño, ya que este no se va a desarrollar en la práctica. El documento presenta secciones con diferentes formas de citas (leontec y APA).
4. Demostrar integridad y responsabilidad profesional en el desarrollo de proyectos ingenieriles.	Se observa intención de sustentar el documento con referencias técnicas y normativas; no obstante, hay señales de debilidad en la trazabilidad bibliográfica, consistencia APA y verificación de cálculos. Esto reduce la evidencia de integridad técnica plena.	2,2	Presenta respaldo bibliográfico amplio y reconoce muchas fuentes, pero persisten problemas de trazabilidad, referencias duplicadas, formato desigual y resultados técnicos cuya consistencia no está adecuadamente demostrada.	2,3	

Tabla F- 14

Evaluación de entrega de mitad de semestre y final de síntesis y análisis de procesos químicos

2025-1 G6

Rúbrica SO2						
Indicadores de desempeño (ID)	Realimentación Mitad semestre IA	Nota	Realimentación final IA	Nota	Realimentación de la entrega de mitad de semestre Docente	Nota
P1. Identifica las necesidades específicas del problema de diseño de ingeniería a resolver.	Identifica con claridad el problema, la fuente de residuos, la ubicación, los beneficios y varias necesidades del diseño. Falta priorizar esas necesidades y traducirlas en especificaciones más concretas de desempeño, capacidad, calidad del biogás y criterios de éxito.	3.40	El informe identifica con claridad la necesidad de valorizar los residuos orgánicos de El Potrerillo y conectar el problema con demanda energética, condiciones sanitarias y oportunidad de aprovechamiento. La necesidad está bien documentada, pero la priorización de requerimientos de diseño todavía podría hacerse de forma más explícita.	3,4	Faltan costos de los residuos y precio de venta del kWh, del gas de cocina. Requerimientos de kWh y gas de cocina en la plaza. El plan de gestión PGIR no es un stakeholder.	3,4
2. Describe las limitaciones y restricciones del problema de diseño, considerando factores técnicos y aspectos de salud pública, seguridad	Describe una cobertura amplia de limitaciones y restricciones (técnicas, económicas, sociales, legales, ambientales y de seguridad). La principal debilidad es conceptual: no siempre diferencia con rigor qué es	3.10	Se describen restricciones y limitaciones técnicas, económicas, sociales, ambientales, normativas y territoriales con base documental suficiente. La debilidad principal es que no siempre se priorizan ni se relacionan de manera explícita con	3,2	La mayoría de los factores se encuentran relacionados con las limitaciones o restricciones del diseño; tiene oportunidades de mejora en el soporte cuantitativo de varias limitaciones y restricciones que ilustren su influencia en el diseño. Faltan citas en varias secciones. Falta que especifiquen que valor de TRL se debería asumir para adoptar la tecnología. La matriz	3

y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. limitación y qué es restricción, ni prioriza cuáles condicionan más el diseño final. la solución seleccionada y con los cálculos de diseño. DOFA también carece de citas. Profundizar en como se afrontan las debilidades y las amenazas.

3. Propone diferentes soluciones al problema de diseño y establece un criterio ponderado para calificar estas alternativas y seleccionar la más adecuada.	Presenta varias alternativas y una comparación mediante matrices para reactor y equipo generador. La selección final está razonada, pero la matriz no es ponderada de forma explícita y la justificación todavía no cierra completamente con criterios cuantitativos y restricciones del proyecto.	2.80	El grupo propone varias alternativas y usa matrices comparativas para seleccionar reactor, motor y estrategia operativa. La justificación es razonable, pero los criterios no están realmente ponderados y faltan métricas propias suficientemente fuertes para discernir entre alternativas cercanas.	3,1	Falta un cuadro comparativo con la descripción de cada criterio para cada alternativa (digestor, generador y recirculación), suministrando valores de tipo semicuantitativo con citas que respalden las afirmaciones. La Tabla 4 no se requiere para ilustrar la decisión tomada; profundizar en aspectos de operación, cantidad de agua, tiempos, consorcio microbiano y generación de subproductos. Falta una descripción de la matriz de decisión, explicando la escala tomada. Faltan los diagramas ES para cada alternativa. Consideren también diferentes operaciones para el pretratamiento y los consorcios.	3
4. Resuelve el problema de diseño de ingeniería considerando sus restricciones.	El informe ya incorpora diagramas E-S, BFD, PFD, tablas de corrientes, CAPEX y OPEX. Sin embargo, se detectan inconsistencias en balances, energía y economía, y el dimensionamiento todavía es incipiente. El diseño va encaminado, pero aún no puede considerarse completamente resuelto ni totalmente documentado.	2.40	El informe incluye balances, anexos, dimensionamiento y evaluación económica; sin embargo, la resolución del problema aún presenta inconsistencias entre anexos y cuerpo principal en producción de biogás, CAPEX, OPEX y potencial económico. La sección de purificación tampoco queda completamente validada.	2,7	Falta una tabla con todas las decisiones, aproximaciones y suposiciones realizadas, con la respectiva justificación. ¿El tamaño del digestor está basado en métodos de diseño? ¿Diagrama ES de la alternativa trabajada? Falta considerar ingresos por kWh, ¿cuánto es la producción de kWh? Redacten una conclusión por cada objetivo específico y una del objetivo general. El tercer ítem de las conclusiones no es una conclusión.	2

Rúbrica SO4

Indicadores de desempeño (ID)	Realimentación Mitad semestre	Nota	Realimentación final	Nota	Realimentación general Docente
1. Reconocer y aplicar los códigos de ética, asociados a su profesión, en las etapas de desarrollo de proyectos ingenieriles.	Reconoce parcialmente cuestiones éticas y de cumplimiento normativo al hablar de bienestar público, seguridad, manejo de residuos y regulación. No obstante, la conexión explícita con códigos de ética profesional, conflicto de interés, propiedad intelectual y responsabilidad profesional todavía es débil.	2,2	Se reconocen aspectos de seguridad, salud pública y sostenibilidad, pero la aplicación explícita de códigos de ética profesionales es limitada. Se requiere relacionar con mayor claridad el diseño con criterios del CPIQ, perfil UIS, responsabilidad profesional y toma de decisiones éticas.	2,3	Análisis de originalidad e integridad: el texto posee párrafos potencialmente generados con IA (25%). Este aspecto es de importancia para su integridad profesional. Lo más recomendado es sintetizar las ideas utilizando diferentes fuentes bibliográficas y evitar la copia y pega directa de textos. Actualmente, el resumen ejecutivo corresponde a un Prefacio del documento. El resumen ejecutivo está destinado a ubicar, ilustrar y convencer a un ejecutivo para que invierta en un proyecto. El resumen ejecutivo mejoraría con la redacción de solo tres párrafos. El primero con la descripción de la plaza, la generación de residuos en la plaza y lo que se hace actualmente con esos residuos, haciendo énfasis en la oportunidad de aprovechamiento. En el segundo párrafo se presenta una descripción del proceso, número de equipos y generación eléctrica y de gas de cocina. El último se dirige a los costos de inversión y de operación, las ganancias por electricidad y gas de cocina y a la posible recuperación de la inversión. Cambiar "Este proyecto pretende generar..." por "El eventual desarrollo de este diseño conceptual puede generar...". Esto debido a que no se desarrolla de manera práctica. La tabla del Capstone Design debe presentar de manera explícita las normativas utilizadas, las limitaciones y restricciones de diseño, una explicación del proceso. El objetivo general está combinado con una frase "El estudio realizará..." que se ajusta a una propuesta de investigación más que a un diseño conceptual. Usualmente, los objetivos se escriben sin puntos seguidos. El segundo y el tercer objetivo específicos también presentan un punto seguido. El documento presenta secciones sin citas que soporten las afirmaciones. Esto es una corrección importante, ya que protege los derechos de autor, reconoce el aporte de investigadores y permite el análisis del trabajo de los autores del diseño conceptual. Las figuras y las tablas deben ser mencionadas y analizadas en el texto del documento. Hay espacios entre palabras y signos de puntuación que no siguen las reglas de la gramática española. Evitar teoría de soporte de los procedimientos y métodos seguidos en el diseño (e.g. "El dimensionamiento de equipos es una parte esencial en el diseño..."), ya que el documento no pretende soportar de manera explícita las secciones que lo comprenden. Todas las ecuaciones y las tablas deben ser elaboradas por los autores del documento; eviten copiar y pegar. En los anexos faltan los respectivos cálculos de tamaño de los equipos.
2. Analizar los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) de una solución ingenieril planteada.	Analiza impactos ambientales, económicos y sociales de la solución con suficiente amplitud para mitad de semestre. El componente global y la evaluación crítica comparativa de impactos todavía puede profundizarse, especialmente con datos cuantificados.	3	El informe analiza impactos ambientales, económicos y sociales de la solución, y vincula el proyecto con transición energética y economía circular. La evaluación de impactos globales y su cuantificación todavía puede profundizarse.	3,2	
3. Emitir juicios informados considerando los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) pertinentes a una situación ingenieril planteada.	Emite juicios sobre la conveniencia de ciertas alternativas considerando impactos y desempeño, pero estas decisiones aún dependen más de descripciones cualitativas que de una evaluación integral y trazable de consecuencias técnicas, económicas y socioambientales.	2,8	Se emiten juicios razonados para seleccionar alternativas y defender la conveniencia del proyecto considerando impactos relevantes. Aun así, algunos juicios dependen de resultados numéricos que todavía presentan inconsistencias internas.	3	
4. Demostrar integridad y responsabilidad profesional en el desarrollo de proyectos ingenieriles.	Presenta información técnica respaldada de manera parcial por fuentes confiables, pero persisten vacíos de trazabilidad, APA irregular, mezcla de fuentes técnicas y divulgativas y algunas inconsistencias numéricas. Se requiere mayor rigor para evidenciar integridad profesional plena.	2,4	El documento reconoce fuentes, formula supuestos y muestra intención de rigor técnico. No obstante, persisten señales de riesgo por trazabilidad incompleta, uso de algunas fuentes débiles y diferencias entre secciones que deben corregirse para reflejar plena integridad profesional.	2,8	

Tabla F- 15

Evaluación de entrega de mitad de semestre y final de síntesis y análisis de procesos químicos 2025-1 G7

Rúbrica SO2		
Indicadores de desempeño (ID)	Realimentación final IA	Nota
P1. Identifica las necesidades específicas del problema de diseño de ingeniería a resolver.	El informe identifica adecuadamente la necesidad central: aprovechar residuos orgánicos de la plaza San Francisco para generar biogás y electricidad dentro del marco WtE. Se documentan fuente de materia prima, contexto regional, stakeholders y motivación técnica. Falta priorizar con mayor rigor las	3,2

	necesidades de diseño y traducirlas en especificaciones cuantitativas de producto y desempeño desde el inicio.	
2. Describe las limitaciones y restricciones del problema de diseño, considerando factores técnicos y aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.	Se describen restricciones y limitaciones técnicas, sociales, económicas, legales, ambientales y de seguridad, además de incluir DOFA. El nivel es cercano a satisfactorio, pero la priorización de restricciones y su conexión directa con decisiones de diseño aún puede fortalecerse. Algunas restricciones aparecen más como contexto general que como criterio operativo vinculante.	2,8
3. Propone diferentes soluciones al problema de diseño y establece un criterio ponderado para calificar estas alternativas y seleccionar la más adecuada.	El documento propone tres alternativas y usa criterios comparativos (tipo de reactor, %CH <sub>4</sub> , tiempo de retención, costo y TRL). La debilidad principal es que la comparación no se formula como un criterio ponderado explícito. La selección está razonada, pero no completamente cerrada con una metodología multicriterio formal.	2,6
4. Resuelve el problema de diseño de ingeniería considerando sus restricciones.	El diseño conceptual incluye PFD, justificación de equipos, balances globales, estimación de generación eléctrica y propuesta de purificación con simulación. No obstante, el cierre técnico-financiero es incompleto: la sección 7 no desarrolla claramente CAPEX ni reporta PE3, y el dimensionamiento detallado de equipos sigue limitado. Por ello el desempeño se ubica en desarrollo alto, no en satisfactorio pleno.	2,7
<b>Rúbrica SO4</b>		
<b>Indicadores de desempeño (ID)</b>	<b>Realimentación final IA</b>	<b>Nota</b>
1. Reconocer y aplicar los códigos de ética, asociados a su profesión, en las etapas de desarrollo de proyectos ingenieriles.	El informe reconoce aspectos de sostenibilidad, salud pública, gestión de residuos y cumplimiento normativo, pero no desarrolla de forma explícita los códigos de ética profesional ni su aplicación concreta durante el proyecto. El componente ético aparece implícito, no argumentado desde el marco profesional del ingeniero químico y la rúbrica SO4.	2,3
2. Analizar los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) de una solución ingenieril planteada.	Sí se analizan impactos económicos, ambientales y sociales de la solución: reducción de residuos, aporte a transición energética, beneficio comunitario, costos de operación y rol de actores locales. El análisis es pertinente y supera el nivel básico, aunque todavía puede profundizar en impactos negativos potenciales, escalabilidad y gestión de riesgos comunitarios.	3,1
3. Emitir juicios informados considerando los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) pertinentes a una situación ingenieril planteada.	El grupo emite juicios informados al comparar tecnologías y al justificar la alternativa elegida considerando costo, madurez tecnológica, composición del biogás y viabilidad operativa. Sin embargo, la toma de decisión sería más sólida si integrara ponderación formal, análisis de incertidumbre y consistencia total entre resultados de purificación, selección tecnológica y evaluación económica.	2,8
4. Demostrar integridad y responsabilidad profesional en el desarrollo de proyectos ingenieriles.	La entrega reconoce autores y utiliza literatura técnica, pero persisten debilidades de integridad documental: resultados que cambian entre acta e informe sin explicación suficiente, heterogeneidad de estilo y ausencia de un cierre transparente en CAPEX/PE3. Hay respaldo científico, aunque no todavía con el nivel de trazabilidad y consistencia esperable para un desempeño ejemplar.	2,7

*Nota:* El grupo 7 de síntesis y análisis de procesos químicos 2025-1 no presentó informe de mitad de semestres.

De manera complementaria al análisis detallado realizado para el grupo 2, en las Tablas F-1 a F-15, correspondientes a los demás grupos evaluados del curso de Síntesis y Análisis de Procesos, se identificó un comportamiento consistente con el descrito anteriormente. Aunque cada grupo presenta debilidades en cuanto al nivel de desarrollo del proyecto, la claridad de la información y la calidad del sustento técnico, en términos generales las realimentaciones de la IA-GPT y del docente coincidieron en señalar vacíos relacionados con la formulación del problema, el soporte bibliográfico, la justificación de alternativas y la consistencia de los resultados técnicos. Esta convergencia puede reconocerse en los grupos 1 y 3. En ambos casos, el docente formuló observaciones sobre faltantes en la definición del problema, el sustento bibliográfico, la comparación de alternativas y el soporte técnico de los cálculos, mientras que la GPT, para las mismas entregas, identificó debilidades equivalentes en la delimitación de necesidades del diseño, la trazabilidad de la información, la justificación de la selección tecnológica y la coherencia entre

balances, economía y resultados. Por tanto, la similitud no radica en la señalización específica de los comentarios, sino en el tipo de vacío documentado que ambas evaluaciones logran identificar.

Adicionalmente, la comparación de las calificaciones muestra que las diferencias entre los puntajes asignados por la IA-GPT y por el docente no necesariamente responden a contradicciones, sino al alcance de la realimentación emitida. Mientras la IA-GPT tiende a valorar con mayor rigor el cumplimiento explícito de criterios y la presencia de evidencia verificable, el docente incorpora además una lectura formativa del proceso, que considera el progreso del grupo, la intención de mejora y la calidad global de la entrega, indicando que las diferencias observadas en los puntajes no invalidan la coherencia entre ambas revisiones, sino que reflejan enfoques complementarios dentro del mismo proceso evaluativo.

Por lo tanto, el análisis transversal de los demás grupos confirma que la relación observada en el grupo 2 no corresponde a un caso aislado, sino a una tendencia recurrente en el curso. En ese sentido, la IA-GPT se construye como un apoyo útil para la identificación sistemática de vacíos técnicos e incoherencias escritas de manera explícita en los documentos.

## Apéndice G

### Evaluaciones de Análisis de procesos químicos 2026-1

**Tabla G- 1**

*Evaluación según rúbrica SO2 Acevedo Bioenergy S.A.S*

Indicadores de desempeño (ID)	Realimentación de la IA	Realimentación Docente
1. Identifica las necesidades específicas del problema de diseño de ingeniería a resolver.	Identifica con claridad la necesidad de valorizar residuos del café para generar electricidad y gas de cocina en una comunidad energética rural de 2.000 hogares en Acevedo, Huila, lo cual mantiene coherencia general con el enunciado WtE&G 2026-1. La necesidad está bien contextualizada técnica y regionalmente, pero no se prioriza de forma explícita frente a otras necesidades del proyecto base como calidad del gas renovable, posible venta de CO <sub>2</sub> o cumplimiento de especificaciones de RNG. 3,4	Describen el problema de forma específica y documentada con un análisis de estudio de mercado, oferta y demanda, localización, costos y precios de venta. 4

2. Describe las limitaciones y restricciones del problema de diseño, considerando factores técnicos y aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.	Describe restricciones ambientales, sociales, económicas, técnicas, normativas, de acceso y seguridad, con referencias pertinentes y relación parcial con la operación del proceso. La cobertura es amplia y pertinente; sin embargo, falta jerarquizarlas y conectarlas de manera más directa con decisiones concretas del diseño seleccionado, especialmente suministro estacional, calidad del biogás/RNG y requisitos de mercado. 3,3	Incluye normativa colombiana, matriz DOFA con estrategias de mitigación y menciona riesgos técnicos, ambientales, sociales, económicos y de seguridad tanto en limitaciones como restricciones. No incluyen aspectos de salud, bienestar público, ni culturales 3
3. Propone diferentes soluciones al problema de diseño y establece un criterio ponderado para calificar estas alternativas y seleccionar la más adecuada.	Se presentan dos alternativas claramente diferenciadas y se justifica por escrito la selección de la segunda. La principal debilidad es que la comparación no usa una matriz de ponderación con pesos, puntajes ni criterio cuantitativo reproducible. La decisión es razonable, pero la rúbrica exige un criterio ponderado explícito para alcanzar nivel satisfactorio. 2,4	Propone 2 alternativas de solución y propone varios criterios técnicos para la evaluación de las alternativas. No se evidencia uso de simulaciones o de experimentación. sin embargo, menciona artículos que han utilizado esa tecnología. Compara criterios técnicos y costos operacionales, sin embargo, falta evaluar las restricciones relacionadas con aspectos como en salud, seguridad, bienestar público, así como factores globales, culturales, sociales, legales y ambientales. 3
4. Resuelve el problema de diseño de ingeniería considerando sus restricciones.	El informe incluye BFD, PFD, tabla de corrientes, selección de equipos, CAPEX, OPEX y anexos de cálculos; por tanto, sí avanza en la resolución del problema. No obstante, la documentación técnica aún es insuficiente para verificar integralmente balances de materia y energía, y hay inconsistencias aritméticas en PE2. El diseño considera varias restricciones, pero todavía no demuestra de forma robusta cómo todas condicionan el cálculo y dimensionamiento de cada etapa. 2,8	Mencionan los flujos y parámetros de operación de las etapas del proceso junto con el dimensionamiento, mencionan la metodología a utilizar. Realiza análisis CAPEX y OPEX. Falta más documentación de la disponibilidad de los equipos y de los precios que estipularon y también hace falta un análisis socioambiental y legal respecto al diseño que plantearon. 3

En la tabla G-1 se muestran los resultados de la evaluación de la rúbrica SO2 aplicada para el grupo de análisis de procesos químicos llamado Acevedo Bioenergy S.A.S. En cuanto a la definición del problema de diseño, tanto la IA como el docente coinciden en que se encuentra bien especificado y contextualizado, aunque aún hay oportunidades de mejora según la GPT. Como se ilustra, la IA profundiza en la calidad del análisis conceptual, mientras que el docente se enfoca en la rigurosidad de la sustentación del problema.

Por otro lado, la IA sugiere utilizar una matriz de ponderación cuantitativa para sustentar la toma de decisiones en las alternativas de diseño, mientras que el docente señala la falta de inclusión de factores sociales, ambientales, seguridad, además de simulación o experimentación como soportes. Por lo anterior, se evidencia que la IA está fuertemente sujeta a los criterios solicitados señalando las falencias en las solicitudes del proyecto, por su parte el docente aporta recomendaciones de mejora formativa que permitan al estudiante no solo cumplir con los

requisitos establecidos, sino que ayudan a desarrollar su criterio ingenieril para la toma de decisiones.

Adicionalmente, en lo relacionado a los cálculos y balances, ambos puntos de vista sugieren la sustentación de los números con documentación sólida que permitan validar la información y aportar confiabilidad de los datos. A su vez, se destaca que la IA también identifica inconsistencias en los cálculos y valores reportados, mientras que el docente enfatiza en el análisis para la justificación de estos.

**Tabla G- 2**  
*Evaluación según rúbrica SO2 Bioenergy Antioquia S.A.S*

Indicadores de desempeño (ID)	Realimentación de la IA	Realimentación Docente
1. Identifica las necesidades específicas del problema de diseño de ingeniería a resolver.	Identifica con claridad la necesidad de valorizar un residuo orgánico para abastecer una comunidad energética y documenta contexto, localización, materia prima y demanda objetivo. Falta priorizar con mayor rigor las necesidades de diseño y cerrar mejor la coherencia entre objetivo del capstone, demanda dual y especificaciones finales del RNG. 3,2	Describen el problema de forma específica y documentada mencionando el problema y la oportunidad identificada, la localización del proyecto, la caracterización de la materia prima y costos con precios de venta. <b>4</b>
2. Describe las limitaciones y restricciones del problema de diseño, considerando factores técnicos y aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.	Describe un conjunto amplio de limitaciones y restricciones técnicas, ambientales, económicas, sociales, territoriales y regulatorias, con soporte bibliográfico. La principal mejora requerida es priorizarlas y mostrar con más fuerza cómo cada restricción condiciona el dimensionamiento, la selección tecnológica y la estrategia de operación. <b>3</b>	Incluye normativa colombiana, matriz DOFA con estrategias de mitigación y menciona riesgos técnicos, ambientales, sociales, económicos, de contexto, territoriales, legales y de seguridad tanto en limitaciones como restricciones. No incluyen aspectos de salud, bienestar público, ni culturales <b>3</b>
3. Propone diferentes soluciones al problema de diseño y establece un criterio ponderado para calificar estas alternativas y seleccionar la más adecuada.	Propone dos alternativas diferenciadas (CSTR y flujo pistón), usa una matriz ponderada y justifica por escrito la selección de la alternativa 1. La comparación es suficiente para nivel satisfactorio bajo, pero todavía depende de criterios principalmente cualitativos; faltan criterios propios más robustos y una discriminación cuantitativa más profunda. <b>3,1</b>	Plantea dos alternativas con dos ruteos diferentes para cada alternativa, establece varios criterios decisivos para la selección los cuales están debidamente justificados. No se evidencia uso de simulaciones o de experimentación, sin embargo, menciona artículos que han utilizado esa tecnología. Para la selección de la alternativa tiene en cuenta varios aspectos como la evaluación del mejor ruteo para cada una de las alternativas, evalúa de manera técnica las operaciones unitarias para cada una de ellas, analiza el uso de reactores, solventes y toda la parte técnica, junto con aspectos ambientales, de seguridad, costos y analiza la madurez tecnológica para las alternativas 1 y 2. Falta evaluar aspectos legales. Hace un análisis cuantitativo. <b>3</b>
4. Resuelve el problema de diseño de ingeniería considerando sus restricciones.	El diseño conceptual incluye demanda de estiércol, agua de dilución, dimensionamiento preliminar y evaluación económica. Sin embargo, la resolución del problema todavía presenta inconsistencias de cierre numérico: el OPEX total reportado no coincide con la suma de la tabla, PE2 tiene diferencias aritméticas y PE3 no queda plenamente trazable desde el CAPEX mostrado. <b>2,4</b>	Mencionan los flujos y parámetros de operación de las etapas del proceso junto con el dimensionamiento, expresa los cálculos y las ecuaciones a utilizar. Realiza análisis CAPEX y OPEX. Falta un análisis socioambiental y legal respecto al diseño que plantearon. <b>3</b>

Para las Tablas G-2 a la G-6, correspondientes a los demás grupos evaluados de análisis de procesos químicos 2026-1, se observa un comportamiento similar al descrito en la Tabla G-1. Si bien cada grupo presenta diferencias particulares en términos de fortalezas y debilidades específicas del desarrollo de su proyecto, las realimentaciones tanto de la IA como del docente se basan en los mismos criterios establecidos en la rúbrica. En este sentido, las observaciones realizadas tienden a reiterar aspectos relacionados con la necesidad de fortalecer la rigurosidad metodológica, la sustentación técnica y la integración de criterios en el proceso de diseño.

Adicionalmente, al comparar las calificaciones asignadas, se identifica que aunque las notas a veces son cercanas, en ocasiones la IA establece puntajes ligeramente más estrictos, debido a que se basa exclusivamente en el cumplimiento de los criterios definidos en la rúbrica o las listas de chequeo. Por su parte, la evaluación del docente tiende a mostrarse más flexible, ya que tiene en cuenta aspectos formativos como el progreso del grupo, el esfuerzo evidenciado y la intención en el desarrollo del trabajo. Del mismo modo, la calificación del docente en ocasiones es más estricta que la de la IA por las mismas razones anteriormente mencionadas. Esta diferencia de enfoque se mantiene de manera consistente en todos los grupos analizados, sin afectar la coherencia general entre ambas evaluaciones.

En conclusión, se evidencia que la IA y el docente presentan realimentaciones coherentes y complementarias entre sí, resaltando la necesidad de fortalecer la validación, la trazabilidad de las decisiones y el sustento del proyecto. En ese sentido, la IA se muestra como un apoyo excelente en la calificación docente aportando decisiones técnicas y la identificación de incoherencias o inconsistencias en el documento.

**Tabla G- 3**  
*Evaluación según rúbrica SO2 Ignis Palma*

Indicadores de desempeño (ID)	Realimentación de la IA	Realimentación Docente
-------------------------------	-------------------------	------------------------

<p>1. Identifica las necesidades específicas del problema de diseño de ingeniería a resolver.</p>	<p>Identifica la necesidad de valorizar el POME y conecta el problema con el contexto energético y ambiental de San Alberto. No obstante, la necesidad de diseño no queda priorizada frente a los requisitos centrales del proyecto base: comunidad energética de 2000–6000 hogares, productos claramente definidos y verificación de especificaciones del gas. La documentación es clara en contexto, pero todavía parcial en requisitos de diseño medibles. 2,8</p>	<p>Describen de forma específica algunas necesidades, mencionando el problema, la disponibilidad de la materia prima y sus características. Falta mejor documentación en datos estadísticos que respalden el problema, de igual forma enfatizar, por ejemplo, en las problemáticas sociales de las comunidades rurales con datos. 2</p>
<p>2. Describe las limitaciones y restricciones del problema de diseño, considerando factores técnicos y aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.</p>	<p>Describe limitaciones y restricciones técnicas, ambientales, normativas, sociales, económicas y de seguridad en una tabla organizada, lo cual evidencia comprensión del problema. Sin embargo, no las jerarquiza ni muestra con suficiente rigor cómo cada restricción condiciona los cálculos y la selección final. Además, hay inconsistencia entre el límite de H<sub>2</sub>S reportado como restricción (&lt;10 ppm) y la condición operativa postratamiento (&lt;200 ppm). 3</p>	<p>Mencionan riesgos técnicos, ambientales, normativos, sociales, económicos y de seguridad tanto en limitaciones como restricciones. Falta más detalles, mencionar las normas ambientales, ¿cuáles requisitos de calidad? No incluyen aspectos de salud, bienestar público, ni culturales. Menciona la matriz DOFA cruzada pero no muestra cuales son las fortalezas, oportunidades, amenazas y debilidades. 2</p>
<p>3. Propone diferentes soluciones al problema de diseño y establece un criterio ponderado para calificar estas alternativas y seleccionar la más adecuada.</p>	<p>Propone tres alternativas diferenciadas y selecciona una solución mediante comparación técnica y análisis PESTEL. La principal debilidad frente a la rúbrica es que no establece un criterio ponderado explícito: asigna puntajes, pero no presenta pesos, justificación cuantitativa, ni análisis de sensibilidad. La decisión final es razonable, aunque el método de selección requiere mayor formalidad para sustentar la escogencia de la alternativa 1. 2,3</p>	<p>Mencionan 3 alternativas de solución sin embargo no hay citas bibliográficas que den validez a la alternativa. El formato de los diagramas BFD es diferente, no se ve homogéneo ni se ve estético. No se evidencia uso de simulaciones o de experimentación. Realiza una evaluación con un análisis PESTEL de forma cuantitativa. 3</p>
<p>4. Resuelve el problema de diseño de ingeniería considerando sus restricciones.</p>	<p>El informe desarrolla el problema a nivel conceptual con BFD, tabla de corrientes, dimensionamiento preliminar y estimación de CAPEX/OPEX/PE3. Sin embargo, la evidencia de cálculo presenta inconsistencias relevantes: el balance de materia no cierra en varias corrientes, no se muestra balance de energía verificable, la calidad del gas frente al proyecto base no se demuestra con suficiente detalle y varias memorias dependen de anexos externos o imágenes manuscritas. Por ello, la solución está en desarrollo, pero aún no alcanza un nivel satisfactorio de verificación. 2,2</p>	<p>Mencionan los flujos y parámetros de operación de las etapas del proceso junto con el dimensionamiento y el desempeño, expresa los cálculos y las ecuaciones a utilizar. Realiza análisis CAPEX y OPEX. Falta más documentación de la disponibilidad de los equipos y de los precios que estipularon y también hace falta un análisis socioambiental y legal respecto al diseño que plantearon. 3</p>

**Tabla G- 4**  
*Evaluación según rúbrica SO2 Bioenergix*

Indicadores de desempeño (ID)	Realimentación de la IA	Realimentación Docente
<p>1. Identifica las necesidades específicas del problema de diseño de ingeniería a resolver.</p>	<p>El informe identifica con claridad las necesidades del problema de diseño en coherencia con el statement UAH-UIS: valorización de residuo orgánico, generación simultánea de electricidad y gas natural renovable, mitigación de emisiones, aprovechamiento del digestato y atención de una comunidad energética rural. Además, contextualiza el caso en Miraflores y define capacidad de tratamiento. Para consolidar un nivel plenamente ejemplar, faltó priorizar de manera más explícita cuáles necesidades gobiernan el diseño y cómo se jerarquizan frente a los compromisos económicos y territoriales. 3,7</p>	<p>Abordan la problemática desde una perspectiva ambiental, energética, económica, social y local. 3</p>

2. Describe las limitaciones y restricciones del problema de diseño, considerando factores técnicos y aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.	La sección de limitaciones y restricciones es amplia y pertinente. El documento diferencia factores técnicos, normativos, ambientales, sociales, logísticos y económicos, y los conecta con el contexto colombiano y municipal. También usa referencias regulatorias que sí dialogan con el problema. La mejora pendiente está en jerarquizar cuantitativamente las restricciones críticas y mostrar con mayor trazabilidad cómo cada una condiciona la alternativa finalmente seleccionada. 3,8	Mencionan riesgos técnicos, ambientales, normativos, sociales, económicos y de seguridad para las restricciones, sin embargo, hace falta ampliar más la limitaciones. Incluye normativa colombiana, matriz DOFA con estrategias de mitigación. 3
3. Propone diferentes soluciones al problema de diseño y establece un criterio ponderado para calificar estas alternativas y seleccionar la más adecuada.	El componente de alternativas está bien logrado. Se proponen varias rutas de proceso, varias opciones de reactor y varias tecnologías de purificación, todas comparadas con matrices ponderadas y criterios explícitos. La selección de la Ruta B es razonada, escrita y coherente con el problema del semestre. Este es uno de los apartados más sólidos del informe. 4	Mencionan 4 rutas de solución con una evaluación cuantitativa, evaluando aspectos técnicos, económicos, ambientales, de seguridad y normativa. De igual forma evalúa alternativas de 4 tipos de reactor y 4 tipos de solventes. No se evidencia uso de simulaciones o de experimentación. 3
4. Resuelve el problema de diseño de ingeniería considerando sus restricciones.	El informe sí resuelve el problema a nivel conceptual con balances, condiciones operacionales, equipos principales, CAPEX, OPEX y potencial económico, y considera restricciones normativas y técnicas relevantes. Además, el documento aporta suficientes cifras para verificación parcial. No obstante, la calidad de cierre del diseño se reduce por inconsistencias numéricas entre cuerpo principal y anexos: la tabla de desempeño reporta electricidad neta exportable y biometano excedente que no coinciden con el anexo económico; el subtotal del OPEX variable de la tabla resumen no coincide con la suma de sus rubros; y el texto de CAPEX por kW relaciona el indicador con una potencia que no corresponde al cociente mostrado. Es un diseño técnicamente bien encaminado, pero aún no completamente reconciliado. 3,2	Mencionan los flujos y parámetros de operación de las etapas del proceso junto con el dimensionamiento y el desempeño. Falta mencionar como realizaron el dimensionamiento de los equipos, bajo qué criterios, métodos y fuentes. Realiza análisis CAPEX y OPEX. Falta más documentación de la disponibilidad de los equipos y de los precios que estipularon y también hace falta un análisis socioambiental y legal respecto al diseño que plantearon. 2

**Tabla G- 5**  
*Evaluación según rúbrica SO2 Bioenergy Group*

Indicadores de desempeño (ID)	Realimentación de la IA	Realimentación Docente
1. Identifica las necesidades específicas del problema de diseño de ingeniería a resolver.	Identifica con claridad la necesidad regional de acceso a energía en Guachucal, la disponibilidad de estiércol bovino y la meta de atender 3000 hogares. La necesidad asociada a RNG sí aparece en el título y en el enunciado del proyecto, pero no queda priorizada ni traducida en especificaciones técnicas verificables del producto final. 3,2	Cuando mencionan problemáticas de desigualdad, contribuyendo al cierre de brechas sociales no hay referencias ni documentación que respalden esa afirmación. Es importante tener documentación que justifique la problemática y así tener validez. Pero en general describen la problemática y la necesidad de ejecutar el proyecto. 3
2. Describe las limitaciones y restricciones del problema de diseño, considerando factores técnicos y aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.	Describe restricciones y limitaciones técnicas, sociales, normativas, ambientales, de seguridad, logísticas y económicas, con apoyo de fuentes y contexto local. Sin embargo, la priorización de restricciones es débil y no se conecta de forma explícita con la exigencia del proyecto base de producir simultáneamente electricidad y RNG con especificaciones de mercado. 3	Falta diferenciar de forma clara las limitaciones y las restricciones, mencionan aspectos técnicos, sociales, económicos, normativos, ambientales, de seguridad, logísticos, energéticos, factores industriales y de desarrollo, pero no es clara la diferencia. Menciona la matriz DOFA cruzada pero no muestra cuales son las fortalezas, oportunidades, amenazas y debilidades. 2
3. Propone diferentes soluciones al problema de diseño y establece un criterio ponderado para calificar estas alternativas y seleccionar la más adecuada.	Propone alternativas para reactor, microorganismos, purificación y separación del digestato, e incluye comparaciones y matrices multicriterio. La selección está razonada para contexto rural; no obstante, el criterio ponderado no siempre se explicita metodológicamente y la alternativa final privilegiada sacrifica el objetivo de RNG sin justificar una reformulación del alcance. 3,1	Mencionan varias alternativas para la selección de rutes, microorganismos, catalizadores, purificación, y separación, sin embargo, falta mayor detalle para cada una de las opciones más la documentación que respalde la validez de las alternativas. Realizan comparación de ventajas y desventajas referentes a la eficiencia, CAPEX, consumo de energía ambiental, sin embargo, hace falta comparar aspectos como en salud, seguridad, bienestar público, social, factores globales y legales. No se evidencia uso de simulaciones o de experimentación. 3

<p>4. Resuelve el problema de diseño de ingeniería considerando sus restricciones.</p>	<p>El informe documenta balances, equipos y evaluación económica, pero la solución no resuelve completamente el problema planteado en el CAPSTONE 2026-I porque no demuestra una ruta de upgrading a RNG ni cumplimiento de especificaciones del gas. Además, persisten inconsistencias entre capítulos en energía eléctrica y CAPEX, y el dimensionamiento del reactor requiere mayor trazabilidad matemática. 2,6</p>	<p>El diseño menciona las condiciones de operación del proceso de la alternativa seleccionada, de igual forma tiene en cuenta los caudales requeridos para el dimensionamiento de los equipos y establece el método utilizado para la obtención de los parámetros de diseño. Tiene en cuenta los desempeños del sistema para generar la suficiente energía y abastecer la demanda estimada. Realiza análisis CAPEX y OPEX dando información clara de los cálculos realizados. Falta más documentación de la disponibilidad de los equipos y de los precios que estipularon y también hace falta un análisis socioambiental y legal respecto al diseño que plantearon. 3</p>
--	---	---

**Tabla G- 6**  
*Evaluación según rúbrica SO2 Enershift*

Indicadores de desempeño (ID)	Realimentación de la IA	Realimentación Docente
<p>1. Identifica las necesidades específicas del problema de diseño de ingeniería a resolver.</p>	<p>Identifica de manera clara la necesidad de ampliar la cobertura energética en ZNI, aprovechar estiércol bovino y producir electricidad y GNR en Cumaribo. El problema está bien contextualizado y documentado para un FEL-1. La principal debilidad es que la necesidad no se prioriza frente a metas verificables de desempeño y la solución propuesta todavía no evidencia cumplimiento del mínimo de 2.000 hogares exigido por el proyecto base. 3,1</p>	<p>Describe el problema identificando las necesidades de las comunidades energéticas debidamente documentado, caracteriza la materia prima y justifica la localización del proyecto, costos de materia prima y precios de venta. 4</p>
<p>2. Describe las limitaciones y restricciones del problema de diseño, considerando factores técnicos y aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.</p>	<p>Describe con buen nivel de detalle las limitaciones y restricciones técnicas, sociales, ambientales, económicas, logísticas y normativas. Además, relaciona el contexto rural de Cumaribo con las dificultades de operación, mantenimiento e inversión. Para subir de nivel, debe conectar con mayor fuerza estas restricciones con las especificaciones objetivo del RNG, la cobertura real lograda y la priorización de decisiones de diseño. 3,5</p>	<p>Incluye normativa colombiana, matriz DOFA con estrategias de mitigación y menciona riesgos técnicos, ambientales, sociales, económicos y de seguridad tanto en limitaciones como restricciones. No incluyen aspectos de salud, bienestar público, ni culturales. 3</p>
<p>3. Propone diferentes soluciones al problema de diseño y establece un criterio ponderado para calificar estas alternativas y seleccionar la más adecuada.</p>	<p>Presenta más de una alternativa y emplea matrices ponderadas para comparar opciones de pretratamiento, tratamiento y purificación, lo cual es consistente con la rúbrica. La selección está razonada por escrito. Sin embargo, la comparación aún depende en exceso de juicios cualitativos por etapa y no integra con suficiente fuerza indicadores globales del sistema, por ejemplo cobertura efectiva, costo específico o desempeño económico consolidado. 3,3</p>	<p>Define como parámetros de elección aspectos como el financiero, de rendimiento, impacto ambiental, TRL, seguridad operativa y el consumo de servicios industriales. Para cada etapa del proceso propone dos alternativas de solución evaluadas en los aspectos, sin embargo, hace falta más documentación respalden la validez. Realiza una evaluación cuantitativa para la elección de la mejor alternativa. No se evidencia uso de simulaciones o de experimentación. 3</p>
<p>4. Resuelve el problema de diseño de ingeniería considerando sus restricciones.</p>	<p>El documento sí resuelve parcialmente el problema a nivel conceptual e incluye BFD, balances preliminares, dimensionamiento de equipos y estimaciones de CAPEX/OPEX. No obstante, la resolución técnica todavía presenta inconsistencias importantes: diferencias entre texto y tablas, errores de unidades, ambigüedad en la distribución del metano entre GNR y electricidad y una solución que aún no demuestra satisfacer la meta mínima del proyecto base. El avance es real, pero todavía no alcanza un nivel plenamente satisfactorio. 2,7</p>	<p>Mencionan los flujos y parámetros de operación para cada una de las etapas, falta describir el método que utilizó y los cálculos realizados para el dimensionamiento de los equipos y de los parámetros de diseño. Realiza análisis de CAPEX y OPEX. Falta más documentación de la disponibilidad de los equipos y de los precios que estipularon y también hace falta un análisis socioambiental y legal respecto al diseño que plantearon. 2</p>

## Apéndice H

### Figura H-1

*Sesión de posters Capstone Design 2026-1*



## Apéndice I

Formato de las encuestas

### I-1. Encuesta de percepción de la GPT

Contenido:

1. ¿Cuál es su rol académico?
  - Estudiante
  - Docente
  
2. ¿Qué tan clara y comprensible le parece la realimentación generada por la IA?
  - Muy clara
  - Clara
  - Poco clara
  - Confusa
  
3. ¿Considera que la evaluación realizada por la IA es coherente con los criterios de la rúbrica establecida?
  - Totalmente coherente
  - Parcialmente coherente
  - Poco coherente
  - No es coherente
  
4. ¿Considera pertinente el formato de evaluación reportado por la GPT?
  - Sí
  - En parte
  - Es confuso
  - No
  
5. ¿Qué aspectos mejoraría para una mejor lectura del formato?
  - Reporte de cálculos
  - Reporte de la rúbrica
  - Check list más extensa
  - Formato más organizado
  - Formato con más información
  - Otro
  
6. ¿Considera que se realiza una evaluación integral por parte de la IA?
  - Sí
  - No
  - Parcialmente
  
7. ¿Qué aspectos de mejora considera que se pueden agregar?
  - Verificación de balances
  - Conexión con simuladores
  - Lectura de diagramas
  - Nuevas alternativas de diseño
  - Coherencia de conclusiones
  - Otros
  
8. ¿Está de acuerdo con que la GPT reporte una evaluación cuantitativa?
  - Sí, coherente
  - Sí, complementa al profesor

- No, insuficiente análisis
- No, falta interacción
- Otro

9. En comparación con el docente, ¿cómo considera el desempeño de la IA?

- Superior
- Inferior
- Similar
- No comparable

10. ¿Qué tan útil considera la herramienta basada en IA?

- Muy útil
- Útil
- Poco útil
- Nada útil

11. ¿Recomendaría esta herramienta en otros cursos?

- Sí, complemento
- Sí, sustituye
- No, no es certera
- No, prefiero evaluación manual

## **I-2. Encuesta de percepción IA**

1. ¿Cuál es su rol académico?

- Estudiante
- Docente

2. ¿Utiliza herramientas de inteligencia artificial en su vida académica o profesional?

- Sí
- No

3. ¿Cuál es su opinión general sobre la inteligencia artificial?

- Muy positiva
- Positiva
- Neutral
- Negativa
- Muy negativa

4. ¿Con qué frecuencia utiliza herramientas de IA?

- Siempre
- Frecuentemente
- Ocasionalmente
- Rara vez
- Nunca

5. ¿Para qué utiliza principalmente la inteligencia artificial?

- Búsqueda de información
- Redacción de textos
- Generación de imágenes
- Análisis de datos
- Generación de documentos
- Otro

6. Si su respuesta anterior fue 'otro', indique cuál:

7. ¿Qué tan confiable considera la información generada por IA?

- Muy confiable
- Confiable
- Moderadamente confiable
- Poco confiable
- Nada confiable

8. ¿Ha utilizado alguna vez la IA para revisar documentos académicos o técnicos?

- Sí
- No

9. ¿Considera que la IA puede mejorar la calidad de los documentos académicos y su evaluación?

- Sí
- No
- Depende

10. ¿Qué aspectos cree que la IA puede evaluar mejor?

- Ortografía y redacción
- Coherencia del contenido
- Cumplimiento de rúbricas
- Cálculos
  
- Verificación de autenticidad e integridad del documento

11. ¿Confiaría en los resultados generados por una IA en la evaluación de algún documento de su autoría?

- Sí, completamente
- Parcialmente
- No

12. ¿Considera ético el uso de inteligencia artificial para la revisión de documentos ingenieriles?

- Sí
- No
- Depende del uso

13. Si su respuesta anterior fue 'Depende del uso', ¿en qué condiciones considera ético el uso de la IA?

14. ¿Cree que el uso de IA puede afectar la formación académica del estudiante?

- Sí, positivamente
- Sí, negativamente
- No

15. ¿Confiaría en los resultados de un proyecto que fue evaluado utilizando inteligencia artificial?

- Sí
- Parcialmente
- No

16. ¿Recomendaría el uso de herramientas basadas en IA para la evaluación académica?

- Sí
- No
- Tal vez