



NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

13 - 16
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,
COLOMBIA



Evaluación de los resultados de aprendizaje de la asignatura resistencia de materiales de VII semestre de la Facultad de Procesos Industriales, de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, a través de los proyectos integradores

Hilda Sofía Soto Lesmes

**Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central
Bogotá, Colombia**

Resumen

En la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central (ETITC) se implementan los Proyectos Integradores (PI), como una estrategia de formación soportándose en el desarrollo de las competencias y fortalecimiento de la calidad de ésta.

Las asignaturas impartidas en VII semestre son Resistencia de Materiales, Termodinámica, Sistemas Dinámicos, Procesos II, Trabajo de Grado, Inglés V y Énfasis I (Innovación y Tecnología). La implementación de los PI en VII semestre es liderada por la asignatura Énfasis I-Innovación y Tecnología, desde donde se establecen los criterios, y a partir de ahí, los docentes de cada una apoyan desde su área de conocimiento el desarrollo de los proyectos.

Dentro de las fases del proyecto se considera una presentación final ante jurados internos y externos quienes evalúan y retroalimentan a los estudiantes.

Desde de la asignatura Resistencia de Materiales, perteneciente al área de mecánica, se fortalece el dimensionamiento y selección de los materiales de los elementos mecánicos que intervienen en el proyecto, por lo que se utiliza una evaluación minuciosa de los resultados generados, involucrando la trazabilidad desde el profesional, competencias del programa, resultados de aprendizaje del programa, resultados de aprendizaje de las asignaturas y la herramienta de evaluación.

Durante el desarrollo del semestre los estudiantes son apoyados y evaluados permitiendo así el establecimiento de evidencias.

Palabras clave: evaluación; resultados de aprendizaje; proyecto integrador

Abstract

In ETITC, Integrative Projects (PI) are used as a training strategy based on the development of skills and strengthening of the quality of training.

The subjects taught in the VII semester are Strength of Materials, Thermodynamics, Dynamic Systems, Processes II, Degree Word, English V and Emphasis I (Innovation and Technology). The implementation of the IP in the VII semester is led by the subject Emphasis I-Innovation and Technology, from where the criteria are established and from there the teachers of each one support the development of the projects from their area of knowledge.

Within the phases of the project, a final presentation is considered before internal and external juries who evaluate and provide feedback to the students.

From the Strength of Materials, which belongs to the area of mechanics, the sizing and selection of the material of the mechanical elements involved in the project is strengthened, which is why a thorough evaluation of the results generated is used, involving traceability from the professional profile to evaluation tools such as the application of rubrics. Connectivity between the professional profile, program competencies, program learning outcomes, subject learning outcomes and the assessment tool is established.

During the development of the semester, students are supported and also evaluated, thus allowing the establishment of evidence.

Keywords: evaluation; learning outcomes; integrating projects

1. Introducción

En el programa de Tecnología en Producción Industrial articulado por ciclos propedéuticos con el programa de Técnica Profesional en Procesos de Manufactura y con Ingeniería de Procesos Industriales de la ETITC, se entiende por evaluación “el conjunto de juicios sobre el avance en la adquisición de los conocimientos y el desarrollo de las capacidades de los estudiantes atribuibles al proceso pedagógico”, bajo esta premisa la ETITC adopta los Proyectos Integradores como una estrategia pedagógica que permite evaluar los resultados de aprendizaje establecidos en sus PEP.

Desde el primer semestre de 2019 se han implementado los proyectos integradores en VII semestre del programa, el cual comprende las asignaturas de Resistencia de Materiales, Termodinámica, Sistemas Dinámicos, Procesos II, Trabajo de Grado, Ingles V y Énfasis I (Innovación y Tecnología)



como asignatura líder del proyecto. Estos se han venido desarrolla mediante unas fases de evaluación que permitan la continuidad y calidad del proceso. Estas fases son: (1) Determinación de los criterios por parte del docente de la asignatura líder (acompañamiento de los docentes de las diferentes materias); (2) Presentación primer video de avance; (3) Presentación y sustentación del proyecto ante jurados internos y externos quienes previamente tienen acceso a la bitácora, pendón y video de consolidación del proyecto integrador.

A partir de la asignatura de Resistencia de materiales se da asesoría y soporte a los estudiantes considerando los siguientes criterios:

Si el proyecto incluye transmisión de potencia, se determinará la geometría o se seleccionará el material de los árboles de transmisión a través de los temas flexión pura, torsión y esfuerzos combinados, teniendo como requisitos previos: mecánica clásica, física eléctrica, dinámica, talleres mecánicos, dibujo, estática y materiales de ingeniería.

Si el proyecto incluye cualquier tipo de estructura o bastidor, se determinará la geometría o material de los elementos componentes de las estructuras en general. Perfiles normalizados, carcazas, seleccionando la geometría o material de los conectores de los elementos constitutivos de la estructura: pernos, soldaduras, bisagras y cualquier otro, a través de los conceptos de esfuerzos, (normal, cortante y aplastamiento), esfuerzo deformación (cargas y cambios de temperatura), flexión pura, torsión, teniendo como requisitos previos: estática (análisis estructural como armaduras, marcos y máquinas), mecánica clásica, dibujo y materiales de ingeniería.

Para la evaluación se solicitan avances periódicos del desarrollo del proyecto. Estos primeros avances responden especialmente a los requisitos previos, como dinámica, estática y dibujo mecánico entre otros, lo cual se puede asociar a una evaluación diagnóstica. Los avances solicitados posteriormente dan razón de la parte conceptual de la asignatura donde se retroalimenta al estudiante informándole de las deficiencias del aprendizaje, antes de que se concluya el proceso. Finalmente, se solicita para la evaluación de la asignatura un informe final mediante el cual se determinan los alcances de los resultados de aprendizaje.

En la Figura 1, se muestra la integralidad de los aspectos anteriores más aquellos relevantes de las otras asignaturas de séptimo semestre requeridos para la evaluación.



Figura 1. Elementos involucrados en la evaluación de los proyectos integradores.

En el PEP de Tecnología en Producción Industrial (TGPI) se establece el Perfil Profesional, las competencias de programa, los resultados de aprendizaje del programa y de la asignatura, seleccionando lo más pertinentes para la asignatura, los cuales se evidencian en la Figura 2.



Figura 2. Trazabilidad perfil profesional, competencias y resultados de aprendizaje

2. Metodología

Para proponer el instrumento de evaluación se utilizan los insumos anteriores, estableciendo asociaciones entre éstos.

Considerando las siguientes competencias específicas del programa **“Formular problemas a partir de situaciones de la vida cotidiana, de fenómenos físicos y de la tecnología, utilizando diferentes registros de representación”** y **“Demostrar iniciativa, creatividad y autonomía en la toma de decisiones asociados con la resolución de problemas de naturaleza tecnológica”**, se evidencia que el resultado de aprendizaje del programa con mayor contribución a esta competencia es **“Planifica procesos que involucre la química y la metalurgia, contribuyendo en la innovación y el desarrollo de la industrial para el avance y desarrollo productivo”**. Esta etapa inicial es impartida por la asignatura líder **Énfasis I (Innovación y Tecnología)** donde se definen las variables de entrada y los condicionales del problema, elementos fundamentales para el inicio del diseño y desde aquí se orienta a los estudiantes para los cálculos previos a la asignatura como son dinámica y estática. Se evalúan factores como:

- Planteamiento del problema.
- Presentación del boceto definitivo de solución.
- Contextualización del boceto.
- Cálculos previos sujetos a los requisitos.
 - Dinámica. (-Potencia, -velocidad angular, -torques, -fuerzas, entre otros).
 - Estática. (-Diagrama de cuerpo libre, -Listas de vectores fuerzas, momentos desplazamientos, y torques, -Ecuaciones de equilibrio, -Solución ecuaciones de equilibrio, -Diagrama final, fuerzas cortantes, momentos flectores y torques).

Considerando la competencia específica del programa **“Construir e interpretar modelos matemáticos y estadísticos para resolver problemas del contexto de la tecnología”**, se evidencia que el resultado de aprendizaje del programa con mayor contribución a esta competencia es **“Formula modelos básicos a nivel tecnológico, utilizando principios de la ciencia, la física, la química y la matemática para la resolución de problemas”**. Para el diseño de un elemento de máquina o árbol de transmisión de potencia los modelos matemáticos se deben plantear desde la dinámica, la estática, la geometría y la resistencia de materiales. Se debe considerar factores de evaluación como:

- Identificación de las variables de entrada y las condiciones del problema.
- Selección adecuada de las ecuaciones.
- Selección y utilización correcta del sistema de unidades.
- Rigurosidad en el proceso de aplicación de los modelos (Ecuación, variable a despejar, reemplazo de variables con sus respectivas unidades y verificación del cálculo realizado).

Considerando la competencia específica del programa **“Generar métodos de solución partiendo de la argumentación, la prueba y la refutación, el ejemplo y el contraejem-**

plo, como medios para validar y/o rechazar conjeturas en la solución de situaciones problemáticas de las matemáticas y la física”, se evidencia que los resultados de aprendizaje del programa con mayor contribución a esta competencia son **“Formula modelos básicos a nivel tecnológico, utilizando principios de la ciencia, la física, la química y la matemática para la resolución de problemas”. y “Planifica procesos que involucre la química y la metalurgia, contribuyendo en la innovación y el desarrollo de la industrial para el avance y desarrollo productivo”**. Para realizar los cálculos de resistencia de materiales es necesario tener claridad de los elementos de transmisión de potencia y los soportes que se determinaron en las asignaturas dinámica y estática, ya que esto permite tomar decisiones respecto a la geometría, considerando aspectos como los posibles concentradores de esfuerzos involucrados en el diseño. Los factores que se evalúan son:

- Plano del eje.
- Identificación de puntos críticos sobre el eje.
- Identificación de la geometría y concentradores de esfuerzos para la correcta selección de tabla, que permita determinar los factores de concentración.
- Determinación de los esfuerzos máximos para la selección del material.

Con base en las relaciones establecidas se plantea la siguiente rúbrica para evaluar el siguiente resultado de aprendizaje de la asignatura: **“Diseña arboles de transmisión de potencia, apoyado en los conceptos de esfuerzo-deformación, flexión, torsión y esfuerzos combinados, donde la geometría y el material seleccionados apunten al funcionamiento del árbol sin que colapse”**.

Para el diseño de la rúbrica se establecen los siguientes criterios de evaluación:

- Conceptos, relaciones, aplicaciones claras. 5,0
- Conceptos, relaciones, aplicaciones básicas. 3,5
- Conceptos, relaciones y aplicaciones con dificultad. 2,0
- Conceptos, relaciones, aplicaciones deficientes. 1,0
- Ausencia de conceptos relaciones y aplicaciones. 0,0

En la Tabla 1 se consigna la ponderación considerada para los factores seleccionados.

FACTOR	PONDERACIÓN %
Planteamiento del Problema	10
Esquema de solución	6
Dinámica	12
Estática	12
Resistencia de materiales	
Identifica variables de entrada y condicionales del problema.	12
Formula modelos matemáticos utilizando principios de la ciencia, la física, la química y la matemática para la resolución de problemas.	14
Selecciona criterios de diseño	12
Utiliza tablas y diagramas para cálculos de diseño	10
Analiza resultados para toma de decisiones	12
Total	100

Tabla 1. Ponderaciones de los factores de evaluación.

La figura 3 ilustra las diferentes relaciones de los resultados de aprendizaje y las competencias específicas para la consecución de la rúbrica de la figura 4.

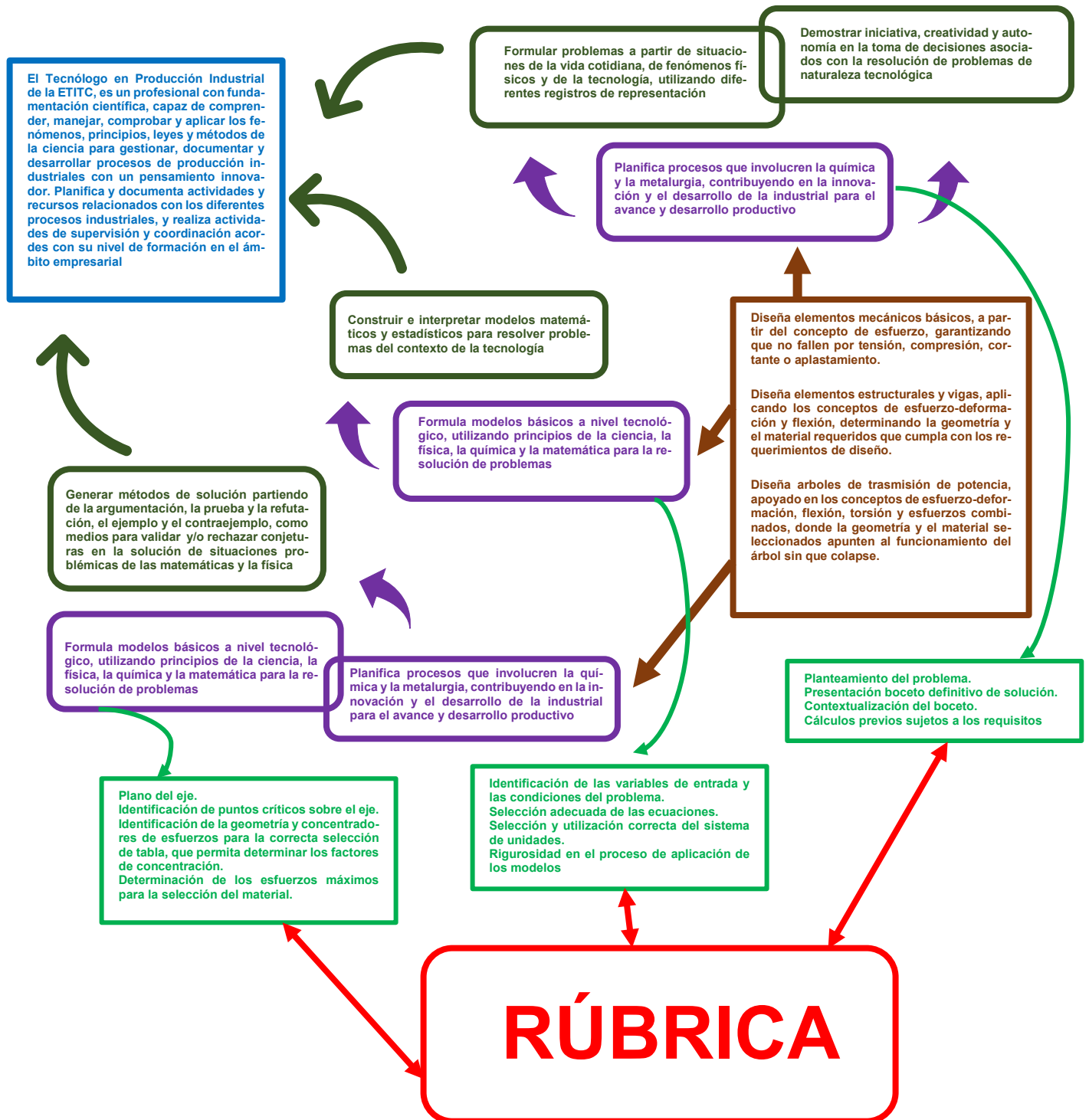


Figura 3. Relación competencias, resultados de aprendizaje, rúbrica y perfil profesional.

	CRITERIOS DE EVALUACIÓN					PONDERACIÓN
FACTORES	5,0	3,5	2,0	1,0	0,0	
Planteamiento del Problema	Expresa claramente el problema, identifica los requerimientos y variables involucradas, evidencia conocimiento del tema.	Expresa el problema de forma básica, pero no identifica claramente los requerimientos y variables involucradas, evidencia conocimiento del tema.	Expresa el problema con dificultad, identifica los requerimientos y variables involucradas con dificultad, se evidencia poco conocimiento del tema.	Expresa el problema de forma deficiente se evidencia leve conocimiento del tema, no puede identificar los requerimientos y variables involucradas.	No expresa el problema, no se evidencia conocimiento del tema ni definición de requerimientos y variable.	10%
Esquema de solución	Presenta propuesta de solución con boceto claro, planos mecánicos.	Presenta propuesta de solución con boceto y planos mecánicos básicos.	Presenta propuesta de solución con boceto, sin planos mecánicos.	Presenta propuesta de solución con boceto deficientes, sin planos mecánicos..	No presenta propuesta de solución con boceto claro, ni planos mecánicos	6%
Requisitos previos						
Dinámica	Identifica claramente el mecanismo que propone como solución, representando gráficamente la cinética y cinemática, con un desarrollo sistemático y procedimental del modelo matemático y su solución.	Identifica el mecanismo que propone como solución de forma básica, representando gráficamente la cinética y cinemática, con un bajo desarrollo sistemático y procedimental del modelo matemático y su solución.	Identifica el mecanismo que propone como solución, representando con dificultad gráficamente la cinética y cinemática, con un bajo desarrollo sistemático y procedimental del modelo matemático y su solución..	Identifica el mecanismo que propone como solución de forma deficiente, lo que dificulta la representación gráfica de la cinética y cinemática, no pudiendo desarrollar el modelo matemático.	No Identifica el mecanismo que propone como solución, lo que dificulta la representación gráfica de la cinética y cinemática, no pudiendo desarrollar el modelo matemático.	12%
Estática	Aborda el problema de estática con claridad desde lo espacial, se evidencian desarrollos sistemáticos del problema de estática desde el CDL	Aborda el problema de estática de forma básica, se evidencia un bajo desarrollo sistemático del problema de estática desde el CDL hasta la consecución de	Aborda el problema de estática de modo que se evidencia una alta dificultad para los desarrollos sistemáticos del problema de estática desde el CDL hasta la consecución de	Aborda el problema de estática de forma deficiente. No se percibe un DCL claro que permita un desarrollo sistemático del problema de estática desde el CDL hasta la consecución de un	Aborda la estática con muchos vacíos conceptuales	12%

	hasta la consecución de un diagrama final que permita abordar la resistencia de materiales.	un diagrama final que permita abordar la resistencia de materiales.	un diagrama final que permita abordar la resistencia de materiales.	diagrama final que permita abordar la resistencia de materiales.		
Resistencia de materiales “Diseña arboles de transmisión de potencia, apoyado en los conceptos de esfuerzo-deformación, flexión, torsión y esfuerzos combinados, donde la geometría y el material seleccionados apunten al funcionamiento del árbol sin que colapse”						
Identifica variables de entrada y condicionales del problema.	Identifica claramente variables de entrada y condicionales del problema, diferenciando variables directas e indirectas.	Identifica variables básicas de entrada y condicionales del problema, sin diferenciar variables directas e indirectas.	Identifica con dificultades las variables de entrada y condicionales del problema.	Identifica variables de forma deficiente. Confunde los Condicionales con las variables establecidas en el problema.	No identifica variables de entrada y condiciones del problema,	12%
Formula modelos matemáticos utilizando principios de la ciencia, la física, la química y la matemática para la resolución de problemas.	Formula modelos matemáticos utilizando principios de la ciencia, la física, la química y la matemática para la resolución de problemas..	Formula modelos matemáticos básicos utilizando principios de la ciencia, la física, la química y la matemática para la resolución de problemas.	Formula modelos matemáticos con dificultad. No asocia con facilidad principios de la ciencia, la física, la química y la matemática para la resolución de problemas.	Formula modelos matemáticos deficientes, No aplica correctamente el sistema de unidades. Y presenta dificultades de la resolución de estos.	No formula modelos matemáticos que permitan la resolución de problemas.	14%
Selecciona criterios de diseño..	Selecciona con claridad secciones críticas basado en diagramas de momentos y torques, para definir criterios de diseño.	Selecciona secciones críticas basado en diagramas de momentos y torques, pero presenta dificultad para identificar criterios de diseño.	Selecciona secciones críticas con dificultad por deficiencia en diagramas de momentos y torques. No presenta claridad para identificar criterios de diseño.	Selecciona secciones críticas con dificultad por deficiencia en diagramas de momentos y torques, No identifica criterios de diseño.	No selecciona secciones críticas, ni identifica criterios de diseño.	12%
Utiliza tablas y diagramas para cálculos de diseño.	Selecciona con claridad tablas y diagramas, los utiliza correctamente para selección de accesorios, factores de	Selecciona tablas y diagramas, pero presenta dificultad en la aplicación para selección de accesorios, factores de concentración de	Selecciona tablas y diagramas con dificultad. No las utiliza para seleccionar accesorios, factores	Selecciona tablas y diagramas de forma deficiente y no es asertivo en su aplicación para seleccionar accesorios, factores de concentración	No selecciona ni aplica tablas y diagramas requeridos para el diseño.	10%

	concentración de esfuerzos y material.	esfuerzos y material.	de concentración de esfuerzos y material.	de esfuerzos y material.		
Analiza resultados para toma de decisiones.	Analiza con claridad los resultados obtenidos tomando decisiones pertinentes del diseño.	Analiza los resultados obtenidos identificando problemas de diseño, pero no toma decisiones pertinentes del diseño.	Analiza los resultados obtenidos con dificultad luego no tiene criterio para tomar decisiones pertinentes del diseño.	Analiza los resultados obtenidos de forma deficiente.	No analiza resultados obtenidos.	12%

Figura 4. Rúbrica de evaluación de Resistencia de Materiales a través de los proyectos integradores

3. Conclusiones

Los proyectos integradores permiten plantear una evaluación transversal, completa y detallada de la asignatura Resistencia de Materiales, garantizando una mirada más objetiva e imparcial de cada uno de los factores involucrados. Es una evaluación cronológica y progresiva de seguimiento de la ejecución de un proyecto desde su planteamiento hasta el desarrollo de un prototipo.

La rúbrica planteada es una propuesta que asocia los resultados de aprendizaje, las competencias específicas y el perfil profesional, con una coherencia que da razón de una evaluación pertinente e integral, pero para garantizar la efectividad de ésta, se requiere que sea sometida a cambios y mejoras.

4. Referencias

- Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central (2022). Proyecto Educativo de Programa. Tecnología en Producción Industrial

Memorias de congresos

- Gomez L.M. and Naranjo M. (2021). Proyectos integradores, estrategia formativa para el desarrollo de competencias en la carrera de Ingeniería en Procesos Industriales por ciclos propedéuticos, de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI. Bogotá Colombia. <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/1797/1750>
- García C.J. and Naranjo M. (2021). Fortalecimiento de competencias profesionales a partir de la implementación de proyectos integradores en los estudiantes de V semestre. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI. <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/1797/1748>

Sobre los autores

- **Hilda Sofía Soto Lesmes:** Ingeniera Mecánica, Magister en Física. Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, Profesor titular. hsoto@itc.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

