

Modelo de Analítica Académica Basado en Business Intelligence para la Evaluación del Desempeño Estudiantil y el Soporte a los Procesos de Acreditación en Programas de Ingeniería

Deisy Carolina Páez Casas

Tesis presentada para optar al título de
Magíster en Ingeniería

Directora:

Ing. Yenny Marlén González Mancilla

Codirector:

Ing. Cesar Hernando Valencia Niño

Universidad Santo Tomás

Facultad de Ingeniería Electrónica

Tunja, Colombia

2026

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Contexto	1
1.2. Problema	3
1.3. Objetivos	3
1.4. Justificación	4
1.5. Alcance	5
2. Marco Teórico y Normativo	7
2.0.1. Estrategia de búsqueda bibliográfica	7
2.1. Análisis Cienciométrico	8
2.1.1. Resultados del Análisis Cienciométrico	8
2.2. Analítica académica: enfoques y fundamentos	10
2.2.1. Enfoques de Analítica Educativa	10
2.2.2. Niveles de Análisis: KPIs Académicos	11
2.3. Business Intelligence aplicado a la educación superior	11
2.4. Educación Basada en Resultados (EBR / OBE)	13
2.4.1. Definiciones	13
2.4.2. Armonización terminológica EBR-ABET-CNA	14
2.5. Referentes Internacionales	14
2.6. Política nacional- Colombia	14
2.7. Políticas Institucionales: Universidad Santo Tomás	17
2.7.1. Diseño Curricular	17
2.8. Niveles del currículo	19
2.9. Soluciones Tecnológicas en Analítica Académica	20
2.10. Evaluación	21
2.11. Tendencias y Brechas	21
3. Marco metodológico	25
3.1. Población y muestra	25
3.2. Variables e indicadores	26
3.3. Fases de la Investigación	27
4. Diseño Conceptual	29
5. Diseño Detalle	33
5.1. Capa 1: Ingeniería de Currículo	33
5.1.1. Componente 1: Modelo EBR	33

5.1.2.	Componente 2: Sistema de Evaluación	39
5.1.3.	Salidas de la Capa 1	41
5.2.	Capa 2. Modelo de Integración y Analítica	43
5.2.1.	Zona de Aterrizaje (Staging Area)	43
5.2.2.	Procesos de Extracción, Transformación y Carga (ETL)	43
5.2.3.	Modelo Dimensional	44
5.2.4.	Motor Analítico	44
5.3.	Capa 3. Visualización	50
6.	Desarrollo Sistema ACABI	53
6.1.	Capa 1. Ingeniería del Currículo	53
6.1.1.	Componente 1: Modelo EBR	53
6.1.2.	Componente 2: Sistema de Evaluación	59
6.1.3.	Componente 3. Sistema de Alertas Académicas	64
6.1.4.	Componente 3. Sistema de Alertas — Desarrollo del Modelo .	65
6.2.	Capa 2 — BI: Implementación	67
6.2.1.	Zona — Fuentes de datos	67
6.2.2.	Zona — Extracción, Transformación y Carga (ETL)	68
6.2.3.	Modelado Dimensional	71
6.3.	Capa 3. Visualización	73
6.3.1.	Currículo	74
6.3.2.	Acreditación	76
6.3.3.	Sistema de Evaluación	77
6.3.4.	Riesgos	80
7.	Resultados y Validación	81
7.1.	Resultados del Objetivo Específico 1: Identificación de fuentes, varia- bles e indicadores	81
7.2.	Resultados del Objetivo Específico 2: Arquitectura de datos multidi- mensional	82
7.3.	Resultados del Objetivo Específico 3: Componentes analíticos y de visualización	82
7.4.	Resultados del Objetivo Específico 4: Validación técnica y funcional .	83
7.5.	Discusión de resultados	84
Anexos		89
Anexo A. Elementos EBR del Programa de Ingeniería Mecatrónica		91

Capítulo 1

Introducción

"Los datos académicos constituyen el activo estratégico más subutilizado en las Instituciones de Educación Superior (IES). Fuente: Autora"

1.1. Contexto

Los sistemas académicos, administrativos y las plataformas de aprendizaje utilizadas por las Instituciones de Educación Superior generan grandes volúmenes de información sobre el desempeño estudiantil y los procesos educativos. Campbell, DeBlois y Oblinger (Campbell & Oblinger, 2007) señalan que estos sistemas producen cantidades masivas de datos cuyo potencial analítico puede ser aprovechado para apoyar la toma de decisiones institucionales.

Posteriormente, Siemens (Siemens, 2013) amplía esta visión al plantear que la analítica del aprendizaje permite transformar los datos educativos en información útil para comprender, monitorear y mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

En la práctica, esta información reside en silos fragmentados y formatos heterogéneos, lo que anula la posibilidad de una visión holística de la progresión estudiantil y restringe la implementación de analítica académica basada en evidencia (Romero & Ventura, 2013).

El giro hacia la Educación Basada en Resultados (OBE)

En el contexto internacional, los modelos contemporáneos de aseguramiento de la calidad en educación superior han incorporado progresivamente el enfoque de Educación Basada en Resultados (Outcome-Based Education, OBE), el cual enfatiza la evaluación del logro de competencias y resultados de aprendizaje por parte de los estudiantes. Desde esta perspectiva, la calidad de un programa se valora principalmente a partir de evidencias verificables del cumplimiento de dichos resultados, más que exclusivamente de los contenidos impartidos o de los recursos utilizados (Pradhan, 2021).

Acreditadoras globales como ABET operacionalizan este paradigma mediante ciclos de evaluación continua (*assessment loops*), los cuales exigen una trazabilidad técnica que los procesos manuales ya no pueden soportar. En consecuencia, la implementación de OBE demanda metodologías de Business Intelligence capaces de integrar datos heterogéneos, dado que la escala y complejidad de la evidencia requerida supera la capacidad de los procesos manuales para demostrar de forma sistemática el logro de los resultados de los estudiantes (Student Outcomes) (Huynh et al., 2024).

Disrupción normativa en Colombia: El Acuerdo CESU 01 de 2025

En el contexto colombiano, la evolución de los modelos de aseguramiento de la calidad evidencia una transición progresiva desde enfoques centrados en la evaluación de condiciones institucionales, recursos y procesos académicos hacia esquemas orientados a la demostración de resultados y evidencias verificables. Según el análisis realizado por Lozano y Henao (2020), entre 1990 y 2018 el Sistema Nacional de Acreditación concentró sus esfuerzos en consolidar la cultura de autoevaluación, el fortalecimiento institucional y el mejoramiento continuo a partir de la verificación de procesos. Posteriormente, González-Campo et al. (2021) identifica una orientación creciente hacia la evaluación del desempeño académico y la medición de resultados de aprendizaje, tendencia que se consolida con el Acuerdo CESU 01 de 2025, donde la trazabilidad de las evidencias, la consolidación de información y el análisis de datos adquieren un papel central en los procesos de autoevaluación y acreditación.

En este contexto, el Acuerdo CESU 01 de 2025 incorpora explícitamente la consolidación y gestión de la información como elementos fundamentales para evidenciar la cultura de la calidad y sustentar los procesos de mejoramiento continuo. Este enfoque encuentra su fundamento en el Factor 12: Aseguramiento de la Alta Calidad, particularmente en la Característica 50, donde la información y los datos se reconocen como insumos esenciales para la evaluación y la toma de decisiones (CESU, 2025). En consecuencia, la dispersión de la información deja de ser una limitación operativa para convertirse en un riesgo para los procesos de autoevaluación, acreditación y aseguramiento de la calidad.

Por tanto, la transición hacia modelos de evaluación basados en resultados, promovidos tanto por la normativa nacional como por referentes internacionales de acreditación, demanda mecanismos que garanticen la trazabilidad entre el perfil de egreso, las competencias, los resultados de aprendizaje y las evidencias generadas en el aula. Bajo estas condiciones, disponer de modelos analíticos capaces de integrar, sistematizar y transformar los datos académicos en evidencia verificable deja de ser una ventaja tecnológica opcional para convertirse en un requisito estratégico para la gestión y el aseguramiento de la calidad.

1.2. Problemática en el Programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Santo Tomás

A nivel local, el Programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Santo Tomás, Seccional Bucaramanga, enfrenta desafíos directamente asociados a la gestión, articulación y aprovechamiento de la información académica requerida por estas nuevas exigencias normativas y de acreditación. El programa administra información proveniente de múltiples fuentes institucionales, incluyendo sistemas académicos de notas, plataformas de evaluación, instrumentos de seguimiento curricular internos y registros de exámenes estandarizados. Sin embargo, al encontrarse estos datos distribuidos en múltiples sistemas aislados, se dificulta su integración y análisis articulado, limitando la generación de evidencia oportuna para el monitoreo del desempeño estudiantil y la evaluación curricular.

Las soluciones institucionales disponibles en el programa, como el SIIM y el SAC, se concentran principalmente en la consolidación de datos de rendimiento académico agregado —tales como promedios generales y tasas de aprobación o deserción— sin incorporar la estructura conceptual y operativa del paradigma OBE dentro de sus modelos analíticos. Como consecuencia, persiste una marcada dificultad para establecer una relación sistemática entre el perfil de egreso, los resultados de aprendizaje, las evidencias de evaluación en el aula y las acciones de mejoramiento derivadas de los procesos de autoevaluación.

En síntesis, el desafío no consiste únicamente en centralizar datos provenientes de múltiples fuentes heterogéneas, sino en diseñar un modelo de Analítica Académica basado en *Business Intelligence* que operacionalice el paradigma OBE dentro de su propia arquitectura de datos, reglas de negocio e indicadores de logro.

Problema central La limitada trazabilidad entre el perfil de egreso, los resultados de aprendizaje, las evidencias de evaluación y las acciones de mejoramiento dificulta la toma de decisiones académicas y los procesos de aseguramiento de la calidad en el Programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Santo Tomás.

Pregunta de investigación Ante la necesidad de transformar los datos académicos institucionales en evidencia verificable para el mejoramiento continuo, se formula la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo un modelo de Analítica Académica basado en Business Intelligence, fundamentado en el paradigma de Educación Basada en Resultados, permite transformar los datos académicos institucionales en evidencia para la toma de decisiones pedagógicas, la gobernanza institucional y el aseguramiento de la alta calidad?

1.3. Objetivos

Desarrollar un modelo de Analítica Académica basado en Business Intelligence para transformar los datos asociados a los Resultados de Aprendizaje en evidencia

que apoye la toma de decisiones curriculares y los procesos de acreditación en el programa de Ingeniería Mecatrónica.

Objetivos específicos

1. Identificar las fuentes de datos institucionales, las variables críticas y los indicadores asociados a los Resultados de Aprendizaje, las evidencias de evaluación y el riesgo de deserción en el programa de Ingeniería Mecatrónica.
2. Diseñar una arquitectura de datos multidimensional basada en esquema estrella y procesos ETL para la integración de la información académica institucional.
3. Implementar los componentes analíticos y de visualización requeridos para la operación del modelo de Analítica Académica.
4. Evaluar el desempeño de la solución mediante criterios técnicos y funcionales asociados al análisis académico y al aseguramiento de la calidad.

1.4. Justificación

La presente investigación responde a la necesidad de evolucionar los mecanismos de gestión académica universitaria hacia modelos de gobernanza basados en datos. En el escenario educativo actual, la gran cantidad de información generada por las IES representa un capital intelectual valioso que, al permanecer disperso limita la capacidad institucional para realizar un seguimiento proactivo del éxito estudiantil y del impacto de los planes de estudio.

La relevancia y pertinencia de este trabajo se sustenta en dos dimensiones estratégicas fundamentales:

Alineación con el Aseguramiento de la Calidad: El nuevo marco normativo nacional del Acuerdo CESU 01 de 2025, en conjunto con estándares internacionales de ingeniería como ABET, priorizan la consolidación de una cultura de la evidencia. En este contexto, la transición desde procesos tradicionales de recopilación manual hacia arquitecturas automatizadas permite garantizar la trazabilidad, consistencia y veracidad de la información.

Fortalecimiento de la Inteligencia Institucional: Al integrar silos de información operativa mediante una arquitectura de *Business Intelligence*, se elimina la fragmentación administrativa. Esto permite que la toma de decisiones estratégicas y curriculares deje de ser una respuesta reactiva a eventos pasados (como la deserción consolidada o la pérdida de exámenes de estado) y se convierta en un proceso proactivo, fundamentado en Indicadores Clave de Rendimiento (KPI) y modelos analíticos que reflejan la realidad y evolución académica del aula de manera oportuna.

A través del desarrollo de esta propuesta, se aporta una metodología clara y un artefacto tecnológico que demuestra de qué manera el paradigma OBE puede

incorporarse directamente en las reglas de negocio de un almacén de datos dimensional, unificando la analítica de aprendizaje con la gestión de la acreditación de alta calidad.

1.5. Alcance

La presente investigación tiene como alcance el desarrollo de un modelo de Analítica Académica basado en Business Intelligence, fundamentado en el paradigma de Educación Basada en Resultados (EBR), para transformar datos académicos institucionales en evidencia que apoye la toma de decisiones académicas e institucionales y los procesos de aseguramiento de la calidad en programas de ingeniería. La aplicación y validación del modelo se realizó en el Programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Santo Tomás, Seccional Bucaramanga.

El trabajo comprende la identificación de fuentes de información académica, la definición de indicadores asociados a competencias, resultados de aprendizaje y desempeño estudiantil, el diseño del modelo EBR-BI y de una arquitectura analítica multidimensional basada en procesos ETL y esquema estrella para la integración y trazabilidad de la información institucional. Asimismo, incluye la implementación de componentes analíticos y de visualización para el seguimiento académico y curricular, **así como la generación de alertas de naturaleza descriptiva, generadas a partir de umbrales parametrizables sobre el Promedio Acumulado y la Tasa de Aprobación del estudiante, sin incorporar modelos estadísticos de clasificación o aprendizaje automático.**

La investigación no contempla su despliegue institucional a gran escala, la integración completa con la infraestructura tecnológica de la universidad ni la incorporación de modelos predictivos basados en técnicas de aprendizaje automático.

Capítulo 2

Marco Teórico y Normativo

La transformación digital en educación superior ha incrementado la disponibilidad de datos académicos; sin embargo, persisten desafíos en su integración, modelado y utilización estratégica para la evaluación del logro de resultados de aprendizaje y la gestión del riesgo académico. En este contexto, la analítica académica y los sistemas de soporte a decisiones emergen como herramientas clave para fortalecer el aseguramiento interno de la calidad.

2.0.1. Estrategia de búsqueda bibliográfica

La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos *Scopus* e *IEEE Xplore*. La estrategia de búsqueda estuvo orientada a identificar investigaciones relacionadas con Analítica Académica, *Learning Analytics*, *Educational Data Mining*, *Business Intelligence*, *Outcome-Based Education* (OBE), evaluación de resultados de aprendizaje (*Assessment*) y procesos de acreditación en educación superior.

Para la construcción de las consultas se emplearon operadores booleanos (AND, OR) aplicados sobre los campos de título, resumen y palabras clave. Las ecuaciones de búsqueda utilizadas en cada base de datos se presentan en las Tablas 2.1 y 2.2.

Tabla 2.1: Estrategia de búsqueda empleada en Scopus

Ecuación de búsqueda
TITLE-ABS-KEY(("learning analytics" OR "educational data mining" OR "academic analytics" OR "business intelligence") AND ("outcome based education" OR OBE OR ABET OR accreditation) AND ("student outcomes" OR "learning outcomes" OR assessment) AND ("higher education" OR universit*))

Tabla 2.2: Estrategia de búsqueda empleada en IEEE Xplore

Ecuación de búsqueda
((("learning analytics" OR "educational data mining" OR "academic analytics") AND ("student outcomes" OR "learning outcomes" OR assessment) AND ("higher education" OR university)))

La aplicación de estas estrategias permitió recuperar un total de 133 registros bibliográficos, de los cuales 82 procedían de Scopus y 51 de IEEE Xplore. Posteriormente, se realizó un proceso de depuración para identificar documentos duplicados, obteniéndose un único registro repetido. En consecuencia, el corpus documental inicial quedó conformado por 132 documentos únicos, los cuales fueron sometidos a la fase de cribado mediante la revisión de títulos, resúmenes y palabras clave.

La Tabla 2.3 resume los resultados correspondientes a la fase de identificación del protocolo PRISMA 2020.

Tabla 2.3: Resultados de la fase de identificación según PRISMA 2020

Etapas	n
Registros identificados en Scopus	82
Registros identificados en IEEE Xplore	51
Total de registros identificados	133
Duplicados eliminados	1
Registros únicos para cribado	132

2.1. Análisis Cienciométrico

Se realizó un análisis de co-ocurrencia de términos mediante VOSviewer, aplicando normalización por asociación y un umbral mínimo de ocurrencia. Este procedimiento permitió identificar clústeres temáticos dominantes relacionados con:

- Currículo y resultados de aprendizaje.
- Técnicas de predicción del desempeño académico.
- Minería de datos educativos y visualización.

Estos resultados orientaron la estructuración del marco conceptual y la definición de los dominios analíticos propuestos en esta investigación.

2.1.1. Resultados del Análisis Cienciométrico

En coherencia con la estrategia metodológica descrita previamente, se realizó un ejercicio exploratorio de ciencimetría combinando resultados obtenidos principalmente en las bases de datos *IEEE Xplore* y *Scopus*, complementados con consultas en *Lens.org*. La aplicación de la ecuación principal de búsqueda, restringida al período 2018–2024 y posteriormente depurada mediante los criterios de inclusión y exclusión definidos, arrojó un total de 132 documentos pertinentes.

Del total recuperado, el 50 % correspondió a ponencias en conferencias internacionales, el 36 % a artículos de revistas científicas indexadas y el porcentaje restante a capítulos de libro y otros documentos académicos. Esta distribución evidencia una alta producción en congresos del área de ingeniería y tecnologías educativas, lo cual es consistente con el carácter técnico y aplicado de los sistemas de analítica académica.

El anàlisi permetí identificar tres clústers temàtics principals:

- **Clúster 1. Currículo (verde agua marina):** centrado en los términos *students* y *learning systems*, este grupo se vincula con *outcome-based education* y *student outcomes*. Aborda temáticas relacionadas con análisis curricular, gestión del aprendizaje, comportamiento estudiantil e identificación de estudiantes en riesgo, mostrando además una fuerte relación con técnicas de visualización de datos y tableros académicos.
- **Clúster 2. Técnicas de análisis del desempeño académico (azul):** se concentra en los términos *student performance* y *prediction*, con énfasis en rendimiento académico, éxito estudiantil y predicción de resultados. Este grupo emplea principalmente técnicas de *machine learning* para clasificación y agrupamiento, destacándose algoritmos como *decision trees*, *nearest neighbor search* y *support vector machines*.
- **Clúster 3. Minería de Datos Educativos (amarillo):** compuesto por los términos *educational data mining* y *learning analytics*, refleja un enfoque integral en el análisis de datos educativos mediante modelos analíticos, minería de datos y visualización, orientados a optimizar procesos de enseñanza-aprendizaje.

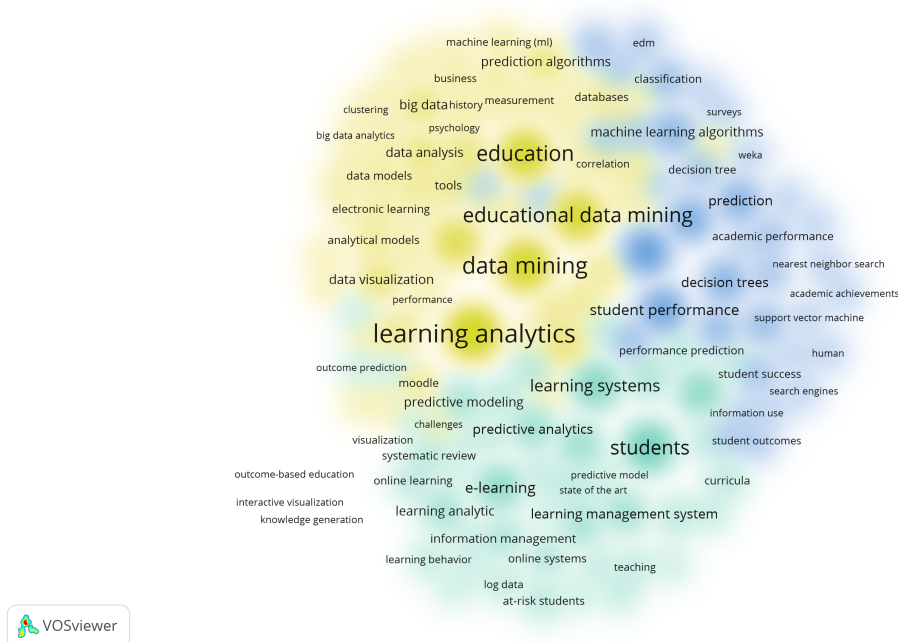


Figura 2.1: Áreas principales con densidad de clúster. Mapa de relación de términos graficado con VOSviewer.

Los resultados del análisis evidencian que la literatura reciente se estructura en torno a tres ejes interrelacionados: (i) alineación curricular y resultados de aprendizaje, (ii) modelamiento predictivo del desempeño estudiantil y (iii) aplicación de técnicas de minería de datos y visualización para la toma de decisiones académicas. Esta convergencia temática fundamenta la necesidad de integrar evaluación de resultados de aprendizaje, sistemas de alerta temprana y arquitecturas de información académica dentro de una herramienta computacional unificada, propósito central de la presente investigación.

2.2. Analítica académica: enfoques y fundamentos

El principio rector de esta fase es la Gobernanza Académica Basada en Datos. Este principio establece que cualquier ajuste en el currículo, las metodologías de enseñanza o los recursos de aprendizaje debe estar sustentado en el análisis sistemático de los indicadores de logro (Chigbu & Makapela, 2025; Schildkamp, 2019; Silva et al., 2024).

2.2.1. Enfoques de Analítica Educativa

En el análisis de datos académicos se identifican tres enfoques fundamentales (Haro, 2018) : analítica del aprendizaje, analítica académica y minería de datos educativos.

Academic Analytics (AA). La *analítica académica* es la aplicación de técnicas de inteligencia de negocios al contexto educativo. Se enfoca en el análisis de datos institucionales, a diferencia de la analítica del aprendizaje, que se orienta al proceso formativo individual. Permite estudiar el perfil de los estudiantes y su rendimiento académico (Haro, 2018).

Curriculum Analytics (CA): permite analizar la estructura del currículo, evaluando la coherencia entre atributos formativos, competencias, resultados de aprendizaje y organización del plan de estudios.

Learning Analytics (LA). La *analítica del aprendizaje* es un enfoque basado en la recopilación de conjuntos de datos educativos provenientes de sistemas digitales de aprendizaje, sistemas de administración y redes sociales, con el fin de analizarlos y mejorar la eficacia del aprendizaje. Entre sus aplicaciones se encuentran los modelos predictivos y la identificación de patrones de éxito o fracaso (Haro, 2018).

Learning Analytics Dashboards (LADs) Un Learning Analytics Dashboard (LAD) es una interfaz visual que presenta indicadores derivados de los datos de aprendizaje para facilitar el seguimiento del desempeño estudiantil y la toma de decisiones basada en evidencia (Susnjak et al., 2022).

Educational Data Mining (EDM). La *Minería de Datos Educativos* es la aplicación de técnicas de minería de datos al análisis de datos educativos. Se emplean algoritmos estadísticos y de aprendizaje automático para estudiar el rendimiento académico y los estilos de aprendizaje. Entre sus aplicaciones se destaca la predicción del rendimiento académico para identificar estudiantes en riesgo (Alam, 2023), (Romero & Ventura, 2013).

2.2.2. Niveles de Análisis: KPIs Académicos

En la fase de evaluación, la unidad de medida evoluciona de indicadores de logro individuales a Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) Académicos. Estos permiten categorizar el estado del programa, visto desde el logro de los estudiantes, según el tipo de análisis realizado (Susnjak et al., 2022):

- 1. **Análisis Descriptivo:** Monitorea el comportamiento histórico y actual (tasas de aprobación, dashboards de rendimiento).
- 2. **Análisis Predictivo:** Anticipa trayectorias críticas (riesgo de deserción o bajo rendimiento).
- 3. **Análisis Prescriptivo:** Genera recomendaciones de intervención (acciones remediales o ajustes pedagógicos).

En la tabla 2.4 se presenta la relación entre los niveles de análisis y el enfoque que se puede aplicar en cada nivel.

Tabla 2.4: Relación entre nivel de análisis y elementos

Nivel de análisis	Enfoque	Aplicación
Descriptivo	LA y Academic Analytics (AA)	Dashboards de rendimiento, tasas de aprobación y comparación entre cohortes.
Predictivo	EDM y LA	Modelos de <i>machine learning</i> para anticipar riesgo de deserción o éxito académico.
Prescriptivo	EDM y LA	Recomendaciones personalizadas de intervención y ajustes pedagógicos.

2.3. Business Intelligence aplicado a la educación superior

En la educación superior se generan enormes volúmenes de datos académicos, administrativos y financieros, pero con frecuencia no se usan de forma sistemática para decidir mejor. Business Intelligence (BI) surge como un enfoque que permite transformar esos datos dispersos en información clara y accionable para mejorar la gestión y el aprendizaje. BI combina herramientas, metodologías y prácticas (almacenes de datos, cuadros de mando, minería de datos, analítica) para analizar la

información institucional y apoyar la toma de decisiones en todos los niveles de la universidad.

Las aplicaciones de BI se pueden separar en cuatro ámbitos: 1. Gestión académica, 2. Calidad y acreditación, 3. E-Learning y analíticas del aprendizaje y 4. Gestión administrativa y financiera. En la Tabla 2.5 se consolidan las aplicaciones de BI en el sector educativo y los dominios de análisis.

Tabla 2.5: Relación aplicación de BI y dominios de análisis

Aplicación	Dominios de análisis asociados
Gestión académica	Desempeño académico, Trayectorias académicas, Alertas tempranas
Calidad y acreditación	Evaluación del aprendizaje (CLOs–PLOs), Metaevaluación, Trayectorias académicas
E-learning y analítica del aprendizaje	Evaluación del aprendizaje, Desempeño académico, Alertas tempranas
Gestión administrativa y financiera	Ingreso, Trayectorias académicas, Alertas tempranas

Cada dominio puede ser abordado mediante diferentes enfoques analíticos según el nivel de decisión requerido. Learning Analytics se orienta al seguimiento y comprensión del aprendizaje a nivel individual; Academic Analytics se enfoca en la evaluación institucional mediante indicadores agregados; y Educational Data Mining busca identificar patrones, relaciones y modelos predictivos a partir de los datos disponibles. La Tabla 2.6 sintetiza esta relación, mostrando cómo los distintos enfoques analíticos se aplican sobre cada dominio, orientando la generación de indicadores, reportes y modelos predictivos dentro de la arquitectura BI. Los dominios el *dónde* y los enfoques analíticos el *cómo* del sistema de Business Intelligence.

Tabla 2.6: Mapeo entre Dominios y Elementos de Análisis

Dominio	Learning Analytics (LA)	Academic Analytics (AA)	Educational Data Mining (EDM)
Ingreso	Perfil del estudiante	Eficiencia institucional	Predicción de éxito según condiciones de ingreso. Sistemas de recomendaciones
Desempeño académico	Seguimiento individual y grupal	Indicadores agregados por cohorte, programa o docente	Predicción de rendimiento. Sistemas de recomendaciones
Evaluación del aprendizaje	Cumplimiento de CLOs/PLOs	Evaluación por programa	Análisis de calidad del assessment
Metaevaluación	Coherencia de instrumentos con CLOs	Rendimiento por instrumento	Validación estadística de ítems
Trayectorias académicas	Seguimiento individual	Análisis por cohorte y graduación oportuna	Análisis de progresión y secuencias ocultas
Alertas tempranas	Perfil de riesgo individual	Estrategias institucionales de permanencia	Modelos predictivos

2.4. Educación Basada en Resultados (EBR / OBE)

Esta sección presenta los conceptos del paradigma de Educación Basada en Resultados, así como la armonización terminológica entre los marcos internacional (ABET) e institucional (CNA/USTA) que sustenta el modelo propuesto.

2.4.1. Definiciones

Educación Basada en Resultados (EBR) – Outcome-Based Education (OBE). La Educación Basada en Resultados (EBR), conocida internacionalmente como Outcome-Based Education (OBE), es un enfoque pedagógico que estructura todo el proceso formativo en función del logro verificable de los resultados de aprendizaje por parte de los estudiantes. Este modelo desplaza el foco desde la mera transmisión de contenidos hacia la demostración efectiva de las competencias adquiridas, evidenciando lo que el estudiante sabe, comprende y es capaz de hacer en contextos reales o simulados. Así, la EBR orienta el diseño curricular, las estrategias pedagógicas y los mecanismos de evaluación para asegurar el cumplimiento de dichos resultados esperados (Cantika & Alhayat, 2023; Kendengis, 2023).

Evaluación del aprendizaje (Assessment). El término *assessment* no debe confundirse con un "examen" o una simple "medición", ya que se refiere a un proceso más amplio y sistemático. Implica planear, recolectar, analizar e interpretar evidencias del aprendizaje con el propósito de valorar el nivel de logro alcanzado por los estudiantes respecto a los resultados de aprendizaje definidos. Este proceso integra métodos directos e indirectos, así como enfoques cualitativos y cuantitativos, con el fin de ofrecer una visión integral y contextualizada del desempeño académico y formativo del estudiante (Harmanani, 2017; Hernández & Ospina, 2022; Lumius et al., 2020).

Program Educational Objectives (PEOs). El *perfil ocupacional* se refiere a lo que los egresados deberían alcanzar unos años después de su graduación (usualmente entre tres y cinco años), incluyendo logros profesionales, académicos o de impacto social (Jorge, 2023).

Student Outcomes (SOs). Las *competencias* describen lo que el estudiante debe saber, comprender y ser capaz de hacer al finalizar su proceso formativo, integrando conocimientos, habilidades, actitudes y valores. En el contexto internacional, ABET las denomina Student Outcomes (SOs) (Ammar & Bin Rais, 2021; Thomas, 2019).

Program Specific Outcomes (PSOs). Las *competencias específicas del programa* complementan los Student Outcomes (SOs) y se formulan para reflejar las particularidades del contexto institucional, los énfasis disciplinares y los requerimientos del entorno profesional específico del programa. Los PSOs permiten capturar la identidad curricular del programa y asegurar que los egresados estén preparados para retos técnicos y profesionales concretos dentro de su área de formación (Thomas, 2019).

Course Learning Outcomes (CLOs). El logro de las competencias se operacionaliza a través de los *Resultados de Aprendizaje (RA)*, que expresan de forma concreta, observable y evaluable las acciones que se espera que el estudiante realice al finalizar una asignatura, unidad formativa o actividad específica. Estos resultados, comúnmente formulados con verbos de acción, permiten medir si el estudiante ha alcanzado los niveles de desempeño definidos para una competencia determinada (MESA ANGULO et al., 2021). En el marco de ABET, los resultados de aprendizaje a nivel de curso se denominan Course Learning Outcomes (CLOs) y deben estar alineados con los Student Outcomes (SOs) del programa.

2.4.2. Armonización terminológica EBR–ABET–CNA

Una brecha recurrente en la implementación de modelos EBR es la ambigüedad terminológica entre los marcos internacionales (ABET) y nacionales (CNA). Las Tablas 2.7 y 2.8 presentan una armonización conceptual bilingüe con el fin de fortalecer la coherencia metodológica del modelo propuesto.

2.5. Referentes Internacionales

El *Washington Accord (WA)* promueve la equivalencia internacional de programas acreditados bajo el principio de reconocimiento mutuo entre organismos signatarios, exigiendo que la calidad se demuestre mediante atributos del egresado observables y medibles que integren competencias técnicas y transversales (International Engineering Alliance (IEA) & World Federation of Engineering Organizations (WFEO), 2021; Kuang & Duan, 2025). En este marco, el **Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET)** se consolida como uno de los organismos acreditadores más influyentes, al operacionalizar la Educación Basada en Resultados (*Outcome-Based Education, OBE*) mediante la definición de siete *Student Outcomes* evaluables de manera sistemática. Su modelo exige definición explícita de resultados, instrumentos válidos de evaluación, evidencias cuantificables y procesos formales de mejora continua. En la Tabla 2.9 se presenta la correspondencia entre *Washington Accord (WA)* y **ABET**.

2.6. Política nacional- Colombia

Ministerio de Educación Nacional (MEN)

La Resolución 21795 de 2020 establece las condiciones de calidad para programas académicos en Colombia (de Educación Nacional de Colombia, 2020). En ella se enfatiza la definición de atributos del egresado expresados en términos de: conoce, comprende, actúa, crea, investiga y emprende. Estos verbos no son descriptores pedagógicos; constituyen indicadores de desempeño que deben ser verificables. Así mismo, la normativa colombiana demanda coherencia entre perfil de egreso, competencias, resultados de aprendizaje y evidencias consolidadas.

Educación basada en resultados			
Término en español	Término en inglés	Enfoque institucional / ABET / CNA	Referencia
Educación basada en resultados (EBR)	Outcome-Based Education (OBE)	Enfoque curricular general (CNA: EBR como principio)	(Cantika & Alhayat, 2023; Kendengis, 2023; SIMAT, 2021)
Evaluación del aprendizaje	Assessment	Sistema de evaluación de resultados (CNA: evidencias de logro)	(Harmanani, 2017; Hernández & Ospina, 2022; Jorge, 2023; Lumius et al., 2020)
Perfil ocupacional (logros 3 a 5 años post título)	Program Educational Objectives (PEOs)	ABET: PEOs / CNA: Perfil ocupacional del egresado	(Jorge, 2023)
Perfil de egreso del programa	Program Learning Outcomes (PLOs) ¹ / Program Outcomes (POs)	ABET: POs alineados con SOs / CNA: Perfil de egreso	(Ali & Jamin, 2025)
Competencias de egreso / atributos del graduado	Student Outcomes (SOs) / Graduate Attributes	ABET: Student Outcomes (SOs) / CNA: Competencias de egreso	(Ammar & Bin Rais, 2021; Thomas, 2019)
Resultados de aprendizaje del programa	Program Learning Outcomes (PLOs)	Nivel intermedio: desagregan competencias de egreso (CNA: RA de programa)	(Ammar & Bin Rais, 2021; Thomas, 2019)
Resultados específicos del programa	Program Specific Outcomes (PSOs)	ABET: PSOs / Énfasis o líneas del programa	(SIMAT, 2021, p. 14)
Resultados de aprendizaje de curso	Course Learning Outcomes (CLOs)	RA de asignatura alineados con PLOs/competencias (CNA: RA de curso)	(SIMAT, 2021, p. 17)

Tabla 2.7: Armonización inglés-español en educación basada en resultados y analítica académica

Minería de datos educativos y analítica académica			
Término en español	Término en inglés	Enfoque institucional / ABET / CNA	Referencia
Analítica del aprendizaje	Learning Analytics (LA)	Soporte al aseguramiento de la calidad y monitoreo de RA	(Haro, 2018)
Analítica académica / institucional	Academic Analytics (AA)	Gestión institucional, mejora continua (CNA: indicadores de calidad)	(Haro, 2018)
Minería de datos educativos	Educational Data Mining (EDM)	Análisis avanzado para seguimiento de desempeño y permanencia	(Alam, 2023)
Tableros de analítica del aprendizaje	Learning Analytics Dashboards (LADs)	Herramientas de visualización para gestión por resultados	(Susnjak et al., 2022)

Tabla 2.8: Armonización inglés-español en educación basada en resultados y analítica académica

Tabla 2.9: Atributos WA y competencias del modelo ABET

Atributo WA	Competencia (SO) ABET
Análisis de problemas	1. Capacidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas.
Diseño y desarrollo de soluciones	2. Capacidad para aplicar el diseño de ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando factores sociales, ambientales, económicos, etc.
Comunicación	3. Capacidad para comunicarse de manera eficaz con una variedad de audiencias.
Ética – El Ingeniero y el mundo	4. Habilidad para reconocer responsabilidades éticas y hacer juicios informados considerando el impacto en contextos globales y sociales.
Trabajo colaborativo e interdisciplinario	5. Capacidad para funcionar eficazmente en equipos colaborativos e inclusivos, estableciendo metas y cumpliendo objetivos.
Investigación	6. Capacidad para desarrollar y realizar experimentación adecuada, analizar e interpretar datos, y usar el juicio ingenieril.
Aprendizaje para toda la vida	7. Capacidad para adquirir y aplicar nuevos conocimientos utilizando estrategias de aprendizaje adecuadas.

Consejo Nacional de Acreditación (CNA)

Con el Acuerdo 01 del CESU de 2025, el modelo de acreditación en alta calidad en Colombia experimenta una transformación sustantiva al desplazar el énfasis desde la verificación documental de procesos hacia la demostración verificable del logro de resultados de aprendizaje. Este cambio normativo implica que la calidad ya no se sustenta principalmente en la existencia formal de políticas, reglamentos o procedimientos, sino en la evidencia objetiva de los aprendizajes alcanzados por los estudiantes y en la capacidad institucional para demostrar su coherencia con el perfil de egreso y las competencias declaradas. El nuevo enfoque establece una alineación explícita entre el Proyecto Educativo del Programa (PEP), las competencias formuladas, las estrategias pedagógicas implementadas y los resultados de aprendizaje logrados. En este marco, la evaluación deja de ser un mecanismo aislado de medición para convertirse en un sistema articulado que permita verificar el cumplimiento progresivo de los propósitos formativos.

Factor 5. Aspectos Académicos y Evaluación El Factor 5 establece la coherencia y efectividad del currículo mediante evaluación sistemática, medición objetiva del logro académico, articulación con acciones de mejora y trazabilidad entre perfil de egreso, competencias y resultados de aprendizaje, consolidando un sistema de mejoramiento continuo verificable.

Factor 6. Permanencia y Graduación El Factor 6 regula la permanencia y graduación mediante seguimiento sistemático, implementación de alertas tempranas basadas en análisis académico y uso de indicadores de trayectoria para sustentar decisiones curriculares, integrando la información histórica en la gestión académica.

Factor 12. Aseguramiento de la Alta Calidad El Factor 12 consolida la autorregulación como principio estructural del modelo de acreditación. En este sentido, la **Característica 49** exige la existencia de una cultura institucional de autoevaluación permanente, participativa y fundamentada en evidencia verificable; la **Característica 50** demanda la consolidación sistemática de información proveniente de fuentes internas y externas, garantizando trazabilidad, consistencia y análisis histórico; y la **Característica 51** requiere identificar y medir los resultados e impactos derivados de los planes de mejoramiento implementados. En conjunto, este factor establece que la gestión de datos no es un requisito administrativo aislado, sino el fundamento estructural del aseguramiento de la alta calidad.

2.7. Políticas Institucionales: Universidad Santo Tomás

2.7.1. Diseño Curricular

De acuerdo con la política curricular la Universidad Santo Tomás (Universidad Santo Tomás, 2004), “*El modelo curricular de la Universidad Santo Tomás se estructura a partir de una arquitectura académica coherente que articula el objeto de*

estudio del programa, los núcleos problemáticos, el perfil de egreso, las competencias y los resultados de aprendizaje. “

De acuerdo con el Acuerdo No. 38 (Universidad Santo Tomás, 2023), estos componentes se integran con las dimensiones de la acción humana y los niveles formativos institucionales, garantizando alineación entre identidad institucional, formación disciplinar y desarrollo ético-humanista. En consecuencia, el currículo se concibe como un sistema articulado en el que el perfil de egreso orienta la definición de competencias, estas se operacionalizan en resultados de aprendizaje y su evaluación retroalimenta de manera sistemática la gestión curricular.

Requisitos institucionales El **Acuerdo No. 38 del Consejo Superior** (Universidad Santo Tomás, 2023) y los lineamientos del **Sistema de Evaluación del Aprendizaje (SEA)**, los programas académicos de la Universidad Santo Tomás deben cumplir con las siguientes condiciones para asegurar la coherencia con el modelo educativo institucional y con el enfoque EBR:

1. **Articulación con el modelo humanista:** El currículo debe promover una formación integral, centrada en el desarrollo de las dimensiones de la acción humana:
 - **Comprender:** dominio de saberes disciplinares.
 - **Hacer:** desarrollo de capacidades productivas.
 - **Comunicar:** habilidades sociales e interpersonales.
 - **Sentir:** sensibilidad frente al entorno y la diversidad.
 - **Obrar:** compromiso ético y responsabilidad social.
2. **Formulación de competencias:** Las competencias deben formularse de manera clara, integrando las dimensiones mencionadas. Deben estar redactadas con verbo, objeto y propósito, alineadas con los atributos del perfil de egreso, y acompañadas de un máximo de tres resultados de aprendizaje (RA).
3. **Definición de componentes estructurales:** Cada programa debe declarar de forma explícita los siguientes elementos: *objeto de estudio, núcleos problemáticos, perfil de egreso, mapa de competencias y estructura curricular.*
4. **Niveles de desempeño – Tercios de formación:** Las competencias y resultados de aprendizaje deben organizarse según tres niveles de progresión formativa definidos por el SEA:
 - **VER** (momento de ingreso): el estudiante, como *alumno*, requiere acompañamiento cercano del docente; se enfoca en la apropiación básica del conocimiento.
 - **JUZGAR** (momento de formación): el estudiante asume un rol activo como *estudiante*, desarrollando capacidades de análisis y juicio crítico con orientación docente.

- **ACTUAR** (momento de proyección): el estudiante es reconocido como *Inventio*, sujeto autónomo que aplica lo aprendido en contextos reales. El docente actúa como mediador del aprendizaje situado.
5. **Distribución de créditos y secuencia formativa:** El plan de estudios debe reflejar la progresión cognitiva del estudiante, articulando los créditos y las asignaturas con los niveles formativos y con la complejidad creciente de los resultados de aprendizaje.
 6. **Evaluación alineada con competencias:** El sistema de evaluación debe utilizar instrumentos directos e indirectos que permitan evidenciar el logro de los RA, apoyar la retroalimentación significativa y alimentar los procesos de mejora continua del currículo.



Figura 2.2: Tercios de formación USTA. Fuente: a partir de lo declarado en (MESA ANGULO et al., 2021). Elaboración: Chat GPT basada en basada en Prompting.

2.8. Niveles del currículo

La relación entre los niveles macro, meso y micro del currículo¹ se presenta en la Tabla 2.10, la cual expone la alineación de estos niveles en la estructura educativa.

Macro currículo. Corresponde al ámbito nacional e institucional. Establece el marco político-normativo del currículo, reflejado en la misión y visión institucionales, las políticas educativas, los estándares de calidad (como el CNA o ABET) y los perfiles institucionales. Su horizonte temporal es de largo plazo (Universidad Santo Tomás, 2023).

Meso currículo. Es el nivel de concreción curricular del programa académico. En este nivel se materializan los lineamientos del macro currículo mediante el diseño del Proyecto Educativo del Programa (PEP), el perfil de egreso, las competencias específicas y la estructura curricular. Posee un enfoque estratégico-táctico con un alcance de mediano plazo (Universidad Santo Tomás, 2023).

¹<https://direccionacademica.medellin.unal.edu.co/index.php/presentacion>, Universidad Nacional de Colombia. Armonización Curricular UNAL. Consultado el 24 de mayo de 2025

Micro currículum. Corresponde al nivel de curso o asignatura. Define los resultados de aprendizaje (CLOs), contenidos temáticos, metodologías pedagógicas, estrategias de evaluación y recursos didácticos. Representa la dimensión operativa del currículum, con una temporalidad de corto plazo, generalmente supeditada al semestre o período académico (Universidad Santo Tomás, 2023).

Aspecto	Macro Currículo	Meso Currículo	Micro Currículo
Nivel	Nacional – Institucional	Programa académico	Asignatura – Curso
Enfoque	Político–normativo	Estratégico–táctico	Didáctico–operativo
Responsables	Gobierno, CNA, CESU, Rectoría, Alta Dirección	Consejo de Facultad, Dirección de Programa, Comité Curricular	Coordinador de área, docente responsable
Elementos	Lineamientos nacionales, misión, visión, perfil institucional	Perfil de egreso, competencias del programa, estructura curricular	CLOs, contenidos, estrategias de enseñanza, evaluación y rúbricas
Temporalidad	Largo plazo	Mediano plazo	Corto plazo (por semestre)
Ejemplos	CNA, ABET, política curricular institucional	PEP, mapa de competencias	Syllabus, guía de actividades, plan de evaluación

Tabla 2.10: Niveles de concreción curricular

2.9. Soluciones Tecnológicas en Analítica Académica

Las soluciones se organizan en tres líneas de desarrollo: modelos de detección temprana, sistemas de clasificación de riesgo y plataformas con enfoque predictivo-prescriptivo.

1. Modelos de detección temprana en estudiantes de primer año

Estudios como los de Charleer et al. (2018) y M. et al. (2023) se centran en la identificación temprana del riesgo académico durante el primer año, considerado el periodo más crítico en términos de deserción. Estos trabajos emplean análisis descriptivos, como el monitoreo del tiempo de conexión y el número de interacciones en plataformas virtuales, así como modelos de clasificación predictiva basados en algoritmos de regresión logística (LR), árboles de decisión, LightGBM y redes neuronales profundas (DNN).

Un desafío inherente a estos modelos es la naturaleza de los datos educativos, donde los casos de deserción presentan una baja prevalencia frente a la persistencia. Ante este escenario de desbalance de clases, Cho et al. (2023) resalta que la precisión simple no es suficiente, recomendando el uso del *F1-score* como métrica clave para evaluar el desempeño real de la detección.

2. Sistemas de clasificación de riesgo institucionales

Más allá de los algoritmos predictivos, existen propuestas de clasificación estructural como la de Coronado González et al. (2024), quien plantea un sistema de gestión del riesgo escolar basado en una matriz de dos dimensiones. La primera es la situación escolar, que categoriza al estudiante en rezago, irregular u óptima según sus matrículas y créditos cursados. La segunda es el desempeño académico, evaluado mediante el Índice de Aprobación en Ordinario (IAO), el Índice de Promoción (IP) y el promedio general.

3. Soluciones tecnológicas con enfoque predictivo y prescriptivo

En el ámbito de la gestión integral, han surgido plataformas especializadas como Q-OBE, diseñada para operativizar esquemas de Educación Basada en Resultados (EBR). Esta solución permite la trazabilidad de los resultados de aprendizaje a nivel de programa (PLOs) y de curso (CLOs), generando alertas basadas en el cumplimiento de evidencias (Bhatti et al., 2023). Finalmente, la evolución hacia la analítica prescriptiva se observa en propuestas como la de Susnjak et al. (2022), quien desarrolla tableros de control potenciados por el modelo CatBoost y bibliotecas de Python especializadas en análisis contrafactual.

2.10. Evaluación

De acuerdo con ABET ² para que la evaluación sea eficaz se deben aplicar medidas directas, indirectas, cuantitativas y cualitativas alineadas a los resultados esperados (Diyasa et al., 2023; Hai, 2025; Harmanani, 2017; Pradhan, 2021).

La Tabla 2.11 formaliza estas dimensiones, sus categorías y funciones dentro del SIA. La **metaevaluación** introduce un mecanismo de control de calidad de la evidencia — considerando validez, confiabilidad, coherencia y pertinencia — que garantiza que los datos que llegan a la Arquitectura BI sean pedagógicamente válidos.

2.11. Tendencias y brechas en la analítica académica y el aseguramiento de la calidad

El desafío no radica en la definición de marcos teóricos o normativos —ampliamente desarrollados— sino en su traducción en modelos operativos que permitan integrar datos académicos dispersos, operacionalizar el paradigma OBE dentro de las estructuras analíticas y sustentar procesos de mejora continua verificables.

Tendencias

En primer lugar, se observa una **convergencia entre analítica educativa y evaluación del aprendizaje**, donde los enfoques de *Learning Analytics*, *Acade-*

²<https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/>

Tabla 2.11: Dimensiones de la evaluación en el modelo EBR-BI

Dimensión	Categorías	Descripción
Naturaleza de la evidencia	Cualitativa · Cuantitativa · Mixta	Clasifica la evaluación según el tipo de información generada, diferenciando entre datos numéricos, descriptivos o combinaciones de ambos.
Relación con el aprendizaje	Directa · Indirecta	Distingue si la evaluación mide directamente el logro de los RA o recoge percepciones externas sobre el desempeño.
Momento evaluativo	Formativa · Sumativa	Define la función de la evaluación dentro del proceso formativo: seguimiento y retroalimentación, o valoración final del aprendizaje.
Ámbito de aplicación	Interna · Externa	Diferencia el origen de la evaluación: instrumentos institucionales propios o mecanismos externos estandarizados (Saber Pro, certificaciones).
Nivel de agregación	Curso · Programa · Institución	Establece el nivel de análisis, permitiendo escalar desde el aula hasta la institución para la toma de decisiones estratégicas.
Metaevaluación	Validez · Confiabilidad · Coherencia · Pertinencia	Evalúa la calidad del proceso evaluativo, verificando que las evidencias sean adecuadas, consistentes y alineadas con los RA declarados.

mic Analytics y *Educational Data Mining* se orientan a la medición del logro de resultados de aprendizaje, integrando técnicas de minería de datos, visualización y modelamiento predictivo.

En segundo lugar, se consolida un **enfoque basado en resultados verificables** la cuál desplaza el énfasis de la cobertura curricular hacia la demostración objetiva del logro formativo mediante evidencias cuantificables.

En tercer lugar, se evidencia una creciente incorporación de **modelos predictivos y analítica avanzada**, particularmente en la identificación de estudiantes en riesgo, el análisis de trayectorias académicas y la optimización de procesos formativos, apoyados en algoritmos de aprendizaje automático.

En cuarto lugar, emerge la necesidad de una **integración arquitectónica de datos**, donde los sistemas de Business Intelligence actúan como plataforma para consolidar, transformar y analizar información proveniente de múltiples fuentes institucionales, permitiendo una visión integral del sistema educativo.

Finalmente, se identifica una transición hacia esquemas de **inteligencia accionable**, en los cuales la analítica no solo describe o predice, sino que orienta decisiones académicas, curriculares e institucionales, cerrando el ciclo entre medición, análisis y mejora continua.

Brechas

Brecha tecnológica: Se evidencia en la fragmentación de los sistemas de información, la baja interoperabilidad entre plataformas académicas, administrativas y de aprendizaje, y las limitaciones en infraestructura para el desarrollo de analítica académica longitudinal. Esta situación dificulta la consolidación de datos confiables y oportunos que soporten la toma de decisiones basada en evidencia.

Brecha organizacional: Se manifiesta en la desarticulación entre unidades académicas, administrativas y de gestión, lo que limita el uso estratégico de la información. Aunque los datos existen, no se integran sistemáticamente en procesos de mejoramiento curricular ni en esquemas formales de gobernanza institucional.

Brecha conceptual: Persiste ambigüedad en la interpretación de conceptos clave como resultados de aprendizaje, competencias y objetivos formativos, particularmente en la traducción y adaptación de marcos internacionales. Esta situación genera inconsistencias en la implementación de modelos EBR, como se evidencia en la necesidad de armonización terminológica presentada en las Tablas 2.7 y 2.8.

Brecha metodológica: Existe una limitada integración entre los modelos de evaluación del aprendizaje y las técnicas de analítica de datos, lo que impide establecer relaciones claras entre evidencias, indicadores y decisiones académicas.

Brecha de gobernanza de datos: Se identifica la ausencia de políticas institucionales robustas para la gestión, calidad, trazabilidad y uso estratégico de la información académica, lo que restringe la consolidación de una cultura basada en datos.

Síntesis

El desafío no radica en la definición de marcos teóricos o normativos —ampliamente desarrollados— sino en su traducción en soluciones que permitan integrar datos, analizar información de manera longitudinal y sustentar procesos de mejora continua.

En este contexto, la presente investigación se posiciona en la intersección entre la Educación Basada en Resultados (EBR) y los sistemas de Business Intelligence, proponiendo el Modelo de analítica de datos como una respuesta operativa a las brechas identificadas.

El aporte principal no consiste en la construcción de una herramienta de visualización aislada, sino en la definición de un modelo de Analítica Académica que integra los principios de Business Intelligence, Educación Basada en Resultados y aseguramiento de la calidad dentro de una arquitectura unificada. Para ello, el modelo articula tres niveles complementarios: (i) la ingeniería del currículo, que traduce los referentes institucionales y el paradigma EBR en una estructura formal de trazabilidad entre competencias, resultados de aprendizaje y evidencias; (ii) la arquitectura analítica, que integra y normaliza información académica dispersa mediante procesos ETL, un modelo dimensional y reglas de negocio orientadas al análisis; y (iii) la capa de visualización y gobernanza, que transforma los resultados analíticos en evidencia para la toma de decisiones académicas y los procesos de acreditación.

Capítulo 3

Marco metodológico

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque mixto con predominio cuantitativo aplicado y alcance descriptivo–explicativo.

El estudio se inscribe en la investigación constructiva orientado al diseño e implementación de una solución tecnológica como apoyo a los procesos de aseguramiento de la calidad académica en el marco de la Educación Basada en Resultados (EBR).

3.1. Población y muestra

La población objeto de estudio está conformada por los registros académicos y evaluativos asociados al programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Santo Tomás, Seccional Bucaramanga, correspondientes al periodo comprendido entre los semestres académicos 2022-1 y 2025-1, durante este periodo en promedio cada semestre el programa tiene 158 estudiantes matriculados, como se presenta en la Figura 3.1.

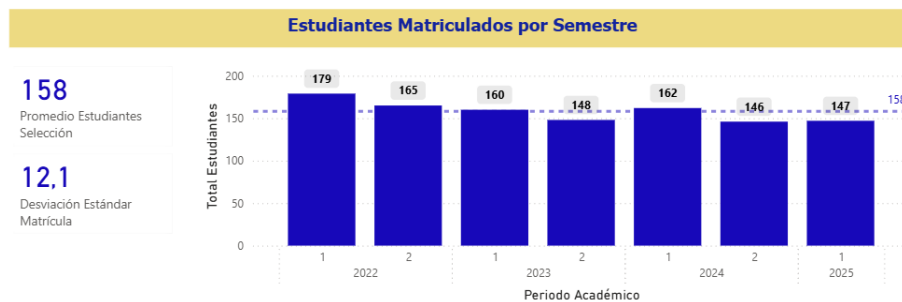


Figura 3.1: Número de estudiantes por semestre académico del programa de Ingeniería Mecatrónica durante el periodo 2022-1 a 2025-1

La información fue recopilada a partir de diferentes fuentes institucionales y externas que aportan evidencia para la evaluación de los resultados de aprendizaje y el seguimiento del desempeño estudiantil, como:

- **Sistema Académico Institucional (SAC):** fuente principal de información académica, que contiene datos de estudiantes, asignaturas, cursos, y promedio académico.
- **Pruebas Saber Pro:** resultados obtenidos por los estudiantes en las competencias genéricas y específicas evaluadas por el ICFES.
- **Evaluaciones de práctica profesional:** valoraciones realizadas por supervisores académicos y organizaciones receptoras sobre el desempeño de los estudiantes en contextos reales de aplicación profesional.

La Tabla 3.1 presenta la cantidad de registros considerados para cada fuente de información utilizada en la investigación.

Tabla 3.1: Población de estudio por fuente de información

Fuente de información	Periodicidad	Tiempo
Registros académicos (SAC)	Semestral	2022-1 a 2025-1
Resultados Saber Pro	Anual	2021-2024
Evaluaciones de práctica profesional	Anual	2020-2023

3.2. Variables e indicadores

La variable de estudio corresponde al aporte del modelo de analítica académica al fortalecimiento de los procesos de aseguramiento de la calidad académica. Este aporte se analiza principalmente a través de los indicadores asociados al **Factor 5 (Aspectos académicos y evaluación)** del Consejo Nacional de Acreditación (CNA), dado que el modelo fue diseñado para apoyar el seguimiento de logro de los estudiantes, la evaluación curricular y la generación de evidencia para el mejoramiento continuo.

De manera complementaria, la investigación contribuye parcialmente al **Factor 6 (Permanencia y graduación)**, específicamente a la **Característica 23**, relacionada con la caracterización y seguimiento de estudiantes. A través de la integración de información académica y la generación de indicadores analíticos, el modelo permite identificar perfiles de desempeño y apoyar la toma de decisiones orientadas al acompañamiento estudiantil.

Asimismo, el modelo aporta a la **Característica 50** del **Factor 12 (Aseguramiento de la alta calidad)**, mediante la integración, consolidación y visualización de información proveniente de múltiples fuentes académicas.

3.3. Fases de la Investigación

Fase 1: Revisión bibliográfica Se realizó una revisión estructurada de literatura en bases de datos como *IEEE Xplore* y *Scopus*, complementada con análisis bibliométrico mediante *VOSviewer*. Esta fase permitió fundamentar teóricamente el estudio en los campos de la analítica académica, la inteligencia de negocios (Business Intelligence) y los modelos de aseguramiento de la calidad en educación superior, articulando marcos normativos como el CNA, el CESU y referentes internacionales como ABET.

Fase 2: Diseño del modelo curricular basado en resultados Se desarrolló un análisis curricular del programa de Ingeniería Mecatrónica con el fin de estructurar el modelo de Educación Basada en Resultados. En esta fase se definieron y validaron las relaciones entre perfil de egreso, competencias, resultados de aprendizaje, áreas de formación, cursos y estrategias de evaluación.

Como resultado se construyó la estructura conceptual del modelo de Educación Basada en Resultados (EBR) que posteriormente se usó como fundamento semántico para el modelo analítico.

Fase 3: Diseño del modelo de Analítica Académica A partir de la estructura curricular definida en la fase anterior, se diseñó el modelo ACABI, integrando los principios de la Educación Basada en Resultados (OBE) con técnicas de Analítica Académica y Business Intelligence. En esta fase se definieron las reglas de negocio, dimensiones de análisis, mecanismos de trazabilidad e indicadores del modelo ACABI. Así, se aplicó la primera fase de la metodología CRISP-DM *Comprensión del Negocio*.

Fase 4: Desarrollo e implementación tecnológica Esta fase materializó el modelo ACABI mediante la integración de fuentes de información académica, la implementación de procesos ETL, la construcción del modelo dimensional, el desarrollo de indicadores analíticos y la creación de tableros de control en Power BI. Su ejecución se apoyó en las fases de *Comprensión de los Datos*, *Preparación de los Datos*, *Modelado*, *Evaluación* y *Despliegue* de la metodología CRISP-DM.

1. Comprensión de los datos (*Data Understanding*).

Se identificaron y caracterizaron las fuentes de información utilizadas en la investigación, incluyendo el Sistema Académico (SAC), los resultados Saber Pro y las evaluaciones de prácticas profesionales.

2. Preparación de los datos (*Data Preparation*).

Se implementaron procesos ETL en Python para extraer, limpiar, transformar e integrar la información proveniente de las diferentes fuentes. Esta etapa permitió garantizar la consistencia y trazabilidad de los datos utilizados por el modelo ACABI.

3. Modelado (*Modeling*).

Se construyó un modelo dimensional en esquema estrella que integra estudiantes, asignaturas, competencias, resultados de aprendizaje y evidencias de evaluación. Sobre este modelo se desarrollaron indicadores y medidas analíticas mediante DAX para su explotación en Power BI.

4. Evaluación (*Evaluation*).

Se verificó la consistencia de los indicadores y la correcta operación del modelo mediante validación técnica y funcional.

5. Despliegue (*Deployment*).

Se implementó el portal EvalIA como entorno de acceso a los tableros e indicadores desarrollados. El prototipo permitió la consulta de información académica por parte de docentes, directivos y comités académicos.

En la Tabla 3.2 se presenta la relación de como se evidencia la aplicación de la metodología CRISP-DM en el desarrollo de la solución.

Tabla 3.2: Trazabilidad entre las fases de CRISP-DM y el desarrollo del Sistema ACABI

Fase CRISP-DM	Evidencia en la tesis
Comprensión del Negocio	Capítulo Diseño de la Solución: Concepto de Inteligencia Académica, definición del Sistema ACABI, preguntas estratégicas institucionales y Motor de Reglas (Tablas de reglas CNA y USTA).
Comprensión de los Datos	Capítulo Desarrollo del Sistema ACABI: identificación de fuentes F1, F2 y F3, estructura curricular, evaluaciones académicas, Saber Pro y prácticas empresariales.
Preparación de los Datos	Capítulo Desarrollo del Sistema ACABI: procesos ETL en Python, normalización de indicadores, integración de fuentes, mapeo curricular y consolidación de datos.
Modelado	Capítulo Diseño de Detalle: Arquitectura ACABI, Ingeniería de Currículo, Modelo EBR, Sistema de Evaluación, Tensor Educativo y modelo dimensional estrella implementado en Power BI.
Evaluación	Capítulo de Resultados y Validación: validación con comité curricular, comité de autoevaluación y análisis de cumplimiento de objetivos del sistema.
Despliegue	Capítulo Desarrollo del Sistema ACABI: implementación del portal EvalIA, integración con Power BI y despliegue del sistema para consulta por actores académicos.

Capítulo 4

Diseño Conceptual

El Business Intelligence surgió como respuesta a un problema estructural en las organizaciones empresariales: la alta disponibilidad de datos operativos con una capacidad limitada para transformarlos en conocimiento estratégico, donde la solución no consistió en generar más datos, sino en diseñar arquitecturas capaces de integrarlos, modelarlos y presentarlos como indicadores accionables para la toma de decisiones (Campbell & Oblinger, 2007).

Desde la perspectiva de esta investigación, los programas de formación profesional enfrentan una problemática equivalente a la que históricamente dio origen al Business Intelligence en el ámbito empresarial: la existencia de información abundante pero fragmentada.

Esta correspondencia entre los procesos de gestión empresarial y los procesos de aseguramiento de la calidad académica constituye el fundamento conceptual del modelo ACABI, se relacionan de manera analga los elementos de BI a esta solución, como se presenta en la Tabla 4.1.

Business Intelligence empresarial	Analítica Académica (ACABI)
Modelo de negocio	Modelo pedagógico EBR
KPIs de desempeño	Indicadores de logro de RA
Datos transaccionales	Registros académicos institucionales
Tablero directivo	Portal EvalIA
Mejora de competitividad	Aseguramiento de la calidad

Tabla 4.1: Principio de equivalencia funcional entre BI empresarial y Analítica Académica

Definición de la Solución

La solución propuesta se denomina **Analítica Curricular y Académica con Business Intelligence (ACABI)** y se define como:

Un modelo de Analítica Académica basado en Business Intelligence que integra el diseño curricular fundamentado en Educación Basada en Resultados (OBE), los procesos de evaluación del aprendizaje y el análisis de datos académicos institucionales. Su propósito es operacionalizar el

paradigma OBE mediante mecanismos de trazabilidad, medición y análisis que permitan transformar datos académicos en evidencia verificable para la toma de decisiones, el aseguramiento de la calidad y el mejoramiento continuo.

Este modelo busca responder tres interrogantes:

1. ¿En qué medida el currículo del programa garantiza trazabilidad verificable entre los atributos del perfil de egreso, las competencias declaradas y los resultados de aprendizaje evaluados en cada espacio académico?
2. ¿Qué nivel de logro alcanzan los estudiantes en los resultados de aprendizaje y competencias definidos en el modelo OBE del programa, y qué brechas formativas persisten entre cohortes, áreas y momentos de formación?
3. ¿Qué estudiantes presentan indicadores de riesgo académico en cada corte evaluativo?

Estas tres preguntas constituyen la base conceptual del modelo ACABI y estructuran las dimensiones analíticas de **currículo**, **logro** y **riesgo**, sobre las cuales se construyen los indicadores, reglas de negocio y mecanismos de visualización propuestos en la investigación.

Motor de Reglas

Para garantizar que los indicadores tengan un fundamento normativo y pedagógico —y no solo una justificación técnica— el Modelo ACABI integra **14 reglas operativas** derivadas de dos fuentes: 8 del modelo de acreditación CNA (Factores 5 y 6), presentadas en la Tabla 4.2, y 6 de los lineamientos institucionales de la Universidad Santo Tomás, presentadas en la Tabla 4.3.

Estas reglas cumplen una función doble: por un lado, traducen los requerimientos normativos en lógica de negocio que puede modelarse computacionalmente; por otro, garantizan que cada indicador generado sea trazable hasta una característica específica del modelo CNA o un lineamiento institucional verificable.

Componentes de la solución

El Modelo ACABI se estructura en tres capas interdependientes que permiten transformar los principios de la Educación Basada en Resultados (OBE) en indicadores. La solución mantiene dos niveles complementarios de trazabilidad: (i) trazabilidad vertical, que conecta perfil de egreso, competencias, resultados de aprendizaje, evidencias de evaluación y desempeño estudiantil; y (ii) trazabilidad horizontal, que permite analizar el comportamiento de cohortes, áreas de formación, momentos curriculares y periodos académicos.

- **Capa 1. Ingeniería del Currículo:** operacionaliza el paradigma EBR traduciendo los referentes normativos (CNA, ABET, MEN) y los lineamientos institucionales USTA en una aestructura curricular formal. Su producto es la

Tabla 4.2: Reglas derivadas del modelo de autoevaluación CNA

Factor	Caract.	Regla derivada (Criterio de Validación)
F5	C17	R17.1. Verificar denominación, duración y créditos del programa.
F5	C17	R17.2. Garantizar formación integral mediante trazabilidad curricular.
F5	C17	R17.3. Medir flexibilidad curricular asociada a la electividad.
F5	C17	R17.4. Evidenciar interacción disciplinar e interdisciplinar del currículo.
F5	C19	R19.1. Consolidar evidencias del sistema de evaluación estudiantil.
F5	C20	R20.1. Generar alertas y análisis longitudinal del logro para soportar ajustes curriculares.
F5	C21	R21.1. Validar coherencia entre competencias, resultados de aprendizaje y perfil de egreso.
F6	C23	R23.1. Caracterización de estudiantes y alertas: ingreso, desempeño, momentos formativos.

Tabla 4.3: Reglas derivadas de los lineamientos institucionales USTA

ID	Fuente	Regla derivada (Lógica de Negocio)
RI-01	Reglamento Académico	La nota definitiva corresponde a la agregación ponderada de evaluaciones parciales.
RI-02	Reglamento Académico	Las calificaciones se registran en escala numérica de 1,0 a 5,0.
RI-03	Reglamento Académico	La aprobación de asignaturas requiere una calificación definitiva $\geq 3,0$.
RI-04	Reglamento Académico	El promedio acumulado mínimo para graduación es 3,3.
RI-05	Lineamientos SEA	Los resultados de aprendizaje deben clasificarse según los tercios de formación (Ver, Juzgar, Actuar).
RI-06	Lineamientos SEA	Las competencias deben relacionarse con las cinco dimensiones de la acción humana USTA.

Matriz de Trazabilidad (F1) —que mapea atributos, competencias y resultados de aprendizaje.

- **Capa 2. Arquitectura de Datos y Analítica (BI):** integra, transforma y modela los datos académicos provenientes de múltiples fuentes institucionales mediante procesos ETL implementados en Python y un modelo dimensional bajo esquema estrella en Power BI. Aplica las reglas de negocio del Motor de Reglas para garantizar que los datos técnicos conserven su significado pedagógico a lo largo de todo el proceso de transformación.
- **Capa 3. Visualización y Gobernanza:** presenta los indicadores calculados mediante los sistemas de indicadores en tableros interactivos de Power BI y el portal EvalIA, organizados en dos modos de acceso: *Modo Gestión*, orientado al seguimiento operativo del programa, y *Modo Acreditación*, diseñado para soportar los procesos de autoevaluación ante el CNA

Capítulo 5

Diseño de Detalle

5.1. Capa 1: Ingeniería de Currículo

La capa 1 constituye del Modelo EBR, motor de reglas y Sistema de Evaluación. En esta investigación se propone el término **Ingeniería de Currículo** para referirse a un proceso formal de diseño que traduce referentes normativos, disciplinares e institucionales en una arquitectura curricular coherente, trazable y evaluable. En el marco de los modelos de Educación Basada en Resultados (EBR), la Ingeniería de Currículo operacionaliza la fase de planeación curricular (Ali & Jamin, 2025; He & Liu, 2024; Novrizal & Muhammad, 2025), fundamentada en el principio de *alineación constructiva* propuesto por Biggs y Tang (2011). Este principio establece que los resultados de aprendizaje, las estrategias formativas y los mecanismos de evaluación deben diseñarse de manera coherente, de modo que el proceso educativo converja hacia el logro de las competencias declaradas en el perfil de egreso.

5.1.1. Componente 1: Modelo EBR

El Modelo EBR define la semántica pedagógica del sistema: determina qué debe lograrse, cómo se organiza jerárquicamente el currículo y qué relaciones deben existir entre sus elementos para establecer la trazabilidad.

- **Entradas:** Lineamientos normativos (CNA, MEN, ABET/WA), Reglamento Académico USTA, microcurrículos y datos del entorno profesional.
- **Funciones:** Definición de competencias (PLOs), resultados de aprendizaje (CLOs/RAE/RAPi) y construcción de la Matriz de Trazabilidad curricular.
- **Salida principal:** Mapa de alineación curricular y modelo de ponderación de evidencias — insumos directos para las fuentes F1 y F2 de la Arquitectura BI (M2).

El modelo EBR propuesto se presenta en la Figura 5.1, inspirada en elementos conceptuales reportados en (Kuang & Duan, 2025) y (Syed et al., 2022). El modelo consta de tres niveles curriculares articulados mediante alineación vertical y horizontal. La **alineación vertical** conecta los niveles macro, meso y micro, mientras que

la **alineación horizontal** garantiza la coherencia entre competencias, resultados de aprendizaje e instrumentos evaluativos, cerrando el ciclo de evidencia formativa.

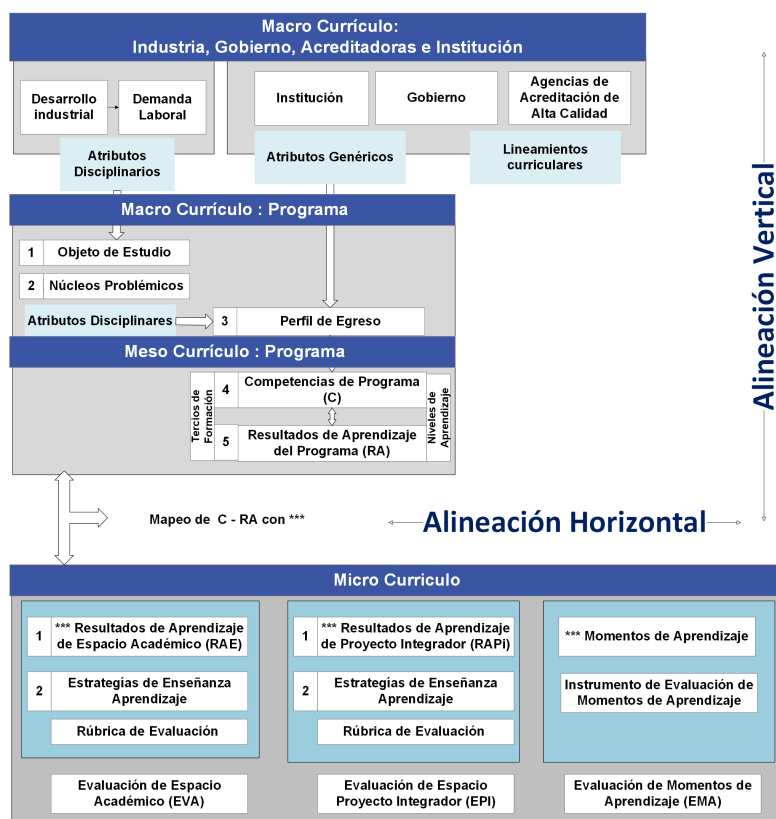


Figura 5.1: Modelo EBR: arquitectura de alineación constructiva vertical (Macro → Meso → Micro-Currículo) y horizontal (C-RA → EVA / EPI / EMA). Elaboración propia, adaptado de Kuang y Duan (2025) y Syeed et al. (2022).

Macro-Currículo (nivel superior) Define los referentes externos del programa: desarrollo industrial y demanda laboral (fuente de atributos disciplinares), e institución, gobierno y agencias de acreditación (fuente de atributos genéricos y lineamientos curriculares). En este nivel se consolida el conjunto de atributos.

Meso-Currículo (nivel de programa). este nivel desglosa el Perfil de egreso en: (4) Competencias del Programa *C* y (5) Resultados de Aprendizaje *RA*. Los tercios de formación USTA y la taxonomía de Bloom actúan como dimensiones transversales de clasificación.

Micro-Currículo (nivel de asignatura). Operacionaliza el nivel de programa mediante tres tipos de instrumentos evaluativos articulados por el mapeo *C-RA*:

- **Espacio Académico:** RAE + estrategias de enseñanza-aprendizaje + rúbrica → EVA.
- **Proyecto Integrador:** RAPI + estrategias de enseñanza-aprendizaje + rúbrica → EPI.

- **Momentos de Aprendizaje:** momentos de aprendizaje + instrumento de evaluación → **EMA**.

A. Atributos del perfil de egreso

Los atributos del perfil de egreso se entienden como descriptores de los rasgos, capacidades y desempeños esperados del profesional al concluir su horizonte formativo (Cejas et al., 2023; Medina & González, 2020), estos atributos funcionan como unidades estructurales para la formulación del perfil de egreso, constituyendo el punto de partida para la definición de competencias y resultados de aprendizaje.

En el ámbito de la ingeniería, y particularmente bajo marcos internacionales como el *Washington Accord* (Kuang & Duan, 2025), los atributos del egresado suelen organizarse en dimensiones que integran conocimientos técnicos, capacidades transversales y responsabilidad profesional, como:

- **Dominio disciplinar:** Conocimientos técnicos, análisis y resolución de problemas complejos.
- **Competencias transversales:** Comunicación efectiva, liderazgo y trabajo colaborativo.
- **Ética y proyección global:** Responsabilidad profesional, sostenibilidad e impacto social.

Su adecuada estructuración asegura la alineación curricular, facilitando la trazabilidad, el monitoreo y la medición sistemática del aprendizaje dentro del ecosistema de evaluación del programa (Muñoz La Rivera et al., 2021).

Atributos Generales Los atributos generales A_{gen} constituyen el marco normativo y axiológico que define las capacidades transversales esperadas en el egresado, tales como pensamiento crítico, ética profesional, trabajo en equipo, comunicación efectiva y responsabilidad social.

$$A_{gen} = (A_{Nacional} \cup A_{Internacional} \cup A_{Institucional}) / \sim \quad (5.1)$$

Donde,

- $A_{Nacionales}$: derivados del marco nacional de calidad definido por el Ministerio de Educación Nacional y el Consejo Nacional de Acreditación (CNA).
- $A_{Internacionales}$: derivados del referente internacional en ingeniería (ABET / Washington Accord).
- $A_{Institucionales}$: derivados de los lineamientos institucionales.

Convergencia entre atributos generales

Dado que los atributos generales se obtienen de tres fuentes diferentes es necesario triangular los atributos, pues a pesar de sus diferencias terminológicas, estos marcos

comparten núcleos formativos comunes asociados al análisis de problemas, diseño de soluciones, comunicación, ética, trabajo colaborativo, investigación y aprendizaje permanente ver Tabla 5.1.

Tabla 5.1: Matriz de Atributos del Macro currículo

Referente	WA-ABET	USTA	MEN
Tipo de atributos	Internacionales	Institucionales	Nacionales
Disciplinar	Análisis de problemas	Comprender, Hacer	Conoce, Comprende, Actúa, Investiga, Em-prende
Disciplinar	Diseño y desarrollo de soluciones	Hacer, Obrar	Crea, Comprende, Actúa
Genérica	Comunicación	Comunicar	Comunica
Genérica	Ética – El ingeniero y el mundo	Obrar, Sentir	Actúa
Genérica	Trabajo colaborativo e interdisciplinario	Comunicar, Obrar	Comprende, Comunica
Genérica	Investigación	Hacer, Comprender	Investiga, Comprende, Actúa
Genérica	Aprendizaje para toda la vida	Sentir, Hacer	Aprende, Comprende, Em-prende

Atributos Disciplinarios El conjunto de atributos disciplinares A_{disc} representa las capacidades específicas del campo de conocimiento que el programa académico incorpora al perfil de egreso. Su definición no se realiza de manera arbitraria, sino que deriva directamente del objeto de estudio y de los núcleos problémicos que estructuran la identidad formativa del programa, así como del estudio del mercado laboral propio del programa.

Este proceso constituye una operación de traducción conceptual del nivel epistemológico de la disciplina hacia el nivel operativo del currículo. De esta manera, los atributos disciplinares se convierten en la base estructural para la formulación del perfil de egreso.

Atributos Integrados Finalmenta para consolidar la lista completa de atributos se hace la agregación de los atributos generales y disciplinares, así:

$$A_{Integrado} = A_{gen} \cup A_{disc} \quad (5.2)$$

B. Perfil de Egreso

El perfil de egreso constituye la traducción de las demandas del entorno profesional en términos formativos (MESA ANGULO et al., 2021; Universidad Santo Tomás, 2023). Representa la promesa formativa del programa: define lo que el estudiante es capaz de saber, hacer y demostrar al culminar su proceso de formación. En

este sentido, el perfil no es una declaración aspiracional sino un referente operativo para la planificación, implementación y evaluación del currículo.

Los atributos integrados $A_{\text{Integrado}}$ se articulan en declaraciones formativas estructuradas que permiten su despliegue posterior en competencias y resultados de aprendizaje evaluables. En el ámbito de la acreditación internacional — particularmente en ABET — esta articulación se expresa mediante los *Student Outcomes* (SOs) y los *Program Learning Outcomes* (PLOs), que especifican capacidades verificables en ámbitos como la resolución de problemas complejos, la ética profesional y el trabajo colaborativo (Abualkishik et al., 2022; Ferro et al., 2020).

Formalización. A partir del perfil de egreso se derivan las competencias del programa mediante la función:

$$\phi_C : P_{\text{Egreso}} \rightarrow \mathcal{P}(C) \quad (5.3)$$

donde $C = \{C_1, C_2, \dots, C_k\}$ es el conjunto de competencias del programa y $\mathcal{P}(C)$ su conjunto potencia. Esta relación de uno a muchos garantiza la trazabilidad ascendente desde cualquier competencia hasta el perfil de egreso que la origina.

C. Competencias

Las **competencias** son el segundo nivel de la jerarquía curricular. Derivan del perfil de egreso y lo traducen en capacidades operacionalizables dentro del plan de estudios. Su interpretación es compleja debido a la diversidad de perspectivas desde las que pueden abordarse —como destreza, conocimiento, aptitud o estándar de actuación— lo que evidencia su carácter multidimensional (Cejas et al., 2023). Existe consenso en que las competencias articulan *saber*, *saber hacer* y *saber ser*. En el contexto colombiano, el Acuerdo CESU 01 de 2025 precisa esta noción al definir las como:

“conjuntos articulados de conocimientos, disposiciones, actitudes y aptitudes que hacen posible comprender y analizar problemas o situaciones para actuar coherente y eficazmente, individual o colectivamente, en determinadas situaciones; y pueden ser evaluadas, demostradas y delimitadas en articulación con los propósitos declarados en el perfil de egreso de cada programa y los procesos y resultados académicos previstos.” (CESU, 2025)

De manera general el conjunto de competencias tiene dos tipos: disciplinares y genéricas.

$$C = C_{\text{Transversales}} \cup C_{\text{Disciplinares}} \quad (5.4)$$

Estructura y formulación. Para que una competencia sea evaluable dentro del SIA debe adoptar una estructura explícita que integre tres elementos (MESA ANGULO et al., 2021; Muñoz La Rivera et al., 2021):

$$\text{Competencia} = \underbrace{\text{Verbo}}_{\text{acción demostrable}} + \underbrace{\text{Objeto}}_{\text{saber disciplinar}} + \underbrace{\text{Finalidad}}_{\text{contexto/proósito}} \quad (5.5)$$

Las competencias actúan como pivote entre el perfil de egreso y la práctica pedagógica: hacia arriba garantizan trazabilidad con los atributos; hacia abajo generan los resultados de aprendizaje.

D. Resultados de Aprendizaje (RA)

Los **resultados de aprendizaje (RA)** son la unidad de medida operativa del SIA. Mientras la competencia define una capacidad amplia y estructural, el RA especifica el desempeño concreto que el estudiante debe demostrar en un momento formativo determinado (Ammar & Bin Rais, 2021). Son los RA los que determinan los puntos de captura de datos del sistema: cada evaluación, rúbrica o instrumento del Componente 2 está diseñado para medir el logro de uno o más RA específicos.

Estructura y formulación. Al igual que las competencias, los RA requieren una estructura explícita que permita su observación y medición:

$$RA = \underbrace{\text{Verbo de acción}}_{\text{alineado con Tercios}} + \underbrace{\text{Objeto de conocimiento}}_{\text{contenido disciplinar}} + \underbrace{\text{Condición/Contexto}}_{\text{evidencia esperada}} \quad (5.6)$$

De manera particular en la USTA, cada RA debe además clasificarse dentro de uno de los tres tercios de formación (T) del SEA institucional (Universidad Santo Tomás, 2023):

$$T = \{\text{Ver, Juzgar, Actuar}\} \quad (5.7)$$

En la literatura en general estos se alinean con la **taxonomía de Bloom** (Hussain et al., 2024; SIMAT, 2021), garantizando progresión cognitiva entre niveles.

Formalización. El conjunto de resultados de aprendizaje del programa se modela como:

$$RA = \{R_{ij} \mid i \in \{1, 2, 3\}, j \in \{1, \dots, k\}\} \quad (5.8)$$

donde i indica el tercio de formación ($i = 1$: Ver, $i = 2$: Juzgar, $i = 3$: Actuar) y j identifica la competencia C_j a la que está asociado el resultado. La derivación desde competencias se expresa mediante:

$$\phi_{RA} : C \rightarrow \mathcal{P}(RA) \quad (5.9)$$

E. Mapeo Curricular y Relaciones — Diseño del Modelo

El mapeo curricular se concibe como un modelo formal que permite representar, de manera estructurada, la relación entre los elementos del diseño formativo y los procesos de evaluación. A diferencia de los enfoques tradicionales basados en matrices bidimensionales, el presente trabajo propone un enfoque **multidimensional**, en el cual el currículo es modelado como un sistema de datos susceptible de análisis mediante técnicas de Business Intelligence.

Desde una perspectiva metodológica, el mapeo se define como un **sistema de relaciones matemáticas** que permite garantizar la coherencia curricular, la trazabilidad de los resultados de aprendizaje y la generación de evidencia verificable para procesos de acreditación y mejora continua.

1. Definición de dimensiones del modelo El modelo se estructura a partir de conjuntos que actúan como dimensiones analíticas del sistema curricular:

$N = \{N_1, \dots, N_k\}$	Núcleos problemáticos
$A_{\text{Integrado}} = A_{\text{gen}} \cup A_{\text{disc}}$	Atributos del perfil de egreso
$C = \{C_1, C_2, \dots, C_k\}$	Competencias del programa (PLOs)
$RA = \{R_{ij}\}$	Resultados de aprendizaje del programa
$E = \{E_1, E_2, \dots, E_n\}$	Espacios académicos
$A = \{A_1, A_2, \dots, A_p\}$	Áreas de formación
$M = \{M_{\text{ingreso}}, M_{\text{formación}}, M_{\text{egreso}}\}$	Momentos de formación
$T = \{\text{Ver}, \text{Juzgar}, \text{Actuar}\}$	Tercios formativos
$RAE = \{RAE_1, \dots, RAE_s\}$	RA a nivel micro (asignatura)

(5.10)

Estas dimensiones constituyen la base del modelo de datos y permiten estructurar el currículo como un sistema analítico.

2. Tipología de relaciones del modelo El modelo integra diferentes tipos de relaciones que configuran el **motor de reglas** del sistema ACABI:

- **Funciones de asignación:** permiten mapear elementos entre conjuntos (ej. competencias a núcleos problemáticos).
- **Relaciones binarias:** representan asociaciones estructurales entre dimensiones (ej. competencias y dimensiones humanas).
- **Relaciones de composición:** permiten encadenar la trazabilidad desde el perfil de egreso hasta la evidencia evaluativa.

5.1.2. Componente 2: Sistema de Evaluación

El sistema de evaluación constituye define los mecanismos mediante los cuales se genera la evidencia necesaria para medir el logro de los los estudiantes.

A. Clasificación de las evaluaciones Desde una perspectiva de diseño, las evaluaciones se clasifican en dos grandes categorías: **evaluaciones internas** y **evaluaciones externas**.

a) Evaluaciones internas Las evaluaciones internas corresponden a aquellas diseñadas y ejecutadas por la institución y el programa académico, en el marco de sus lineamientos pedagógicos y normativos. Dentro de esta categoría se incluyen:

- **Evaluaciones formativas y sumativas**, desarrolladas en los espacios académicos, las cuales permiten medir el desempeño del estudiante a lo largo del proceso de formación, conforme a lo establecido en los reglamentos estudiantiles.
- **Evaluaciones integradoras**, tales como proyectos de aula, proyectos integradores y prácticas académicas o sociales, las cuales permiten evaluar la aplicación de competencias en contextos reales o simulados.

b) Evaluaciones externas Las evaluaciones externas corresponden a aquellas aplicadas por agentes externos a la institución o que responden a estándares nacionales o internacionales. Entre estas se incluyen:

- **Pruebas estandarizadas**, tales como exámenes de Estado, que permiten comparar el desempeño del programa en relación con referentes nacionales.
- **Evaluaciones de empleadores y egresados**, que aportan información sobre la pertinencia de la formación y el desempeño profesional en contextos reales.

B. Sistema Integrado de Evaluación El **Sistema Integrado de Evaluación (SIE)** integra las fuentes de información utilizadas durante el proceso formativo, garantizando la trazabilidad entre las estrategias de evaluación, las competencias del programa, los resultados de aprendizaje y las evidencias generadas para los procesos de seguimiento, mejoramiento continuo y aseguramiento de la calidad. El sistema se estructura a partir de cuatro dimensiones de caracterización:

- **SE1. Ámbito de aplicación (A)**: clasifica las estrategias según el origen de la evaluación, diferenciando fuentes internas y externas.
- **SE2. Nivel de agregación (N)**: identifica la unidad organizacional responsable de la evaluación, permitiendo representar distintos niveles de análisis institucional.
- **SE3. Periodicidad (P)**: establece el momento o frecuencia con que se generan las evidencias durante el proceso formativo.
- **SE4. Estrategia de evaluación (E)**: representa los instrumentos, mecanismos o actividades mediante los cuales se obtiene evidencia del logro de los resultados de aprendizaje y las competencias.

Formalmente, el sistema se define como el conjunto

$$SIE = \{A, N, P, E\} \quad (5.11)$$

donde cada estrategia de evaluación $e \in E$ se caracteriza por una combinación específica de ámbito de aplicación, nivel de agregación y periodicidad, además de su relación con las competencias del programa.

La correspondencia entre las estrategias de evaluación y las competencias se representa mediante la función

$$f : E \longrightarrow 2^C \quad (5.12)$$

donde $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ corresponde al conjunto de competencias del programa y 2^C representa el conjunto de subconjuntos de competencias que pueden ser evaluadas por cada estrategia.

D. Escala Los resultados se interpretan mediante la escala lingüística de cuatro niveles (Tabla 5.2), cuyos rangos son parametrizables por programa y cuyos umbrales activan los protocolos de alerta del portal EvalIA.

Tabla 5.2: Escala lingüística de logro y activación de alertas — SIA ACABI

Nivel lingüístico	Rango porcentual	Rango escala 1–5	Semáforo	Acción
Nulo	—	[0.0,1.0)	Gris	Validación de datos: Identifica ausencia de evidencia, registros incompletos o posibles errores en la captura de información.
Crítico	[0 %, 20 %)	[1.0,1.8)	Rojo	Intervención inmediata. Generar alerta de prioridad alta para docente, director de programa y estudiante
Bajo	[20 %, 50 %)	[1.8,3.0)	Naranja	Refuerzo académico. Seguimiento por parte del docente, actividades de nivelación y monitoreo en el siguiente corte.
Moderado	[50 %, 70 %)	[3.0,3.8)	Amarillo	Seguimiento preventivo. El resultado es aceptable, pero se recomienda monitorear la evolución del estudiante y fortalecer competencias con menor desempeño.
Significativo	[70 %, 100 %]	[3.8,5.0]	Verde	Reconocimiento y consolidación. Se considera alcanzado el resultado de aprendizaje.

5.1.3. Salidas de la Capa 1

Como resultado de la Capa 1 se generan las fuentes de información que alimentan el Modelo de Analítica Académica ACABI. Estas fuentes articulan la estructura curricular definida bajo el enfoque de Educación Basada en Resultados (EBR) con las evidencias académicas producidas durante su implementación.

La fuente **F1** corresponde a la Matriz de Trazabilidad Curricular; la fuente **F2**, al Plan de Estudios; y la fuente **F3**, a las evidencias de evaluación internas, externas y a las escalas de normalización. La especificación funcional de estas fuentes se presenta la Figura 5.2.

Ingeniería Curricular: Modelo EBR

Solución BI

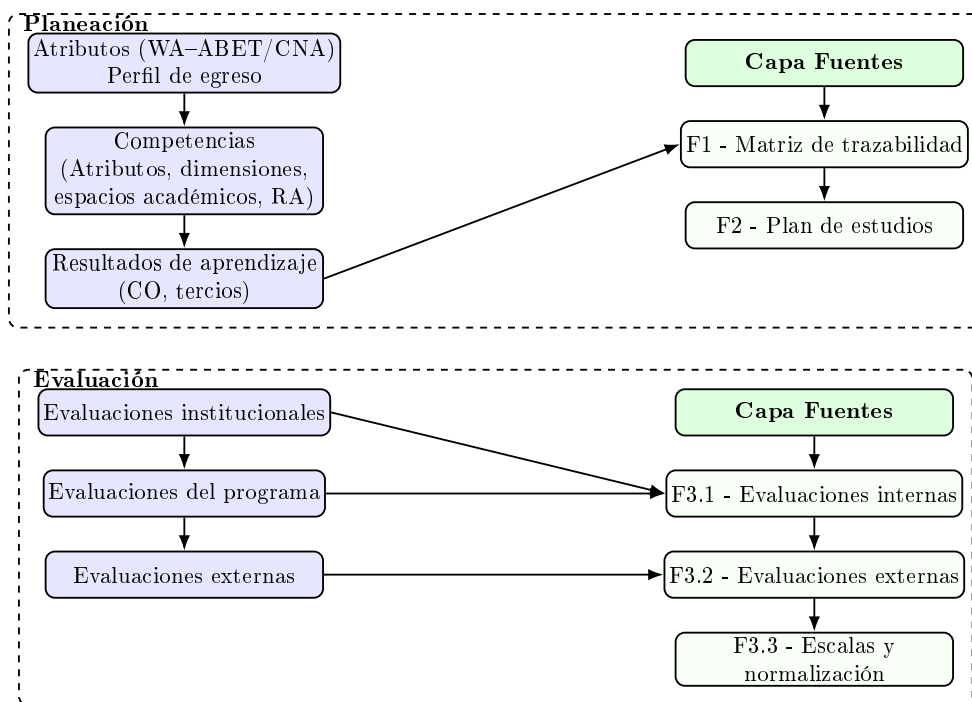


Figura 5.2: Fuentes de información del Modelo de Analítica Académica ACABI

5.2. Capa 2. Modelo de Integración y Analítica

La segunda capa del modelo ACABI tiene como propósito integrar y transformar la información curricular y académica obtenida en la Capa 1 para construir un modelo de datos analítico que soporte el cálculo de indicadores, la generación de alertas tempranas y el análisis para la toma de decisiones.

Como resultado se obtiene un repositorio analítico que constituye la base para el desarrollo de los tableros de visualización que soportan los procesos de evaluación, seguimiento curricular y aseguramiento de la calidad.

- **Entradas:** F1 (Matriz de Trazabilidad Curricular), F2 (Plan de Estudios) y F3 (Resultados de Evaluación), definidos en la Capa 1.
- **Funciones:** integración de fuentes de información, procesos de extracción, transformación y carga (ETL), modelado dimensional y procesamiento analítico.
- **Salida principal:** modelo de datos analítico para la generación de indicadores, reglas de negocio y alertas tempranas.

El modelo de integración y analítica se estructura en cuatro componentes funcionales:

1. Zona de Aterrizaje (*Staging Area*).
2. Procesos de Extracción, Transformación y Carga (ETL).
3. Modelo Dimensional.
4. Motor Analítico.

5.2.1. Zona de Aterrizaje (Staging Area)

La zona de aterrizaje constituye el punto de ingreso de la información dentro del modelo ACABI. Su función consiste en almacenar temporalmente las diferentes fuentes de información en su formato original antes de la ejecución de los procesos de integración y transformación.

La implementación admite archivos en formatos Excel y CSV, facilitando la incorporación de nuevas fuentes de información sin modificar la estructura general del modelo.

5.2.2. Procesos de Extracción, Transformación y Carga (ETL)

Los procesos de extracción, transformación y carga (ETL) constituyen el mecanismo de integración de datos del modelo ACABI. Su función consiste en extraer la información almacenada en la zona de aterrizaje, aplicar procesos de validación, limpieza, transformación y estandarización, para finalmente consolidarla en un conjunto de datos procesados.

La implementación se debe desarrollar mediante scripts en Python organizados de forma modular, donde cada fuente de información posee un proceso independiente de extracción y transformación.

Esta estrategia facilita el mantenimiento del modelo, permite incorporar nuevas fuentes de información y garantiza la trazabilidad de las transformaciones realizadas sobre cada conjunto de datos.

Como resultado de esta etapa se obtiene un conjunto de datos integrados y normalizados que alimenta el modelo dimensional.

5.2.3. Modelo Dimensional

El modelo dimensional organiza la información integrada mediante esquemas estrella (*Star Schema*), optimizados para el procesamiento de consultas analíticas y la generación de indicadores en herramientas de Business Intelligence.

En lugar de construir un único modelo dimensional, ACABI propone el desarrollo de múltiples esquemas estrella especializados, donde cada uno responde a un sistema analítico específico. Esta estrategia permite desacoplar los diferentes dominios de análisis, facilitando el mantenimiento del modelo, la incorporación de nuevas fuentes de información y la escalabilidad de la solución.

Cada esquema estrella se compone de una tabla de hechos que almacena las métricas del proceso analítico y un conjunto de dimensiones conformadas por las entidades descriptivas requeridas para el análisis. Esta organización favorece la navegación multidimensional, el cálculo eficiente de indicadores y la implementación de operaciones de agregación y desagregación (*Roll-up* y *Drill-down*) en Power BI.

Los modelos dimensionales se construyen de manera independiente para cada sistema de indicadores definido por el modelo ACABI, garantizando que cada dominio analítico disponga de una estructura optimizada de acuerdo con sus necesidades de consulta y visualización.

5.2.4. Motor Analítico

El Motor Analítico constituye el componente encargado de transformar los datos integrados en información útil para el seguimiento del desempeño estudiantil, la gestión curricular y el aseguramiento de la calidad. El motor analítico se organiza en dos módulos funcionales:

1. Motor de Alertas Tempranas.
2. Sistema de Indicadores.

Motor de Alertas Tempranas.

El sistema de alertas académicas se concibe como un componente analítico orientado a la identificación temprana del riesgo en la trayectoria formativa del estudiante, permitiendo anticipar situaciones críticas y activar mecanismos de intervención oportuna.

1. Variables del modelo de riesgo El modelo de alertas se estructura a partir de variables académicas con alta capacidad explicativa del desempeño estudiantil, agrupadas en dos dimensiones: **Desempeño académico**: indicadores acumulados de rendimiento y **Progresión académica**: indicadores asociados al avance en el plan de estudios.

2. Formalización del índice de riesgo El índice de riesgo académico se define como una función de agregación de las variables del modelo:

$$R = f(X_1, X_2) \tag{5.13}$$

donde X_1 y X_2 representan las dimensiones de desempeño y progresión, respectivamente, y $R \in [0, 1]$ corresponde al nivel de riesgo.

3. Clasificación del riesgo La clasificación del riesgo se define mediante una función:

$$\mathcal{C} : R \rightarrow \{R0, R1, R2\}$$

donde: $R0$: riesgo bajo, $R1$: riesgo moderado y $R2$: riesgo alto.

Cada nivel se asocia a umbrales parametrizables y a un conjunto de acciones dentro del sistema.

Tabla 5.3: Clasificación del riesgo académico — Diseño

Nivel	Rango de R	Acción general
R0	$R < \alpha$	Seguimiento estándar
R1	$\alpha \leq R < \beta$	Monitoreo y alerta preventiva
R2	$R \geq \beta$	Intervención académica

Ingeniería Curricular: Seguimiento

Solución BI

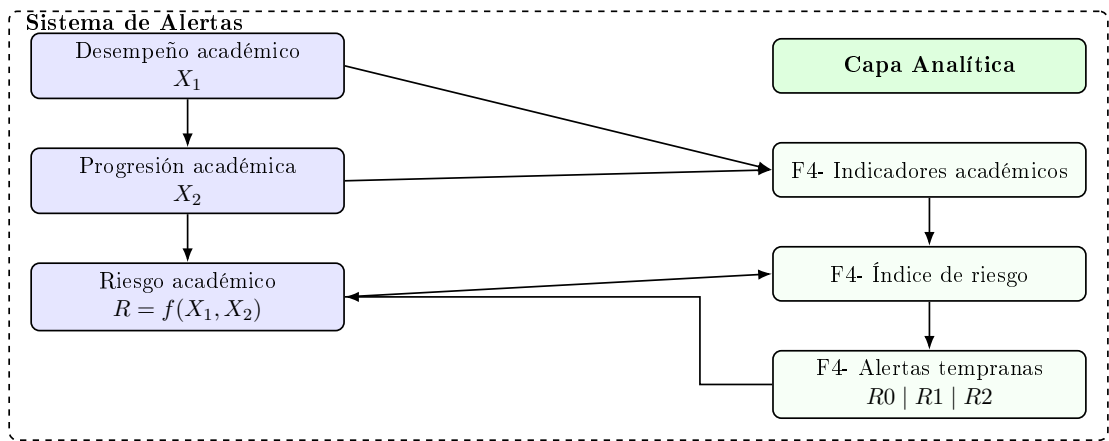


Figura 5.3: Diagrama conceptual del modelo EBR - Capa 3. Sistema de Alertas

Sistema de Indicadores

El diseño analítico del modelo ACABI se fundamenta en los enfoques de *Curriculum Analytics*, *Academic Analytics* y *Educational Data Mining*, los cuales permiten transformar los datos académicos en indicadores orientados al aseguramiento de la calidad y la toma de decisiones (Campbell & Oblinger, 2007; Romero & Ventura, 2013; Siemens, 2013). A partir de estos enfoques se definieron tres dimensiones analíticas: curricular, evaluación-logro y riesgo

A. Dimension de Curricular

SICU — El Sistema de Indicadores Currículares- Identidad: se diseña para responder preguntas como: ¿cuáles son los atributos que caracterizan el programa?, ¿qué será capaz de hacer el egresado?, ¿existen competencias genéricas y disciplinares claramente definidas? y ¿el currículo responde a las tendencias nacionales e internacionales de la disciplina? Estas preguntas se analizan mediante indicadores de correspondencia entre competencias y atributos, cobertura del perfil de egreso, distribución de competencias por tipo e integración con referentes disciplinares, como se presenta en la Tabla 5.4

Tabla 5.4: Sistema de Indicadores de Identidad Curricular

ID	Indicador
IC-01	Número total de atributos que conforman el perfil de egreso del programa.
IC-02	Número de atributos asociados al componente disciplinar del programa.
IC-03	Número de atributos orientados al desarrollo de competencias transversales del estudiante.
IC-04	Número total de competencias definidas en el perfil de egreso.
IC-05	Número de competencias asociadas al dominio específico de la profesión.
IC-06	Número de competencias orientadas al desarrollo integral del egresado.
IC-07	Número de núcleos problemáticos que estructuran la identidad curricular del programa.
IC-08	Cantidad de atributos vinculados a cada núcleo problemático.
IC-09	Cantidad de competencias relacionadas con cada núcleo problemático.
IC-10	Número de competencias vinculadas a cada atributo del perfil de egreso.
IC-11	Número de dimensiones de la acción humana asociadas a cada competencia.
IC-12	Número de Student Outcomes (SO) de ABET relacionados con cada competencia del programa.
RA-01	Número total de resultados de aprendizaje definidos para el programa.
RA-02	Número de resultados de aprendizaje clasificados según el tercio formativo: ver, juzgar y actuar.
RA-03	Distribución porcentual de los resultados de aprendizaje según el tercio formativo.
RA-04	Número de resultados de aprendizaje asociados a cada competencia del programa.

SICU — El Sistema de Indicadores Currículares- Coherencia: tiene como propósito determinar si existe alineación entre los diferentes componentes del modelo EBR. En particular, busca responder: ¿las competencias se desarrollan progresivamente a lo largo del plan de estudios? y ¿los niveles de complejidad cognitiva mantienen una secuencia consistente durante el proceso formativo? Para ello se emplean indicadores de alineación entre resultados de aprendizaje y competencias y progresión curricular como se presenta en la tabla 5.5

Tabla 5.5: Sistema de Indicadores de Coherencia Curricular

ID	Indicador
COH-01	Número de competencias asociadas a cada atributo del perfil de egreso.
COH-02	Número de espacios académicos que contribuyen al desarrollo de cada atributo.
COH-03	Número de competencias asociadas a cada Student Outcome.
COH-04	Número de espacios académicos que aportan evidencia para cada Student Outcome.
COH-05	Número de resultados de aprendizaje asociados a cada competencia.
COH-06	Número de espacios académicos responsables del desarrollo de cada competencia.
COH-07	Número de competencias desarrolladas en cada espacio académico.
COH-08	Distribución de las competencias desarrolladas por semestre académico.
COH-09	Porcentaje de atributos del perfil de egreso que presentan al menos un espacio académico asociado.

SICU — Sistema de Indicadores Currículares- Estructura Finalmente, la dimensión de *Estructura Curricular* analiza la organización del plan de estudios mediante preguntas como: ¿cómo se integran las diferentes áreas del conocimiento?, ¿cuál es la distribución de las áreas de formación?, ¿existe equilibrio entre los componentes teóricos y prácticos? y ¿el currículo permite trayectorias formativas flexibles? Estas preguntas son evaluadas mediante indicadores de interdisciplinariedad, balance por áreas de formación, relación teoría-práctica y flexibilidad curricular, como se presenta en la tabla 5.6.

Tabla 5.6: Sistema de Indicadores de Estructura Curricular

ID	Indicador
EST-01	Número total de créditos académicos que conforman el plan de estudios.
EST-02	Número de semestres definidos para el desarrollo del programa.
EST-03	Número total de asignaturas o espacios académicos incluidos en el plan de estudios.
EST-04	Promedio de créditos académicos distribuidos por semestre.
EST-05	Distribución de los créditos académicos en cada semestre del plan de estudios.
EST-06	Número de créditos asociados a cada área o campo de formación.
EST-07	Distribución de créditos según el componente curricular definido por el programa.
EST-08	Número de espacios académicos asociados a cada área del plan de estudios.
EST-09	Número de espacios académicos ofertados en cada semestre académico.
EST-10	Número de espacios académicos clasificados como electivos o flexibles.
EST-11	Proporción de créditos o espacios académicos electivos respecto al total del plan de estudios.
EST-12	Distribución porcentual del trabajo acompañado, teórico-práctico e independiente por semestre.
EST-13	Número de competencias desarrolladas desde cada área curricular.
EST-14	Número de atributos del perfil de egreso asociados a cada área curricular.
EST-15	Número de espacios académicos que contribuyen al desarrollo de cada competencia.

B. Dimensión de Logro

El sistema se organiza en cinco dimensiones complementarias.

La primera corresponde a la *Caracterización Académica*, orientada a responder preguntas como: ¿cuántos estudiantes conforman el programa cada semestre? y ¿cómo se distribuyen los estudiantes entre los diferentes espacios académicos y niveles?

La segunda dimensión corresponde al *Desempeño Académico*, cuyo propósito es analizar el comportamiento general del rendimiento estudiantil. En particular, busca responder: ¿cómo se distribuyen los estudiantes según su promedio acumulado?, ¿cuál es la tasa de aprobación de los cursos y áreas disciplinares?

La tercera dimensión corresponde al **Logro por Resultado y Competencia**, considerada el núcleo analítico del sistema. Esta dimensión permite responder preguntas como: ¿los estudiantes están alcanzando los resultados de aprendizaje esperados?, ¿qué proporción logra los niveles de desempeño definidos?, ¿cómo se comportan los indicadores de desempeño por curso y competencia?

La cuarta dimensión corresponde a la *Evaluación Externa*, orientada a contrastar los resultados internos del programa con referentes nacionales. Su propósito es responder preguntas relacionadas con el desempeño de los estudiantes en las competencias evaluadas por las pruebas Saber Pro y su evolución en el tiempo.

SILA — Sistema de Indicadores de Logro de Aprendizaje

SILA- Pruebas Internas Desempeño Académico El Sistema de Indicadores de Desempeño Académico reúne los indicadores utilizados para evaluar el rendimiento de los estudiantes durante su trayectoria formativa. Estos indicadores permiten analizar el desempeño por periodo académico, área de formación, espacio académico y competencia, constituyendo la base para el seguimiento del logro de aprendizaje y la identificación de oportunidades de mejora curricular, ver Tabla 5.7

Tabla 5.7: Sistema de Indicadores de Desempeño Académico

ID	Descripción
DA-01	Número total de estudiantes evaluados en el periodo académico seleccionado.
DA-02	Promedio acumulado de la nota definitiva de los estudiantes en el periodo de análisis.
DA-03	Promedio de la nota definitiva por periodo académico.
DA-04	Promedio de la nota definitiva por área de formación.
DA-05	Promedio de la nota definitiva por espacio académico.
DA-06	Número de estudiantes que no aprueban por espacio académico.
DA-07	Porcentaje de impacto de no aprobación por espacio académico.
DA-08	Distribución porcentual de los estudiantes según nivel de logro.
DA-09	Distribución porcentual del nivel de logro por competencia.
DA-10	Promedio de la nota definitiva por competencia del programa.
DA-11	Desviación estándar de la nota definitiva por competencia.
DA-12	Variabilidad del desempeño académico por competencia.
DA-13	Competencia con mayor promedio de logro académico.
DA-14	Competencia con menor promedio de logro académico.
DA-15	Tendencia del promedio académico por periodo y competencia.
DA-16	Porcentaje de estudiantes ubicados en niveles bajo, crítico o nulo.
DA-17	Porcentaje de estudiantes ubicados en nivel significativo.
DA-18	Comparación entre el promedio del periodo seleccionado y el promedio histórico.

SILA- Pruebas Externas Prácticas Empresariales El Sistema de Indicadores de Desempeño en Prácticas Empresariales integra los resultados de las evaluaciones realizadas por el sector externo durante el desarrollo de las prácticas profesionales. Estos indicadores permiten analizar el nivel de desempeño alcanzado por los estudiantes en competencias profesionales y criterios de evaluación definidos por los empleadores, proporcionando evidencia complementaria para la validación del perfil de egreso y el seguimiento del logro de competencias desde una perspectiva externa, ver Tabla 5.8

Tabla 5.8: Sistema de Indicadores de Desempeño en Prácticas Empresariales

ID	Descripción
PE-01	Promedio general de desempeño obtenido en la evaluación de prácticas empresariales.
PE-02	Promedio de desempeño por competencia del programa.
PE-03	Promedio de desempeño por criterio de evaluación del empleador.
PE-04	Evolución histórica del desempeño por competencia.
PE-05	Evolución histórica del desempeño por criterio de evaluación.
PE-06	Distribución porcentual de los niveles de logro por criterio de evaluación.
PE-07	Competencia con mayor valoración por parte del sector empresarial.
PE-08	Competencia con menor valoración por parte del sector empresarial.
PE-09	Porcentaje de estudiantes con desempeño significativo en prácticas empresariales.
PE-10	Porcentaje de estudiantes con desempeño bajo o crítico en prácticas empresariales.
PE-11	Variabilidad del desempeño por competencia (desviación estándar).
PE-12	Comparación del desempeño entre periodos académicos.

SILA- Pruebas Externas Estandarizadas El sistema de indicadores del módulo Saber Pro se organiza en dos dimensiones analíticas complementarias. La primera, denominada Desempeño Global, proporciona una visión longitudinal del comportamiento general del programa y su posicionamiento frente al contexto nacional. La segunda, Competencias, profundiza en el análisis de cada competencia genérica evaluada, permitiendo identificar fortalezas, oportunidades de mejora y brechas respecto al grupo de referencia (NBC), como se presenta en la Tabla 5.9

Tabla 5.9: Sistema de Indicadores del módulo Saber Pro del SILA

Dimensión ID	Nivel	Indicador
Desempeño Global		
EXT-1	Macro	Puntaje promedio global del programa en las pruebas Saber Pro.
EXT-2	Macro	Puntaje máximo obtenido durante el período analizado.
EXT-3	Macro	Puntaje mínimo obtenido durante el período analizado.
EXT-4	Macro	Evolución histórica del puntaje global del programa.
EXT-5	Macro	Variación interanual del puntaje global.
EXT-6	Macro	Desviación estándar de los resultados históricos.
EXT-7	Macro	Coefficiente de variación del desempeño global.
EXT-8	Macro	Mejor puesto nacional alcanzado por el programa dentro del grupo de referencia (NBC).
EXT-9	Macro	Evolución del puesto nacional del programa.
Competencias Genéricas		
EXT-10	Meso	Evolución del desempeño por competencia genérica.
EXT-11	Meso	Brecha de desempeño del programa respecto al grupo de referencia (NBC) por competencia.
EXT-12	Meso	Perfil comparativo del programa frente al grupo de referencia para las competencias genéricas.
EXT-13	Meso	Competencia con mayor desempeño promedio (Competencia líder).
EXT-14	Meso	Competencia con menor desempeño promedio (Competencia crítica).
EXT-15	Meso	Brecha promedio del programa frente al grupo de referencia (NBC).
EXT-16	Meso	Número y porcentaje de competencias cuyo desempeño supera al grupo de referencia.
EXT-17	Meso	Ranking de competencias según el desempeño promedio del programa.
EXT-18	Meso	Ranking de competencias según la brecha respecto al grupo de referencia (NBC).

c. Dimensión de Riesgo

La dimensión de riesgo tiene como propósito identificar de manera temprana a los estudiantes con mayor probabilidad de presentar dificultades académicas durante

su trayectoria formativa.

Conceptualmente, el modelo asume que el riesgo académico puede caracterizarse mediante la integración de indicadores asociados al desempeño académico y a la trayectoria del estudiante dentro del programa. Bajo este enfoque, el nivel de riesgo se representa mediante una función de agregación que integra ambas dimensiones:

$$R = f(X_1, X_2) \quad (5.14)$$

donde, X_1 : **Desempeño académico**, representado por indicadores de rendimiento como el promedio académico (PA) y la tasa de aprobación (TA), X_2 : **Trayectoria académica**, representada por indicadores relacionados con el avance del estudiante en el plan de estudios, tales como el nivel de formación, la brecha académica y el estado académico y R : **Nivel de riesgo académico**, obtenido mediante la integración de las dimensiones anteriores.

Una vez estimado el nivel de riesgo, el sistema aplica una función de clasificación definida como:

$$\mathcal{C} : R \rightarrow \{R0, R1, R2\}$$

donde $R0$ representa un nivel de riesgo bajo, $R1$ un nivel de riesgo medio y $R2$ un nivel de riesgo alto.

SIAA — Sistema Inteligente de Alertas Académicas El SIAA operacionaliza la dimensión de riesgo mediante indicadores orientados a evaluar el desempeño y la trayectoria académica del estudiante. Estos indicadores alimentan las alertas del portal EvalIA y permiten realizar seguimiento individual, por curso, cohorte y programa académico. La Tabla 5.10 presenta el conjunto de indicadores definidos para esta dimensión.

Tabla 5.10: Sistema Inteligente de Alertas Académicas (SIAA)

Dimensión ID	Nivel	Indicador
Desempeño Académico		
RIE-1	Micro	Promedio acumulado del estudiante (PA)
RIE-2	Micro	Tasa de aprobación de asignaturas (TA)
RIE-3	Micro	Índice de Riesgo Académico (IR)
RIE-4	Micro	Clasificación del nivel de riesgo (R0, R1, R2)
RIE-5	Micro	Semáforo de riesgo académico
Trayectoria Académica		
TRA-1	Micro	Brecha académica entre el nivel del estudiante y el nivel promedio de las asignaturas cursadas
TRA-2	Micro	Brecha real de trayectoria académica
TRA-3	Micro	Estado académico del estudiante (Activo estable, Activo rezago, Activo crítico, Activo umbral, Inactivo crítico, Inactivo)
TRA-4	Micro	Acción de intervención recomendada

5.3. Capa 3. Visualización

La capa de visualización constituye el punto de interacción fundamental entre los usuarios finales y los activos de información analítica generados por el modelo

ACABI. El despliegue técnico de este componente instrumenta la construcción de tableros de control interactivos sobre la plataforma Power BI, los cuales se estructuran analíticamente en función de las dimensiones y atributos contemplados para cada sistema de indicadores.

Complementariamente, se implementa un portal web unificado que, mediante el despliegue de una estrategia de Experiencia de Usuario (UX), distribuye y organiza el acceso a la información en dos perspectivas funcionales desacopladas: *Gestión Curricular y Acreditación y Calidad*.

El módulo de **Gestión Curricular** provee servicios analíticos orientados a coordinadores de programa, directores de área y comités curriculares. Esta interfaz de usuario consolida los tres sistemas analíticos core del modelo ACABI:

- **Sistema de Indicadores Curriculares (SICU):** Diseñado para la auditoría de datos analíticos respecto a la identidad, estructura, coherencia y trazabilidad del plan de estudios.
- **Sistema de Indicadores de Logro de Aprendizaje (SILA):** Enfocado en el análisis cuantitativo del desempeño por competencias y la tasa de logro de los objetivos de aprendizaje.
- **Sistema Inteligente de Alertas Académicas (SIAA):** Destinado a la identificación de riesgos.

En contraposición, el módulo de **Acreditación y Calidad** remapea la estructura multidimensional de los datos para alinearla con la taxonomía de factores y características normalizadas por el Consejo Nacional de Acreditación (CNA) de Colombia. Esta capa relaciona los factores institucionales con las métricas empíricas y los repositorios de evidencias generados por ACABI. Específicamente, el módulo implementa la matriz de trazabilidad para el aseguramiento de la alta calidad detallada en la Tabla 5.11.

Tabla 5.11: Mapeo de Características CNA respecto a los Componentes Analíticos ACABI

Factor CNA	Característica CNA	Componente / Indicador ACABI Relacionado
Factor 5 (F5): Aspectos Académicos y Evaluación	C17: Integralidad y flexibilidad curricular	Tablero de Estructura Curricular
	C19: Sistema de evaluación estudiantil	Mapeo de estrategias de Evaluación
	C20: Alertas y análisis longitudinal	Tablero de Riesgos
	C21: Coherencia curricular	—
Factor 6 (F6)	C23: Seguimiento a resultados de aprendizaje	Tablero de: desempeño académico, saber pro y prácticas empresariales

Capítulo 6

Desarrollo Sistema ACABI

6.1. Capa 1. Ingeniería del Currículo

Esta sección presenta la aplicación del Modelo EBR (Componente 1) y del Sistema de Evaluación (Componente 2) al Programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Santo Tomás, Seccional Bucaramanga. El resultado de esta aplicación es la **Matriz de Alineación**, un instrumento metodológico que consolida y organiza sistemáticamente las relaciones entre el objeto de estudio del programa, los atributos formativos, el perfil de egreso, las competencias, los resultados de aprendizaje y los espacios académicos del plan de estudios. El archivo completo de la Matriz de Alineación se presenta en el **Anexo A**.

6.1.1. Componente 1: Modelo EBR

A. Atributos del perfil de egreso

Aplicando el modelo de atributos integrados $A_{\text{Integrado}} = A_{\text{gen}} \cup A_{\text{disc}}$ definido en el Componente 1, se consolidaron los atributos del Programa de Ingeniería Mecatrónica a partir de tres fuentes normativas.

- **Atributos Nacionales** (A_{Nacional}): definidos con base en la Resolución 21795 de 2020 del Ministerio de Educación Nacional (de Educación Nacional de Colombia, 2020).

$$A_{\text{Nacional}} = \{\text{conocer, saber, comprender, actuar, crear, investigar, emprender}\}$$

- **Atributos Internacionales** ($A_{\text{Internacional}}$): derivados de los criterios de acreditación de ABET (ABET, 2024), alineados con el Washington Accord.

$$A_{\text{Internacional}} = \{\text{Resolución de problemas, Diseño ingenieril, Comunicación, Impacto global},$$

- **Atributos Institucionales** ($A_{\text{Institucional}}$): establecidos en los lineamientos curriculares de la Universidad Santo Tomás (Universidad Santo Tomás, 2023),

fundamentados en el humanismo tomista y las dimensiones de la acción humana.

$$A_{\text{Institucional}} = \{\text{Comprender, Hacer, Obrar, Sentir, Comunicar}\}$$

Equivalencia semántica entre atributos. Dado que los tres marcos comparten núcleos formativos comunes expresados con diferente terminología, se aplica la relación de equivalencia $A_{\text{gen}} = (A_{\text{Nacional}} \cup A_{\text{Internacional}} \cup A_{\text{Institucional}})/\sim$ que elimina redundancias:

$$\begin{aligned} \{\text{Disciplinares, Experimentación ingenieril}\} &\sim \text{Comprender} \\ \{\text{Diseño ingenieril, Integrar conocimientos}\} &\sim \text{Hacer} \\ \{\text{Comunicación, Segunda lengua, Lectoescritura}\} &\sim \text{Comunicar} \\ \{\text{Trabajo en equipo, Resolución de problemas}\} &\sim \text{Colaborar} \\ \{\text{Autoformación, Aprendizaje permanente}\} &\sim \text{Aprender} \\ \{\text{Medio ambiente, Desarrollo sostenible, Impacto global}\} &\sim \text{Responsabilidad social} \\ \{\text{Valores éticos, Humanista}\} &\sim \text{Ser} \end{aligned}$$

Atributos Disciplinarios (A_{disc}). Los atributos disciplinares corresponden a las capacidades propias de la ingeniería mecatrónica, derivadas del objeto de estudio, los núcleos problemáticos y el análisis del mercado laboral en automatización, sistemas inteligentes y transformación digital:

$$\begin{aligned} A_{\text{disc}} = \{ &\text{Automatización Industrial, Formulación y gestión de proyectos,} \\ &\text{Diseño Mecatrónico, Integrar conocimientos, Ciencia de datos e Inteligencia Artificial}\} \end{aligned} \quad (6.1)$$

Atributos Integrados ($A_{\text{Integrado}}$). Aplicando la relación de equivalencia semántica y eliminando redundancias, el conjunto consolidado de atributos del programa queda definido como:

$$\begin{aligned} A_{\text{Integrado}} = \{ &\text{Automatización industrial, Diseño mecatrónico, Integrar conocimientos,} \\ &\text{Ciencia de datos e Inteligencia Artificial, Formulación y gestión de proyectos,} \\ &\text{Humanista, Trabajo en equipo y liderazgo, Comunicación,} \\ &\text{CTI, Autoformación, Emprendimiento, Segunda lengua}\} \end{aligned} \quad (6.2)$$

B. Perfil de Egreso

La actualización del perfil de egreso del Programa de Ingeniería Mecatrónica se realizó mediante un proceso metodológico participativo que integró los referentes institucionales, normativos nacionales (CNA) e internacionales (ABET y Washington Accord), así como el análisis del objeto de estudio y los núcleos problemáticos del programa. El perfil final adoptado por el programa se presenta en el Anexo 7.5.

C. Competencias del programa

De manera articulada con el Comité Curricular, el programa formuló ocho competencias: cinco transversales y tres disciplinares. El detalle completo de la formulación de cada competencia (verbo + objeto + finalidad) se presenta en el Anexo 7.5.

$$C = C_{\text{Transversales}} \cup C_{\text{Disciplinares}} \quad (6.3)$$

donde: $C_{\text{Trans.}} = \{C_1, \dots, C_5\}, \quad C_{\text{Disc.}} = \{C_6, C_7, C_8\}$

D. Resultados de Aprendizaje

Los resultados de aprendizaje del programa fueron formulados por el cuerpo docente. Para garantizar su trazabilidad, se adoptó el sistema de codificación R_{ij} definido en el Componente 1: el primer dígito $i \in \{1, 2, 3\}$ indica el tercio de formación (1: Ver, 2: Juzgar, 3: Actuar) y el segundo dígito $j \in \{1, \dots, 8\}$ identifica la competencia asociada C_j . Por ejemplo:

$$R_{26} \Rightarrow (\text{Juzgar}, C_6)$$

indica que el resultado pertenece al nivel formativo *Juzgar* y contribuye al desarrollo de la competencia C_6 .

E. Mapeo Curricular y Relaciones — Desarrollo del Modelo

A partir del modelo conceptual definido en la fase de diseño, se procede a su instanciación en el contexto del programa de Ingeniería Mecatrónica, operacionalizando las dimensiones y relaciones mediante estructuras concretas.

1. Definición de conjuntos del programa

$N = \{N_1, N_2\}$	Núcleos problemáticos
$C = \{C_1, C_2, \dots, C_8\}$	Competencias del programa
$RA = \{R_{ij}\}$	Resultados de aprendizaje

Las competencias se clasifican en:

$$C = C_{\text{Transversales}} \cup C_{\text{Disciplinares}} \quad (6.4)$$

$$C_{\text{Trans.}} = \{C_1, \dots, C_5\}, \quad C_{\text{Disc.}} = \{C_6, C_7, C_8\} \quad (6.5)$$

2. Mapeo con núcleos problemáticos

Se define la función de asignación:

$$\begin{aligned} \phi_{NP} : C_{\text{Disc.}} &\rightarrow N \\ \phi_{NP}(C_6) &= N_1 \\ \phi_{NP}(C_7) &= N_2 \\ \phi_{NP}(C_8) &= N_2 \end{aligned} \quad (6.6)$$

Esta función permite estructurar la relación entre competencias disciplinares y problemas fundamentales del programa.

3. Mapeo con dimensiones de la acción humana Se define la relación binaria:

$$R \subseteq C \times D$$

donde:

$$D = \{\text{Comprender, Obrar, Hacer, Comunicar, Sentir}\}$$

La Tabla 6.1 presenta la instanciación de esta relación:

Tabla 6.1: Relación entre competencias y dimensiones de la acción humana

CO	Comprender	Obrar	Hacer	Comunicar	Sentir
C1	×	×			×
C2		×		×	×
C3	×		×	×	×
C4	×		×	×	×
C5	×			×	
C6	×		×		×
C7	×		×		
C8	×		×		

Salidas: Componente 1 – F1 y F2

1. Conjuntos — Dimensiones del modelo Como resultado de este componente se definen los conjuntos fundamentales que actúan como dimensiones del modelo analítico. En particular, se estructuran:

- El conjunto de atributos del perfil de egreso $A_{\text{Integrado}}$, que integra atributos generales y disciplinares.
- El conjunto de competencias del programa C , que operacionaliza dichos atributos en términos de capacidades evaluables.

Estos conjuntos constituyen la base para el mapeo curricular y la construcción del modelo multidimensional.

La Figura 6.1 presenta el conjunto de atributos del programa.

atributo_tipo	id_atr	atributo_descripción
Disciplinar	A1	Automatización industrial
Disciplinar	A2	Diseño mecatrónico
Disciplinar	A3	Integrar conocimientos
Disciplinar	A4	Ciencia de datos e Inteligencia Artificial
Generales	A5	Formulación y gestión de proyectos
Generales	A6	Humanista
Generales	A7	Trabajo en equipo y liderazgo
Generales	A8	Comunicación
Generales	A9	CTI
Generales	A10	Autoformación
Generales	A11	Emprendimiento
Generales	A12	Segunda lengua

Figura 6.1: Conjunto de atributos del programa $A_{\text{Integrado}}$

Por su parte, la Figura 6.2 muestra el conjunto de competencias del programa.

competencia_tipo	id_co	competencia_descripción
Genéricas	C1	Aplicar conocimientos fundamentados en el respeto, el trabajo en equipo y el liderazgo, para asumir la responsabilidad en los ámbitos académicos, sociales y profesionales.
Genéricas	C2	Presentar argumentos críticos y objetivos, manifestando siempre las intenciones del discurso y buscando el consenso general en el equipo de trabajo.
Genéricas	C3	Integrar capacidades en Ciencia, Tecnología e Innovación - CTI que le permitan formar un pensamiento crítico y creativo en un contexto de desarrollo sostenible, comprensión de su entorno y el medio ambiente para mejorar una situación y solucionar un problema existente.
Genéricas	C4	Evaluar ideas de emprendimiento de base tecnológica que permita resolver las necesidades y oportunidades en el área de ingeniería mecatrónica; teniendo en cuenta factores ambientales, de economía circular y sostenibilidad con análisis crítico y ético.
Genéricas	C5	Comprender el lenguaje técnico en una segunda lengua con relación a sistemas mecatrónicos para su implementación en el desarrollo de soluciones técnicas.
Disciplinar	C6	Desarrollar sistemas mecatrónicos que integren conocimientos técnicos-científicos aplicando metodologías de diseño, estrategias de formulación y gestión de proyectos cumpliendo con requerimientos ambientales, funcionales, económicos y de seguridad para la solución de problemas ingenieriles.
Disciplinar	C7	Automatizar procesos industriales con el propósito de mejorar condiciones de operación, calidad y eficiencia cumpliendo con las normativas de producción y seguridad.
Disciplinar	C8	Integrar conceptos de analítica de datos e inteligencia artificial que permita extraer información de valor y tomar decisiones mediante el uso de técnicas de modelamiento y optimización de datos.

Figura 6.2: Conjunto de competencias del programa C

2. Relaciones entre los elementos El modelo define un conjunto de relaciones que permiten articular los distintos componentes del diseño curricular, garantizando coherencia, trazabilidad y capacidad de análisis.

En particular, se establecen las siguientes relaciones:

- **Relación entre atributos y competencias:** $R_A \subseteq A_{\text{Integrado}} \times C$, la cual describe cómo los atributos del perfil de egreso se operacionalizan en competencias del programa (Figura 6.3).
- **Relación entre competencias y dimensiones de la acción humana:** $R_D \subseteq C \times D$, que permite clasificar las competencias en función de las dimensiones formativas institucionales (Figura 6.4).
- **Relaciones de desarrollo formativo:** incluyen la asociación entre competencias y resultados de aprendizaje $R_{RA} \subseteq C \times RA$, así como la clasificación de los resultados de aprendizaje en los tercios formativos $R_{Terc} \subseteq RA \times T$ (Figura 6.5).
- **Relación con referentes internacionales:** se establece la correspondencia entre las competencias del programa y los Student Outcomes (SO) de ABET, lo cual permite alinear el currículo con estándares internacionales de formación (Figura 6.6).

Estas relaciones constituyen la base del modelo de mapeo curricular, permitiendo integrar el perfil de egreso, las competencias, los resultados de aprendizaje y los referentes externos en una estructura coherente y analíticamente explotable.

id_co	Automatización industrial	Diseño mecatrónico	Integrar conocimientos	Ciencia de datos e Inteligencia Artificial	Formulación y gestión de proyectos	Humanista	Trabajo en equipo y liderazgo	Comunicación	CTI	Autoformación	Emprendimiento	Segunda lengua
C1						X	X					
C2							X	X				
C3								X	X			
C4											X	
C5												X
C6		X			X							
C7	X		X									
C8			X	X								

Figura 6.3: Mapeo atributos–competencias $R_A \subseteq A_{\text{Integrado}} \times C$

id_co	Comprende	Obrar	Hacer	Comunicar	Sentir
C1	X				X
C2		X		X	X
C3	X	X		X	X
C4	X		X	X	X
C5	X		X	X	
C6	X		X		X
C7	X		X		
C8	X		X		

Figura 6.4: Mapeo competencias–dimensiones de la acción humana $R_D \subseteq C \times D$

TERCIO	C3	C4	C5
VER	[R_V3] Comprende los desafíos y oportunidades de su entorno a partir de sus necesidades para la búsqueda de soluciones	[R_V4] Identifica ideas de negocio de base tecnológica aplicando principios fundamentales de emprendimiento, teniendo en cuenta factores ambientales, de economía circular y sostenibilidad con análisis crítico y ético.	[R_V5] Entiende vocabulario técnico asociado a el campo de aplicación de la ingeniería mecatrónica
JUZGAR	[R_J3] Analiza alternativas de solución a los desafíos identificados, aplicando pensamiento crítico en procura de un desarrollo sostenible	[R_J4] Reconoce la estructura de un plan de negocios para productos o servicios de base tecnológica	[R_J5] Interpreta la información de componentes y sistemas mecatrónicos a partir de la documentación técnica en segunda lengua
ACTUAR	[R_A3] Crea soluciones innovadoras a problemas existentes utilizando metodos científicos y tecnológicos en un contexto de desarrollo sostenible.		

Figura 6.5: Mapeo competencias–resultados de aprendizaje $R_{RA} \subseteq C \times RA$ y resultados–tercios $R_{Terc} \subseteq RA \times T$

id_co	1. Resolución de problemas	2. Diseño ingenieril	3. Comunicación intercultural	4. Evaluación de impacto global	5. Trabajo colaborativo	6. Experimentación ingenieril	7. Aprendizaje permanente
C1					X		
C2			X		X		
C3	X			X			
C4	X			X			
C5			X				
C6		X					
C7	X						
C8	X					X	X

Figura 6.6: Mapeo competencias del programa y Student Outcomes (SO) de ABET

F2 – Estructura curricular del programa La fuente F2 contiene la información estructural del plan de estudios, incluyendo la organización de los espacios académicos, su distribución por semestre, las áreas de formación, los momentos formativos y sus características operativas.

En esta fuente se definen las dimensiones descriptivas del modelo curricular y se establecen las siguientes relaciones estructurales:

$$R_{Area} \subseteq E \times A \quad (6.7)$$

$$R_{Mom} \subseteq E \times M \quad (6.8)$$

donde E representa el conjunto de espacios académicos, A el conjunto de áreas de formación y M los momentos formativos.

Estas relaciones permiten ubicar cada espacio académico dentro de la estructura curricular, tanto en términos de su área de conocimiento como de su posición en la trayectoria formativa.

En la Figura 6.7 se presenta un fragmento representativo de esta fuente.

semestre	campo_formation	momento	area	prog_oferta	espacio_academico	componente	cred	HH	TD	T	HH	TD	P	HH	Ind	Tra
1	Ciencias Básicas	Ingreso	Matemáticas	Ciencias Básicas	Cálculo Diferencial	Obligatorio	3	6	0	3						
1	Ciencias Básicas	Ingreso	Matemáticas	Ciencias Básicas	Álgebra Lineal	Obligatorio	3	6	0	3						
1	Básicas de Ingeniería	Ingreso	Mecánica básica	Ingeniería Mecatrónica	Introducción a la Ingeniería Mecatrónica	Obligatorio	2	4	0	2						
1	Básicas de Ingeniería	Ingreso	Mecánica básica	Ingeniería Mecatrónica	Dibujo de Piezas	Obligatorio	2	2	2	2						
1	Ciencias Complementarias	Ingreso	Humanidades	Humanidades	Comunicación Oral y Escrita	Obligatorio	2	4	0	2						
1	Ciencias Complementarias	Ingreso	Humanidades	Humanidades	Cátedra Henri Didon	Obligatorio	0	0	4	0						
1	Ciencias Complementarias	Ingreso	Humanidades	Humanidades	Filosofía Institucional	Obligatorio	2	4	0	2						
1	Ciencias Complementarias	Ingreso	Idiomas	ILCE	Idioma Extranjero I	Obligatorio	2	2	2	2						
2	Ciencias Básicas	Formación	Matemáticas	Ciencias Básicas	Cálculo Integral	Obligatorio	3	6	0	3						

Figura 6.7: Ejemplo de la fuente F2: estructura curricular del programa

6.1.2. Componente 2: Sistema de Evaluación

A. Clasificación de las evaluaciones Para el caso del Ingeniería Mecatrónica el sistema de evaluación se detalla a continuación:

Evaluaciones internas:

- **Nivel institucional** : Datos consolidados por el Sistema Académico (SAC), que permiten el análisis longitudinal del desempeño histórico y la progresión por momentos formativos (ingreso, formación y egreso).
- **Nivel de programa** : Evaluación de momentos de aprendizaje: formación y egreso

Evaluaciones externas:

- **Pruebas estandarizadas (Saber Pro)**: Indicadores de competencias genéricas y razonamiento cuantitativo que validan el logro desde una perspectiva nacional estandarizada.
- **Evaluación de prácticas**: Percepción del sector externo (empleadores) sobre el desempeño del estudiante en entornos reales de trabajo.

B. Estructura de registro de las evaluaciones Las fuentes integradas, el instrumento utilizado y la temporalidad de la evidencia capturada para el programa de Ingenierías Mecatrónica se presenta en Tabla 6.2.

Tabla 6.2: Estrategias de evaluación del Programa de Ingeniería Mecatrónica

Tipo	Fuente / Instrumento	Evidencia capturada
Interna institucional	Sistema Académico (SAC) Momentos de Formación	Desempeño académico histórico (últimos cinco años). Desempeño en hitos institucionales (2022-1 a 2023-1).
Externa estandarizada	Saber Pro	Resultados en competencias genéricas — estudiantes de último año.
Externa apreciación	Evaluación de Prácticas	Valoración del empleador sobre competencias del ser y el hacer.

C. Tensor Educativo de Evaluación El mapeo curricular operacionaliza los tres mecanismos de articulación TE1, TE2 y TE3 del Tensor Educativo definidos en el Componente 2, estableciendo los vínculos lógicos concretos del Programa de Ingeniería Mecatrónica.

TE1 — Evaluación externa → Competencias C. La Tabla 6.3 establece la correspondencia entre las competencias del programa y las fuentes de evaluación externa. Estas actúan como **estimadores de validación externa**, permitiendo contrastar el desempeño institucional con referentes estandarizados y con la percepción del entorno profesional.

Tabla 6.3: Mapeo TE1: relación entre competencias y fuentes de evaluación externa

CO	Saber Pro (externa estandarizada)	Encuesta de Prácticas (externa apreciación)
C1	Competencias Ciudadanas	[3] Integración al grupo · [2] Iniciativa · [5] Responsabilidad
C2	Comunicación Escrita	[4] Comunicación de ideas
C3	Lectura Crítica	[6] Disposición para el aprendizaje
C4	—	—
C5	Inglés	—
C6	—	—
C7	Razonamiento Cuantitativo	[1] Resolución de problemas
C8	—	—

TE2 — Resultados de Aprendizaje RA → Competencias C. Las Tablas 6.4–6.6 presentan la cobertura curricular por tercios para las competencias disciplinares (C6, C7, C8), identificando los espacios académicos que contribuyen al desarrollo de cada competencia en cada nivel formativo. Esta categorización consti-

tuye la base para la analítica de *drill-down* en el portal EvalIA: permite identificar qué áreas del conocimiento impactan más en el indicador global de competencia.

Tabla 6.4: Mapeo TE2 — Espacios académicos de la Competencia C6 por tercio de formación

Tercio	Espacios Académicos
Ver	Introducción a la Ingeniería · Dibujo de Piezas/Máquinas · Ciencia de Materiales · Estática · Resistencia de Materiales · Máquinas Eléctricas · Electrónica Analógica
Juzgar	Análisis de Sistemas Dinámicos · Procesos de Manufactura · Electrónica de Potencia · Sistemas de Control I
Actuar	Diseño Mecatrónico · Proyecto de Grado o Pasantía

Tabla 6.5: Mapeo TE2 — Espacios académicos de la Competencia C7 por tercio de formación

Tercio	Espacios Académicos
Juzgar	Programación Orientada a Objetos · Señales · Automatismos · Electrónica Digital · Instrumentación Industrial
Actuar	Automatización Industrial · Sistemas Embebidos · Comunicaciones Industriales

Tabla 6.6: Mapeo TE2 — Espacios académicos de la Competencia C8 por tercio de formación

Tercio	Espacios Académicos
Juzgar	Análisis Numérico · Cátedra Opcional III
Actuar	Inteligencia Artificial

Complementariamente, la Tabla 6.7 presenta el mapeo por *Momentos de Formación* (Ingreso, Formación, Egreso), que permite observar la progresión del aprendizaje y la maduración de cada competencia a lo largo del ciclo de vida académico del estudiante.

La Figura 6.8 presenta la representación del Tensor Educativo $\mathcal{T}_{EA,RA,t}$ para el Programa de Ingeniería Mecatrónica.

Tabla 6.7: Mapeo TE2 — Competencias disciplinares por momentos de formación

CO	Momento	Espacios Académicos
C6	Ingreso	Introducción a la Ingeniería · Dibujo de Piezas
	Formación	Dibujo de Máquinas · Estática · Termofluidos · Dinámica · Circuitos Eléctricos · Resistencia de Materiales · Máquinas Eléctricas · Electrónica Analógica · Sistemas Oleoneumáticos · Diseño de Elementos de Máquina
	Egreso	Análisis de Sistemas Dinámicos · Procesos de Manufactura · Electrónica de Potencia · Control I · Diseño Mecatrónico · Proyecto de Grado
C7	Formación	POO · Señales · Automatismos · Instrumentación Industrial · Electrónica Digital
	Egreso	Automatización Industrial · Sistemas Embebidos · Comunicaciones Industriales · Robótica
C8	Formación	Análisis Numérico
	Egreso	Inteligencia Artificial

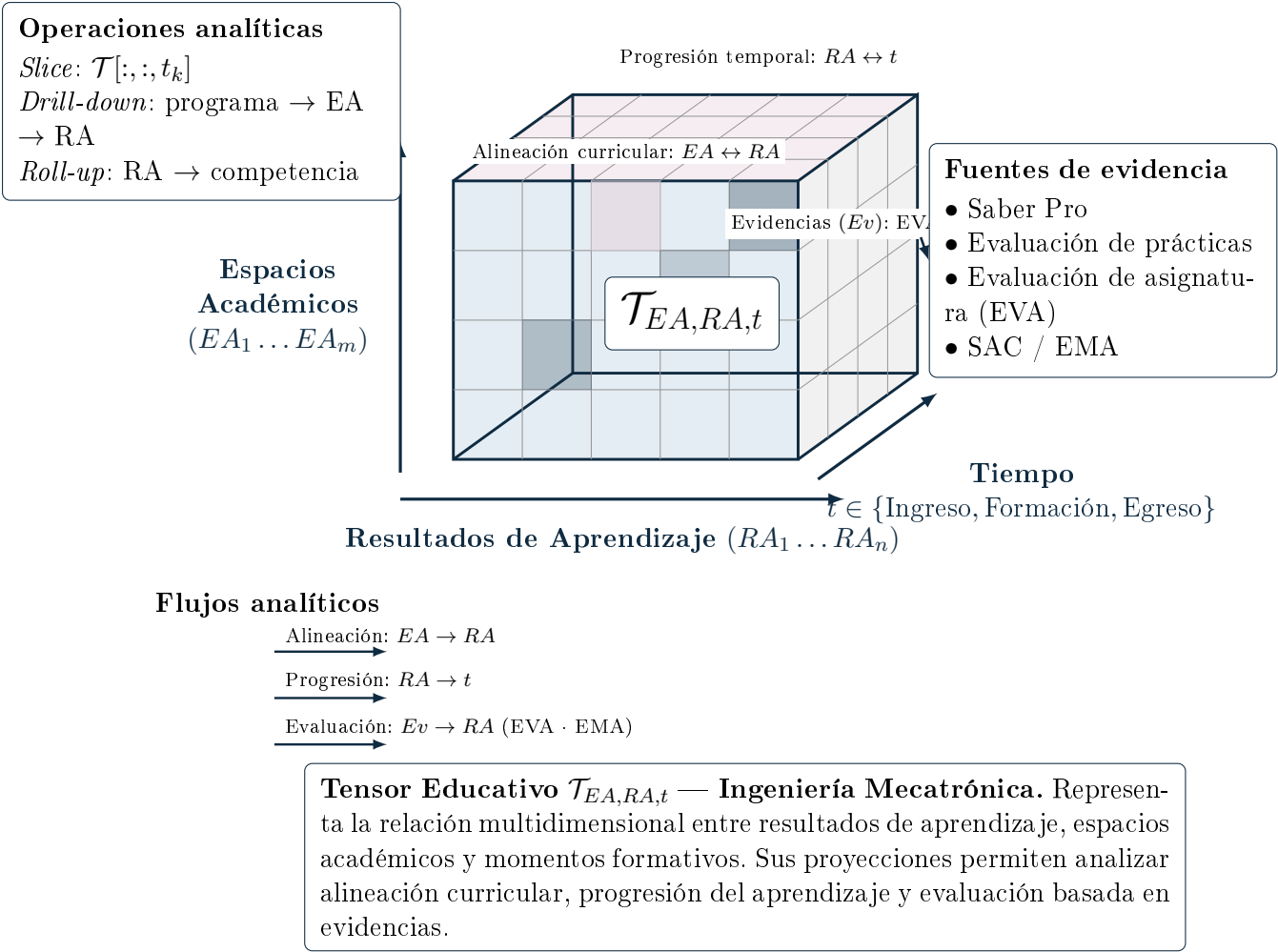


Figura 6.8: Tensor Educativo $\mathcal{T}_{EA,RA,t}$ del Programa de Ingeniería Mecatrónica. La cara frontal modela la alineación estructural EA–RA; la cara superior, la progresión temporal; y la dimensión lateral, la articulación con las fuentes de evidencia EVA y EMA. Elaboración propia.

Estandarización de resultados de Saber PRO . Los resultados de Saber Pro se expresan en escala 0–300 puntos, mientras que el sistema institucional utiliza la escala 1.0–5.0. La normalización se realiza mediante:

$$L_{SP}(C_k) = 1 + 4 \cdot \frac{S_k}{300} \quad (6.9)$$

donde S_k es el puntaje Saber Pro para la competencia C_k . El logro externo integrado se define como:

$$L_{EXT}(C_k) = \lambda \cdot L_{SP}(C_k) + (1 - \lambda) \cdot L_{PR}(C_k) \quad (6.10)$$

donde $L_{PR}(C_k)$ es el logro estimado mediante las evaluaciones de prácticas empresariales y $\lambda \in [0, 1]$ es el peso asignado a la evaluación estandarizada.

Logro a partir de evaluaciones internas (L_{INT}). Consistente con la ecuación de logro por RA definida en el Componente 2 (Ecuación 6.11), el logro interno de la competencia C_k agrega los RA asociados:

$$L_{INT}(C_k) = \sum_{j \in RA(C_k)} w_j \cdot L_{RA_j} \quad \text{con} \quad \sum_j w_j = 1 \quad (6.11)$$

Logro global de competencia ($L(C_k)$). La estimación integral del desarrollo de cada competencia integra las fuentes interna y externa:

$$L(C_k) = \alpha \cdot L_{INT}(C_k) + (1 - \alpha) \cdot L_{EXT}(C_k) \quad \alpha \in [0, 1] \quad (6.12)$$

donde α representa el peso relativo de las evaluaciones internas. Este modelo de agregación garantiza una estimación robusta del desarrollo de competencias al integrar múltiples fuentes de evidencia dentro de una misma métrica de desempeño.

D. Escala de desempeño. En la fase de desarrollo, la interpretación del logro se realiza directamente sobre la escala institucional de calificación (1.0–5.0), eliminando la necesidad de transformaciones adicionales. Para ello, se integra la escala lingüística definida en la fase de diseño con rangos equivalentes en la escala institucional.

Tabla 6.8: Escala integrada de logro y activación de alertas — SIA ACABI

Nivel lingüístico	Rango (escala 1.0–5.0)	Semáforo	Acción en portal EvalIA
Nulo / Crítico	[1,0, 1,4)	● Rojo	Verificación de evidencias y activación de alerta crítica
Bajo	[1,4, 3,0)	● Naranja	Intervención académica y notificación a responsables
Moderado	[3,0, 3,8)	● Amarillo	Seguimiento de progreso en el siguiente periodo evaluativo
Significativo	[3,8, 5,0]	● Verde	Logro alcanzado y consolidación de resultados

6.1.3. Componente 3. Sistema de Alertas Académicas

A partir del modelo conceptual definido en la fase de diseño, se desarrolla el Sistema de Alertas Académicas mediante la operacionalización de las variables que representan las dimensiones de desempeño y trayectoria académica, la construcción del índice de riesgo y la definición de reglas de clasificación orientadas al seguimiento estudiantil.

1. Operacionalización de las variables La dimensión de desempeño académico se representa mediante dos indicadores principales:

- **Promedio Académico (PA):** refleja el rendimiento acumulado del estudiante en una escala de 1.0 a 5.0.
- **Tasa de Aprobación (TA):** corresponde a la proporción de asignaturas aprobadas respecto al total de asignaturas cursadas durante el periodo académico.

Como variable complementaria de la dimensión de trayectoria académica se incorpora la **brecha académica**, la cual permite identificar el nivel de progresión del estudiante respecto al avance esperado dentro del plan de estudios y constituye un criterio adicional para caracterizar su estado académico.

2. Construcción del índice de riesgo Con el fin de integrar los indicadores de desempeño en una única medida cuantitativa, se define el índice de riesgo académico como:

$$R = w_1(1 - PA_n) + w_2(1 - TA) \quad (6.13)$$

donde:

- PA_n corresponde al promedio académico normalizado, calculado mediante:

$$PA_n = \frac{PA - 1}{4} \quad (6.14)$$

- w_1 y w_2 representan los pesos asociados a cada dimensión de desempeño, cumpliendo:

$$w_1 + w_2 = 1.$$

En la implementación del modelo se asignó igual ponderación a ambas variables ($w_1 = w_2 = 0,5$), considerando que el promedio académico y la tasa de aprobación representan dimensiones complementarias del desempeño estudiantil. El índice obtenido toma valores en el intervalo $[0, 1]$, donde valores cercanos a uno indican una mayor probabilidad de presentar dificultades académicas.

3. Caracterización del estado académico Además del índice de riesgo, el sistema incorpora la brecha académica para caracterizar el estado del estudiante al cierre de cada periodo académico. Esta clasificación permite diferenciar estudiantes con trayectorias académicas similares, pero con distintos niveles de progresión dentro del plan de estudios.

Tabla 6.9: Caracterización del estado académico al cierre del periodo

Promedio Académico	Brecha negativa	Brecha nula o positiva
$PA > 3,8$	Activo estable	Activo estable
$3,4 < PA \leq 3,8$	Activo estable	Activo rezago
$3,0 \leq PA \leq 3,4$	Activo umbral	Activo crítico
$PA < 3,0$	Inactivo	Inactivo crítico

4. Clasificación del nivel de riesgo El índice calculado mediante la Ecuación 6.13 se transforma posteriormente en una clasificación operativa que facilita la interpretación de los resultados dentro del sistema EVALIA.

Tabla 6.10: Clasificación del nivel de riesgo académico

Nivel	Intervalo	Semáforo	Acción recomendada
R0	$R < 0,30$	Verde	Seguimiento estándar
R1	$0,30 \leq R < 0,60$	Amarillo	Alerta preventiva y monitoreo
R2	$R \geq 0,60$	Rojo	Intervención académica inmediata

5. Reglas de decisión Finalmente, el sistema incorpora reglas de decisión orientadas a fortalecer el proceso de generación de alertas académicas. Estas reglas complementan el índice de riesgo cuando se presentan condiciones críticas de desempeño, permitiendo priorizar los casos que requieren intervención inmediata.

- Si $PA < 3,0$, el estudiante se clasifica automáticamente como riesgo alto ($R2$).
- Si $TA < 0,50$, el estudiante se clasifica al menos como riesgo medio ($R1$).

La combinación del índice de riesgo, la caracterización del estado académico y las reglas de decisión conforman el Sistema de Alertas Académicas implementado en el modelo ACABI, el cual constituye la base para los tableros de seguimiento y las estrategias de acompañamiento desarrolladas en la plataforma EVALIA. ““

6.1.4. Componente 3. Sistema de Alertas — Desarrollo del Modelo

A partir del modelo conceptual definido en la fase de diseño, se implementa el sistema de alertas académicas mediante la instanciación de variables, funciones de riesgo y criterios de clasificación, adaptados al contexto del programa académico.

1. Variables del modelo de riesgo El análisis de correlación entre variables académicas permitió identificar como variables principales:

- **Promedio Acumulado (PA):** indicador del rendimiento global del estudiante (escala 1.0–5.0).
- **Tasa de Aprobación (TA):** proporción de asignaturas aprobadas (intervalo $[0, 1]$).

Adicionalmente, se incorpora la **brecha académica** como variable de control para analizar la progresión del estudiante.

2. Formalización del índice de riesgo El índice de riesgo académico se define como:

$$R = w_1 \cdot (1 - PA_n) + w_2 \cdot (1 - TA) \quad (6.15)$$

donde:

- $PA_n = \frac{PA-1,0}{4,0}$
- $w_1 + w_2 = 1$

El índice $R \in [0, 1]$ representa el nivel de riesgo, donde valores altos indican mayor probabilidad de afectación académica.

3. Puntos de control del sistema Se define el cierre de semestre como punto principal de control, complementado por cortes evaluativos intermedios.

Tabla 6.11: Clasificación del estado académico en el cierre de semestre

PA	Brecha negativa	Brecha nula o positiva
$PA > 3.8$	Activo estable	Activo estable
$3.4 < PA \leq 3.8$	Activo estable	Activo rezago
$3.0 \leq PA \leq 3.4$	Activo umbral	Activo crítico
$PA < 3.0$	Inactivo	Inactivo crítico

4. Clasificación del riesgo A partir del índice R , se define la clasificación operativa:

Adicionalmente, se definen reglas de decisión:

- $PA < 3,0 \Rightarrow R2$
- $TA < 0,5 \Rightarrow R1$

Tabla 6.12: Clasificación del riesgo académico — Desarrollo

Nivel	Rango de R	Semáforo	Acción en EvalIA
R0	$R < 0,30$	●	Seguimiento estándar
R1	$0,30 \leq R < 0,60$	●	Alerta preventiva y monitoreo
R2	$R \geq 0,60$	●	Intervención académica inmediata

6.2. Capa 2 — BI: Implementación

La Arquitectura tecnológica se desarrolló en cuatro capas secuenciales: la Capa de Fuentes (F1–F3), la Capa ETL, la Capa de Modelado Dimensional; y la Capa Analítica.

6.2.1. Zona — Fuentes de datos

A. Zona de aterrizaje

Conforme al diseño definido, los datos de las tres fuentes se almacenaron en su estado original en la zona de aterrizaje antes de cualquier transformación. La Tabla 6.13 presenta la organización implementada, diferenciando entre fuentes estructurales (planeación curricular) y operacionales (evaluación del aprendizaje).

Tabla 6.13: Arquitectura de la Capa de Fuentes y Zona de Aterrizaje — SIA ACABI

ID	Tipo	Evidencia	Descripción	Staging
F1	Estructural	Matriz de trazabilidad	Mapeo entre atributos, competencias y RA, alineado con WA–ABET y CNA. Contiene las nueve relaciones curriculares del Componente 1.	Matriz de alineación
F2	Estructural	Plan de estudios	Organización de espacios académicos, créditos, áreas, momentos de formación y prerrequisitos del programa.	Plan de estudios
F3	Operacional	Evidencias de evaluación	Resultados de evaluaciones internas (SAC, EPI) y externas (Saber Pro), asociados al logro de CO. Período: 2019-1 a 2024-2.	Evaluación

B. Staging area

La Figura 6.9 muestra la estructura de los datos en la zona de aterrizaje, antes de cualquier transformación. Se observa la heterogeneidad de formatos entre fuentes: F1

en formato matricial ancho (competencias $\times$ RA), F2 en formato tabular relacional y F3 en formato de registros por estudiante–corte–asignatura.

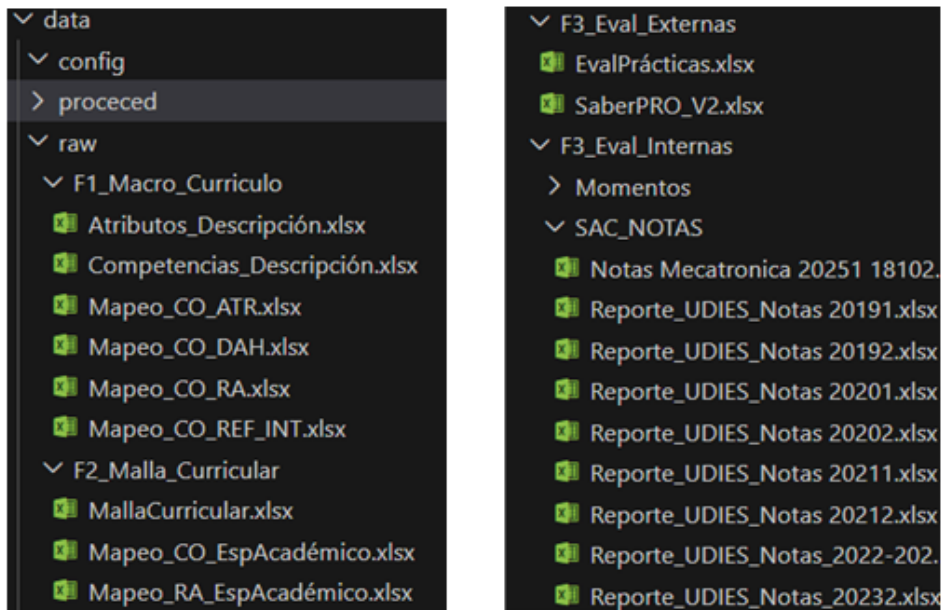


Figura 6.9: Zona de aterrizaje (*staging area*) — datos en estado crudo de las fuentes F1, F2 y F3 previo al proceso ETL. Elaboración propia.

Esta heterogeneidad confirma la necesidad de las transformaciones de despivotado y normalización diseñadas en la Capa 2, dado que los formatos de origen son incompatibles con el esquema estrella del modelo dimensional.

6.2.2. Zona — Extracción, Transformación y Carga (ETL)

Para cada una de las fuentes de datos se establecieron script en python para orquestar el proceso de ETL, como se presenta en la Figura 6.10.

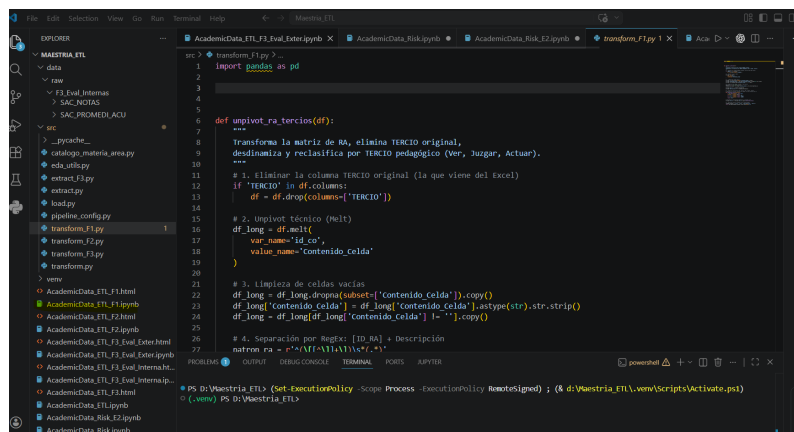


Figura 6.10: Archivos de ETL

Implementación en Python

El proceso ETL se implementó en Python siguiendo la arquitectura modular diseñada: scripts independientes por fuente de datos, orquestados desde notebooks principales. La Figura 6.11 muestra la estructura de scripts implementada, y la Figura 6.12 presenta los notebooks de orquestación que controlan el flujo de ejecución.

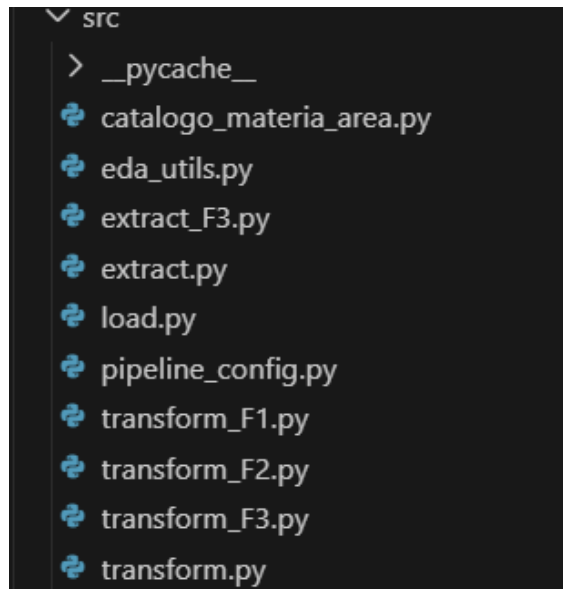


Figura 6.11: Estructura modular de scripts ETL por fuente de datos — implementación en Python. Elaboración propia.

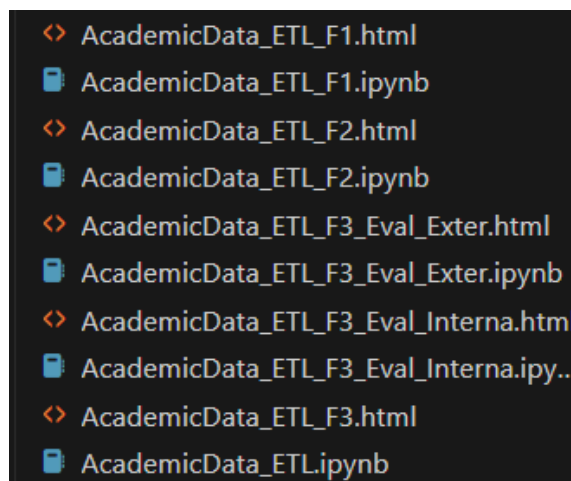


Figura 6.12: Notebooks principales de orquestación y ejecución del proceso ETL por fuente. Elaboración propia.

Operaciones ETL por fuente

La Tabla 6.14 detalla las operaciones implementadas para cada fuente: extracción, transformaciones aplicadas, carga al modelo dimensional y particularidades técnicas de cada proceso.

Tabla 6.14: Operaciones ETL implementadas por fuente de datos

Fuente	Extracción	Transformación	Carga	Particularidades
F1	Lectura masiva de archivos Excel desde repositorio estructurado; organización en diccionario de DataFrames por hoja.	Normalización de variables; despivotado (<i>pd.melt</i>); conversión de matrices a formato largo; homologación de relaciones curriculares.	Tablas normalizadas: <code>dim_atr</code> , <code>dim_co</code> , <code>dim_RA</code> .	Transformación de matrices curriculares; énfasis en trazabilidad.
F2	Lectura del plan de estudios; carga en estructuras tabulares por entidad académica.	Limpieza y estandarización; tipificación de datos; estructuración de relaciones (prerrequisitos, áreas, créditos).	Tablas: <code>dim_malla</code> , <code>dim_area</code> , <code>dim_periodo</code> .	Énfasis en jerarquías académicas y estructura curricular relacional.
F3 Ex-terna	Lectura de archivos Saber Pro; consolidación de múltiples períodos 2019–2023.	Homologación de competencias genéricas; normalización de puntajes ($L_{SP} = 1 + 4 \cdot S_k/300$); integración de variables sociodemográficas.	Tabla: <code>fact_evaluacion_externa</code> .	Datos longitudinales; comparabilidad nacional; análisis de brechas.
F3 In-terna	Lectura de datos SAC; integración de múltiples períodos y cursos 2019-1 a 2024-2.	Limpieza de notas; estandarización escala 1.0–5.0; cálculo de métricas (promedios, aprobación); asociación con RA, tercios y momentos usando mapeo F1.	Tablas: <code>fact_desempeno</code> , <code>fact_logro_RA</code> .	Alta granularidad (estudiante–curso–corte); base para alertas tempranas.

Resultados del ETL — Fuente F3 Interna (SAC)

El procesamiento de la evaluación interna (SAC) consolidó datos del Programa de Ingeniería Mecatrónica entre 2019-1 y 2024-2, generando un conjunto unificado de más de 12 000 registros académicos.

Durante la transformación se aplicaron las siguientes reglas: eliminación de variables con proporción de datos ausentes superior al umbral definido; imputación de valores constantes en variables de evaluación y asistencia según reglas de negocio del Reglamento Académico; estructuración de variables clave (calificaciones parcia-

les, definitiva, promedio acumulado, créditos y niveles académicos); e incorporación de variables derivadas de niveles de desempeño a partir de los cortes evaluativos, enriqueciendo el conjunto para su análisis en el marco EBR.

6.2.3. Modelado Dimensional

El modelado de los datos transformados se implementó en Power BI mediante el esquema estrella diseñado.

Subsistema 1 — Curricular

Las Figuras 6.13, 6.14 y 6.15 presentan los modelos dimensionales desarrollados para el Sistema de Indicadores Curriculares (SICU). En conjunto, estos modelos conforman la base analítica para el estudio del currículo desde tres perspectivas complementarias: la **identidad curricular**, orientada al análisis del perfil de egreso y sus relaciones con atributos, competencias y referentes externos; la **coherencia curricular**, enfocada en la trazabilidad entre atributos, competencias, resultados de aprendizaje y espacios académicos; y la **estructura curricular**, encargada de representar la organización del plan de estudios mediante áreas de formación, componentes curriculares, créditos, semestres y espacios académicos.

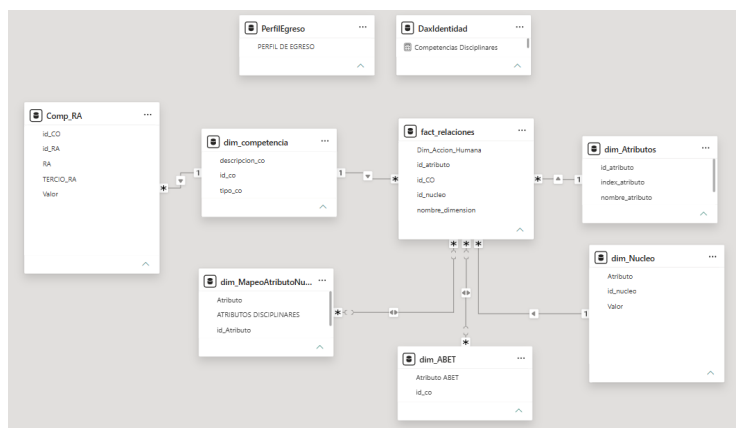


Figura 6.13: Modelo dimensional estrella — Identidad del Currículo

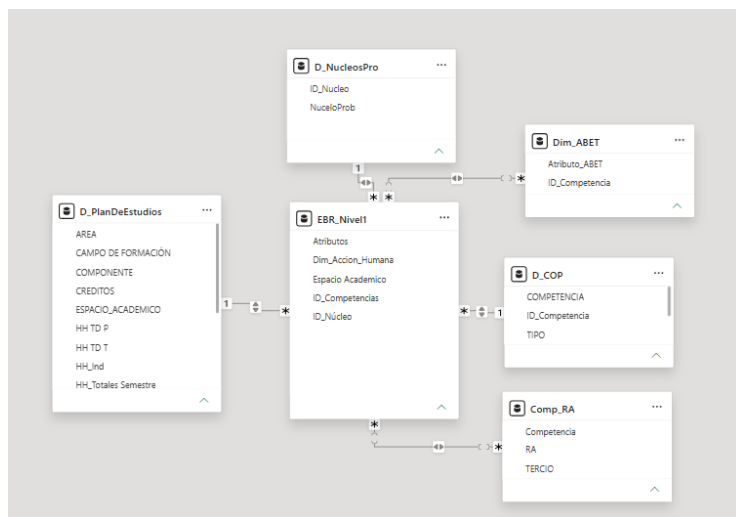


Figura 6.14: Modelo dimensional estrella — Coherencia del Currículo

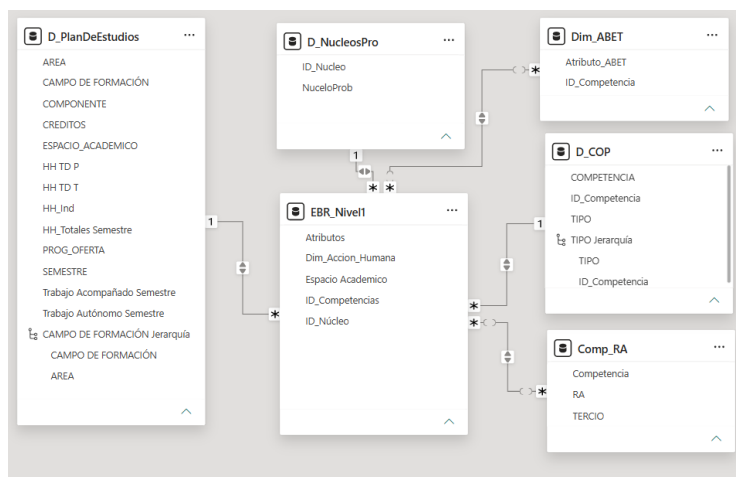


Figura 6.15: Modelo dimensional estrella — De la Estructura del Currículo

Subsistema 2 — Modelo de desempeño y logro (F3)

Evaluación Externa- Saber PRO El modelo se estructura alrededor de la tabla de hechos CompetenciasCompleto, la cual consolida los puntajes obtenidos por competencia, el promedio del programa, el promedio del grupo de referencia (NBC) y la brecha de desempeño. Esta información se integra con dimensiones de tiempo, competencias y tablas auxiliares que contienen los niveles de desempeño, afirmaciones evaluadas y análisis cualitativos, permitiendo realizar análisis longitudinales, comparativos y de trazabilidad que soportan la evaluación del desempeño académico y la toma de decisiones basada en evidencia, ver Figura 6.16.

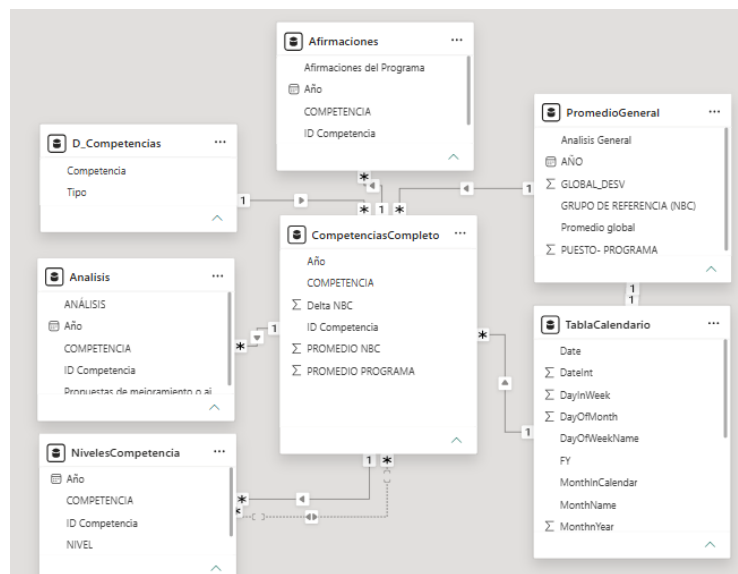


Figura 6.16: Modelo dimensional estrella:Evaluación Externa- Saber PRO

6.3. Capa 3. Visualización

Para materializar la capa de presentación del modelo ACABI se desarrolló una plataforma web de gestión curricular y seguimiento institucional mediante la estrategia de Vibe Coding en Lovable. El sitio integra múltiples dashboards interactivos e indicadores de desempeño que facilitan el monitoreo de los procesos académicos y administrativos de la institución.

El acceso a la aplicación web se realiza a través del enlace: <https://evalia-tesis-deisy.lovable.app>.

La barra lateral de EvalIA contiene seis secciones principales, ver 6.17 organizadas en un solo grupo:

- **Currículo:** Módulo orientado al análisis de la ingeniería curricular, conformado por:
 - **Identidad Curricular:** Visualiza el perfil de egreso, atributos, competencias, núcleos problemáticos y su alineación con referentes institucionales y externos.
 - **Coherencia Curricular:** Analiza la trazabilidad entre atributos, competencias, resultados de aprendizaje y espacios académicos, permitiendo evaluar la consistencia del diseño curricular.
 - **Estructura Curricular:** Presenta la organización del plan de estudios mediante créditos, áreas de formación, componentes curriculares, flexibilidad, competencias y distribución por tercios formativos.
- **Sistema de Evaluación:** Permite analizar las estrategias de evaluación internas y externas, su cobertura y la trazabilidad entre competencias, resultados de aprendizaje y evidencias de evaluación.

- **Logro:** Módulo destinado al seguimiento del desempeño estudiantil y al análisis del cumplimiento de los resultados de aprendizaje y competencias del programa.
- **Riesgos:** Proporciona mecanismos de monitoreo mediante indicadores y alertas tempranas para identificar estudiantes o cohortes con riesgo académico.
- **Acreditación:** Consolida los indicadores e informes requeridos para los procesos de autoevaluación, mejoramiento continuo y acreditación del programa, alineados con los lineamientos institucionales y del Consejo Nacional de Acreditación (CNA).

Cada ítem muestra un icono de Lucide y resalta la ruta activa. La barra es colapsable: al reducirse solo quedan visibles los iconos, y al expandirse se muestran los títulos completos.

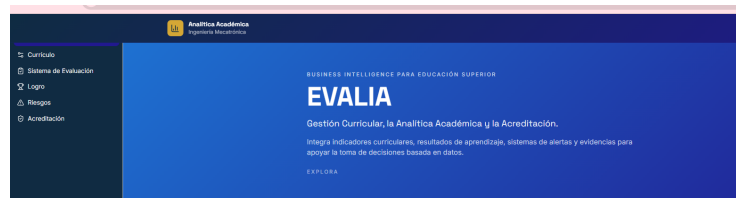


Figura 6.17: Página de Visualización Evalia

6.3.1. Currículo

La primer visualización del Currículo es la Sección de Identidad como se presenta en la figura 6.18

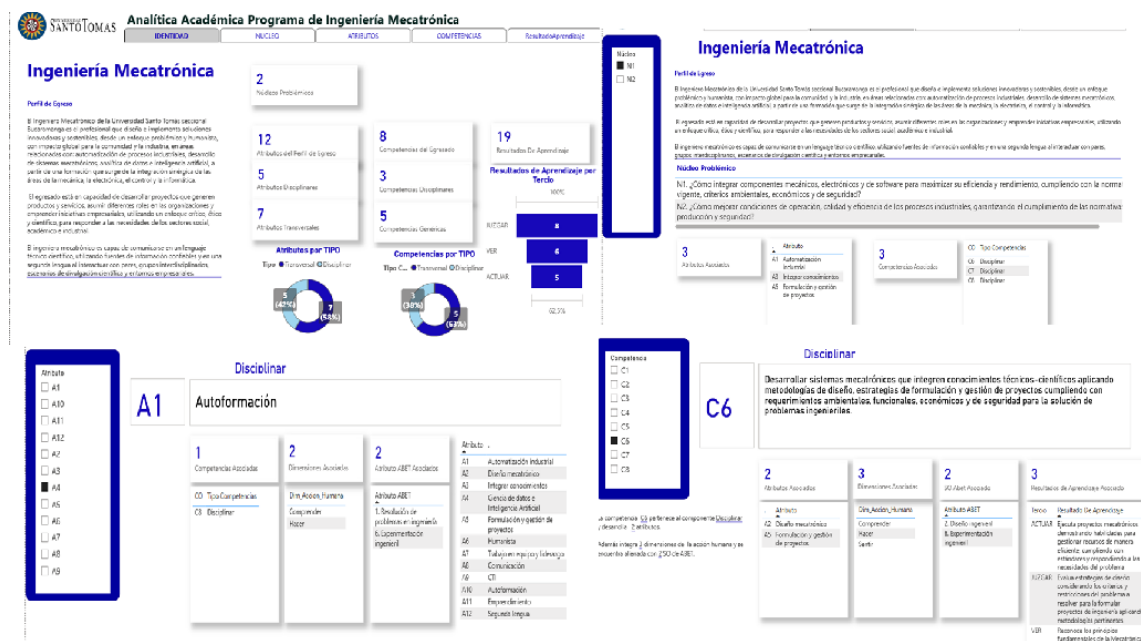


Figura 6.18: SICU: Indicadores de Identidad

La segunda visualización del Currículo es la Sección de Coherencia como se presenta en la figura 6.19 y 6.20

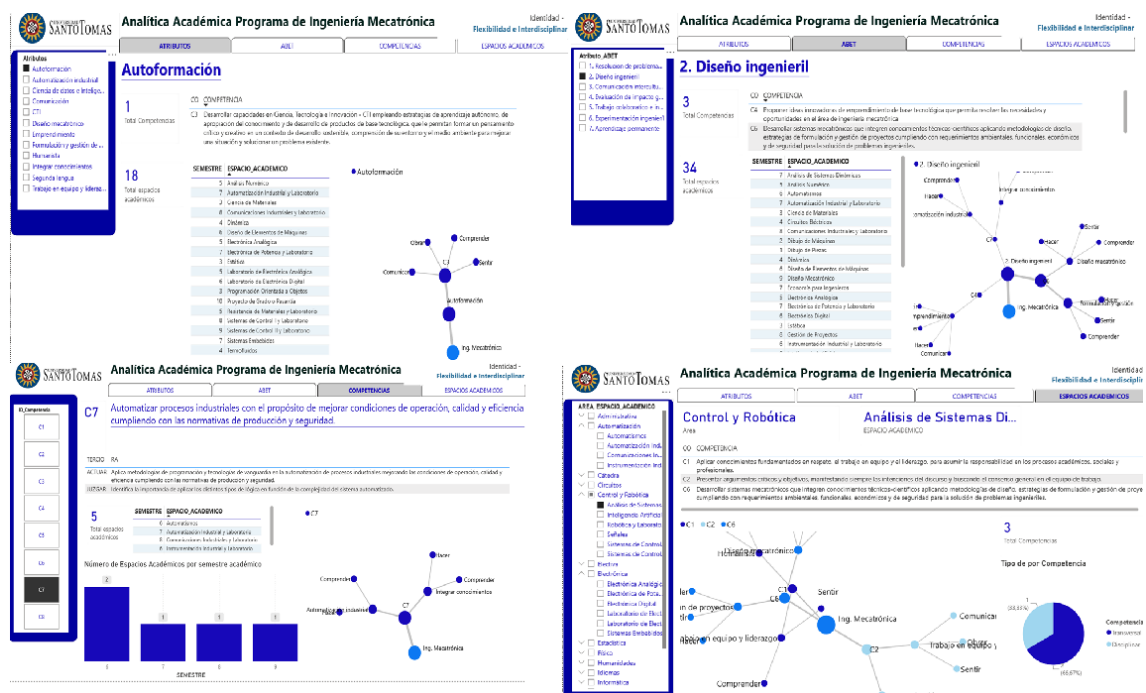


Figura 6.19: SICU: Indicadores de Coherencia

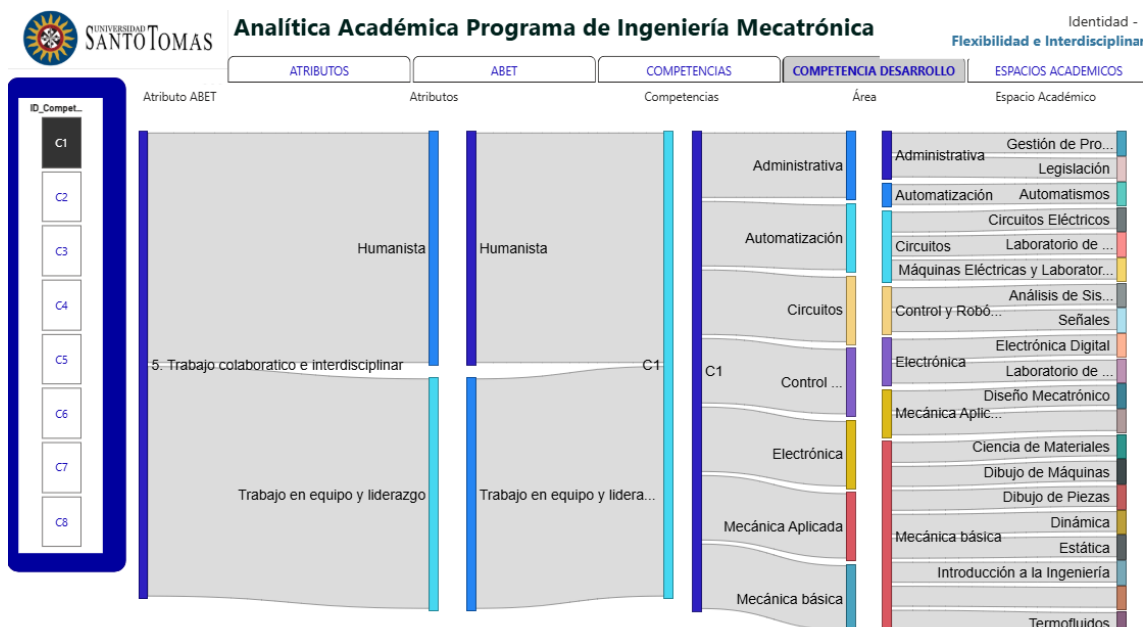


Figura 6.20: SICU: Indicadores de Coherencia- Desarrollo de Competencias

La última visualización del currículo es la estructura curricular 6.21

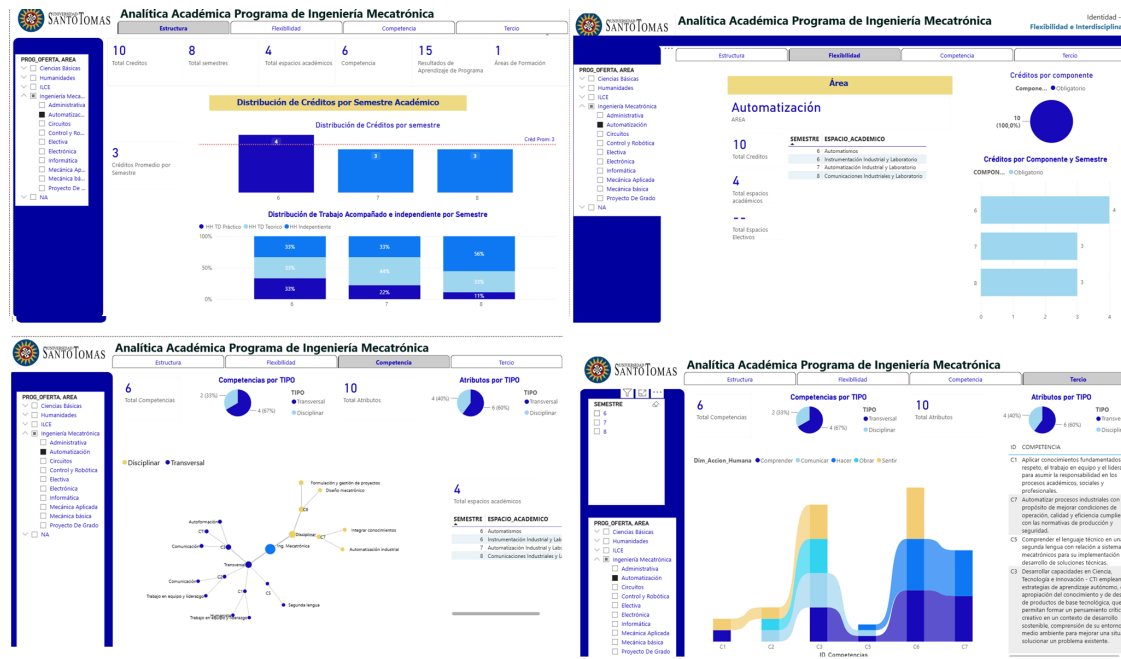


Figura 6.21: SICU: Indicadores de Estructura

6.3.2. Acreditación

Con el propósito de facilitar el soporte a los procesos de aseguramiento de la calidad y acreditación, el modelo incorpora una ruta de navegación organizada de acuerdo con la estructura definida por los lineamientos del Consejo Nacional de Acreditación (CNA). De esta manera, los evaluadores y responsables académicos pueden consultar de forma estructurada por factores y características. La Figura 6.22 presenta la interfaz del portal web diseñada para la navegación del componente de acreditación.



Figura 6.22: Vista Acreditación

6.3.3. Sistema de Evaluación

La estructura del Sistema de Evaluación del Programa de Ingeniería Mecatrónica está conformado por cinco estrategias de evaluación: dos de carácter externo, correspondientes a las pruebas Saber Pro y la Encuesta de Prácticas Empresariales, y tres de carácter interno, integradas por el Sistema Académico, la evaluación por Momento de Formación y el Proyecto Integrador. En la figura se presenta los momentos del programa donde se aplican ver Figura 6.23

Mapecto: Cada estrategia de evaluación se desagrega en sus respectivos elementos, los cuales se relacionan con las competencias del programa mediante una matriz de trazabilidad. Esta representación permite identificar qué estrategias aportan evidencia al desarrollo de cada competencia, facilitando el análisis de cobertura del sistema de evaluación, ver Figura 6.24.

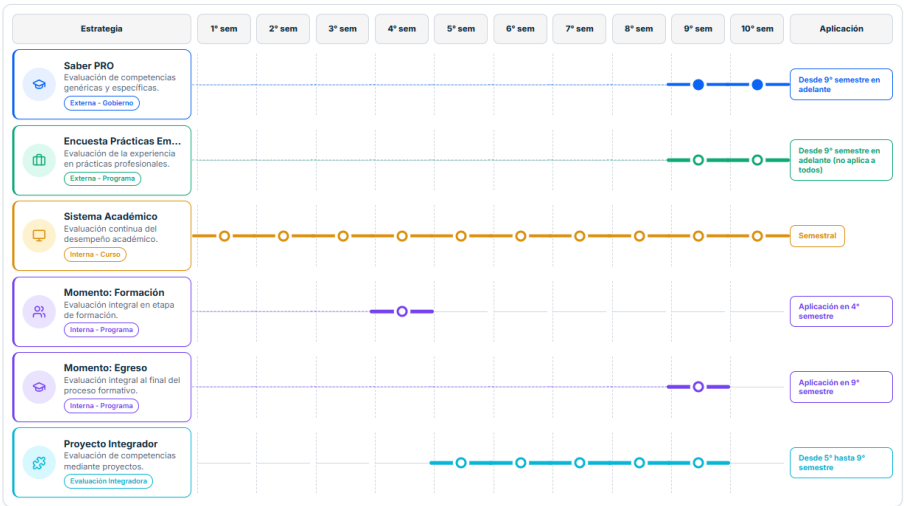


Figura 6.23: Estructura del Sistema de Evaluación

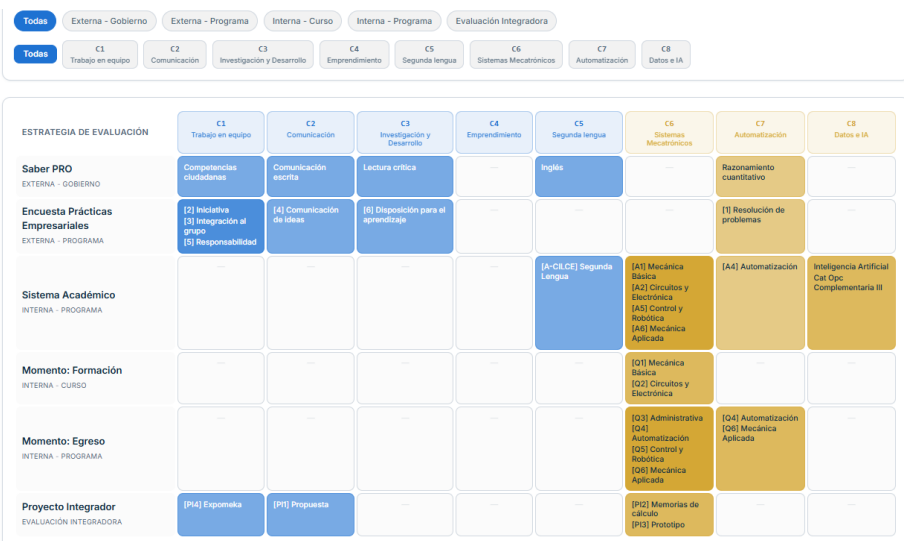


Figura 6.24: Mapeo Estrategias de Evaluación y Competencias del Programa

Logros

En primer lugar se presenta los resultados del desempeño académico y la evaluación de las competencias, a través de esta estrategia se evalúan las competencias disciplinarias C6, C7 y C8, como se presenta en la figura 6.25. Este tablero permite consultar el promedio académico por área o por espacio académico. Así como el desempeños de cada competencia.

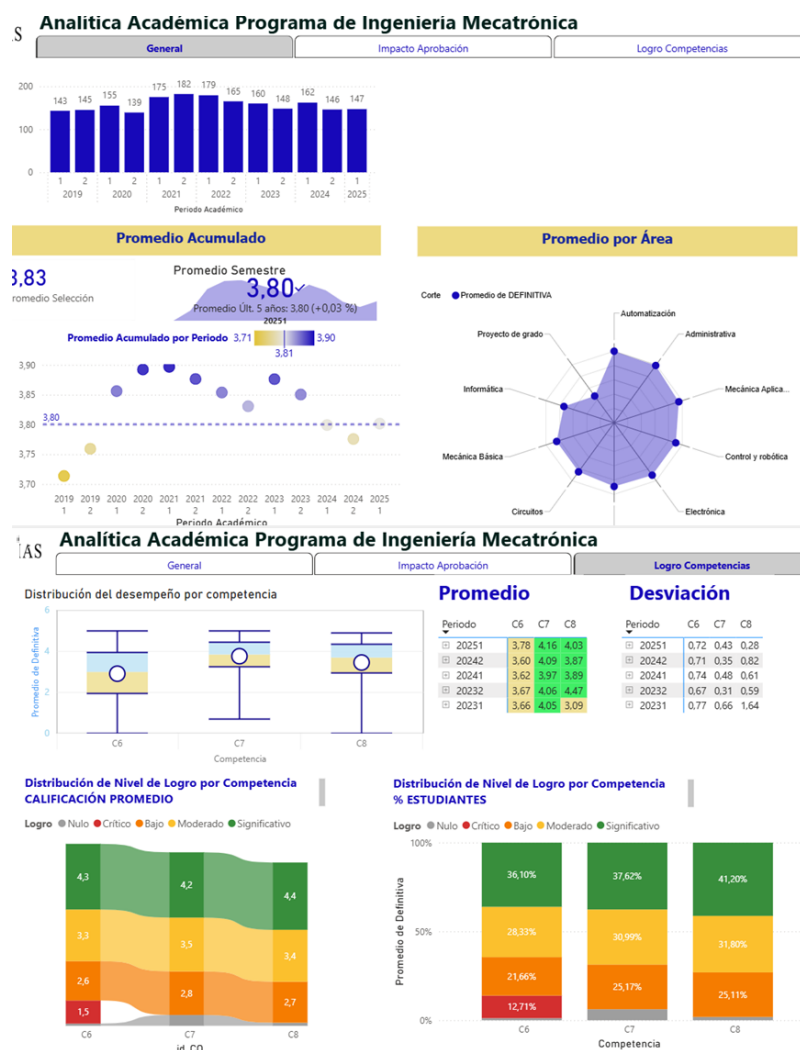


Figura 6.25: Evaluación Competencias por Evaluaciones Internas

Respecto a las estrategias de evaluación externa se tiene un tablero para las pruebas estandarizadas saber PRO y otro para las prácticas empresariales.

Como primer componente se incorpora el tablero correspondiente a las pruebas *Saber Pro* ver Figura 6.26, el cual implementa el sistema de indicadores definido en la Tabla 5.9 y proporciona una visión del desempeño global del programa y de las competencias genéricas evaluadas.

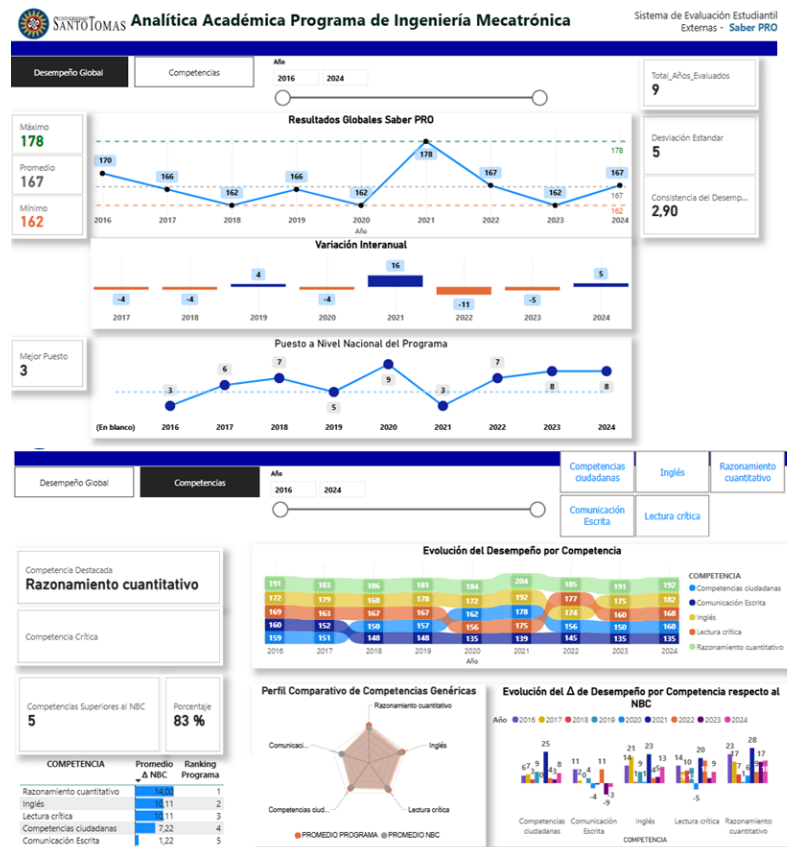


Figura 6.26: Tablero - Saber PRO

Para la evaluación de competencias por evaluación de prácticas empresariales se presenta el tablero que oresenta los resultados del logro de Competencias Disciplinares C1, C2 y C3, así como una disciplinar que es la C7, como se presenta en la 6.27.

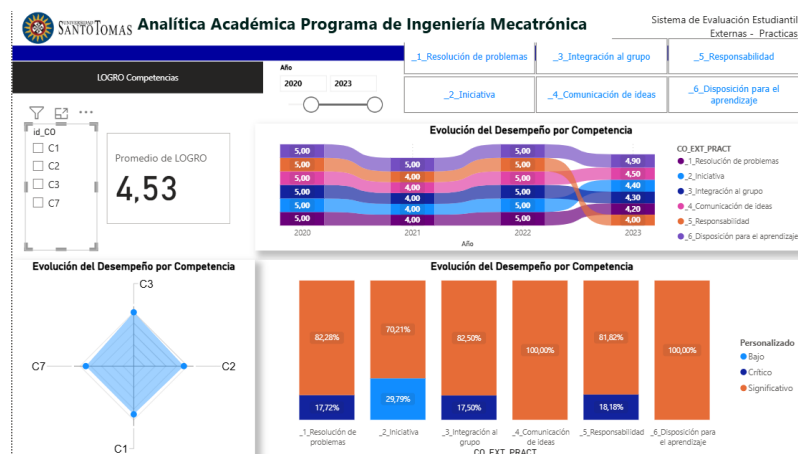


Figura 6.27: Tablero - Prácticas

6.3.4. Riesgos

El Sistema de Alertas Académicas se materializa mediante un conjunto de tableros organizados en dos perspectivas complementarias: *Desempeño Académico* y *Trayectoria* (Figura 6.28). Esta organización permite analizar el riesgo académico desde diferentes niveles de agregación, iniciando con una caracterización general de la población estudiantil y profundizando posteriormente en el comportamiento de la trayectoria académica y el seguimiento individual de cada estudiante.

La pestaña **Desempeño Académico** presenta la distribución de los estudiantes según los niveles de riesgo (*R0*, *R1* y *R2*), relacionando dicha clasificación con variables como el promedio académico (PA), la tasa de aprobación (TA) y el momento de formación.

Por su parte, la pestaña **Trayectoria** incorpora una perspectiva longitudinal mediante el análisis de la evolución de la brecha académica y del desempeño del programa a lo largo de los diferentes periodos académicos. Adicionalmente, incluye una matriz tipo *heatmap* que representa la distribución de la brecha por nivel de formación y periodo, facilitando la identificación de los momentos del plan de estudios donde se concentra el mayor rezago académico.

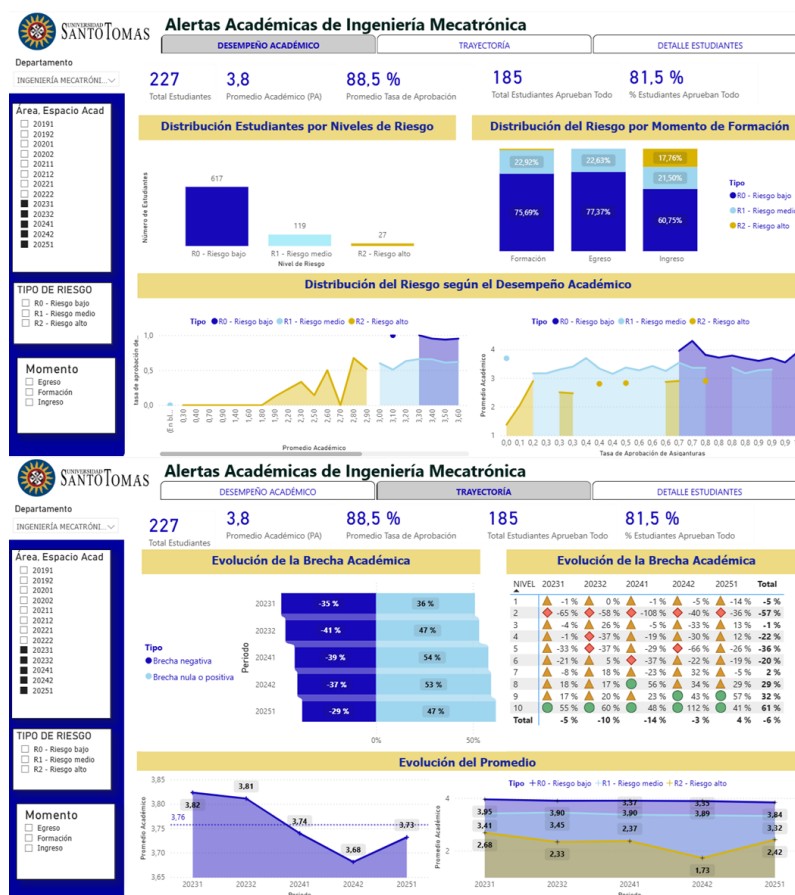


Figura 6.28: Tablero - Riesgos

Capítulo 7

Resultados y Validación

Este capítulo presenta los resultados obtenidos en el desarrollo de la presente investigación, organizados en función de los objetivos específicos planteados en el Capítulo 1. Para cada objetivo se describen los productos generados, la evidencia asociada y su relación con los componentes desarrollados en los capítulos de Diseño y Desarrollo del Sistema ACABI. El capítulo cierra con la validación técnica y funcional de la solución (Objetivo específico 4) y con una discusión integradora de los hallazgos frente a la pregunta de investigación.

7.1. Resultados del Objetivo Específico 1: Identificación de fuentes, variables e indicadores

En correspondencia con el primer objetivo específico, se identificaron y caracterizaron las fuentes de información institucionales requeridas para el seguimiento de los Resultados de Aprendizaje, las evidencias de evaluación y el riesgo de deserción en el programa de Ingeniería Mecatrónica.

Como resultado de esta fase se obtuvo:

- La caracterización de tres fuentes de información —Sistema Académico Institucional (SAC), pruebas Saber Pro y evaluaciones de práctica profesional— con su respectiva periodicidad y ventana temporal (Tabla 3.1, Capítulo Marco Metodológico).
- La definición de un sistema de indicadores estructurado en tres dimensiones analíticas: **currículo**, **logro** y **riesgo**, descrito en detalle en la Sección 5.2.4 del capítulo de Diseño. La dimensión curricular se desagrega, a su vez, en los enfoques de identidad, coherencia y estructura.
- La identificación de las variables críticas del componente de riesgo académico: el Promedio Académico (PA), la Tasa de Aprobación (TA) y la brecha académica, utilizadas posteriormente para la construcción del índice de riesgo (Ecuación 6.13).

Este resultado constituye la base semántica sobre la cual se estructuró la arquitectura de datos multidimensional descrita en la sección siguiente.

7.2. Resultados del Objetivo Específico 2: Arquitectura de datos multidimensional

En relación con el segundo objetivo específico, se diseñó e implementó una arquitectura de datos en esquema estrella soportada en procesos ETL desarrollados en Python, lo que permitió integrar la información académica proveniente de las tres fuentes identificadas (F1, F2 y F3).

Los principales resultados obtenidos en este componente son:

- La construcción de una zona de aterrizaje y un *staging area* que preservan los datos en su formato original antes de cualquier transformación (Tabla 6.13, capítulo de Diseño).
- La implementación de procesos ETL diferenciados por fuente: despivotado y homologación de relaciones curriculares para F1; estructuración de jerarquías académicas para F2; y normalización de puntajes y consolidación multianual (2019–2023) para F3 externa e interna (Tabla 6.14).
- La construcción de un modelo dimensional compuesto por dos subsistemas: un subsistema curricular (tablas `dim_atr`, `dim_co`, `dim_RA`, `dim_malla`, `dim_area`, `dim_periodo`) y un subsistema de desempeño y logro (tablas `fact_evaluacion_externa`, `fact_desempeno`, `fact_logro_RA`).

La trazabilidad entre las fases de la metodología CRISP-DM aplicadas en este componente (Comprensión y Preparación de los Datos, Modelado) y la evidencia generada se presenta de manera consolidada en la Tabla 3.2 del Marco Metodológico.

7.3. Resultados del Objetivo Específico 3: Componentes analíticos y de visualización

Para dar cumplimiento al tercer objetivo específico, se implementó el portal web **EvalIA** como capa de presentación del modelo ACABI, disponible en <https://evalia-tesis-deisy.lovable.app>. El portal organiza el acceso a los componentes analíticos en los módulos de Currículo, Sistema de Evaluación, Logro, Riesgos y Acreditación (Figura 6.17).

Se desarrollaron siete (7) tableros de visualización en Power BI, integrados a la plataforma web, distribuidos de la siguiente manera:

- **Módulo Currículo:** tableros de Identidad Curricular, Coherencia Curricular y Estructura Curricular (Figuras 6.18, 6.19 y 6.21).
- **Módulo Sistema de Evaluación / Logro:** tablero de desempeño por evaluación interna —competencias C6, C7 y C8— (Figura 6.25), tablero de pruebas Saber Pro (Figura 6.26) y tablero de evaluación de prácticas empresariales —competencias C1, C2, C3 y C7— (Figura 6.27).

7.4. RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 4: VALIDACIÓN TÉCNICA Y FUNCIONAL

- **Módulo Riesgos:** tablero del Sistema de Alertas Académicas, con las perspectivas de Desempeño Académico y Trayectoria, que operacionaliza la clasificación por niveles de riesgo R0, R1 y R2 (Figura 6.28 y Tabla 6.12).
- **Módulo Acreditación:** vista de navegación estructurada por factores y características del CNA, orientada a evaluadores y responsables académicos (Figura 6.22).

Estos componentes materializan las cuatro perspectivas analíticas definidas conceptualmente para el modelo ACABI: Logro por Competencia, Alertas Tempranas, Progresión Académica y Coherencia Curricular.

7.4. Resultados del Objetivo Específico 4: Validación técnica y funcional

La validación funcional tuvo como propósito verificar que el modelo ACABI satisface los requerimientos definidos para el análisis curricular, el seguimiento del desempeño estudiantil y el soporte a los procesos de aseguramiento de la calidad. La evaluación se realizó mediante un proceso iterativo de revisión con actores responsables de la gestión curricular del Programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Santo Tomás.

Como parte de la validación formativa, las primeras versiones de los tableros analíticos fueron utilizadas durante la visita de pares académicos correspondiente al proceso de renovación de la acreditación del programa en el periodo académico 2025-2, la presentación se puede consultar en la URL <https://canva.link/vcjxb38nr1u1xg5>.

Posteriormente, las versiones consolidadas del portal EvalIA fueron revisadas conjuntamente con el docente líder curricular durante el periodo académico 2026-1, verificando la consistencia de los indicadores, la trazabilidad entre las diferentes fuentes de información y la correspondencia de los resultados con los procesos de seguimiento curricular y aseguramiento de la calidad.

La Tabla 7.1 resume los principales criterios funcionales evaluados y la evidencia obtenida durante el proceso de validación.

Tabla 7.1: Resultados de la validación funcional del modelo ACABI

Criterio evaluado	Evidencia de validación
Gestión curricular	Verificación de la navegación e indicadores de identidad, coherencia y estructura curricular por parte del líder curricular.
Sistema de evaluación	Comprobación de la integración de información proveniente del sistema académico, Saber Pro y prácticas empresariales.
Seguimiento del logro	Contraste de los indicadores de desempeño y logro con los registros académicos institucionales.
Sistema de alertas	Revisión de la clasificación de riesgo y del seguimiento longitudinal de estudiantes.
Soporte para acreditación	Uso del sistema durante el proceso de reacreditación (2025-2) y revisión de la versión final por el líder curricular (2026-1).

7.5. Discusión de resultados

Los resultados presentados en las secciones anteriores dan cumplimiento a los cuatro objetivos específicos planteados y, en conjunto, permiten responder a la pregunta de investigación formulada en el Capítulo 1. La identificación de fuentes e indicadores (Objetivo 1) proporcionó la base semántica del modelo; la arquitectura de datos multidimensional (Objetivo 2) garantizó la trazabilidad e integración de la información; los componentes analíticos y de visualización implementados en el portal EvalIA (Objetivo 3) materializaron dicha información en evidencia consultable por los actores académicos; y la validación técnica y funcional (Objetivo 4) permitió contrastar el desempeño de la solución frente a criterios de calidad del dato y de pertinencia para el aseguramiento de la calidad académica.

En conjunto, estos resultados evidencian que la integración entre Business Intelligence y Educación Basada en Resultados constituye un enfoque viable para cerrar la brecha entre la captura de datos académicos y su transformación en evidencia técnica para los procesos de acreditación, en línea con lo discutido en la Sección de Aportes y Conclusiones de este trabajo.

Bibliografía

- ABET. (2024). Criteria for Accrediting Engineering Programs, 2025–2026 [Includes General Criteria for Baccalaureate and Master’s Level Programs and Program Criteria. Accessed 2026].
- Abualkishik, A. Z., Atassi, R., Singh, A., Elhoseny, M., Alwan, A., Iqbal, R., & Khe-lifi, A. (2022). Outcomes-Based Assessment and Lessons Learned in ABET-CAC Accreditation: A Case Study of the American University in the Emira-tes. *Mobile Information Systems*. <https://doi.org/10.1155/2022/1595126>
- Alam, A. (2023). Improving Learning Outcomes through Predictive Analytics: En-hancing Teaching and Learning with Educational Data Mining. *2023 7th In-ternational Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)*, 249-257. <https://doi.org/10.1109/ICICCS56967.2023.10142392>
- Ali, R., & Jamin, H. (2025). Curriculum Development Strategy Based on Outco-me Based Education (OBE) to Improve the Quality of Education in Higher Education. *Journal of Education and Religious Studies*. <https://doi.org/10.57060/jers.s9w3x850>
- Ammar, K., & Bin Rais, R. N. (2021). Developing Fine-Grained Performance Indica-tors for Assessment of Computer Engineering using Outcome-Based Educa-tion. *2021 9th International Conference on Information and Education Tech-nology (ICIET)*, 285-290. <https://doi.org/10.1109/ICIET51873.2021.9419611>
- Bhatti, S., Memon, M., & Meghji, A. F. (2023). Scrutinizing Outcome Assessment of Outcome-based Education using Q-OBE in Engineering Education [http://irigs.iit.edu.pk:64447/ojs/index.php/IJITL/article/download/2609/1187 ; <https://doi.org/10.35993/ijitl.v9i1.2609>]. *International Journal of Innovation in Teaching and Learning (IJITL)*, 9(1), 55-74. <https://doi.org/10.35993/ijitl.v9i1.2609>
- Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for Quality Learning at University*. McGraw-Hill.
- Campbell, J., & Oblinger, D. (2007). Academic analytics: A new tool for a new era. *Educause Review*.
- Cantika, V. M., & Alhayat, A. (2023). Implementation of Outcome-Based Education in a Leading High School (a Case Study at SMA Taruna Bakti Bandung). *Proceedings Series on Social Sciences amp; Humanities*, 12, 52-59. <https://doi.org/10.30595/pssh.v12i.773>
- Cejas, M., Palacios, E. P., & Velazco, D. J. M. (2023). Las competencias en la educa-ción superior: factor estratégico en la formación integral y el éxito profesional del estudiante. *Revista Científica de Ciencias Humanas y Sociales RECIHYS*. <https://doi.org/10.24133/recihys.v1i1.3143>

- CESU. (2025). Acuerdo 01 de 2025.
- Charleer, S., Moere, A. V., Klerkx, J., Verbert, K., & De Laet, T. (2018). Learning Analytics Dashboards to Support Adviser-Student Dialogue. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 11(3), 389-399. <https://doi.org/10.1109/TLT.2017.2720670>
- Chigbu, B. I., & Makapela, S. (2025). Data-Driven Leadership in Higher Education: Advancing Sustainable Development Goals and Inclusive Transformation. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su17073116>
- Cho, C. H., Yu, Y. W., & Kim, H. G. (2023). A Study on Dropout Prediction for University Students Using Machine Learning. *Applied Sciences*, 13(21), 12004. <https://doi.org/10.3390/app132112004>
- Coronado González, J., et al. (2024). Trayectorias Escolares en Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo: una Visión Teórica de Cinco Estudios Claves para Generar Estrategias de Retención en sus Estudiantes. *Ciencia Latina Revista Multidisciplinaria*, 8, 79-102. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9389
- de Educación Nacional de Colombia, M. (2020). Resolución 21795 de 2020. Por la cual se establecen los parámetros de autoevaluación, verificación y evaluación de las condiciones de calidad del programa reglamentadas en el decreto 1075 de 2015. https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-402045_pdf.pdf
- Diyasa, I. G. S. M., Putra, I., Mandenni, N. M. I. M., A, M. R. M., & A, R. (2023). Implementation of Innovation in Integrated Evaluation and Learning System using Outcome-Based Education Ecosystem. *IJEED (International Journal of Entrepreneurship and Business Development)*. <https://doi.org/10.29138/ijebed.v6i1.2079>
- Ferro, E. F., Ruiz, N. E., Rojas, P. J., Cid, F., Duarte, S. A. G., Begazo, S. C., Lara, M., & Magallanes, V. (2020). Análisis del perfil de egreso de la carrera de pedagogía en educación física de Chile: un estudio cuantitativo (Analysis of the graduate profile of Chile's physical education pedagogy degree: a quantitative study), 532-538. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.81379>
- González-Campo, C., Murillo-Vargas, G., & García-Solarte, M. (2021). Efecto de la acreditación institucional de alta calidad sobre la gestión del conocimiento. *Formación universitaria*. <https://doi.org/10.4067/s0718-50062021000200155>
- Hai, Y. (2025). Research and Practice on Establishing a Value-added Evaluation System for the Academic Achievements of Engineering Undergraduates under the OBE Concept. *Contemporary Education Frontiers*. <https://doi.org/10.18063/cef.v3i3.797>
- Harmanani, H. (2017). An outcome-based assessment process for accrediting computing programmes. *European Journal of Engineering Education*, 42, 844-859. <https://doi.org/10.1080/03043797.2016.1226781>
- Haro, V. (2018). Diseño e implementación de un dashboard de soporte académico basado en datos de entornos virtuales de aprendizaje.
- He, Y., & Liu, S. (2024). Research and Practice of Curriculum Intrinsic Value Development Method Based on OBE Concept. *Curriculum and Teaching Methodology*. <https://doi.org/10.23977/curtm.2024.070221>

- Hernández, D. R., & Ospina, V. M. (2022). Modelo de Assessment basado en lineamientos de ABET para el ajuste del plan de estudios del programa de Ingeniería Ambiental 2022 - Universidad El Bosque. <https://repositorio.unbosque.edu.co/server/api/core/bitstreams/9eb87f45-7088-4223-b4eb-20f8bb1321b2/content>
- Hussain, W., Mak, F., & Spady, W. G. (2024). Digital Developmental Advising Systems for Engineering Students Based on Accreditation Board of Engineering and Technology Student Outcome Evaluations. *Information*, 15, 520. <https://doi.org/10.3390/info15090520>
- Huynh, V.-S., Pham, H. T., Nguyen, M.-H. T., & Nguyen, P. V. (2024). Perceived Changes to Quality Assurance after AUN-QA Programme Assessment: Voices of Quality Assurance Practitioners, Academic Staff, and Students. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*. <https://doi.org/10.26803/ijlter.23.2.18>
- International Engineering Alliance (IEA) & World Federation of Engineering Organizations (WFEO). (2021). Atributos del Graduado y Competencias Profesionales: Versión 4 [Traducción al español desarrollada por el ICEE-Tsinghua y mejorada por Acredita CI, ICACIT, CFIA y CACEI]. Documento oficial de la International Engineering Alliance, aprobado el 21 de junio de 2021. <https://www.ieagrements.org/assets/Uploads/Documents/Governance/GAPC/Graduate-Attributes-and-Professional-Competencies-2021.1-Spanish.pdf>
- Jorge, F. E. (2023). Buenas prácticas de evaluación de programas para la acreditación de ABET. *Encuentro Internacional de Educación de Ingeniería*, 777-783. <https://doi.org/10.26507/paper.2196>
- Kendengis, Y. (2023). Feasibility Study of Outcome-Based Education Information System in Indonesia: A Survey-based Approach. *2023 10th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)*, 309-313. <https://doi.org/10.1109/ICITACEE58587.2023.10276409>
- Kuang, Y., & Duan, B. (2025). Evidence-Based Curriculum Reform: A Data-Driven Framework for Educational Planning and Governance in China. *Journal of Chinese Political Science*. <https://doi.org/10.1007/s11366-025-09909-6>
- Lozano, U. B., & Henao, G. (2020). Análisis interpretativo del proceso de acreditación en función del diseño de recomendaciones de gestión académica y directiva en la Facultad de Administración de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. 17, 104-120. <https://doi.org/10.29197/cpu.v17i33.382>
- Lumius, L. D., Hamzah, M., Yee, C. P., Pang, V., & Leng, G. S. (2020). Visual Analytics Design To Support Knowledge Generation: The Case Of Outcome Based Education Assessment in Malaysia. *2020 IEEE 10th Symposium on Computer Applications and Industrial Electronics (ISCAIE)*, 135-140. <https://doi.org/10.1109/ISCAIE47305.2020.9108793>
- M., P., O., M., C., S., S., S., O., M.-A., & F., L. (2023). Analysis of academic performance from a binary logistic regression model. <https://revistas.udes.edu.co/innovaciencia/article/view/3423/2915>

- Medina, J. C., & González, J. (2020). Índice estocástico de percepción del logro del perfil de egreso de estudiantes de pedagogía. El caso de una universidad regional de Chile. *13*, 83-92. <https://doi.org/10.4067/s0718-50062020000100083>
- MESA ANGULO, O. F. J. G., GONZÁLEZ GIL, O. F. E., & Tibocho Niño, P. A. (2021). Sistema institucional de evaluación de los aprendizajes - SEA. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/37406?show=full>
- Muñoz La Rivera, F., Hermosilla, P., Delgadillo, J., & Echeverría, D. (2021). Propuesta de construcción de competencias de innovación en la formación de ingenieros en el contexto de la industria 4.0 y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). *Formacion Universitaria*, *14*, 75-84. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062021000200075>
- Novrizal, N., & Muhammad, R. R. (2025). Design Curriculum Based on Outcome Based Education (OBE): Preparing Work Ready Graduates. *Edukasiana: Journal of Islamic Education*. <https://doi.org/10.61159/edukasiana.v4i1.385>
- Pradhan, D. (2021). Effectiveness of Outcome Based Education (OBE) toward Empowering the Students Performance in an Engineering Course. *Journal of Advances in Education and Philosophy*. <https://doi.org/10.36348/jaep.2021.v05i02.003>
- Romero, C., & Ventura, S. (2013). Data mining in education. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, *3*(1), 12-27. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/widm.1075>
- Schildkamp, K. (2019). Data-based decision-making for school improvement: Research insights and gaps. *Educational Research*, *61*, 257-273. <https://doi.org/10.1080/00131881.2019.1625716>
- Siemens, G. (2013). Learning analytics: The emergence of a discipline. *American Behavioral Scientist*.
- Silva, L. M. H. D., Rodríguez-Triana, M. J., Chounta, I.-A., & Pishtari, G. (2024). Curriculum analytics in higher education institutions: a systematic literature review. *Journal of Computing in Higher Education*, *37*, 898-944. <https://doi.org/10.1007/s12528-024-09410-8>
- SIMAT. (2021). *ACADEMIC HANDBOOK ON OUTCOME BASED EDUCATION*. SREEPATHY INSTITUTE OF MANAGEMENT AND TECHNOLOGY. <https://lens.org/001-849-656-403-574>
- Susnjak, T., Ramaswami, G. S., & Mathrani, A. (2022). Learning analytics dashboard: a tool for providing actionable insights to learners. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, *19*. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00313-7>
- Syeed, M. M., Shihavuddin, A., Uddin, M. F., Hasan, M., & Khan, R. H. (2022). Outcome Based Education (OBE): Defining the Process and Practice for Engineering Education. *IEEE Access*, *10*, 119170-119192. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3219477>
- Thomas, D. B. (2019). A Novel Fuzzy Based Assessment Method for Learning Outcomes. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, *8*(4), 1665-1669. <https://doi.org/10.35940/ijrte.c5298.118419>
- Universidad Santo Tomás. (2004). *Política Curricular para Programas Académicos*. Vicerrectoría Académica General.

Universidad Santo Tomás. (2023). *Lineamientos para el diseño curricular de la Universidad Santo Tomás a nivel multicampus. Acuerdo No. 38 del 25 de octubre de 2023*. <https://secretariageneral.usta.edu.co/images/documentos/2023/Acuerdo-N%C2%B0-38-del-25-de-octubre-de-2023-Ajustes-Lineamientos-Diseno-Curricular-Multicampus.pdf>

Anexo A. Elementos EBR del Programa de Ingeniería Mecatrónica

Objeto de Estudio

“Los sistemas mecatrónicos y su capacidad de combinar el manejo de flujos de energía e información constituyen la principal característica de esta disciplina. El currículo del Programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Santo Tomás responde a este carácter sinérgico, integrando las áreas de Mecánica, Electrónica, Control y Automatización e Informática.”

Fuente: PEP, 2024.

Definición: Núcleo Problémico

En el marco de esta investigación, un **núcleo problémico** se define como un eje estructurante que traduce el objeto de estudio de un programa académico en problemáticas formativas integradoras. Constituye una unidad conceptual que orienta la formulación de atributos disciplinares, competencias del programa y resultados de aprendizaje, garantizando coherencia entre la identidad disciplinar y la estructura curricular.

Los núcleos problémicos no representan áreas temáticas aisladas, sino campos de problemas que articulan conocimientos, métodos y contextos de aplicación. En el caso del Programa de Ingeniería Mecatrónica, se establecen dos núcleos problémicos:

- **Núcleo Problémico 1 (N1):** Orientado al diseño e integración de sistemas mecatrónicos para la automatización industrial, bajo criterios técnicos, normativos y de sostenibilidad.
- **Núcleo Problémico 2 (N2):** Enfocado en la optimización inteligente de procesos industriales mediante ciencia de datos, inteligencia artificial y gestión de proyectos.

Estos núcleos constituyen el puente entre el objeto de estudio y los atributos disciplinares que configuran el perfil de egreso.

Perfil de Egreso

El Ingeniero Mecatrónico de la Universidad Santo Tomás seccional Bucaramanga es el profesional que diseña e implementa soluciones innovadoras y sostenibles, desde un enfoque problémico y humanista, con impacto global para la comunidad y la industria, en áreas relacionadas con: automatización de procesos industriales, desarrollo de sistemas mecatrónicos, analítica de datos e inteligencia artificial, a partir de una formación que surge de la integración sinérgica de las áreas de la mecánica, la electrónica, el control y la informática. El egresado está en capacidad de desarrollar proyectos que generen productos y servicios, asumir diferentes roles en las organizaciones y emprender iniciativas empresariales, utilizando un enfoque crítico, ético y científico, para responder a las necesidades de los sectores social, académico e industrial. El ingeniero mecatrónico es capaz de comunicarse en un lenguaje técnico científico, utilizando fuentes de información confiables y en una segunda lengua al interactuar con pares, grupos interdisciplinarios, escenarios de divulgación científica y entornos empresariales.

Competencias C1. Aplicar conocimientos fundamentados en respeto, el trabajo en equipo y el liderazgo, para asumir la responsabilidad en los procesos académicos, sociales y profesionales.

C2. Presentar argumentos críticos y objetivos, manifestando siempre las intenciones del discurso y buscando el consenso general en el equipo de trabajo.

C3. Desarrollar capacidades en Ciencia, Tecnología e Innovación - CTI empleando estrategias de aprendizaje autónomo, de apropiación del conocimiento y de desarrollo de productos de base tecnológica, que le permitan formar un pensamiento crítico y creativo en un contexto de desarrollo sostenible, comprensión de su entorno y el medio ambiente para mejorar una situación y solucionar un problema existente.

C4. Proponer ideas innovadoras de emprendimiento de base tecnológica que permita resolver las necesidades y oportunidades en el área de ingeniería mecatrónica.

C5. Comprender el lenguaje técnico en una segunda lengua con relación a sistemas mecatrónicos para su implementación en el desarrollo de soluciones técnicas.

C6. Desarrollar sistemas mecatrónicos que integren conocimientos técnicos-científicos aplicando metodologías de diseño, estrategias de formulación y gestión de proyectos cumpliendo con requerimientos ambientales, funcionales, económicos y de seguridad para la solución de problemas ingenieriles.

C7. Automatizar procesos industriales con el propósito de mejorar condiciones de operación, calidad y eficiencia cumpliendo con las normativas de producción y seguridad.

C8. Integrar conceptos de analítica de datos e inteligencia artificial que permita extraer información de valor y tomar decisiones estratégicas precisas y efectivas usando técnicas de modelamiento y optimización de datos.

Resultados de Aprendizaje R11. Identifica funciones y roles para cumplir los objetivos de un proyecto teniendo en cuenta fortalezas y debilidades de los miembros de un equipo

R21. Define tareas y asignación de roles de manera responsable, teniendo en cuenta normas institucionales, aspectos sociales y el trabajo a realizar

R12. Conoce las normas de presentación de trabajos técnicos de ingeniería y establece estrategias de búsqueda de información

R22. Elabora informes y presentaciones técnicas de sus trabajos y proyectos utilizando estándares y normas

R23. Comunica de manera oral y escrita sus resultados técnicos, presentando y analizando la información de manera clara y fundamentada

R13. Comprende los desafíos y oportunidades de su entorno a partir de sus necesidades para la búsqueda de soluciones

R23. Analiza alternativas de solución a los desafíos identificados, aplicando pensamiento crítico en procura de un desarrollo sostenible

R33. Crea soluciones innovadoras a problemas existentes utilizando métodos científicos y tecnológicos en un contexto de desarrollo sostenible.

R14. Identifica ideas de negocio de base tecnológica aplicando principios fundamentales de emprendimiento, teniendo en cuenta factores ambientales, de economía circular y sostenibilidad con análisis crítico y ético.

R24. Reconoce la estructura de un plan de negocios para productos o servicios de base tecnológica

R15. Entiende vocabulario técnico asociado a el campo de aplicación de la ingeniería mecatrónica

R25. Interpreta la información de componentes y sistemas mecatrónicos a partir de la documentación técnica en segunda lengua

R16. Reconoce los principios fundamentales de la Mecatrónica para solucionar problemas de ingeniería, considerando aspectos técnicos, ambientales, funcionales, económicos y de seguridad.

R26. Evalúa estrategias de diseño considerando los criterios y restricciones del problema a resolver para la formular proyectos de ingeniería aplicando metodologías pertinentes

R36. Ejecuta proyectos mecatrónicos demostrando habilidades para gestionar recursos de manera eficiente, cumpliendo con estándares y respondiendo a las necesidades del problema

R27. Identifica la importancia de aplicar los distintos tipos de lógica en función de la complejidad del sistema automatizado.

R37. Aplica metodologías de programación y tecnologías de vanguardia en la automatización de procesos industriales mejorando las condiciones de operación, calidad y eficiencia cumpliendo con las normativas de producción y seguridad.

R28. Identifica tendencias y patrones característicos de la información que le permitan optimizar procesos y recursos del entorno.

R38. Desarrolla modelos efectivos aplicando técnicas de minado de datos e inteligencia artificial como apoyo a la toma de decisiones.