EIEI ACOFI 2025
5º Congreso Latinoamericano de Ingeniería
Más Información: www.acofi.edu.co/eiei
Ingeniería de impacto para cuidar y transformar la vida
ACOFI: 50 años por la excelencia de la educación en ingeniería.

Organizador previo basado en proyectos y el estudio de casos diseñado para orientar la parte práctica de la asignatura control de procesos del programa de ingeniería química de la Universidad del Valle

Eisenover Cabal

Universidad del Valle
Cali, Colombia

Resumen

Se presenta el diseño formativo que durante 14 años ha direccionado la ejecución de actividades prácticas que complementan la asignatura control de procesos de octavo semestre del plan de ingeniería química de la Universidad del Valle, Cali. En este organizador previo se correlaciona el aprendizaje por proyectos y el estudio de caso con el fin de analizar, modelar y controlar procesos en ambientes de producción real. En este sentido, el educando debe recurrir a las experiencias propias, a los conocimientos adquiridos durante su proceso de formación y con el uso de las herramientas tecnológica digitales contemporáneas, apropiarse de un problema de producción en un contexto industrial para luego buscar soluciones desde la perspectiva de los nuevos conocimientos en ingeniería de control y automatización cuyos conceptos, ideas y proposiciones en principio no son familiares para la audiencia. Se evidencia que este recurso instruccional potencialmente facilita el aprendizaje significativo en la medida que se vincula con el aprendizaje basado en problemas; el flujo de información bidireccional retroalimentado a partir de los datos de cada alumno; la autonomía; el aprendizaje autogestionado y adaptativo al perfil del educando; la interactividad en un ambiente de aprendizaje colaborativo y flexible; la descentralización y la desterritorialización. Todas estas características de la educación 4.0 coexisten en una sinergia entre espacio, tiempo y el contexto físico-virtual, al tiempo que el educando desarrolla habilidades, emociones y motivaciones que lo habitúan al funcionamiento verdadero de la sociedad. En este orden, con una representación gráfica piramidal se concluye que este diseño formativo es un puente que permite el ordenamiento jerárquico de las habilidades cognitivas necesarias para logran un mayor nivel de competencias para afrontar la solución de problemas reales de la ingeniería de control y la automatización bajo las tendencias de la industria 4.0.

DOI: https://doi.org/10.26507/paper.4387

Palabras clave: diseño formativo; aprendizaje por proyectos; industria 4.0

Abstract

In this paper an advance organizer is presented, that for 14 years has guided the implementation of practical activities for the eighth-semester process control course in the chemical engineering program at the Universidad del Valle, Cali, Colombia. This organizer correlates project-based learning and the case study to analyze, get models, and control processes in real-life production environments. With this teaching tool the students their own experience to connect new information to what they already know. So, with the use of contemporary digital technological tools, they take ownership of a production problem in an industrial context and seek solutions from the perspective of control engineering whose concepts, ideas and propositions are not initially familiar to the audience. It is evident that this instructional resource facilitates meaningful learning linked to problem-based learning; the two-way flow of information and feedback from each student's data; autonomy; self-managed and adaptive learning according to the student's profile; interactivity in a collaborative and flexible learning environment; decentralization and deterritorialization. Within the framework of Education 4.0, these characteristics coexist synergistically across space, time, and the cyber-physical context, while students develop skills, emotions and motivations articulated to social reality. In this order, it is concluded with the help of a pyramidal graphic, that this advance organizer is a bridge that allows for the hierarchical ordering of the cognitive skills necessary to achieve a higher level of competencies to address the solution of real-life problems in control engineering and automation under fourth industrial revolution trends.

Keywords*: advance organizer; project-based learning; fourth industrial revolution*

1. Introducción

El organizar previo con referencia Cabal (2025) inicialmente se originó como una guía instruccional y luego se formalizó como producto final del diplomado en docencia virtual (Cruz, *et al.*, 2020) realizado por el autor en el primer semestre del año 2023. Las bases de este documento se empezaron a construir hace aproximadamente 14 años con el fin de poner en práctica la teoría vista en clase y a su vez, motivar en el educando el ejercicio profesional del control y la automatización industrial pretendiendo aportar al perfil del egresado en ingeniería química. En el marco de la asignatura control de proceso (código 740138M), las temáticas a materializar durante un semestre académico son: medidas, instrumentación, control de procesos y automatización industrial. Esto fue el reto motivador en términos de la amplitud de cada uno de los temas y el corto tiempo de un semestre académico que es de aproximadamente cuatro meses cronológicos. Para hacer frente a este desafío académico, se recurrió al diseño de un documento que sirviera de carta de compromiso (*statement of work*) entre el profesor y el educando, con un alcance motivacional y de aporte socioeconómico. Para el logro de este alcance, se tuvieron en cuenta los siguientes interrogantes:

¿Qué se va a hacer (what)?: El desarrollo de un proyecto basado en el estudio de casos.

¿Como se va a hacer (how)?: utilizando un documento que contenga las directrices para el desarrollo de las actividades de aprendizaje focalizadas a cumplir unos objetivos académicos.
¿Quiénes lo van a desarrollar (who)?: el equipo de trabajo compuesto por los estudiantes de octavo semestre en el marco de la asignatura control de procesos (740138M), el profesor orientador y demás personas que conforman la red de apoyo
¿Dónde se va a hacer (where)?: utilizando las instalaciones e infraestructura física y tecnológica de la Escuela de Ingeniería Química y la Universidad del Valle, Cali.
¿Porque se va a hacer (why)?: para poner en práctica la teoría vista en clase, y a su vez, motivar en la población destino el ejercicio profesional del control y la automatización industrial pretendiendo aportar al perfil del egresado en ingeniería química.
¿Cuándo se va a hacer?: en el lapso de un semestre académico.
Estos interrogantes y sus repuestas sentaron las bases para el diseño formativo (Cabal, E. 2025) que se sustenta en los siguientes ítems.

2. Preparando el escenario para el aprendizaje y la retención

En la presentación de los compromisos que se hace el primer día de clase, se expone en perspectiva la asignatura (figura 1), explicando las partes que la conforman (las temáticas), los conocimientos previos necesarios (requisitos conforme la malla curricular), donde será aplicado el nuevo conocimiento (tipos de procesos productivos a tratar) y el alcance socioeconómico de la asignatura, o bien el aporte al perfil del egresado con habilidades y competencias para participar activamente en la integración de una planta de producción.

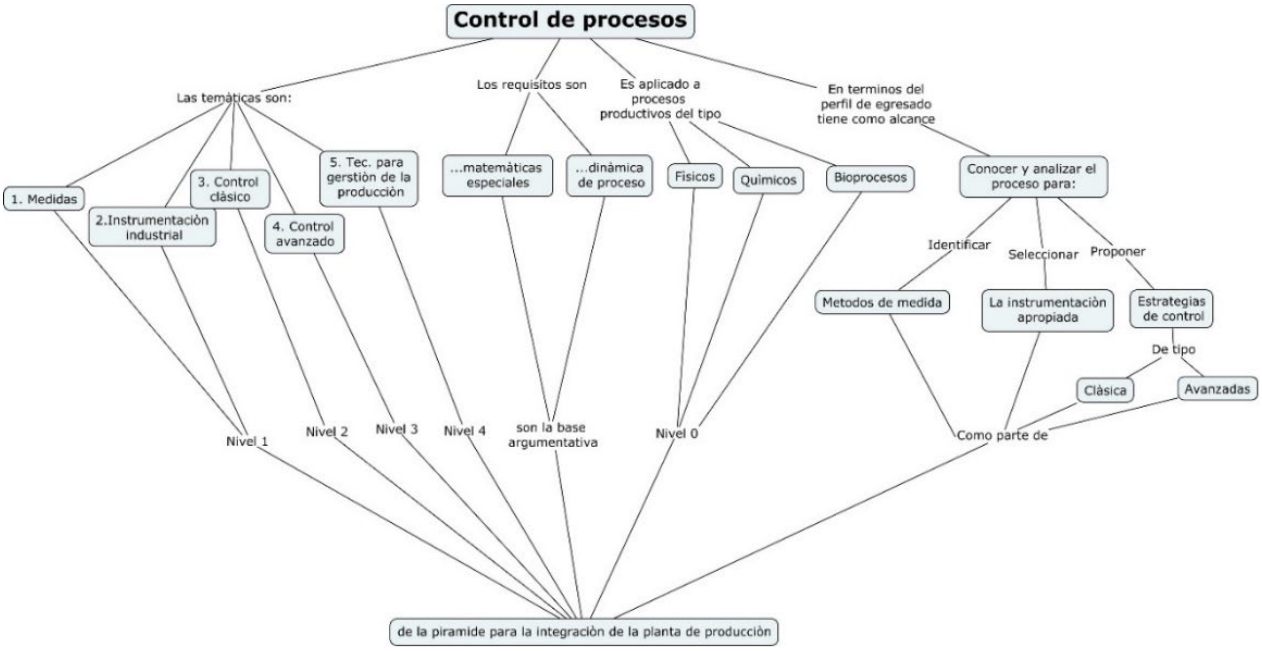

Figura 1. Mapa conceptual: control de procesos en perspectiva

Vemos que el control de proceso en perspectiva (figura 1) apunta a obtener nuevo conocimiento en lo relacionado con la integración de la planta de producción lo cual está formalizado con la llamada pirámide de automatización (figura 2).

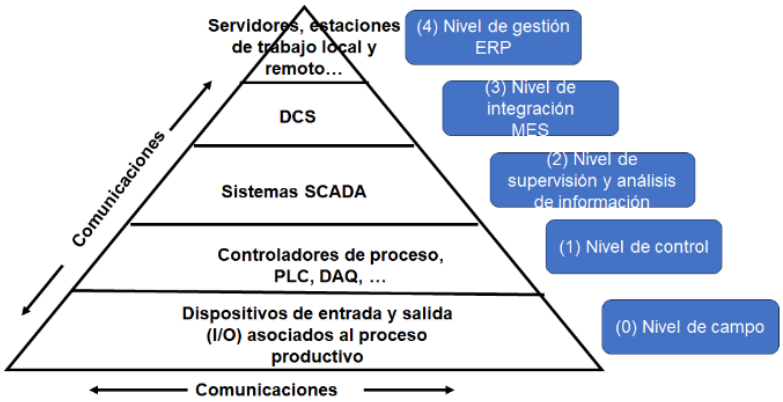

Figura 2. Pirámide de automatización

Con ayuda de la figura 2, se expone brevemente las tecnologías, normativas y estrategias de control necesarias para la integración. Se enfatiza que los nuevos conocimientos, a razón de la asignatura control de proceso, se focaliza en los niveles cero y uno, y lo que compete al resto de niveles, se cubre de manera informativa incentivando la educación continuada en el asunto de la integración industrial bajo las tendencias de la cuarta revolución (Klaus, 2016).

Conocimiento previo de la población destino

La ley 18 de 1976 emitida por el Consejo Profesional de Ingeniería Química en Colombia, en el artículo 1 indica que:

> "Para todos los efectos legales, entiéndase por ejercicio de la Ingeniería Química, la aplicación de los conocimientos y medios de las Ciencias Físicas, Químicas y Matemáticas y de las Ingenierías, en el análisis, administración, dirección, supervisión y control de procesos en los cuales se efectúan cambios físicos, químicos y bioquímicos para transformar materias primas en productos elaborados o semielaborados, con excepción de los químicos-farmacéuticos, así como en el diseño, construcción, montaje de plantas y equipos para estos procesos, en toda entidad, Universidad, Laboratorio e Instituto de Investigación que necesite de éstos conocimientos y medios".

En torno a lo anterior, la población destino (estudiantes de octavo semestre de ingeniería química) ya posee un constructo mental y/o habilidades debido al proceso formativo conforme la malla curricular (figura 3) y a la experticia propia de cada estudiante en términos de vinculaciones laborales, pasantías, visitas industriales y estudios técnicos o tecnológicos anteriores

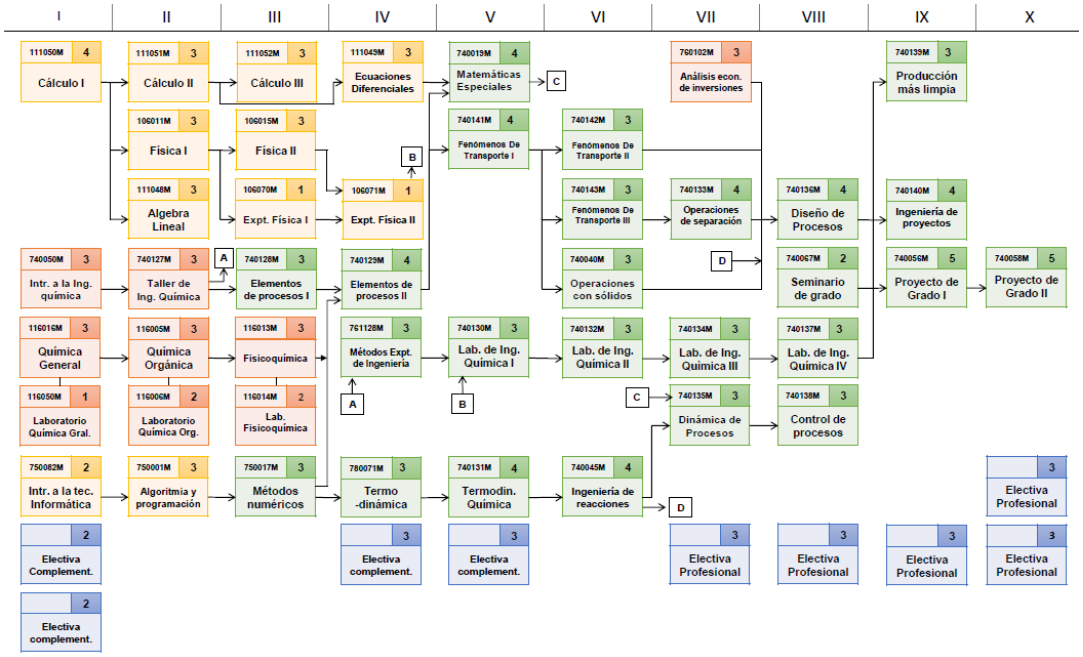

Figura 3. Malla curricular ingeniería química hasta el 2024

Detallando la figura 3, los estudiantes ya tienen conocimiento en cálculos, matemáticas especiales y ecuaciones diferenciales que son la base teórica para el modelado de proceso en estado estático y dinámico. Por otra parte, está la informática, algoritmia y métodos numéricos que son esenciales para la simulación digital. También la termodinámica, termodinámica química e ingeniería de las reacciones que es el conocimiento apropiado para deducir modelos de procesos químicos, termodinámicos y bioprocesos. Toda esta cosmovisión es fundamental para la ejecución exitosa del proyecto académico.

El ambiente con que cuenta el estudiante para el desarrollo del proyecto está en términos de: la red de apoyo conformado por el cuerpo profesoral y el personal de soporte administrativo y técnico de la Escuela de Ingeniería Química (EIQ); las instalaciones físicas de la Universidad del Valle con sus recursos tecnológicos como la planta piloto y la red de informática institucional; también está a disposición la biblioteca con sus bases de datos y plataformas digitales.

3. Argumentación conceptual

El diseño formativo en cuestión aplica como organizador previo definido como un dispositivo pedagógico que cierra la brecha entre lo que los estudiantes ya saben y lo que necesitan saber (Ausubel, 1968). Es un dispositivo interaccional para la asimilación y anclaje del conocimiento en un nivel superior (Ausubel, 2000). Sintetizando lo anterior para para el desarrollo del proyecto académico en el marco de la asignatura 740138M (figura 1), este dispositivo hace visible el proceso de utilizar el conocimiento existente para la creación y asimilación colectiva de nuevo conocimiento en términos de unos objetivos académicos.

El documento inicia con el nombre del orientador y quien gestiona del conocimiento, es decir el profesor encargado de la asignatura. Seguido se tiene el nombre generalizado de la actividad formativa y luego está el enfoque pedagógico guiado por el constructivismo (Murrieta, *et al.*, 2023) que en la práctica educativa el profesor es un orientador y el estudiante es el protagonista de su aprendizaje. Un aprendizaje que debe ser significativo (Ausubel, 1983) en la medida que lo aprendido sea aplicable a mediano y corto plazo para el ejercicio de la ingeniería química. Igualmente se recurre a la teoría del conectivismo (Delgado, 2019) para interpretar la adquisición del conocimiento y las dinámicas que conlleva el trabajo en red (Ana, *et al.*, 2013) apoyado de las tecnologías de la información y la comunicación.

Como parte de la planificación curricular, está la presentación del proyecto a la audiencia, donde se enfatiza en los beneficios profesionales y socioeconómicos que conllevan los conocimientos en control de procesos focalizado a la automatización industrial.

En el punto 2 del documento en cuestión, está la estructura preliminar de la actividad formativa (figura 3) centrada en el aprendizaje por proyectos que es eficaz para retener y aplicar el conocimiento a largo plazo (Shukla, *et al.* 2024). Con esto en mente, se da solución a una problemática real desde el enfoque estudio de casos (Viviana, *et al.* 2016)

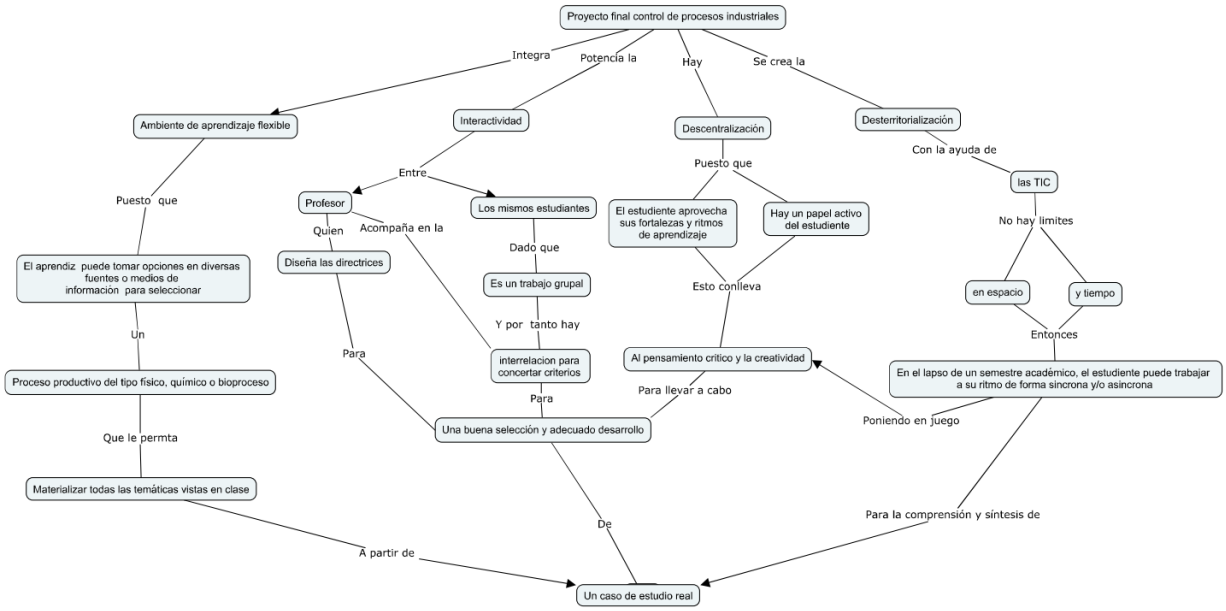

Figura 3. Ilustración de la estructura preliminar de la actividad formativa

Vemos entonces que el trabajo por proyectos vincula el aprendizaje basado en problemas (Velázquez, *et al.* 2023) y el estudio de casos, favoreciendo de esta forma la creación y la investigación en un ambiente de aprendizaje flexible, interactivo y descentralizado en la medida del papel activo del estudiante y la puesta en escena de sus fortalezas y ritmos de aprendizaje. Todos estos aspectos coexisten en un medio físico-virtual caracterizado por: el flujo de información bidireccional y retroalimentado a partir de los datos de cada alumno; la autonomía; el aprendizaje

autogestionado y adaptativo al perfil del educando; y la desterritorialización favorecida por el trabajo en red apoyado de las TIC.

Seguimos entonces con los objetivos que son el punto neurálgico de la actividad formativa, puesto que enmarcan los resultados de aprendizaje. Estos objetivos educativos inician con un verbo activo los cuales se seleccionaron conforme la taxonomía de Bloom (Cuenca, *et al.*, 2021) teniendo presente los niveles de complejidad en función del proceso de adquisición y procesamiento del nuevo conocimiento (figura 4).

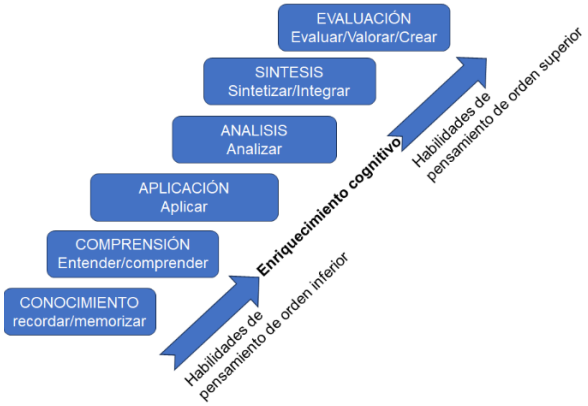

Figura 4. Ilustración taxonomía de Bloom

De acuerdo con la figura anterior, para estudiantes de octavo semestre de ingeniería química, se hace uso de los verbos clasificados en los niveles 3 al 6.

El ultimo ítem del documento en cuestión son los aspectos metodológicos con el procedimiento, estrategias y acciones necesarias para lograr los objetivos educacionales.

Se inicia con la descripción de la modalidad del trabajo académico y una tabla que contiene la metodología para el trabajo en red en paralelo con las herramientas tecnológicas de apoyo. Seguido se tiene las estrategias de acompañamiento donde primero se detallan las competencias docentes y acciones que describen el desarrollo de la estrategia. Paso seguido esta la estrategia formativa que busca la conexión e interacción entre los estudiantes y el profesor de forma síncrona y/o asíncrona utilizando herramientas digitales propias del *E-leraning* (Begoña, 2011). Es en esta parte donde tiene lugar la retroalimentación (Sepúlveda-Romero, 2019) en términos de la valoración cualitativa y cuantitativa de la nueva cognición sistematizada y la interacción para la transferencia bidireccional del conocimiento, garantizando de esta manera la mejora continua.

El último paso metodológico es el planteamiento de la estrategia de evaluación formulada en tres tiempos:

- El antes de la actividad formativa relacionada con el trabajo que el profesor debe hacer fuera del aula, incluido el diseño formativo
- Un durante de la actividad, donde inicialmente se organizan los grupos de trabajo (tres integrantes máximos) a elección de los mismos estudiantes y se evalúa la evolución del

proyecto con tres seguimientos bien definidos y con fechas de entrega preestablecidas: (I) investigación y selección del caso de estudio; (II) el desarrollo del caso de estudio conforme los objetivos educacionales focalizados en las temáticas del control y la automatización; y (III) la presentación final por grupos de trabajo. Aquí cada estudiante debe demostrar su participación en el desarrollo del proyecto, por tanto, hay una calificación que valora la dinámica grupal y otra individual.

- Y un después de la actividad formativa, donde entra de nuevo el juego la retroalimentación bajo el hecho de que no hay nada terminado, entonces con la apreciación colectiva en cuanto a las competencias aportadas por el curso y el desarrollo del proyecto, se tienen insumos para el ajuste y la mejora continua del diseño formativo

4. Conclusiones

Los ítems anteriores sustentan la pertinencia y vigencia de un documento que hace aproximadamente 14 años se originó como un conjunto de instrucciones que guiaban la relación entre la teoría y práctica de las temáticas articuladas con la asignatura control de procesos con enfoque a la automatización industrial. Puesto que la población destino son estudiantes de 8 semestre de Ingeniería química, en cierta forma con el desarrollo de un proyecto desde la perspectiva estudio de caso en un contexto productivo real, se potencian las habilidades y competencias visio-espaciales (Barderas, *et al.*, 2014) que van desarrollándose en la medida que el ingeniero en proceso de formación aumenta su nivel de cognición.

Como todo documento pensado para la ejecución de un proyecto, en el desenlace implícitamente se observa un inicio, una planificación, la ejecución, un seguimiento-control, y cierre, todo inmerso en una dinámica retroalimentada (Alarcón, *et al.* 2024) como parte de la gestión del docente según se muestra en la figura 5.

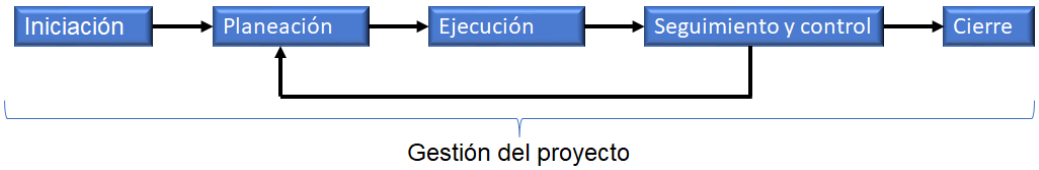

Figura 5. Actividades básicas para el desarrollo de un proyecto académico

Toda la argumentación la podemos agrupar en las siguientes características de la educación 4.0 (María, *et al.* 2022) propiciadas por la era de la digitalización (Alcácer, *et al.* 2019): el aprendizaje significativo vinculando con el aprendizaje basado en problemas y proyectos; el flujo de información retroalimentado a partir de los datos emitidos por la población destino; el trabajo autónomo; el aprendizaje autogestionado y adaptativo al perfil del educando; la interactividad en un ambiente de aprendizaje colaborativo y flexible; la descentralización y la desterritorialización apoyada con las bases de datos, las plataformas y aplicaciones que se movilizan a través de las TIC.

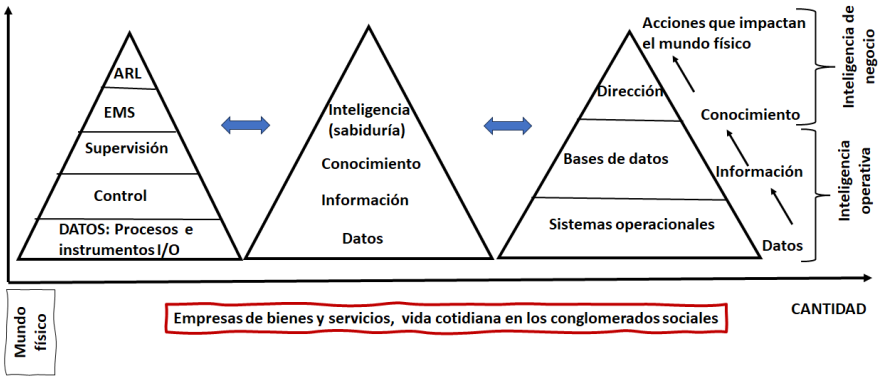

Figura 6. Del dato a la inteligencia

La figura 6 recrea el correlato entre la integración de la producción conforme la pirámide de automatización y el ordenamiento jerárquico de las habilidades cognitivas requeridas para el logro de competencias especializadas y ajustadas a la demanda industrial y empresarial. En la base están los datos que existen en abundancia en el mundo físico. Estos datos se convierten en información en la medida que se ordenen propositivamente para la búsqueda de objetivos. El tratamiento de esta información es virtud de la cognición humana que finalmente promueve acciones que impactan de nuevo al mundo físico. Llevando esto al ámbito educacional sinérgico entre espacio, tiempo y un contexto físico-virtual (industria 4.0), con un diseño formativo como el sustentado en este artículo, desde el enfoque de la educación 4.0 se tiene un puente de apoyo para que el educando desarrolle habilidades, emociones y motivaciones que lo habitúan al funcionamiento de la realidad actual caracterizada por rápidos avances científico-tecnológicos, con economías y mercados globalizadas y de constantes contingencias ambientales.

5. Referencias

- Alarcón, A Y., Zárate, J. P., Saavedra, L. R. (2024). Retroalimentación efectiva en entornos de enseñanza digital por docentes: Horizontes. Revista de Investigación en Ciencias de la Educación. Volumen 8 / N° 35 / octubre-diciembre 2024pp. 2233 – 2243. https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v8i35.864
- Alcácer V. and Cruz-Machado V. (2019). Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems. Engineering Science and Technology, an International Journal 22 (2019) 899–919. https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.01.006
- Ana, M. R., Ruth, C. G. (2013). Las TIC y la sociedad en red: nuevos ingredientes en la agenda de igualdad de oportunidades entre hombres y mujeres. Tendencias en foco, No. 26, Diciembre/2013. Consultado el 10 de abril 2025 en https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000371193
- Ausubel, D. P. (1983). Teoría del Aprendizaje Significativo. Fascículos de CEIF. Consultado el 26 de marzo 2025 en https://www.academia.edu/11982374/TEOR%C3%8DA_DEL_APRENDIZJE_SIGNIFICATIVO_TEORIA_DEL_APRENDIZAJE_SIGNIFICATIVO
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston. Consultado el 26 de marzo de 2025 en https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-1-4419-1428-6_157.

- Ausubel, D. P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Boston, MA: Kluwer. Consultado el 26 de marzo de 2025 en https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-1-4419-1428-6_157). https://doi.org/10.1007/978-94-015-9454-7
- Barderas, A. y Galdeano, C. (2014). Habilidades espaciales y competencias en Ingeniería. Química. Educación Química, 25(2), 154-158. https://doi.org/10.1016/S0187-893X(14)70539-7
- Begoña, G., S. (2011). Evolución y retos de la educación virtual, construyendo el E- Learning del siglo XXI. Editorial UOC. Barcelona 2011
- Cabal, E. (2023, julio). Aproximación al Diseño Formativo – Actividades de Aprendizaje. Consultado el 01 de abril de 2025 en http://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2025/03/DISENO-FORMATIVO-PROYECTO-CONTROL-DE-PROCESOS.pdf
- Cruz, G. A., Castaño, E. y Toro, G. I. (2020). Formación sobre docencia virtual: una oportunidad para renovar las prácticas pedagógicas en la Universidad del Valle. En A. H. Galvis y J. M. Duart (Comps.), Uso transformador de tecnologías digitales en educación superior (pp. 306-334). Bogotá: Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia y RedUnete. DOI: https://doi.org/10.16925/9789587602456
- Cuenca, A., Alvarez, M., Ontaneda, E., Ontaneda, L., J., Ontaneda, E. y Ontaneda, S. (2021). La Taxonomía de Bloom para la era digital: actividades digitales docentes en octavo, noveno y décimo grado de Educación General Básica (EGB) en la Habilidad de «Comprender». Revista Espacios, Vol. 42 (11) 2021 • Art. 02. Consultado el 08 de abril de 2025 en https://www.revistaespacios.com/a21v42n11/a21v42n11p02.pdf. https://doi.org/10.48082/espacios-a21v42n11p02
- Delgado, J. L., Chávez, A. G., Molina, O. A. (2019). El conectivismo y las TIC: Un paradigma que impacta el proceso enseñanza aprendizaje. Revista Scientific - Vol. 4, N° 14 - noviembre-enero 2019-2020 - pág. 205/227. https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2019.4.14.10.205-227
- Klaus, S. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. Consultado el 07 de abril de 2025 en https://law.unimelb.edu.au/__data/assets/pdf_file/0005/3385454/Schwab-The_Fourth_Industrial_Revolution_Klaus_S.pdf.
- María S. R. M., Rory, M., y Jane-Frances, O. A. (2022). Horizontes digitales complejos en el Futuro de la Educación 4.0: luces desde las recomendaciones de la UNESCO. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, vol. 25, núm. 2, 2022. DOI: https://doi.org/10.5944/ried.25.2.33843
- Murrieta, G. V., Litardo, E., Morante, A. B., y Plaza, J. L. (2023, septiembre). Modelo constructivista y su aplicación en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Consultado el 10 de abril de 2025 en https://doi.org/10.5281/zenodo.10420471
- Sepúlveda-Romero, M. E. (2019). Humanización del acto de la retroalimentación en la educación virtual. Revista Virtu@lmente, 7(1), 95-115. DOI: https://doi.org/10.21158/2357514x.v7.n1.2019.2326
- Shukla, P., Kumar, R., and Shukla, A. (February 2024). Project-based learning (PBL). Consultado el 09 de abril de 2025 en https://www.researchgate.net/publication/378334128_Project-Based_Learning_PBL
- Velázquez, R. V., Zúñiga, K. M., Piguave, C. C., Garcet, Y. B. (2023). Metodología del aprendizaje basado en problemas como una herramienta para el logro del proceso de enseñanza- aprendizaje. Revista Sinapsis. ISSN 1390 – 9770 Vol. 1, Nro 23. https://doi.org/10.37117/s.v23i1.464
- Viviana Elizabeth Jiménez Chaves, Cornelio Comet Weiler (2016). Los estudios de casos como enfoque metodológico. ACADEMO Revista de Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades Diciembre, 2016, Vol. 3 Nro. 2

Sobre el autor

- **Eisenover Cabal**: Ingeniero electrónico, Máster en ingenierías, Máster en ciencias de la organización de la Universidad del Valle, Cali, Colombia. Profesor hora catedra Universidad del Valle, Cali Colombia. eisenhover.cabal@correounivalle.edu.co

---

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

Copyright © 2025 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)