



CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES EN EL PROCESO DE SISTEMATIZACIÓN DEL DESARROLLO DE PROYECTOS DE PREGRADO CON EMPRESAS EN LOS PROGRAMAS DE INGENIERÍA DE LA UNIAJC

Beatriz Eugenia Marín, Edwin Jair Núñez, Guillermo David, Fernando Ayora

**Institución Universitaria Antonio José Camacho
Cali, Colombia**

Resumen

Los proyectos de grado en las instituciones de educación superior son el principal laboratorio en la investigación formativa siendo fuentes de innovación y emprendimiento facilitando la articulación entre la academia y el sector empresarial. En la Facultad de Ingeniería de la Institución Universitaria Antonio José Camacho (UNIAJC) se tienen semestralmente proyectos de grado en alianzas con empresas que buscan mejorar procesos o sacar nuevos productos en el mercado.

El curso general de cada proyecto es orientado por el director de proyecto quien procura dar cumplimiento a los lineamientos del programa académico, generando a su criterio la dinámica de interacción con el sector productivo. Actualmente la Uniajc cuenta con tres programas de ingeniería: Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Industrial, donde se observan de manera general diferencias en los procesos que se llevan en torno a los proyectos de grado y no se encuentra formalizado un mecanismo de transferencia tecnológica. Debido a lo anterior, se ha propuesto sistematizar el proceso de proyectos de grado, especialmente aquellos vinculados con empresas, con el fin de hacer un análisis reflexivo y crítico que lleve a mejoras en los procesos actuales. En este documento se presenta la caracterización de las variables que intervienen en la gestión de los proyectos de grado como punto de partida para entender todo el sistema. Los métodos utilizados son el análisis exploratorio a través de revisión documental y entrevista con los actores involucrados y el análisis estructural. Finalmente, se obtiene una clasificación de las variables de acuerdo a su función en el sistema.

Palabras clave: innovación; sistematización de experiencias; investigación formativa

Abstract

Degree projects in higher education institutions are the main laboratory in formative research, being sources of innovation and entrepreneurship, facilitating the articulation between the academy and the business sector. At the Faculty of Engineering of the Antonio José Camacho University Institution (UNIAJC), degree projects are held every six months in alliances with companies that seek to improve processes or bring new products to the market.

The general course of each project is guided by the project director who tries to comply with the guidelines of the academic program, generating at his discretion the dynamics of interaction with the productive sector. Currently, Uniajc has three engineering programs: Systems Engineering, Electronic Engineering and Industrial Engineering, where differences are generally observed in the processes carried out around degree projects and a technology transfer mechanism is not formalized. . Due to the above, it has been proposed to systematize the process of degree projects, especially those related to companies, in order to make a reflective and critical analysis that leads to improvements in current processes. This document presents the characterization of the variables involved in the management of undergraduate projects as a starting point to understand the entire system. The methods used are exploratory analysis through documentary review and interview with the stakeholders and structural analysis. Finally, a classification of the variables is obtained according to their function in the system.

Keywords: *innovation; systematization of experiences; formative research*

1. Introducción

El desarrollo económico de un país está ligado fuertemente a su progreso tecnológico como resultado de la innovación y generación de conocimiento, siendo la universidad la principal encargada de esta tarea (Pineda, *et al.*, 2011). Esta responsabilidad ha llevado a las instituciones de educación superior a convertirse en centros de emprendimiento e innovación y no solamente de formación, extendiendo su interacción con el sector industrial. Esta nueva dinámica ha traído consigo tres funciones sustanciales en las instituciones de educación superior: la formación que brinda competencias necesarias para su desempeño profesional, la investigación que permite transformar el conocimiento y la extensión que refiere su vinculación con el entorno (Sánchez, *et al.*, 2015).

La facultad de Ingeniería de la Institución Universitaria Antonio José Camacho (UNIAJC) consciente de esta realidad se viene vinculando en proyectos que promueven la mejora de procesos en la industria desde los proyectos de pregrado, pero de manera aislada, es decir, cada profesor de acuerdo a su criterio realiza el acompañamiento del proyecto hasta que el estudiante culmine el programa académico, solo en algunas ocasiones se realiza seguimiento a la implantación del producto en la empresa o se documenta esta transferencia, lo que no ha permitido consolidar una estrategia replicable con un análisis reflexivo que facilite la implementación de los mejores procedimientos.



Por esta razón se busca documentar de manera sistemática, los procesos y actividades que se llevan a cabo al desarrollar los proyectos de grado en colaboración con la empresa, con el fin de brindar un referente que permita repetir los casos de éxito. Esto implica observar y percibir aquellos detalles de los procesos que determinan el conducto regular de cada práctica de acuerdo con el comportamiento de los actores que intervienen. Como menciona Jara (1994), en su escrito sobre sistematización, se debe dar valor a los factores cotidianos y ser objetivos frente a lo que se puede presentar aunque no sea lo esperado. Este autor propone 5 momentos: 1) punto de partida, 2) preguntas iniciales, 3) recuperación del momento vivido, 4) reflexión y 5) puntos de llegada, los cuales son asumidos en este proyecto. Se espera al observar de cerca y de manera organizada la dinámica de la interacción universidad-empresa se pueda aprender de la experiencia, cuestionando lo que se piensa, se hace y lo que realmente sucede para establecer una ruta de trabajo clara y precisa que pueda ser aplicada en futuros proyectos.

Este proyecto se encuentra en el desarrollo de la primera fase denominada caracterización, donde se identifican las principales variables que intervienen, a continuación, se presentan los métodos utilizados para identificar y dar sentido a las variables del sistema de proyectos de grado, la contextualización general del sistema, la aplicación del análisis estructural y los resultados obtenidos.

2. Métodos aplicados

Para la fase inicial de caracterización en el proceso de sistematización de proyectos de grado se siguieron dos etapas: la contextualización y el análisis estructural.

- Contextualización del ciclo de vida de los proyectos de grado priorizando aquellos que se relacionaban con empresa. Acogiendo la propuesta de Caballero (2016) se desarrollaron los siguientes factores:
 - Jerarquía General del Sistema: mediante revisión documental se ubicaron los procesos de proyectos de grado en un macrosistema al interior de la institución. Posteriormente, a través de entrevistas a los directores de programa y docentes encargados de la gestión de los proyectos de grado en Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Industrial se modelaron los subsistemas y las interacciones entre los componentes con diagramas de flujo y definición de objetivos por proceso con su momento de inicio y momento de terminación.
 - Procesos de comunicación: a partir de la información recolectada en los diálogos y entrevistas realizadas se construyó la tabla de actores en la comunicación, información de interés, medios de comunicación e instrumentos utilizados.
 - Procesos de control: se utilizó el proceso Stage-gate (Vilar, s. f.) que propone encontrar estadios que contienen las tareas que deben realizar los integrantes del equipo del proyecto y puertas donde se evalúa la continuación o no del proyecto.



Estas puertas por lo regular son documentos que se revisan con criterios de cumplimiento que van desde la obligatoriedad hasta aquellos que son opcionales.

- Propiedades emergentes: son el resultado de las interrelaciones entre sus componentes, donde su tiempo de desarrollo, confiabilidad, diseño, adaptación al cambio muestran un alto grado de acoplamiento (Parrend, *et al.*, 2020).
 - Aplicación de la técnica de Análisis estructural del sistema para caracterizar finalmente las variables clave (Godet, *et al.*, 2000; Guzmán, *et al.*, 2005; Velásquez, 2020).
- Se presenta en las secciones siguientes el desarrollo de estas dos etapas.

3. Proyectos de grado en la Facultad de Ingeniería de la UNIAJC

Para incorporar los procesos de los proyectos de grado en un marco general de sistema que permitiera describirlo claramente se documentaron los siguientes factores:

- Jerarquía General del Sistema

El sistema contenedor de los proyectos de grado es el modelo pedagógico de la institución, donde se tiene una concepción humanista que busca proyectar la educación para la sociedad a través de la formación de profesionales íntegros que mediante el abordaje del pensamiento complejo confrontan la realidad. En este proceso de gestión del conocimiento interactúan el aprendizaje significativo, el aprendizaje autónomo y el aprendizaje colaborativo que sigue la lógica de la investigación formativa, llevando a soluciones de problemáticas sociales (Calvache *et al.*, 2013). Es en la investigación formativa mediante la estrategia por descubrimiento y construcción (Restrepo, 2017), donde el estudiante genera conocimiento a partir de la indagación y la interpretación. La innovación tecnológica surge en este proceso y puede ser representada por nuevos servicios, productos o procesos (Aponte, 2015).

El sistema de los proyectos de grado en la Facultad de Ingeniería de la Uniajc inicia con la construcción de la propuesta denominada anteproyecto de grado donde los estudiantes estructuran sus propias ideas de proyecto o estudian algunas de las existentes en los grupos de investigación, semilleros o propuestas de las empresas acogidas por los programas académicos.

Cuando se tiene terminado el documento de anteproyecto de grado es evaluado por dos docentes del área disciplinar del programa académico al cual pertenece la propuesta, quienes dan aval o solicitan correcciones.

Posteriormente los estudiantes tienen una o dos materias más, según el programa académico para diseñar y construir el producto final. En este último momento los estudiantes pueden tomar la opción de cursar un diplomado, lo cual lleva a no terminar el proyecto. Cuando un proyecto alcanza todos los objetivos propuestos se programa para evaluación y sustentación con todos los actos administrativos que esto conlleva (Ver fig. 1).



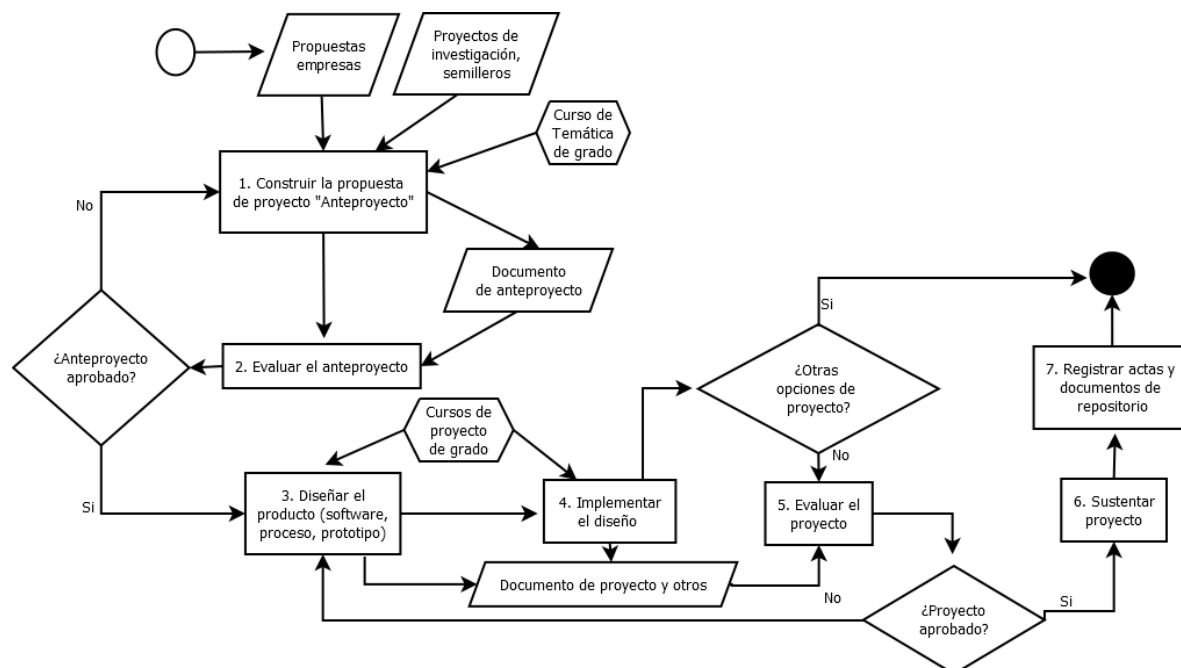


Figura 1. Diagrama de flujo del sistema de proyectos de grado de la Facultad de Ingeniería de la Uniajc.

- Procesos de comunicación

Los actores interesados de la información en este proceso son los directores de programa, directores de proyecto, Decano, Oficina de calidad, Comité de programa, empresas y estudiantes. Los medios utilizados son electrónicos y se utilizan como instrumentos las fichas de proyectos y formatos de evaluación. La frecuencia de cada comunicación depende del proceso particular que se esté llevando a cabo.

- Procesos de control

A partir de la figura 1, se identifican como estadios: la construcción de la propuesta, el diseño, la implementación y el lanzamiento a sustentación. Las puertas son los momentos de evaluación de cada proceso mediante las notas de los cursos, evaluaciones de anteproyecto y evaluaciones de proyecto final en sus respectivos formatos de calidad.

- Propiedades emergentes

Las propiedades emergentes se toman en este proyecto como el resultado de las interrelaciones entre sus componentes, identificando el tiempo de desarrollo, confiabilidad, diseño, adaptación al cambio, ya que ellas muestran un alto grado de acoplamiento (Parrend & Collet, 2020).

4. Análisis estructural del sistema

Inicialmente se realizó la identificación de variables del sistema mediante análisis del proceso de contextualización, resultando 36 variables que fueron agrupadas de acuerdo a la naturaleza de su función en el proceso (ver tabla 1).



Tabla 1
Variables del sistema de proyectos de grado

Variables de estructura					
CEP – Características estructurales del proyecto					
NI - Número de	TP - Tipo de	PA - Programa	CP - Costo del	VC - Valor	NA - Número
CPE - Características personales del equipo					
C-Compromiso	L - Liderazgo	R -Responsabilidad	FAE - Facilidad de aprendizaje		
CDE - Cambios durante la ejecución					
CD - Cambio de directrices en alguna		CAP – Cambio de asesores proyecto		CEP – Cambio estudiantes proyecto	
Variables de alcance					
ET - Estimación de tiempo					
TDP - Tiempo disponible para desarrollar el proyecto por			TDA - Tiempo disponible para asesorar el proyecto		
OT - Objetivos y tareas					
CO - Cantidad de objetivos específicos propuestos			CA - Cantidad de actividades necesarias para cumplir		
Variables de calidad					
NE - Normas y estándares					
NAP - Normas aplicadas al proyecto		TPR - Tipo de pruebas realizadas		CPR - Cantidad de pruebas	
EC - Elementos de calidad					
GSB - Grado de satisfacción del		Eficacia del producto realizado			
Variables de innovación					
IN - Impacto en el negocio					
ROI - Tasa de retorno de la inversión			AIE - Ahorro/ingreso por nuevo proceso o producto en		
IP - Impacto en el programa					
NPE - Número de proyectos exitosos de		NPNE - Número de proyectos de		NACC - Número de acuerdos de	
Variables de control					
CT - Control del tiempo					
TPT - Tiempo propuesto por tarea			TRT - Tiempo real por tarea		
MD - Monitoreo del desarrollo					
NRA - Número de reuniones de		NRE - Número de reuniones con		PAC - Porcentajes de avance del	
EP - Evaluaciones del proyecto					
NAP - Nota alcanzada en el anteproyecto			NAPF - Nota Alcanzada en el proyecto final		
Variables de comunicación					
ECP - Errores de comunicación en el proyecto					
FCI - Fallas en la comunicación entre los integrantes del grupo			FCD - Fallas en la comunicación entre directivos del		

Nota: Las variables se encuentran agrupadas en las siguientes categorías generales: variables de estructura, alcance, calidad, innovación, control y comunicación. Dentro de cada categoría se encuentran subgrupos que facilitan el análisis de los datos.

A partir de la identificación de variables se construyó la matriz de influencia cruzada (Ver tabla 2) para encontrar dependencias.



Tabla 2

Matriz de influencia cruzada

	CEP	CPE	CDE	ET	OT	NE	EC	IN	IP	CT	MD	EP	ECP
CEP	0	2	2	3	3	0	0	3	3	1	1	0	1
CPE	1	0	2	3	3	0	0	1	1	1	1	2	3
CDE	3	1	0	3	3	1	3	3	3	3	3	1	2
ET	3	1	3	0	3	2	2	2	2	3	3	2	2
OT	3	1	3	3	0	2	2	3	2	3	3	3	0
NE	1	1	1	3	2	0	3	2	0	2	2	3	3
EC	1	1	2	1	3	3	0	3	1	2	2	3	0
IN	3	1	2	1	3	0	1	0	3	2	2	0	1
IP	2	0	0	1	1	0	0	3	0	2	2	0	0
CT	0	1	3	2	3	1	1	1	1	0	3	3	0
MD	0	0	1	0	2	0	0	2	3	3	0	3	3
EP	0	0	3	2	2	0	0	0	3	0	0	0	0
ECP	3	3	2	0	3	0	2	2	2	3	3	3	0

Nota: Esta matriz presenta la influencia de la variable de la primera columna de la izquierda sobre la variable de la primera fila. La escala que se utiliza es 0 – No hay influencia, 1 – Influencia débil, 2 – Influencia media, 3 – Influencia alta.

En la tabla 3, se presenta el comportamiento de las variables con respecto a la motricidad y la dependencia.

Tabla 3

Motricidad y dependencia de las variables

Variable/grado	Motricidad	Dependencia	%motricidad	% dependencia
CEP	19	20	7,1%	7,4%
CPE	18	12	6,7%	4,5%
CDE	29	24	10,8%	8,9%
ET	28	22	10,4%	8,2%
OT	28	31	10,4%	11,5%
NE	23	9	8,6%	3,3%
EC	22	14	8,2%	5,2%
IN	19	25	7,1%	9,3%
IP	11	24	4,1%	8,9%
CT	19	25	7,1%	9,3%
MD	17	25	6,3%	9,3%
EP	10	23	3,7%	8,6%
ECP	26	15	9,7%	5,6%
Total	269	269	100%	100%

Nota: La motricidad o influencia de una variable corresponde a la suma de su fila en la matriz de influencia cruzada, la dependencia corresponde a la suma de los valores por columna.

5. Resultados

La motricidad muestra que las variables CDE (Cambios durante ejecución), ET (Estimación del tiempo), OT (Objetivos y tareas), ECP (Errores de comunicación en el proyecto) son las más motrices, es decir, las de mayor influencia en el sistema. Las variables IP (Impacto en el programa) y EP (Evaluaciones del proyecto) son las que menos influyen. También se puede observar que la



variable con mayor dependencia de otras variables es OT (Objetivos y tareas) seguida por IN (Impacto del negocio), CT (Control del tiempo) y MD (Monitoreo del desarrollo).

Las variables poco influyentes y dependientes como CPE (Características personales del estudiante) podrían ser desechadas. Variables con alta dependencia y poca influencia se clasifican como variables resultantes, en este caso se tiene la variable EP (Evaluaciones del proyecto). Variables con alta influencia y poca dependencia se conocen como condicionantes y permiten modificar el sistema, clasifican en esta categoría ECP (errores de comunicación en el proyecto) y ET (Estimación del tiempo). Las variables con alta influencia y dependencia se conocen como variables de la zona de conflicto e impactan sobre las variables resultante, aquí se encuentra OT (Objetivos y tareas) seguida por CDE (Cambios durante la ejecución).

6. Conclusiones

El proceso de caracterización de variables permite conocer el sistema a profundidad, la utilización de herramientas como el análisis estructural facilitan la cuantificación de las relaciones entre ellas, dando un soporte numérico a la selección de cada una.

En el proceso de sistematización este punto de partida permite continuar con la construcción de indicadores y métricas de mayor confianza para el registro de cada experiencia.

7. Referencias

- Aponte, G. (2015). El proceso de gestión de innovación tecnológica: Sus etapas e indicadores relacionados. *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*, XXI (1), 59-90.
- Caballero, A. (2016). Sistema de control de proyectos de construcción de vivienda usando indicadores clave. *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. Universitat Politècnica de Catalunya. Consultado en abril 10, 2021, a partir de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/96370>
- Calvache, O., Contreras, A., López, A., Muñoz, C., Vinuesa, C., Ayala, F., Mera, H., et al. (2013). *Modelo pedagógico UNIAJC* (Institución Universitaria Antonio José Camacho.).
- Godet, M., Monti, R., Meunier, F., and Roubelat, F. (2000). La caja de herramientas de la prospectiva estratégica.
- Guzmán, A., Malaver, N., and Rivera, H. (2005). Análisis estructural. Técnica de la prospectiva. *Universidad del Rosario*.
- Jara, O. (1994). *Para sistematizar experiencias*. Alforja. Consultado mazo 17, 2021, a partir de <http://www.fahce.unlp.edu.ar/extension/Documentos%20y%20Ponencias/para-sistematizar-experiencias-una-propuesta-teorica-y-practica>
- Parrend, P., and Collet, P. (2020). A Review on Complex System Engineering. *Journal of Systems Science and Complexity*, 33, 1755-1784.
- Pineda, K., Morales, M., and Ortiz, M. (2011). Modelos y mecanismos de interacción universidad - empresa - Estado: Retos para las universidades colombianas. *Equidad Desarrollo*, 15, 45-67.
- Restrepo, B. (2017). Conceptos y aplicaciones de la investigación formativa y criterios para evaluar la investigación científica en sentido estricto. Consultado mazo 27, 2021, a partir de <https://www.epn.edu.ec/wp-content/uploads/2017/03/Investigaci%C3%B3n-Formativa-Colombia.pdf>



- Sánchez, L., and Reyes, S. (2015). Los modelos de relación universidad-empresa. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. Consultado mazo 27, 2021, a partir de <https://www.eumed.net/rev/caribe/2015/07/universidad-empresa.html>
- Velasquez Lugo, M. (2020). Uso del análisis estructural para caracterizar variables de calidad educativa en institución de primaria y secundaria venezolana. *Educación*, 29(56), 170-190. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Vilar, A. (s. f.). Evaluación y medición de proyectos de innovación I+D+i. *Universitat Oberta de Catalunya*, 30. Consultado mazo 27, 2021, a partir de http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/79205/4/Evaluaci%C3%B3n%20y%20medida%20de%20proyectos%20de%20innovaci%C3%B3n%20R%2BD%2Bi_M%C3%B3dulo%204_Medici%C3%B3n%20y%20an%C3%A1lisis%20de%20la%20innovaci%C3%B3n.pdf

Sobre los autores

- **Beatriz Eugenia Marín Ospina** Ingeniera de Sistemas con Magister en Ciencias y Sistemas de Información Geográficos. Docente y coordinadora de los procesos de investigación de la Facultad de Ingeniería de la Uniajc.
- **Edwin Núñez Ortiz** Ingeniero Electrónico, Magister en Teledetección, Especialista en Electrónica Industrial, Especialista en Gerencia de Instituciones Educativas. Decano de la Facultad de Ingeniería de la Uniajc.
- **Guillermo Adolfo David Núñez** Ingeniero Electrónico, Magister en Ingeniería énfasis en Ingeniería Electrónica, Especialista en Redes de Comunicación. Director del programa de Ingeniería Electrónica en la Uniajc.
- **Fernando Ayora Díaz** Administrador de Empresas, Magister en Software Libre, Especialista en Servicios Telemáticos y Conexión de Redes, Especialista en Gerencia de Instituciones Educativas. Director del programa de Ingeniería de Sistemas en la Uniajc.

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

Copyright © 2021 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

