
EQUIPO EDITORIAL / EDITORIAL TEAM / EQUIPA EDITORIAL

Editor Jefe / Editor in chief / Editor Chefe

Luis Alonso Dzul López. Universidad Internacional Iberoamericana, México

Roberto Alvarez. Universidad de Buenos Aires, Argentina

Editores Asociados / Associate Editors / Editores associados

Alina Eugenia Pascual Barrera. Universidad Internacional Iberoamericana, México

Ernesto Bautista Thompson. Universidad Internacional Iberoamericana, México

Lazaro Cremades Oliver. Universidad Politécnica de Cataluña

José del Carmen Zavala Loría. Universidad Internacional Iberoamericana, México

Santos Gracia Villar. Universidad Europea del Atlántico

Secretaria / Secretary / Secretário

Beatriz Berrios Aguayo. Universidad de Jaén, España

Consejo Científico Internacional / International scientific committee / Conselho científico internacional

Miguel Angel López Flores Instituto Politécnico Nacional, México

Brenda Brabo Díaz. Instituto Politécnico Nacional, México

Lázaro Cremades. Universidad Politécnica de Cataluña, España

Fermín Ferriol Sánchez. Universidad Internacional Iberoamericana, México

Miguel Ysrrael Ramírez Sánchez, Universidad Internacional Iberoamericana, México

Armando Anaya Hernández. Universidad Internacional Iberoamericana, México

Ramón Pali Casanova. Universidad Internacional Iberoamericana, México

Jorge Crespo. Universidad Europea del Atlántico, España

María Luisa Sámano, Centro de Investigación y Tecnología Industrial de Cantabria, España

Carmen Varela. Centro de Investigación y Tecnología Industrial de Cantabria, España

Alejandro Ruiz Marín, Universidad Autónoma del Carmen, México

Asteria Narváez García. Universidad Autónoma del Carmen, México

Ricardo Armando Barrera Cámara. Universidad Autónoma del Carmen, México

Claudia Gutiérrez Antonio. Universidad Autónoma de Querétaro, México

Felipe André Angst. Universidad Católica de Mozambique, Mozambique

Luis Borges Gouveia. Universidade Fernando Pessoa, Portugal

Rodrigo Florencio da Silva. Instituto Politécnico Nacional, México.

Charles Ysaacc da Silva Rodrigues. Universidad de Guanajuato, México.

Patrocinadores:

Funiber - Fundación Universitaria Iberoamericana

Universidad internacional Iberoamericana. Campeche (México)

Universidad Europea del Atlántico. Santander (España)

Universidad Internacional Iberoamericana. Puerto Rico (EE. UU)

Universidade Internacional do Cuanza. Cuito (Angola)

Colaboran:

Centro de Investigación en Tecnología Industrial de Cantabria (CITICAN)

Grupo de Investigación IDEO (HUM 660) - Universidad de Jaén

Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica de Campeche (CITTECAM) - México

SUMARIO ● SUMMARY ● RESUMO

- Editorial 5
- Indagación sistémica para la mejora continua de las herramientas de gestión de proyectos: el caso gestiona de la Universidad Estatal a Distancia..... 7
Systemic inquiry for the continuous improvement of project management tool: the case of gestiona of the Distance State University
Esterlyn Quesada Brenes, Andrés Segura Castillo. Universidad Estatal a Distancia / Universidad Internacional Iberoamericana (Costa Rica) / Centro Nacional de Alta Tecnología / Open University / Universidad Estatal a Distancia, Universidad de Costa Rica (Costa Rica).
- O acesso à educação infantil no estado de Mato Grosso–Brasil: ao final do Plano Nacional de Educação (2014-2024).....27
Access to early childhood education in the state of Mato Grosso–Brazil: at the end of the national education plan (2014-2024)
Maria Cristiana da Silva Cadildé Vilela, Carlos Tadeu Qauiroz de Morais. Universidad Internacional Iberoamericana (Brasil).
- Análisis de ladrillos ecológicos fabricados con suelo limo-arenoso, cemento, viruta y papel, en base a resistencia, costo y deformación.....37
Analysis of ecological bricks manufactured with silt-sandy soil, cement, wood-leftovers and paper, based on hardness, cost and disfigurement
Franklin Mauricio Campoverde Bustos, Xavier Nieto Cárdenas, Caori Patricia Takeuchi. Universidad Católica de Cuenca (Ecuador).
- Geotecnia y Arquitectura. Consideraciones sobre el paradigma actual en geotecnia y sus posibles desarrollos futuros.....57
Geotechnics and Architecture. Considerations on the current paradigm in geotechnics and its possible future developments
Emilio Gastón Polo Friz. Universidad Nacional de Mar del Plata (Argentina).
- Método FORTE v. 1.0: una contribución a la gestión de megaproyectos de ingeniería en Brasil..... 66
Forte Method v. 1.0: a contribution to schedule management of engineering megaprojects in Brazil
Marcus Vinícius Forte Silva, Mirtha Silvana Garat de Marín. Universidad Europea del Atlántico (España) / Universidad Internacional Iberoamericana (Uruguay).
- Los proyectos de investigación como instrumentos de análisis de políticas públicas. Las políticas culturales multijurisdiccionales y sus modelos de gestión en la ciudad de Mar del Plata81
Research projects as instruments for public policy analysis. Multijurisdictional cultural policies and their management models in the city of Mar del Plata

*Laura Isabel Romero, Guillermo Osvaldo Eciolaza, Emilio Gastón Polo Friz.
Universidad Nacional de Mar del Plata (Argentina).*

- Modelación de la cinética de reacción para la producción de polihidroxialcanoatos microbianos mediante *Bacillus megaterium*89
Research projects as instruments for public policy analysis. Modeling reaction kinetics for the production of microbial polyhydroxyalkanoates by *Bacillus megaterium*
José Luis Gómez Bravo, Silvia Cruz Ramales, María Oneida Rosado García, Alejandro Tzompatzi Sánchez, Germán De los Santos Bañuelos. Universidad Tecnológica de Puebla (México).

- Desarrollo de competencias blandas en estudiantes de ingeniería: trabajo colaborativo 106
Development of soft skills in Engineering students: collaborative work
Neydi Gabriela Alfaro Cazares. Universidad Autónoma de Nuevo León (México).

Editorial

El presente número de *MLS Project Design & Management* enfatiza la importancia de la participación conjunta que conecta con diversas disciplinas científicas de nuestros colaboradores. La innovación en el desarrollo científico-tecnológico es un rasgo fundamental que demuestra los principales objetivos de la revista en temas de investigación y divulgación. Esta edición presenta 8 artículos seleccionados. La sección de docencia, expone dos artículos que describen metodologías y herramientas de gestión de proyectos en temas relacionados con la educación, demostrando la importancia y necesidad de implementar actualizaciones y nuevos métodos para favorecer el derecho a la educación y el acceso a ella. Además, para la rama de ingeniería civil y arquitectura se presentan dos investigaciones pertinentes, la primera corresponde al análisis de materiales fabricados en sitio detallando su resistencia, costo y deformación y la segunda orientada a los desarrollos futuros de la geotecnia. La sección de Gestión de Proyectos presenta investigaciones que describen el desarrollo oportuno de megaproyectos de ingeniería en Brasil y la propuesta de proyectos de investigación como instrumentos de análisis para las políticas públicas respectivamente. Finalmente, este número presenta la modelación cinética en la producción de polihidroxiclcanoatos utilizando *Bacillus megaterium*.

El primer artículo demuestra la eficacia de la indagación sistémica mediante la mejora continua de las herramientas de gestión de proyectos, aplicada y validada en la Universidad Estatal a Distancia (UNED), México, propiciando oportunidades de mejora emergentes como una característica valiosa propia del proceso de indagación sistémica.

El contenido del segundo artículo, muestra una investigación cuantitativa, refleja la importancia del trabajo realizado en el campo educativo por derecho del niño y el acceso a la primera etapa de educación básica, la metodología se implementó en el estado de Mato Grosso-Brasil como parte del último año del Plan Nacional de Educación.

Por su parte, el análisis de ladrillos ecológicos que se presenta en el tercer artículo, demuestra que este material es capaz de deformarse y seguir recibiendo carga a diferencia de un ladrillo tradicional que alcanza su resistencia máxima sin mayor deformación permitiendo a las edificaciones un mayor comportamiento elástico y reduciendo algunas fallas estructurales.

El cuarto artículo dirigido a temas de geotecnia y arquitectura en la ciudad de Mar del Plata en Argentina, establece zonas de caracterización geotécnica diferenciada utilizando una metodología cuantitativa-cualitativa y de sistematización sobre un Sistema de Información Geográfica (SIG), con análisis interpretativo y descriptivo de la estructura.

La metodología implementada en el quinto artículo aplicando un método de análisis de horarios – el Método FORTE v. 1.0 – responsable de la primera iniciativa integrada dirigida al cumplimiento, gestión de proyectos y conocimiento corporativo, ajustada a la realidad de los grandes proyectos de ingeniería en Brasil resultando en la optimización de la gestión de proyectos y jerarquía organizacional.

A través de un caso de aplicación que analiza los proyectos de investigación como instrumentos de políticas públicas, el sexto artículo detalla la relevancia teórica de la investigación permitiendo aportar contenidos conceptuales desde un abordaje interdisciplinario en el campo de la cultura en el análisis de políticas públicas.

El séptimo artículo centra su investigación en el desarrollo de las competencias blandas del estudiante de ingeniería mediante un modelo de trabajo colaborativo, los resultados indican la importancia de incluir en sus estancias de trabajo, la comunicación efectiva, negociación, empatía y liderazgo como habilidades necesarias en el mundo laboral.

Finalmente, el octavo artículo propone una primera etapa de utilizar modelos matemáticos de simulación para la cinética aplicada en la producción de polihidroxialcanoatos microbianos, demostrando que las bacterias pueden aislarse del humus de la lombriz roja californiana, y para el crecimiento de biomasa se utiliza un modelo logístico que incluye un factor de inhibición y una constante asociada al mantenimiento celular.

Antes de finalizar esta editorial, es importante para todos los que colaboramos en este nuevo proyecto el agradecer al equipo de colaboradores, informático y técnico, así como a la Fundación Universitaria Iberoamericana (FUNIBER) y a las Universidades que han proporcionado todo el apoyo material para que este número pueda llevarse a cabo, con la convicción de que estamos en el camino correcto hacia el reconocimiento internacional.

Dr. Luis A. Dzul López
Dr. Roberto M. Álvarez
Editores en Jefe

PROJECT, DESIGN AND MANAGEMENT

<https://www.mlsjournals.com/Project-Design-Management>

ISSN: 2683-1597



Cómo citar este artículo:

Quesada Brenes, E. & Segura Castillo, A. (2023). Indagación sistémica para la mejora continua de las herramientas de gestión de proyectos: El caso gestiona de la Universidad Estatal a Distancia. *Project, Design and Management*, número monográfico, 7-26 . 10.35992/pdm.mo2023.1826.

INDAGACIÓN SISTÉMICA PARA LA MEJORA CONTINUA DE LAS HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE PROYECTOS: EL CASO GESTIONA DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA

Esterlyn Quesada Brenes

Universidad Estatal a Distancia / Universidad Internacional Iberoamericana (Costa Rica)

equesada@uned.ac.cr · <https://orcid.org/0000-0002-3426-6515>

Andrés Segura Castillo

Centro Nacional de Alta Tecnología / Open University / Universidad Estatal a Distancia,
Universidad de Costa Rica (Costa Rica)

asegurac@uned.ac.cr · <https://orcid.org/0000-0001-5647-1176>

Resumen. El Sistema de Investigación de la Universidad Estatal a Distancia (UNED) ha buscado, desde su creación, propiciar una dinámica sistémica para la gestión de sus proyectos, apoyada en herramientas tecnológicas diseñadas a la medida. Esta perspectiva reta la visión tradicional de gestión de proyectos de investigación y abre posibilidades de innovación en este ámbito. Así, surge Gestiona, un software en línea para la captura de la información producida por los proyectos pertenecientes a dicho sistema de investigación. Como objetivo se ha buscado la mejora continua de Gestiona y su adaptación a los cambios del sistema de investigación de la UNED, considerando como criterio de efectividad la mínima pérdida de información posible a partir de los datos generados por los proyectos. El presente trabajo muestra cómo, una indagación sistémica del comportamiento de los actores que intervienen en los proyectos, ha permitido la mejora continua de la herramienta y la captura de datos relevantes en Gestiona, para la toma de decisiones por parte de las personas gestoras de los proyectos de investigación. Los resultados obtenidos muestran la efectividad de la indagación sistémica como una alternativa para la mejora continua de la gestión de proyectos. Asimismo, se presentan oportunidades de mejora emergentes como una característica valiosa propia del proceso de indagación sistémica.

Palabras clave: indagación sistémica, mejora continua, Gestiona, UNED

SYSTEMIC INQUIRY FOR THE CONTINUOUS IMPROVEMENT OF PROJECT MANAGEMENT TOOL: THE CASE OF GESTIONA OF THE DISTANCE STATE UNIVERSITY

Abstract. From its beginnings, a systemic dynamic, that promotes collaboration among diverse disciplines, has been the focus of the research system at the Universidad Estatal a Distancia (UNED). That vision challenges traditional project management in the costa rican context and opens possibilities for innovation. For instance, custom made technologies have been developed to support project management activities at UNED. Among the technologies build to support research project management at UNED, an online information system named Gestiona was developed. As a means to adapt the system to a rapid changing environment, a systemic inquiry has

been enacted. Relevant actors have intervened during the process, finding accommodations that aimed at reducing as much as possible the loss of information during the research project management activities. The results show the effectiveness of the enacted systemic inquiry, primarily as a methodology for continuous improvement. Furthermore, emergent opportunities are presented as a distinctive valuable feature of systemic inquiry processes. **Keywords:** systemic inquiry, continuous improvement, Gestiona, UNED.

Introducción

El Sistema de Investigación de la Universidad Estatal a Distancia (UNED) ha buscado, desde su creación, propiciar una dinámica sistémica para la gestión de proyectos mediada por herramientas tecnológicas diseñadas a la medida de la institución. Dicha visión representa, además de un reto, dado el contexto de escasez de recursos públicos costarricense, un espacio para la creación de nuevas formas para la gestión de los proyectos de investigación e innovación que nutren las dinámicas del sistema de investigación de la UNED.

Con el fin de garantizar la calidad de sus iniciativas de investigación, innovación y desarrollo, con insumos propios y bajo el liderazgo de un equipo de investigadores de la universidad con experiencia en el análisis y desarrollo de sistemas, se construyó una herramienta de software en línea, que por varios años se hospedaría en un computador con recursos mínimos, adquirido con fondos destinados a la investigación.

Se denominó Gestiona y en poco tiempo, afín a la tarea de dar apoyo a la gestión de proyectos y a la toma estratégica de decisiones, también tendría el designio de ser la ventana para visibilizar la investigación de la UNED al mundo entero, labor que ha ejercido hasta el presente.

A partir de una indagación sistémica del quehacer investigativo de la UNED, Gestiona se ha adaptado continuamente al comportamiento de los procesos del sistema de investigación de la UNED, considerando como criterio de efectividad la mínima pérdida de información posible a partir de los datos generados por los proyectos.

La indagación sistémica se concibe como un proceso de aprendizaje social, enfocado a atender una situación de interés compleja, donde participan actores con múltiples perspectivas, existen entornos cambiantes y elementos tecnológicos diversos, con el fin de proponer acciones de mejora para la misma (Ison, 2017). Este enfoque se basa en la idea de que los sistemas no pueden ser comprendidos completamente al examinar individualmente sus partes, sino que es necesario comprender cómo las partes interactúan entre sí y cómo estas interacciones dan lugar a la complejidad del sistema en su conjunto.

Implica el uso de diversas herramientas y técnicas para analizar los sistemas complejos, incluyendo la modelización matemática, la simulación, el análisis de redes, la visualización de datos y la observación participante. Además, utiliza un enfoque iterativo de investigación, en el que los resultados obtenidos se utilizan para ajustar y refinar la comprensión del sistema en cuestión.

Este enfoque se ha utilizado en múltiples campos, como la biología, la ecología, la economía, la sociología, la psicología y la ingeniería, entre otros. Se considera especialmente útil para abordar problemas complejos y multidisciplinarios.

Así, la indagación sistémica cuenta con 4 componentes:

- Situación de interés: La situación a explorar con el fin de encontrar posibles alternativas de mejora. Se asume que la misma es percibida como compleja por las partes interesadas,

es decir, involucra múltiples actores con perspectivas posiblemente conflictivas, ocurre en un entorno cambiante y su solución no es formalizable (Rittel & Webber, 1973).

- Persona practicante: En este caso son las personas integrantes del equipo consultor, quienes guían el desarrollo e implementación de la indagación sistémica, empleando distintas herramientas de la tradición sistémica para comprender y atender la situación de interés (Blackmore, 2010).
- Marco de trabajo: El referente teórico que guía la selección de métodos y técnicas a utilizar durante la indagación sistémica de la situación de interés.
- Conjunto de métodos y técnicas: De acuerdo con el marco de trabajo declarado, se define una serie de técnicas o métodos a utilizar. Estos pueden ser cualitativos, cuantitativos o mixtos.

Ahora bien, previo a profundizar en los resultados de la indagación sistémica aplicada al sistema Gestiona, es relevante aclarar aspectos importantes del contexto y de la situación de interés percibida como problemática.

En primera instancia, cabe resaltar que el desarrollo de Gestiona emergió de personas investigadoras pertenecientes al sistema de investigación de la UNED, con una visión más proactiva y dispuesta al riesgo que la propiciada por la gestión tradicional de la dirección a cargo del desarrollo tecnológico institucional, la cual suele ser lenta y poco abierta a procesos de innovación.

No es común que investigadores (aunque tengan una base en computación), desarrollen y estén a cargo de atender las modificaciones necesarias para un sistema informático, así que, aunque existen múltiples metodologías de análisis y diseño de requerimientos que pudieron ser aplicadas para el proceso de mejora continua, se decidió darle un enfoque investigativo a la propia evolución del sistema, causando así que las personas usuarias eventualmente fueran actores directos en el proceso de cambio.

Gestiona se conceptualiza en un entorno complejo, donde había fenómenos que pronosticaban que no sería un desarrollo habitual. Estos fenómenos, que al principio se consideraron obstáculos, fueron solventados gracias a las decisiones visionarias tomadas por la persona que ejercía como vicerrectora en su momento y al equipo de trabajo de programadores-investigadores a cargo de la tarea y más bien se transformaron en oportunidades que lo diferenciarían del resto de sistemas institucionales hasta el día de hoy.

Los fenómenos referidos son:

- El poco tiempo transcurrido en la gestión: la Vicerrectoría de Investigación fue creada en el año 2007, por lo tanto, al inicio del desarrollo del Gestiona (2011) apenas se empezaban a conceptualizar los macroprocesos y procesos, lo que incentivó a realizar una exploración previa para conceptualizar el sistema, haciendo que el mismo fuera el producto de un proyecto de investigación en sí.
- La disyuntiva existente entre la Vicerrectoría de Investigación de la UNED y la Dirección de Tecnología (DTIC): las alternativas que ofrecía esta última en cuanto a la innovación y tiempo de respuesta, no satisfacían a la autoridad de la vicerrectoría y por ello se optó por una independencia tecnológica, que incluiría la experimentación constante de nuevas prácticas y herramientas.
- Tratar de encasillar la nueva herramienta para atender la necesidad de apoyar la gestión de la investigación, dentro de los parámetros solicitados por la DTIC, ya que era necesario tener claramente identificados todos los formularios, procesos y reportes, contrario a la intención de mantener el sistema siempre abierto a mejoras, en respuesta a las dinámicas de trabajo cambiantes del sistema de investigación de la UNED.

- La multidisciplinariedad de los usuarios del sistema: Gestiona sería usado por biólogos, filósofos, psicólogos, profesores, teólogos, docentes y muchos otros, lo que implicaba que la herramienta debía percibirse como simple, flexible e intuitiva, pero sobre todo, que no obstaculizara la investigación.
- La resistencia al cambio: nacer en un ambiente abstracto como lo era el sistema de investigación en sus inicios, implicó que muchas personas investigadoras se opusieran a su desarrollo. Por ejemplo, se consideraba un error delimitar la fecha de inicio y finalización de los proyectos abogando a términos como la transversalidad en el tiempo.
- La existencia de múltiples instancias ejecutoras de proyectos: cualquiera puede investigar en la UNED, no importa si lo hace de forma individual o en grupo, además es indiferente la unidad administrativa o académica de las personas participantes. Esto hace que exista un rose normal entre las distintas formas de gestión de proyectos, que se refleja en la diversidad de formularios de presentación, cartas de aval de pares externos y machotes de informes de avance y cierre. Así qué, el Gestiona debía ser tolerante en cuanto a los formatos de los documentos almacenados.
- Igualmente, la presencia de múltiples entidades patrocinadores de proyectos de investigación, principalmente de instituciones gubernamentales, así como organismos internaciones, exigía que las personas investigadoras llenaran la plantilla de presentación del proyecto definido por cada entidad. Por ello, si se agregaba un paso adicional al proceso para exigir el llenado de otro documento con el formato definido por la Vicerrectoría de Investigación, habría sido una mala estrategia para procurar la aceptación del Gestiona.

Así, desde un inicio, el desarrollo de Gestiona como herramienta para la captura de información resultante de las dinámicas de los proyectos de investigación, se rodeó de un ambiente con cierta resistencia al cambio, situación que demandó una aproximación distinta, que además de subsistir en medio de dicha complejidad, promoviera la mejora continua en pro de una adaptación exitosa a los cambios y demandas que eventualmente surgirían en el entorno.

La mejora continua, según García Medina et al (2018) resultará en un producto o servicio mejorado, más competitivo y que responda mucho mejor a las exigencias del cliente, donde a través de un enfoque sistemático, se identifica, analiza y se mejoran los procesos en términos de calidad, eficiencia y efectividad. Este proceso se lleva a cabo a través de los pasos: 1) identificación del problema, 2) análisis del problema, 3) desarrollo de soluciones, 4) implementación de soluciones, 5) monitoreo y medición y 6) evaluación continua.

El presente trabajo muestra cómo, una indagación sistémica que considera a los actores que intervienen en los proyectos, ha permitido la mejora continua de la herramienta y la captura de datos faltantes en Gestiona, para facilitar la toma de decisiones por parte de las personas gestoras de los proyectos de investigación. Seguidamente, se detalla la metodología implementada durante la indagación sistémica.

Métodos

Uno de los componentes de la indagación sistémica, es la elección de un marco de trabajo que defina las técnicas o métodos a utilizar, ya sean cualitativos, cuantitativos o mixtos. En nuestro caso se adoptó la metodología Soft Systems Methodology (SSM) (Checkland & Poulter, 2010), que promueve la búsqueda, con apoyo de diversas herramientas tales como diagramas de dispersión, imágenes enriquecidas, entre otros, de espacios de mejora a partir del

diálogo entre las partes involucradas y la generación de compromisos que llevan a acciones factibles y viables en el contexto.

La metodología SSM fue desarrollada en la década de 1970 por el investigador británico Peter Checkland y se ha utilizado en diversos campos como la gestión empresarial, la planificación urbana y la educación, entre otros, ya que su enfoque es resolver problemas complejos que involucran sistemas sociales o humanos, en lugar de sistemas técnicos o mecánicos.

Se consideró su aplicación pues pueden llevarse a cabo sesiones de trabajo donde se emplean preguntas generadoras, diagramas de dispersión, imágenes enriquecidas, modelos de actividades, entre otros, con el fin de entender y atender la situación de interés. Según Ison (2017), estas herramientas se convierten en dispositivos cognitivos útiles para que las partes involucradas compartan sus requerimientos y lleguen a consensos viables para la resolución de la situación de interés.

En el caso de la evolución del Gestiona, desde su implementación a la fecha, la indagación sistémica se utilizó en cada ocasión que se vislumbró un problema o una oportunidad de mejora, siguiendo el ciclo que se muestra a continuación:

1) Identificación de actores relevantes: En esta etapa se identificaron las personas relevantes para la toma de decisiones en el contexto de la situación de interés. Dicho proceso de identificación tuvo como criterios de elección a personas con roles activos de apoyo a la gestión de proyectos de investigación, personas investigadoras, personas estudiantes y autoridades.

2) Sesiones de discusión: Se diseñaron sesiones de discusión guiadas por las principales inquietudes para identificar las diversas perspectivas en torno a los problemas u oportunidades de mejora. Se recurrió a imágenes enriquecidas para facilitar la comprensión de la situación percibida como problemática (Bell et al., 2016).

3) Búsqueda de compromisos: Mediante discusiones guiadas por los resultados obtenidos, se dialogó y se guio a las personas participantes a visualizar posibles acuerdos para la generación de compromisos hacia acciones viables futuras.

4) Definición de acciones viables a seguir: Mediante diálogo, se priorizó y se definieron las acciones viables a seguir para mejorar la situación percibida como problemática u oportunidad de mejora.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de los pasos metodológicos descritos.

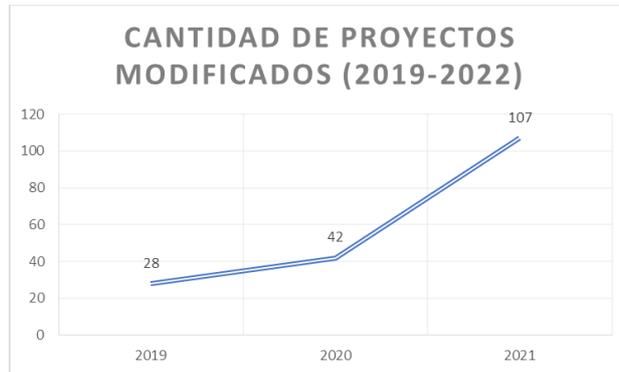
Resultados

El primer resultado obtenido a partir de la indagación sistémica es la desconcentración en la administración en Gestiona. Se detectó, dada la convergencia de las personas actoras durante la indagación, que cada instancia ejecutora de proyectos dentro del sistema de investigación, utilizaba herramientas propias para mantener una lista de sus proyectos, con información que no necesariamente ingresaba a Gestiona. A su vez se identificó que la mayoría de las unidades contaban con talento humano dedicado a la gestión de sus proyectos y la documentación correspondiente, por lo que se consideró una oportunidad para implementar en el sistema un nuevo rol, denominado Unidad, que permitiera el registro de la información de sus propios proyectos de investigación, sin la intervención del personal de la vicerrectoría.

La siguiente figura muestra cómo, a raíz de este cambio, la cantidad de actualizaciones a los proyectos aumentó en un 73%, contribuyendo a la reducción de los vacíos de información que impedían una adecuada toma de decisiones a partir de los datos del Gestiona.

Figura 1

Cantidad de proyectos modificados (2019-2022) en el sistema Gestiona

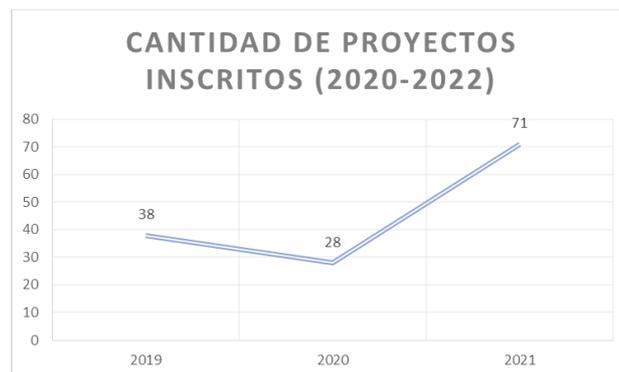


Nota. Fuente: elaboración propia utilizando datos de trazabilidad del sistema

Cabe además agregar, que como resultado de la indagación sistémica, la creación del rol se acompañó de capacitaciones individuales a cada unidad y en aquellas que decidieron utilizar el nuevo perfil, se logró una depuración profunda de los datos de los proyectos existentes y la inscripción de los proyectos faltantes. Podemos ver en la Figura 2 que la cantidad de proyectos autogestionados, es decir, que fueron ingresados al sistema por personas encargadas en las distintas unidades, se incrementó a partir del segundo año.

Figura 2

Cantidad de proyectos inscritos con el rol de Unidad (2019-2022) en el sistema Gestiona



Nota. Fuente: elaboración propia utilizando datos de trazabilidad del sistema

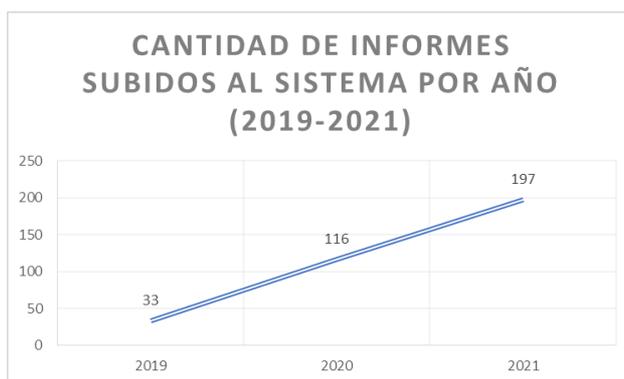
Otro resultado, fue la inactivación automática de los proyectos en el sistema. Aquí, donde los participantes de la indagación fueron principalmente personas investigadoras con proyectos inscritos en el Gestiona, reconocieron su descuido, al no enviar los informes de avance o cierre para que fueran subidos al sistema, a pesar de que sí los presentaron en su respectiva unidad. Por otra parte, se evidenció que los encargados de actualizar los datos en el

sistema desde cada unidad no estaban asumiendo la tarea de adjuntar ellos los informes que les presentaban. La solución propuesta por los mismos usuarios fue, que el sistema automáticamente cambiara el estado de los proyectos a inactivos, si transcurrían más de 6 meses desde la última vez que se anexaba un informe de avance.

Los resultados de haber implementado la solución anteriormente descrita se muestran en la Figura 3, evidenciando que la cantidad de informes subidos en el sistema, se triplicó en el primer año y para el segundo creció casi 6 veces.

Figura 3

Cantidad de informes subidos al sistema por año (2019-2022)



Fuente: elaboración propia utilizando datos de trazabilidad del sistema

Continuando con los resultados obtenidos de la indagación sistémica, surge la necesidad de georeferenciar las actividades que se ejecutan en los distintos proyectos de investigación. La justificación para este requerimiento, que fue planteado por los mismos usuarios, es que la ubicación indicada al momento de solicitar la inscripción de un proyecto, era en su mayoría la de la unidad u oficina a la que se presenta y de donde se asignan los recursos, tanto de tiempo (jornada dedicada para investigar), como de dinero (viáticos principalmente), pero dicha ubicación, no refleja las dinámicas del día a día y lo que realmente se vive en el desarrollo de una la investigación, pues las tareas se llevan a cabo en prácticamente todo el territorio nacional, por ejemplo, para hacer tomas de muestras, entrevistas, observaciones, pruebas de prototipos, entre otros. Así, se desarrolló la funcionalidad en el sistema para permitir el registro de actividades, independientes unas de otras, pero vinculadas a un mismo proyecto y que cada una pudiera ser geofenciada. Este punto, más que reaccionar ante un problema detectado, surge emergentemente como una innovación que brinda valor agregado al Gestiona, no solamente a los actores que participan de las dinámicas del sistema de investigación de la UNED, sino también a entes externos que deseen acceder a la información. La imagen a continuación muestra cómo se visualizan en el sistema las actividades georeferenciadas.

Figura 4

Ejemplo de la visualización de información georeferenciada en Gestiona



Nota. Fuente: sistema Gestiona, Vicerrectoría de Investigación, UNED (2023)

Ligado al resultado anterior, se presentó otra necesidad para considerar gracias a la retroalimentación de los usuarios. Se trata de adjuntar fotografías a las actividades realizadas para un proyecto. Hoy en día es habitual que cuando participemos en reuniones, talleres, capacitaciones y otras actividades laborales, es necesario que se tome al menos una fotografía del grupo de trabajo, que se usa para subirla a redes sociales o para guardarla como parte de las evidencias de que el evento fue realizado. Pues bien, este comportamiento fue visto como una oportunidad de mejora para el Gestiona, al permitir que se anexaran las fotografías relacionadas con las actividades, que de por sí, ya iban a ser registradas en el sistema para efecto de georreferenciación del proyecto.

Figura 5

Ejemplo la inclusión de fotografías en las actividades de proyectos en el Gestiona



Nota. Fuente: sistema Gestiona, Vicerrectoría de Investigación, UNED (2023)

El siguiente requerimiento atendido, corresponde a la necesidad de rastrear las solicitudes hechas a la Vicerrectoría de Investigación. Con la indagación realizada se descubrió que existía un malestar acerca de los tiempos de atención de los trámites solicitados a la vicerrectoría, ya que las personas investigadoras, no recibían una adecuada retroalimentación sobre el estado actual o si habían sido recibidos por la persona adecuada. Se comprobó por medio de la evidencia presentada, que muchas solicitudes nunca fueron respondidas, aunque si se realizaron las gestiones que indicaban, esto se dio principalmente con las que tenían que ver con modificaciones de datos de proyectos o investigadores registrados en el sistema. La solución propuesta y eventualmente implementada, fue la posibilidad de hacer las solicitudes dentro del propio sistema Gestiona, y de esta forma, desde su ingreso, hasta su atención final, el solicitante podía visualizar el estado actual y los pasos a medida que iba avanzando dentro del flujo de atención. La siguiente figura muestra parte de la lista de solicitudes que han sido atendidas dentro del Gestiona, resultado de la solución implementada.

Figura 5

Ejemplo de la atención de solicitudes en el Gestiona

1	2	3	4	5	
Leída	Código	Fecha	Investigador	Detalle	Estado
✉	150	28/02/2023	Vargas Sanabria Daniela	Título: El régimen de incendios en Costa Rica: pos	En revisión presupuesto
✉	149	09/02/2023	Artavia Díaz Karla Yanitzia	Con el paso del tiempo la visión tradicional de ed	Rechazada
✉	148	09/02/2023	Artavia Díaz Karla Yanitzia	Con el paso del tiempo la visión tradicional de ed	Atendida
✉	147	06/02/2023	Alfaro Fallas Tomás	Nombre completo: Diego Gerardo Bogarín Chaves. DNI	Atendida
✉	146	01/02/2023	Vargas Castro Luis Esteban	Buenas, quisiera amablemente solicitar el document	Atendida

Nota. Fuente: sistema Gestiona, Vicerrectoría de Investigación, UNED (2023)

Gracias a la indagación sistémica, se observó una dinámica de trabajo común en los proyectos desarrollados en la UNED, pero que no era tan notoria hasta que las autoridades hicieron énfasis en que debía visibilizarse. Se trata de la vinculación entre el personal de distintas dependencias para realizar un proyecto de investigación. Esta práctica se daba principalmente en las sedes regionales de la universidad que comparten una misma región, de ahí la importancia de que en las sesiones de indagación con actores clave, se tomara en cuenta a las personas investigadoras de todo el país. La solución propuesta fue, la asignación individual de la unidad a la que pertenece cada persona investigadora que formará parte de un proyecto y que se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 6

Ejemplo la asignación individual de la unidad de las personas investigadoras en Gestiona

Identificación	Nombre	Rol	Jornada	Unidad
1-0650-0392	[Redacted]	Principal	Ad-honorem	Vicerrectoría de Investigación
5-0319-0077	[Redacted]	Principal	1/4 de tiempo	Sede La Cruz
401920551	[Redacted]	Principal	1/4 de tiempo	Sede Liberia
503650713	[Redacted]	Principal	1/4 de tiempo	Sede Liberia
112860991	[Redacted]	Principal	1/4 de tiempo	Sede Santa Cruz
206200226	[Redacted]	Principal	1/4 de tiempo	Sede Cañas
503580450	[Redacted]	Principal	1/4 de tiempo	Sede Tilarán

Investigadores incluidos:

Nuevo

Nota. Fuente: sistema Gestiona, Vicerrectoría de Investigación, UNED (2023)

Tal fue el efecto que tuvo la descentralización de la administración de los proyectos en el Gestiona cuando se creó el rol Unidad, que las personas investigadoras solicitaron la creación de un segundo rol llamado Proyecto. Ellos vieron la necesidad de empoderarse de la gestión de sus proyectos registrados en el sistema y así no depender del personal de la Vicerrectoría de Investigación, ni de la unidad a la que les corresponde presentar su proyecto. Este rol les permitiría realizar funciones como anexar documentos al expediente, registrar actividades georeferenciadas y efectuar modificaciones a aquellos datos que les fueran permitidos sin afectar los que eran utilizados para el seguimiento y control que realizaban tanto la unidad correspondiente, como por la vicerrectoría. Fue así como se incorporó el rol Proyecto que brindaba acceso exclusivamente a la información del proyecto con el código indicado en el acceso.

Figura 7

Ejemplo de la pantalla para ingresar con el rol Proyecto en el Gestiona

Por favor identifique para comenzar

Tipo de actor:

Código del proyecto:

Contraseña:

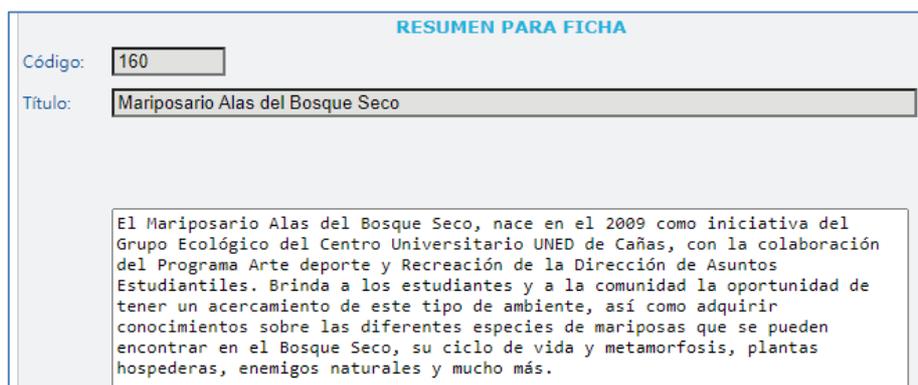
Nota. Fuente: sistema Gestiona, Vicerrectoría de Investigación, UNED (2023).

No solamente las personas investigadoras y personal que gestiona proyectos, han sido partícipes de la indagación sistemática, también se han considerado otros actores relevantes como el personal de la Unidad de Divulgación Científica, quienes dieron su parecer sobre mejoras en el Gestiona que pudieran ser de utilidad para sus asignaciones. Aunque fueron varias las propuestas implementadas, se expone una de ellas cuya necesidad difícilmente habría sido identificada por el equipo de gestión de proyectos de la Vicerrectoría de Investigación. Se trató

de un espacio para ingresar en el sistema, un resumen del proyecto que fuera comprensible para el público en general. Dicho resumen debía ser redactado con un vocabulario sencillo y que fuera entendible incluso por niños y jóvenes. La idea era utilizar este texto cada vez que se organizaba un evento de divulgación, donde se expusieran los proyectos desarrollados en la UNED. En la Figura 8 se puede apreciar un ejemplo de un resumen para ficha.

Figura 8

Ejemplo de un resumen para ficha el Gestiona



RESUMEN PARA FICHA

Código: 160

Título: Mariposario Alas del Bosque Seco

El Mariposario Alas del Bosque Seco, nace en el 2009 como iniciativa del Grupo Ecológico del Centro Universitario UNED de Cañas, con la colaboración del Programa Arte deporte y Recreación de la Dirección de Asuntos Estudiantiles. Brinda a los estudiantes y a la comunidad la oportunidad de tener un acercamiento de este tipo de ambiente, así como adquirir conocimientos sobre las diferentes especies de mariposas que se pueden encontrar en el Bosque Seco, su ciclo de vida y metamorfosis, plantas hospederas, enemigos naturales y mucho más.

Nota. Fuente: sistema Gestiona, Vicerrectoría de Investigación, UNED (2023).

Hasta el día de hoy estos datos siguen siendo utilizados, incluso como insumo para informes de gestión dirigidos a las autoridades, pues como ya lo señalamos, debían ser textos comprensibles para todo público. La redacción de estos resúmenes ha sido desde entonces un trabajo colaborativo entre la Unidad de Divulgación Científica y los proyectistas.

Aunque el sistema Gestiona fue creado para apoyar la gestión de los proyectos, también ha servido como herramienta para hacer investigación. Por ejemplo, a solicitud de un equipo de personas investigadoras, se propuso la incorporación de pantallas para el ingreso de información complementaria de las personas que hacen investigación en la UNED y que fue recopilada aplicando entrevistas y cuestionarios. Podemos apreciar en la Figura 9 que se capturaron datos sobre discapacidades, cantidad de hijos, enfermedades, medicamos que ingiere y alergias que padece. Esta información no es tradicional que se maneje en un sistema de gestión de proyectos, pero como ya se ha explicado, la mayoría de los requerimientos han surgido de la indagación sistémica constante y que también han contado con el apoyo de la autoridad en curso de la vicerrectoría y un equipo técnico que hace posible la implementación de los cambios.

Figura 9

Ejemplo de datos de salud de las personas investigadoras en el Gestiona

The image shows a web form titled 'Investigadores' with a sub-section 'Datos Salud'. The form contains the following fields and options:

- Código:** 532
- Nombre:** [Redacted]
- Discapacidades:**
 - Oír
 - Hablar
 - Caminar
 - Ver
 - Intelectual o mental
 - Utilizar los brazos
 - No Aplica
- Hijos:** 2
- Indique las enfermedades que padece:** dislipidemia familiar, hipotiroidismo y presión alta
- Indique los medicamentos que ingiere:** lovastatina, levoritoxina y Irbersatan
- Describa las alergias que padece:** sí a colorantes y algunas frutas reacción y reacción a
- En caso de emergencia llamar a:** [Redacted]
- Teléfono emergencia:** [Redacted]

Buttons: Guardar, Salir

Nota. Fuente: sistema Gestiona, Vicerrectoría de Investigación, UNED (2023).

Hasta el momento, se han expuesto requerimientos surgidos de la indagación sistémica constante aplicada a la mejora continua del Gestiona, pero que afortunadamente pudieron ser resueltos de una forma ágil, gracias a que la dinámica de trabajo propia de la Vicerrectoría de Investigación, permitía y fomentaba que así se hiciera. Sin embargo, veremos a continuación, que dos de las posibilidades de mejora para el Gestiona, debieron ser conceptualizadas como proyectos debido a su gran magnitud respecto al tiempo necesario para su desarrollo y a la necesidad de efectuar pruebas exhaustivas, para garantizar su correcto funcionamiento.

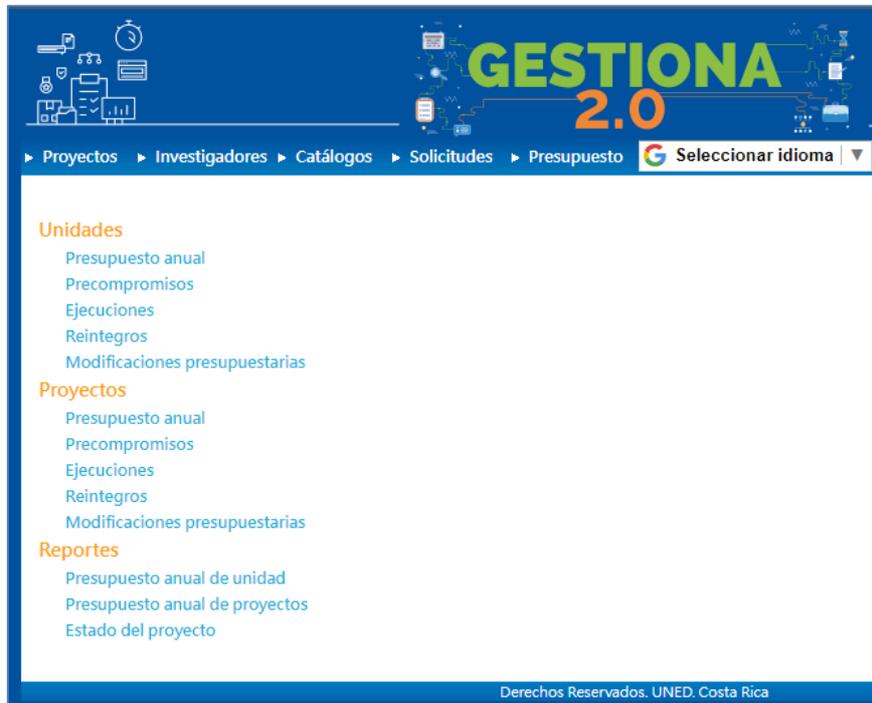
El primer ejemplo, fue la necesidad propuesta por el personal de la Vicerrectoría de Investigación que realiza la gestión del presupuesto para los proyectos y otros trámites administrativos. Se trataba de atender una deficiencia del sistema contable institucional que no permitía (y no permite hasta el día de hoy) realizar un registro individual de las ejecuciones presupuestarias por proyecto, ni tampoco hacer pre asignaciones de montos a los proyectos al inicio del periodo, es decir, que la vicerrectoría era una olla común de donde se tomaban los recursos para todas las iniciativas que estuvieran en desarrollo, causando que la distribución no fuera equitativa y que algunos proyectistas se quedaran sin recibir apoyo si se tardaban en solicitarlo.

Al compartir esta posibilidad de mejora del Gestiona con otros actores clave del sistema de investigación, surgió la necesidad de ampliarse y considerar el manejo presupuestario de las unidades de investigación por si mismas, no solamente para los proyectos, ya que por ejemplo, varias unidades disponían de presupuesto propio asignado y hacían uso de él para comprar equipos y materiales que era aprovechados en varios proyectos.

Fue así, como se definió el proyecto de mejora del sistema que incorporaría un módulo presupuestario para proyectos y unidades, que complementaría el institucional existente, comúnmente conocido como AS400. Su desarrollo tardó varios meses y al igual que el Gestiona en sí, fue llevado a cabo únicamente con recursos de la Vicerrectoría de Investigación. La siguiente figura muestra el menú que da acceso a las distintas mejoras incorporadas, relacionadas con el presupuesto.

Figura 10

Ejemplo del menú del módulo de gestión del presupuesto en el Gestiona



Nota. Fuente: sistema Gestiona, Vicerrectoría de Investigación, UNED (2023).

A continuación, se abordará un último ejemplo del resultado de aplicar la metodología de indagación sistémica en la UNED.

Luego de sesiones de trabajo con personal clave, surgió la idea de contar con una aplicación para dispositivos móviles (App), que respondería a la demanda de poder acceder a la información desde dispositivos móviles y tal como lo señala Torres-Salinas (2012), esto abre un campo de posibilidades infinitas para la investigación, al poder acceder servicios de información científica y servir como herramienta de laboratorio y trabajo de campo. La Figura 11 muestra la pantalla principal del App desarrollado.

Figura 11

Ejemplo de la aplicación Gestiona para dispositivos móviles



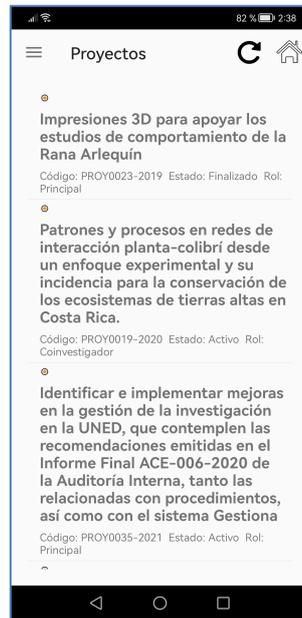
Nota. Fuente: Aplicación Gestiona para dispositivos móviles, Vicerrectoría de Investigación, UNED (2023).

Acá la principal discusión no giró en torno al desarrollo del App como tal, pues contaba con el apoyo suficiente, sino cuáles funcionalidades del Gestiona deberían poder accederse desde los dispositivos móviles. Dichas funcionales se exponen a continuación, donde se detallan los principales beneficios obtenidos.

1) Visualizar la lista de los proyectos vinculados a la persona investigadora que accediera desde la App. Gracias a esta lista, que se muestra en la Figura 12, se detectaron inconsistencias en la información, donde principalmente se trató de personas que formaban parte del equipo de trabajo de un proyecto, pero no se solicitó oficialmente que dicha relación se reflejara en el Gestiona.

Figura 12

Ejemplo de la lista de proyectos accedida desde el App de Gestiona

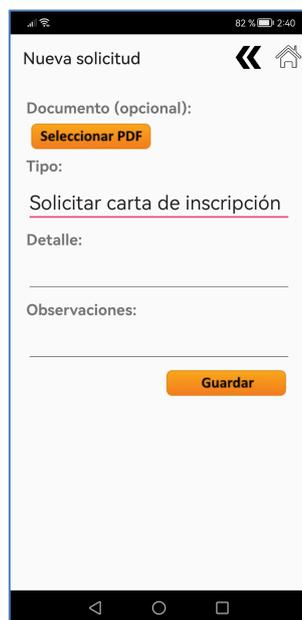


Nota. Fuente: Aplicación Gestiona para dispositivos móviles, Vicerrectoría de Investigación, UNED (2023).

2) Ingresar solicitudes dirigidas a la Vicerrectoría de Investigación desde la App. Esta característica permitió a las personas registrar una nueva solicitud, en cualquier momento y en cualquier lugar, desde un dispositivo móvil, lo que resultó especialmente útil para aquellas personas que se trasladaban constantemente y debían esperar hasta llegar a su oficina u hogar para hacer uso del Gestiona desde el navegador de internet. La siguiente figura ilustra la solución implementada.

Figura 13

Ejemplo de la pantalla para incluir nueva solicitud desde el App de Gestiona



Nota. Fuente: Aplicación Gestiona para dispositivos móviles, Vicerrectoría de Investigación, UNED (2023).

3) Registrar actividades georeferenciadas y con fotos relacionadas con los proyectos de investigación. Acá se trata de un complemento a la necesidad anteriormente descrita, de que el sistema mantuviera un listado de actividades, a las que se pudiera definir la localización geográfica donde fue llevada a cabo, así como anexar fotografías para documentar la experiencia. Cobra mucho sentido que, durante o posterior al desarrollo de la actividad y estando en el propio sitio de la acción, se pudiera registrar la actividad en el Gestiona, más aún, si las fotografías podían ser tomadas en el mismo instante con la cámara del dispositivo móvil. Es así como se tomó en cuenta esta característica y se incluyó en el App de Gestiona. El ejemplo se muestra en la siguiente imagen.

Figura 14

Ejemplo de la pantalla registro de actividades desde el App de Gestiona

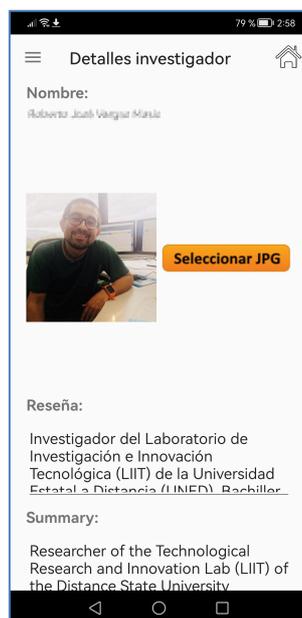


Nota. Fuente: Aplicación Gestiona para dispositivos móviles, Vicerrectoría de Investigación, UNED (2023)

4) La última característica que se expone de la App de Gestiona, resultante de aplicar la metodología de indagación sistémica, es la posibilidad de que las personas investigadoras visualizaran sus datos personales desde sus dispositivos móviles. Si bien esta funcionalidad no parecía ser innovadora y que no causaría gran impacto entre los usuarios, lo cierto es, que ya sea por curiosidad o verdadero interés, muchas personas ingresaron a verificar sus datos (acción que podían haber realizado desde el Gestiona desde hace mucho tiempo) y esto derivó en una gran cantidad de información actualizada. La mejora implementada también permitía la actualización de la fotografía desde el dispositivo móvil, algo que pareciera haberles gustado, pues se evidenció que muchos usuarios la actualizaron. Este fenómeno pudo deberse a que subir una fotografía desde la App, eliminaba el paso adicional de trasladarla primero desde el dispositivo móvil al computador para luego ingresar al Gestiona y subirla.

Figura 15

Ejemplo del perfil de investigador autogestionado desde el App de Gestiona



Nota. Fuente: Aplicación Gestiona para dispositivos móviles, Vicerrectoría de Investigación, UNED (2023).

Seguidamente, se presentan las conclusiones obtenidas de la indagación sistémica para la mejora continua de Gestiona.

Conclusiones

Gestiona resulta un caso de estudio valioso como herramienta tecnológica que se adapta a los cambios del entorno mediante una indagación sistémica para beneficio de la gestión de proyectos de investigación. Los resultados obtenidos, además de contribuir a la mejora de la situación de interés, cambian la percepción de la problemática y abre nuevas oportunidades de mejora. Este es un punto sumamente valioso de la indagación sistémica que la diferencia de otras posibles metodologías, ya que los actores participantes además de plantear sus demandas o perspectivas, se acercan a visiones de mundo distintas que aprecian la situación problemática desde otra perspectiva, buscando y logrando acuerdos consensuados para las acciones de mejora.

Haber alcanzado una resolución satisfactoria los casos mostrados, es consecuencia de la aplicación constante del proceso de mejora continua para el Gestiona, ya que cada día han surgido necesidades y oportunidades, esto gracias a que el entorno se mantiene con un acelerado ritmo de cambio, lo cual probablemente para el futuro aumente la complejidad y devengue en nuevas situaciones percibidas como problemáticas, tal y como señalan Rittel & Webber (1973).

Aunque no se incluyeron en este trabajo, Gestiona también ha respondido a necesidades emanadas de actores externos al sistema de investigación, cuya solución no demandó de una investigación sistémica como tal, ya que se ha tratado de requerimientos puntuales y de acatamiento obligatorio, como por ejemplo: incorporar la vinculación de los proyectos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU o clasificar los proyectos y personas investigadores con base en criterios solicitados por la Comisión Nacional de Rectores (CONARE), el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT) o el

Ministerio de Salud, principalmente para la generación de indicadores de investigación y desarrollo (I+D) que anualmente solicitan a la UNED.

Se han realizado numerosas exposiciones y capacitaciones del Gestiona a unidades de la UNED y a otras universidades de Costa Rica, lo que lo convierte en un referente como un sistema de gestión de proyectos de investigación exitoso.

Gestiona ha tenido un gran impacto como insumo de datos para la generación de indicadores de I+D de la institución, logrando que cada día sea menor el tiempo que se dedica a esta tarea, pasando de requerir semanas a tan solo horas, sin perder la veracidad y la efectividad de la información obtenida. Esto es el fruto de contar con un sistema que no centraliza la administración de la información, corriendo el riesgo de convertirse un cuello de botella, sino que refleja la realidad del quehacer investigativo, con datos provenientes directamente de los participantes.

Como es normal en un ambiente académico donde se da un constante cuestionamiento de las nuevas ideas y perspectivas, el Gestiona no se ha librado de tener detractores que lo desacreditan como la herramienta óptima para la gestión de los proyectos de investigación, argumentando que no permite un adecuado control y seguimiento del alcance, el tiempo y el costo de estos. Lo cierto es que Gestiona nació y evolucionó como respuesta a las necesidades de todo un sistema de investigación y no a sus partes por separado. Aquellos que no ven de utilidad la herramienta, son los que no han puesto sobre la mesa sus requerimientos en el momento adecuado, es decir, cuando les ha correspondido participar en tareas de la indagación sistémica.

Ligado a lo anterior, han surgido propuestas para sustituir al Gestiona como herramienta de trabajo, sin embargo, la mayoría de la iniciativas no trascienden y desaparecen en la etapas de levando de los requerimientos y desarrollo de la solución, esto debido a que, como se comentó en este trabajo, fueron varios los fenómenos que rodearon la conceptualización del Gestiona y que obligaron a pensarlo de una manera muy distinta. Así, el sistema nació bajo la premisa de que no estaría nunca concluido, sino que su evolución sería constante y para ello se pensó aplicar de forma permanente una metodología como la indagación sistémica, que traería beneficios como: permitir identificar problemas subyacentes, mejorar la toma de decisiones, fomentar la colaboración y ayudar a buscar soluciones efectivas.

Son infinitas las necesidades y oportunidades de mejora que deberá sobrellevar el Gestiona, mucho más, con el crecimiento exponencial de nuevas tecnologías y su potencial uso para la investigación. Sin embargo, mientras el Gestiona tenga la capacidad de adaptarse a los cambios que se presenten en el sistema de investigación y el equipo de trabajo de la Vicerrectoría de Investigación mantenga las dinámicas que han permitido esa rápida adaptación, el éxito estará garantizado, sobre todo si se apoyan en la utilización de metodologías como la indagación sistémica, que permite un involucramiento de las personas clave y la identificación de los que serán los próximos hitos a alcanzar para beneficio de las mismas personas y de todo el sistema de investigación.

Referencias

Bell, S., Berg, T., & Morse, S. (2016). *Rich pictures: Encouraging resilient communities*. Routledge.

- Blackmore, C. (2010). Managing systemic change: future roles for social learning systems and communities of practice? In *Social learning systems and communities of practice* (pp. 201-218). Springer, London.
- Checkland, P. & Poulter, J. (2010). En Reynolds, M., & Holwell, S. (Eds.). *Systems approaches to managing change: a practical guide*. Springer Science & Business Media.
- García Medina, J. L., García Severino, A., & Sámano Quiroz, J. (2018). Control y optimización de procesos de manufactura. *Revista Ciencia Administrativa*, 112-126.
- Ison, R. (2017). *Systems Practice: How to Act: In situations of uncertainty and complexity in a climate-change world*. Springer London.
- Ramage, M., & Shipp, K. (2009). *Systems thinkers* (pp. I-VII). Springer.
- Rittel, H. W., & Webber, M. M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. *Policy sciences*, 4(2), 155-169.
- Torres-Salinas, D. (2012). *Aplicaciones de los smartphones y la web móvil en la ciencia y la investigación: Applications of smartphones and the mobile web in science and research*. Anuario Think EPI,

PROJECT, DESIGN AND MANAGEMENT

<https://www.mlsjournals.com/Project-Design-Management>

ISSN: 2683-1597



Cómo citar este artículo:

Cadidé Vilela, M. & Queiroz de Morais, C. (2023). O acesso à educação infantil no estado de Mato Grosso–Brasil: ao final do Plano Nacional de Educação (2014-2024). *Project, Design and Management*, número monográfico, 27-36 . 10.35992/pdm.mo2023.1829.

O ACESSO À EDUCAÇÃO INFANTIL NO ESTADO DE MATO GROSSO–BRASIL: AO FINAL DO PLANO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (2014-2024)

Maria Cristiana da Silva Cadidé Vilela

Universidad Internacional Iberoamericana (Brasil)

maria.dasilva1@doctorado.unini.edu.mx · <https://orcid.org/0000-0003-1861-8733>

Carlos Tadeu Queiroz de Morais

Universidad Internacional Iberoamericana (Brasil)

ctqueiroz@gmail.com · <https://orcid.org/0000-0001-8961-7450>

Resumo. O estudo aqui apresentado tem como objetivo apresentar sobre o acesso à primeira etapa da Educação básica, Educação Infantil, de 0 a 5 anos no Estado de Mato Grosso, Brasil. A contribuição do manifesta por entender sobre a importância do trabalho realizado no âmbito educacional por direito da criança. A infância é o período que se alicerça toda a estrutura de um indivíduo, em todas as dimensões. Oportunamente, a relevância do desenvolvimento desta pesquisa vem investigar sobre: como está o acesso à Educação Infantil no Estado de Mato Grosso, estando ao final do Plano Nacional de Educação? O método de pesquisa foi realizado através de pesquisa quantitativa, a partir do Censo escolar, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) dos últimos anos (2010 a 2021). A análise ocorreu de natureza básica, a partir dos dados numéricos e estatísticos por meio de tabelas, gráficos e descrição dos dados.

Palavras-chave: Acesso, atendimento, criança, Mato Grosso.

ACCESO A LA EDUCACIÓN DE LA PRIMERA INFANCIA EN EL ESTADO DE MATO GROSSO–BRASIL: ÚLTIMO AÑO DEL PLAN NACIONAL DE EDUCACIÓN (2014-2024)

Resumen. El estudio que aquí se presenta tiene como objetivo exponer sobre el acceso a la primera etapa de la educación básica, la educación infantil, de 0 a 5 años en el estado de Mato Grosso, Brasil. La contribución del estudio se manifiesta en la comprensión de la importancia del trabajo realizado en el campo educativo por derecho del niño. La infancia es el período que fundamenta toda la estructura de un individuo, en todas las dimensiones. Oportunamente, la relevancia del desarrollo de esta investigación viene a indagar sobre: ¿cómo es el acceso a la Educación Infantil en el Estado de Mato Grosso, estando al final del Plan Nacional de Educación? El método de investigación se llevó a cabo a través de la investigación cuantitativa, a partir del Censo escolar, Instituto Nacional de Estudios e Investigaciones Educativas Anísio Teixeira (INEP) y el Instituto Brasileño de

Geografia y Estadística (IBGE) de los últimos años (2010 a 2021). El análisis se produjo de carácter básico, a partir de los datos numéricos y estadísticos a través de tablas, gráficos y descripción de datos.

Palabras clave: Acceso, atención, niños, Mato Grosso.

ACCESS TO EARLY CHILDHOOD EDUCATION IN THE STATE OF MATO GROSSO–BRAZIL: AT THE END OF THE NATIONAL EDUCATION PLAN (2014-2024)

Abstract. The study presented here aims to present on the access to the first stage of basic education, early childhood education, from 0 to 5 years in the state of Mato Grosso, Brazil. The contribution of the study is manifested by understanding the importance of the work done in the educational field by right of the child. Childhood is the period that is the foundation of the whole structure of an individual, in all dimensions. Opportunely, the relevance of the development of this research comes to investigate about: how is the access to Early Childhood Education in the State of Mato Grosso, being at the end of the National Education Plan? The research method was carried out through quantitative research, from the school Census, National Institute of Educational Studies and Research Anísio Teixeira (INEP) and Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) of recent years (2010 to 2021). The analysis occurred of basic nature, from the numerical and statistical data through tables, graphs and data description.

Keywords: access, attention, children, Mato Grosso.

Introdução

O estudo aqui apresentado tem como objetivo apresentar sobre o acesso à primeira etapa da Educação básica, Educação Infantil, de 0 a 5 anos no Estado de Mato Grosso, Brasil. A contribuição do estudo, se manifesta por entender sobre a importância do trabalho realizado no âmbito educacional por direito da criança. A infância é o período que se alicerça toda a estrutura de um indivíduo, em todas as dimensões. Oportunamente, a relevância do desenvolvimento desta pesquisa vem investigar sobre: como está o acesso à Educação Infantil no Estado de Mato Grosso, estando ao final do Plano Nacional de Educação?

O Plano Nacional de Educação traça na meta 1 a seguinte redação: universalizar, até 2016, a educação infantil na pré-escola para as crianças de 4 (quatro) a 5 (cinco) anos de idade e ampliar a oferta de educação infantil em creches de forma a atender, no mínimo, 50% (cinquenta por cento) das crianças de até 3 (três) anos até o final da vigência deste PNE, compreende (2014-2024).

Justifica-se, a realização deste, sobre as vagas oferecidas para o desenvolvimento da/na Infância, visto que é de direito universal da criança.

Oferecer um ambiente a qual a criança possa desenvolver integralmente, tanto no seu aspecto físico, psicológico, intelectual e também no social, é, portanto, um dever do estado. As crianças são credoras de direitos, conforme documentos e políticas públicas, onde estão previstos sem distinção ou discriminação por motivo de raça, cor, sexo, língua, religião, opinião política ou de outra natureza, origem nacional ou social, ou qualquer outra condição, quer sua ou de sua família.

Segundo a LDBEN (1996) a Educação Infantil, também denominada primeira etapa da educação básica, tem por finalidade o desenvolvimento integral, isto é, uma concepção que

compreende que a educação deve garantir o desenvolvimento dos sujeitos em todas as suas dimensões, e se constituir como projeto coletivo.

Para tanto, preconiza uma organização por faixas etárias (art. 30), sendo denominadas creches (0 a 3 anos) e pré-escolas (4 e 5 anos) em ambas a criança será acompanhada e estimulada ao seu desenvolvimento.

Segundo Vilela (2021) “O espaço que a infância ocupa na nossa história pregressa, segundo alguns estudos, a história da infância nos traz muitas possibilidades e reflexões, em relação a forma como entendemos e também como nos relacionamos com a criança”

A cultura da assistência às famílias, em busca da mão de obra para o mercado de trabalho, fala mais alto que o direito do pequeno cidadão, muitas vezes o estado costuma alugar espaços inadequados, dificultando assim a adaptação, aceitação da criança.

Não é possível aceitar que se atenda as crianças pequenas em espaços inóspitos, inadequados, que não oferecem a acessibilidade, que não motivam a criança, é necessário que se ofereça um espaço adequado e atrativo, para que o exercício da sua cidadania seja realizado plenamente.

É notório que os pais ou responsáveis, muitas vezes por desconhecimento, matriculam seus filhos por outros motivos, e não pelo direito que a criança tem segundo a lei, deste modo, onde fica o direito instituído ao cidadão de direito?

Diante dos dados coletados, e o término da década da educação (2014-2024) alertou-se para a necessidade de levantar sobre o acesso às crianças pequenas no estado de Mato Grosso – Brasil. Serão apresentados os dados sobre o acesso à Educação Infantil, no Estado de Mato Grosso – Brasil.

Metodologia

O método de pesquisa foi realizado através de pesquisa quantitativa, a partir do Censo escolar, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) dos últimos anos (2010 a 2021).

A análise ocorreu de natureza básica, a partir dos dados numéricos e estatísticos por meio de tabelas, gráficos e descrição dos dados.

A organização ocorreu tendo em vista, essencialmente, que se trata de pesquisar o acesso da primeira etapa da Educação Básica no estado de Mato Grosso, foi feita inicialmente uma pesquisa sobre os dados oficiais virtuais. Empregou-se a partir da leitura dos dados, análise por meio da abordagem quantitativa, com o objetivo de levantar os dados estatísticos, que abrangem o território em estudo, com embasamento em André (2005), Marconi e Lakatos (2003), Gil (2009) e Bogdan e Biklen (1994, 2003).

Resultados

O Estado de Mato Grosso está localizado na região centro oeste do Brasil, é o único estado brasileiro a ter três dos principais biomas do país: Amazônia, Cerrado e Pantanal. Com extensão geográfica de 903.330 km², densidade = 3,9 hab./km² e altitude = de 322m.

Mato Grosso é um estado de povos diversos, uma mistura de indígenas, negros,

espanhóis e portugueses que se miscigenaram nos primeiros anos do período colonial. A diversidade cultural é a principal característica deste povo, foi essa gente miscigenada que recebeu migrantes cerca de 41% dos moradores do estado nasceram em outras partes do país ou no exterior.

Deste modo a diversidade cultural, proporcionou sobremaneira a reflexão sobre espaços oferecidos as crianças, que mais atendem a necessidades do adulto, desde a sua organização, até os objetivos de usufruto do espaço, se por vezes perguntar aos pais ou responsáveis, o motivo ou por que utiliza a creche ou pré escola? - Muitos irão responder : - “porque não tenho onde deixar”, ou “porque precisa ser alguém na vida” ou até mesmo: “se eu pudesse não utilizava, só uso porque preciso trabalhar”. Poucos ressaltam que é um “direito da criança”.

Diante dos estudos, a Fundação Maria Cecília Souto Vidigal¹ (FMCSV) apresentou recentemente que, os principais problemas enfrentados para frequentarem a creche é: a falta de vagas, ou, os pais não querem, ou falta de unidade perto de sua moradia.

De acordo com os Parâmetros Básicos de Infraestrutura para Instituições de Educação Infantil e com base nas unidades/escolas existentes até 2016 e, em 100% das unidades/escolas, até 2023. Foram estabelecidas as metas (2.1, 2.2, 2.3 e 2.6) dos Parâmetros Básicos de Infraestrutura para Instituições de Educação Infantil o foco são os espaços e infraestrutura, (BRASIL, 2006):

- 2.1 somente autorizar a construção e o funcionamento das unidades de Educação Infantil pública, privada, filantrópica, confessional e comunitária que atendam aos requisitos de infraestrutura conforme Diretriz Nacional e Conselho Estadual de Educação.
- 2.2 garantir a construção e a manutenção de unidades/escolas/salas de aula conforme a ampliação da demanda a ser atendida e de acordo com os Parâmetros Básicos de Infraestrutura para Instituições de Educação Infantil.
- 2.3 manter ações que ampliam a acessibilidade nas escolas de Educação Infantil no que se refere à: adequação arquitetônica, oferta de transporte acessível e adequado conforme legislação vigente [...] recurso de tecnologia acessível.
- 2.6 traz a previsão de atender a quantidade máxima de crianças por agrupamento/turma proporcional à metragem das salas, 1.50m² por criança na faixa etária de zero a cinco anos, considerando apenas o espaço livre.

Após refletir sobre a situação atual, e a análise das metas, fica impossível não comentar quais são os respaldos jurídicos e técnicos quando se atende crianças pequenas sem estrutura adequada,

muitas vezes em espaços alugados, inadequados, quanto a acessibilidade que não suporta a demanda prevista, se tornando um espaço que não oferece segurança e conforto para frequência e permanência dos mesmos.

A Política pedagógica de Educação Infantil aborda no documento (2016) na concepção de organização dos espaços e ambientes as intencionalidades e a objetividade das práticas educativas. Por isso, o planejamento e a reflexão crítica sobre a vida curricular se fazem necessários.

É necessário ampliar a oferta de educação infantil em creches de forma a atender, no mínimo, 50% (cinquenta por cento) das crianças de até 3 (três) anos até o final da vigência

¹ Fundação Maria Cecília Souto Vidigal

deste PNE (2014-2024).

Figura 1

Metas previstas



Nota. Fonte: IBGE –Adaptado Autora (2023).

Os dados do relatório de 2018, (figura 1), demonstram que o país ainda não cumpriu as metas previstas. O Estado de Mato Grosso consta com 15,9%, do acesso previsto de 50%. Em 2019, 1.591 escolas ofertavam educação infantil no estado do Mato Grosso, sendo que 1.376 (86,5%) ofertavam pré-escola e 775 (48,7%) ofertavam creche.

Em 2021, 1.588 escolas ofertavam educação infantil no estado do Mato Grosso, sendo que 1.377 (86,7%) ofertavam pré-escola e 786 (49,5%) ofertavam creche. Observa-se, ao longo dos últimos cinco anos, que o número de escolas que oferecem pré-escola caiu enquanto o número de escolas que oferecem creche aumentou o acesso. Como Disposto na tabela 1.

Observa-se, ao longo dos últimos cinco anos, que o número de escolas que oferecem pré-escola caiu 0,8%, enquanto o número de escolas que oferecem creche aumentou 5,8%.

Observou se o fato que, mesmo com a obrigatoriedade no art. 208, EC 59/2009, os alunos a partir dos 4 (quatro) anos de idade, as metas do PNE (Plano Nacional de Educação) estão longe de serem alcançadas, nota se que no período de 2020 e 2021 houve impacto da pandemia COVID/19.

Tabela 1

Escolas da Educação Infantil nos últimos 5 anos (2017-2021)

Escolas nos últimos 5 anos (2017-2021)						
ANO	2017	2018	2019	2020	2021	%
Total de escolas	1.581	1.578	1.591	1.597	1.588	-
Creche	743	772	775	768	786	(+) 5,5%
Pré-escolar	1.388	1.370	1.376	1.382	1.377	(-) 0,8%

Nota. Fonte: Instituto Nacional de Estudos Educacionais Anísio Teixeira. Adaptado - Autora (2023).

Segundo o INEP - Brasil (2022) percebe-se que, apesar do crescimento das matrículas

na educação infantil até o ano de 2019 (cresceu 5,5% de 2017 a 2019), houve uma queda de 7,3% entre 2019 e 2021. Essa queda ocorreu principalmente devido à rede privada, que teve redução de 17,8% no último ano (quedas de 15,8% na creche e de 19,8% na pré-escola), enquanto a rede pública apresentou redução de 1,5% (quedas de 1,8% na creche e de 1,3% na pré-escola).

Em Mato Grosso no ano de 2020 o percentual de acesso, ou atendimento, na faixa etária de 0 a 3 anos, conforme figura 2, demonstra índice ruim 29,4% – abaixo da média nacional que é de 35,6%.

Figura 2

Atendimento nas Creches (0 a 3 anos) em Mato Grosso

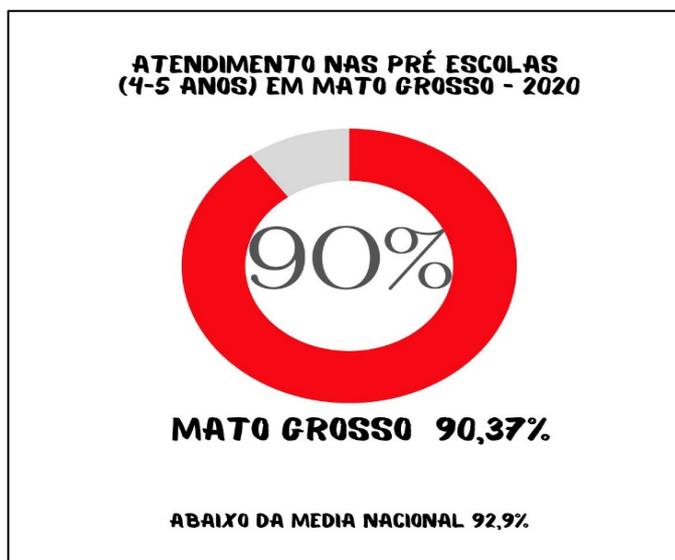


Nota. Fonte : INEP | Organizado por Datapedia.info. Adaptado – Autora (2022)

Para a faixa etária de 4 a 5 anos, conforme figura 3, também demonstra, o acesso ou atendimento ruim de 90,37%, um índice ruim – abaixo da média nacional que é de 92.9%.

Figura 3

Atendimento nas Pré-escolas (4 a 5 anos) em Mato Grosso

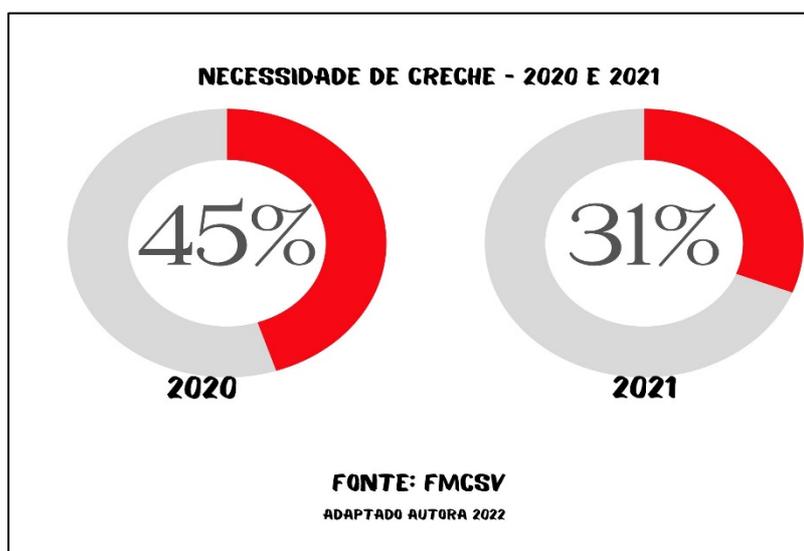


Nota. Fonte : INEP | Organizado por Datapedia.info. Adaptado – Autora (2022)

Mediante aos dados, ainda há carência na oferta de vagas, a demanda é alta, e muitas crianças estão sem acesso. Segundo o Plano Nacional de Educação (201-2024), já deveria em 2016, segundo a Emenda Constitucional (EC) 59 alcançar a universalização de acesso para as crianças com 4 anos de idade.

Figura 4

Necessidade de Creches



No ano de 2020 havia a necessidade de se ofertar vagas, 44,7% das crianças de 0 a 3 anos se enquadravam nos critérios do Índice de Necessidade por Creches (INC), houve expansão na oferta de vagas, no ano de 2021, obteve se uma taxa de matrícula na Educação Infantil de aproximadamente 89% da rede pública e 11% rede privada, chegando ao INC de 31%. Estima se, segundo a FMCS (2021) um total de crianças na faixa etária 0 a 6 anos

337.362 mil crianças.

Discussão e conclusão

Historicamente, as concepções de infância, direitos das crianças e educação infantil foram se modificando, em decorrência das transformações econômicas, políticas, sociais e culturais ocorridas na sociedade, implantou-se novas políticas públicas para a infância.

Desse modo, toda criança, desde o seu nascimento, teve seu direito a educação, saúde e alimentação, foi assegurado pela atual Constituição Federal, pelo Estatuto da Criança e do Adolescente e pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, além de compor o atual Plano Nacional de Educação.

No entanto, a população infantil brasileira está desassistida, especialmente as crianças de Mato Grosso, embora muito se escreva e se fale na qualidade, no cuidar e no educar, e dever do estado a população infantil, inclusive a mato-grossense, anseia por políticas públicas, que viabilizem o seu direito como cidadão.

Os municípios brasileiros, orientados por diretrizes oficiais trabalham com vistas a garantir o acesso das crianças à educação infantil, nas últimas décadas, vêm trabalhando e desenvolvendo políticas públicas para atender a demanda real, porém, cabe a nós pesquisadores investigar e apresentar as discussões, para melhor pensar, planejar e desenvolver as políticas da infância e para a infância.

Oportunamente vale registrar, que estudar sobre o acesso da criança na Educação Infantil é uma preocupação inclusive com o acesso e a qualidade do atendimento, para tanto, está sendo realizado uma pesquisa de doutorado por esta autora, onde o problema se trata do espaço de atendimento, quanto a necessidade de prover os direitos do pequeno cidadão brasileiro, como o objetivo de subsidiar e contribuir, para o desenvolvimento das políticas públicas pensadas e instituídas para a Educação, especificamente para a Educação Infantil.

Nesse contexto, Rosemberg (2014) afirma que, embora já tenhamos algumas conquistas, ainda há muito que avançar quando refletimos sobre as políticas públicas para a Educação Infantil brasileira. Com esse ordenamento legal e político, e visando superar o atendimento pobre para pobre, a preocupação volta-se para garantir condições mínimas necessárias para propostas e estratégias que visem qualidade, resultando em uma série de documentos oficiais que, desde 1993, o Ministério da Educação (MEC) procurou implementar como uma política pública de Educação Infantil democrática e com qualidade.

Segundo Lazaretti e Magalhães (2019) desde então, a implementação de normas, diretrizes ampliaram concepções de Educação Infantil, criança e infância, conquistando avanços importantes nas práticas pedagógicas. Algumas conquistas importantes foram conseguidas, mas não suficientes, frente ao cenário político, econômico e social, marcado pela desigualdade e descompasso nas garantias legais.

Concordando com a meta: 4.2 dos ODS agenda de 2030, da ONU (Organização das Nações Unidas), garantir que as crianças na primeira infância, tenham acesso a um desenvolvimento de qualidade, precisam de espaços seguros com elementos sustentáveis e naturais que as introduzam à vida nas cidades e nos assentamentos humanos.

Fazendo uma análise de acordo com os dados apresentados anteriormente, o estado de Mato Grosso, quando se trata da Educação infantil, há um nível muito baixo, considerado ruim para o êxito da qualidade, do acesso, e alcance das metas pré-estabelecidas, tornando se válida uma proposta científica para melhoria do atendimento.

Espera-se neste estudo demonstrar as reais necessidades, para o acesso das crianças mato grossenses, de modo que resulta no acompanhamento e melhor eficácia no atendimento a criança como cidadão de direito, atendendo ao desenvolvimento, emocional, físico e intelectual.

Além de demonstrar a necessidade mandataria da oferta de vagas, mediante as metas é também refletido quanto ao bem estar e conforto da criança, visto que é uma preocupação relevante, não se pode perder de vista a segurança, a qualidade e preparação formativa dos profissionais que ali atuam.

Ao final deste estudo, espera-se ter apresentado sobre os dados do acesso à Educação Infantil, no estado de Mato Grosso no Brasil, subsidiando as instâncias referentes as políticas públicas da Educação Básica, evitando assim investimentos inadequados, insatisfatórios, permanecendo a falta de vagas. É necessário implementar o direito da criança, garantindo critérios para o desenvolvimento integral, com espaços próprios, preparados para infância.

Referências

- André, M. (2005). Pesquisa em educação: questões de teoria e de método. *Educ. Tecnol.* 10(1), 29-35.
- Gesqui, L. C. & Fernandes, A. G. (2021) Desafios na oferta de vagas em creches da rede pública municipal de ensino. *Jornal de Políticas Educacionais*, 15(5).
- Gil, A.C. (2009). *Como elaborar projetos de pesquisa*. Atlas.
- Lakatos, E.M. e Marconi, M.A. (2003). *Fundamentos metodologia científica* (5ª Ed.). Atlas.
- Marconi, M.A. & Lakatos, E.M. (2007). *Técnicas De Pesquisa*. São Paulo: Atlas.
- Rosemberg, F. (2014). Políticas Públicas e Qualidade da Educação Infantil. In Santos, M.O. dos S.; Ribeiro, M.I.S. (Orgs.). *Educação Infantil: os desafios estão postos e o que estamos fazendo?* Sooffset.
- Vilela, M., & Moraes, C. (2021). O Espaço Destinado a Educação Infantil e o Desenvolvimento: um Estudo Bibliográfico. In *Anais do XXIX Seminário de Educação*, (pp. 1240-1253). Porto Alegre: SBC.
- Brasil. (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm.1988
- Brasil. (1990). Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990. *Estatuto da Criança e do Adolescente*. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/8069.htm.
- Brasil. (2021). anuário final. www.todospelaeducacao.org.br; https://todospelaeducacao.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2021/07/Anuario_21final.pdf
- Brasil. (2006) Emenda Constitucional, nº. 53. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/Emendas/Emc/emc53.htm#art3
- Brasil. (2009). Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Teorias do espaço escolar. Brasília: Universidade de Brasília. (Profuncionário - Curso técnico de

- formação para os funcionários da educação). <http://portal.mec.gov.br>
- Brasil. (2012) Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Diretrizes curriculares nacionais para a educação infantil / Secretaria de Educação Básica. – Brasília: MEC, SEB, 2010. http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/diretrizescurriculares_2012.pdf
- Brasil. (2018). Parâmetros nacionais de qualidade da educação infantil. Brasília: Undime. <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70320/65.pdf>.
- Brasil. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70320/65.pdf>.
- Fundação (2020), Fundação Maria Cecília Souto Vidigal. <https://primeirainfanciaprimeiro.fmcsv.org.br/dados/estados>
- Lazaretti, L. M. & Magalhães G. M. (2019). A primeira infância vai à escola: em defesa do ensino desenvolvente para todas as crianças. *Obutchénie: Revista de Didática e Psicologia Pedagógica*, 3(3), 1-21. <https://doi.org/10.14393/OBv3n3.a2019-51702>

Cómo citar este artículo:

Campoverde Bustos, F. M., Nieto Cárdenas, X., & Takeuchi, C. P. (2023). Análisis de ladrillos ecológicos fabricados con suelo limo-arenoso, cemento, viruta y papel, en base a resistencia, costo y deformación. *Project, Design and Management*, número monográfico, 37-56. 10.35992/pdm.mo2023.1842.

ANÁLISIS DE LADRILLOS ECOLÓGICOS FABRICADOS CON SUELO LIMO-ARENOSO, CEMENTO, VIRUTA Y PAPEL, EN BASE A RESISTENCIA, COSTO Y DEFORMACIÓN

Franklin Mauricio Campoverde Bustos

Universidad Católica de Cuenca (Ecuador)

frankline156@gmail.com

Xavier Nieto Cárdenas

Universidad Nacional de Colombia (Colombia)

jnietoc@unal.edu.co

Caori Patricia Takeuchi

Universidad Nacional de Colombia (Colombia)

cptakeuchit@unal.edu.co

Resumen. El ladrillo involucra en su fabricación la cocción de arcilla a grandes temperaturas, generando un consumo excesivo de energía y recursos. Por ello nace la necesidad de sustituir el ladrillo tradicional por un ladrillo ecológico. El objetivo de esta investigación es fabricar un ladrillo ecológico utilizando cemento, suelo limo-arenoso, viruta de madera y papel bond, buscando que aporten propiedades beneficiosas. Primero se clasificó y estabilizó el suelo con cemento Portland. Para evitar que la viruta y el papel bond absorban el agua de mezclado utilizada, se colocaron en saturación durante 48 horas. Se partió de la idea de utilizar una primera dosificación con la mitad del volumen con papel, viruta o ambos, para luego hacer una segunda y tercera dosificación con una variación de +/- 10%, respectivamente. Para realizar los ensayos necesarios, la normativa NTE INEN 3066 establece los requisitos y métodos de ensayo. Los resultados muestran que Un ladrillo ecológico con 40% de viruta resiste 39 kgf/cm² (28%) más que un tradicional, mientras que un ladrillo ecológico con 50% de viruta resiste 31 kgf/cm² (22%) más que un tradicional, además, el ladrillo tradicional es más económico, sin embargo, su elaboración se debe a un proceso industrializado lo que minimiza su costo frente a un ladrillo ecológico. La capacidad del ladrillo ecológico de deformarse y seguir recibiendo carga a diferencia de un ladrillo tradicional que alcanza su resistencia máxima sin mayor deformación, es importante pues le permitiría a una edificación tener un comportamiento más elástico.

Palabras clave: Compresión, deformación, dosificaciones, suelo limoso, viruta de madera.

ANALYSIS OF ECOLOGICAL BRICKS MANUFACTURED WITH SILT-SANDY SOIL, CEMENT, WOOD-LEFTOVERS AND PAPER, BASED ON HARDNESS, COST AND DISFIGUREMENT

Abstract. Brick for its manufacture involves firing clay at high temperatures, which generates excessive consumption of energy and resources. For this reason, there is a need to replace the traditional brick with an ecological brick. The objective of this research consists of manufacturing an ecological brick using cement, silty-sandy soil, wood-leftovers and bond paper, seeking that they provide beneficial properties. First, the soil is classified and then stabilized with Portland cement. To prevent the wood-leftovers and bond paper from absorbing the mixing water used, they were saturated for 48 hours. The idea was to use a first dosage with half the volume with paper, wood-leftovers or both, and then a second and third dosage with a variation of +/- 10%, respectively. NTE INEN 3066 establishes the requirements and test methods to carry out the necessary tests. The results show that an ecological brick with 40% wood-leftovers resists 39 kgf/cm² (28%) more than a traditional one, while an ecological brick with 50% wood-leftovers resists 31 kgf/cm² (22%) more than a traditional one. In addition, the traditional brick is more economical; however, its production is due to an industrialized process, which minimizes its cost compared to an ecological brick. The capacity of the ecological brick to be deformed and continue to receive load, contrary to a traditional brick that reaches its maximum resistance without major deformation, it is important because it would allow a building to have a more elastic behavior.

Keywords: Compressive-strength, disfigurement, dosages, silt-sandy soil, wood-leftovers.

Introducción

La construcción de edificaciones y viviendas es un aspecto fundamental en la actualidad debido al significativo crecimiento demográfico y poblacional, lo que provoca un aumento en la demanda de materiales de construcción, es por ello la importancia de buscar materiales alternativos que sustituyan a los tradicionales, reduzcan costos, brinden seguridad y disminuyan el impacto ambiental negativo, pues, diversos estudios han demostrado que la situación del medio ambiente es precaria, varias actividades humanas y, especialmente la obtención y fabricación de materiales de construcción producen un impacto ambiental negativo debido a diversos factores.

La viruta de madera y el papel son desperdicios comunes y abundantes en nuestro medio, la viruta de madera es un residuo que se obtiene en los aserríos, el papel lo encontramos como un desecho en establecimientos educativos, empresas, librerías, etc., y se busca la forma de reciclar estos materiales para darles un nuevo uso, ayudando a reducir el impacto ambiental negativo que se genera cuando se desechan. Estos materiales poseen una característica en común, que es su peso ligero, por lo que incluirlos en elementos como los ladrillos reduciría su peso, lo cual produciría beneficios constructivos y económicos. Otra característica de la viruta de madera y el papel es su elasticidad, lo que ayudaría a que un ladrillo tenga una gran deformación en lugar de “explotar” bruscamente como lo haría un ladrillo normal al ser sometido a una gran carga. Al ser la viruta y el papel bond materiales que luego de cumplir su función se convierten en un desecho, la viabilidad de este estudio es muy amplia ya que no demanda altos costos de fabricación, además de que su elaboración no involucra gran cantidad energía como lo haría un ladrillo normal que es cocido en hornos a altas temperaturas generando emisiones considerables de CO₂.

La gran importancia del cemento en la actualidad se evidencia por el hecho de ser el material que más se produce en el mundo con cerca de 4070 millones de toneladas al año según la última estadística brindada por Index Mundi en 2013 en su reporte Hydraulic Cement: World Production, By Country. El crecimiento en el consumo de cemento se relaciona directamente

con el aumento de la población mundial y con el desarrollo de los países, pues esto involucra obras de ingeniería civil, infraestructuras, etc., según diferentes estudios señalan que, al menos a corto plazo, el hormigón y el mortero seguirán siendo los medios más baratos de construir y su consumo no cesará de aumentar proporcionalmente al crecimiento de la población y al desarrollo. Por estas razones es que este estudio busca utilizar cemento como un material en la fabricación de ladrillos ecológicos.

En nuestro medio aún no existen suficientes investigaciones sobre nuevos materiales de construcción que reemplacen a los materiales tradicionales parcialmente o en su totalidad, la falta de interés en el cuidado del medio ambiente por parte de la mayoría de profesionales y contratistas provoca que no se le dé la importancia suficiente a la búsqueda de nuevos materiales. Hablando de los ladrillos específicamente, dicha falta de interés en el medio ambiente genera daños ecológicos al momento de construir, al ser los ladrillos uno de los materiales de mayor demanda en el país y en América en general, y teniendo en cuenta que su fabricación genera emisiones considerables de CO₂, se debe procurar realizar más investigaciones sobre nuevos materiales ecológicos que sustituyan a los tradicionales, además de brindarle propiedades beneficiosas en cuanto a resistencia y economía.

Un material de construcción muy utilizado para mampostería es el ladrillo, el cuál involucra en su fabricación la cocción de arcilla a grandes temperaturas, lo que produce un consumo excesivo de energía y recursos irre recuperables, además de la generación de hollín y monóxido de carbono. Por dichas circunstancias nace la necesidad de buscar la manera de sustituir el ladrillo tradicional por un ladrillo ecológico que involucre en su fabricación materiales reciclados que sean comunes en nuestro medio y, además se eliminen ciertos procesos que no generen un excesivo consumo de recursos, puesto que generalmente son irre recuperables.

La viruta de madera y el papel son desperdicios comunes y abundantes en nuestro medio, la viruta de madera es un residuo que se obtiene en los aserríos, el papel lo encontramos como un desecho en establecimientos educativos, empresas, librerías, etc., y se busca la forma de reciclar estos materiales para darles un nuevo uso, ayudando a reducir el impacto ambiental negativo que se genera cuando se desechan. Estos materiales poseen una característica en común, que es su peso ligero, por lo que incluirlos en elementos como los ladrillos reduciría su peso, lo cual produciría beneficios constructivos y económicos.

Materiales

Se ha demostrado que el suelo estabilizado tiene una durabilidad y calidad técnica superior respecto al adobe o al suelo simple apisonado. La emergencia de la tecnología de producción de bloques de tierra comprimida, en países de Europa, África y Latinoamérica, y su aplicación en construcción desde la década de los años '50, ha continuado el progreso y experimentación científica, así como sus méritos técnicos, tal como lo afirma CRA Terre (como se citó en Gatani 2000). Un abundante cuerpo de conocimiento ha sido desarrollado por centros de investigación, industriales, empresarios y constructores, convirtiendo esta tecnología en alternativa a otras tecnologías de hoy.

Begliardo, Sánchez, Panigatti, Casenave y Fornero (2006) establecen que el suelo tratado con cemento puede ser hecho con:

- Suelo granular limpio.
- Mezcla de suelos granulares y finos, predominantemente limosos.
- Mezcla de suelos granulares y finos, predominantemente arcillosos.
- Suelos limosos.

- Suelos arcillosos.

Sin embargo, el suelo propicio para confeccionar ladrillos de suelo cemento es el de naturaleza arenosa, con una proporción de finos tal que le confiera baja plasticidad para su moldeo en bloque (Roseto 2006).

El Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN establece las normas para llevar a cabo los ensayos necesarios para determinar el índice de plasticidad del suelo.

- Análisis granulométrico de suelos (NTE INEN 696)

El análisis granulométrico consiste en separar una muestra en varias fracciones, Coyasamín (2016) enuncia que la muestra es separada de acuerdo a su tamaño a través del tamizado del material utilizando de una serie de mallas o tamices que se encuentran especificados en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 154, con sus medidas determinadas como se evidencia en la Tabla 1. La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 696 (2011) enuncia: Este método de ensayo se utiliza principalmente para determinar la graduación de materiales (...). Los resultados se utilizan para determinar el cumplimiento de la distribución granulométrica de las partículas con los requisitos de las especificaciones aplicables y proporcionar la información necesaria para el control de la producción de diversos productos de áridos y mezclas que contengan áridos. (p.1)

- Determinación del límite líquido de suelos (NTE INEN 691)

El Instituto Ecuatoriano de Normalización en su Norma NTE INEN 691 (1982) define al límite líquido como: “Un método de ensayo que consiste en determinar el contenido de agua de un suelo, (...) valiéndose de un dispositivo mecánico (Copa de Casagrande) en el que, con un determinado número de golpes, se establece la fluencia del suelo en condiciones normalizadas.” (p.1). Además, establece que este ensayo debe hacerse únicamente con la fracción de suelo que pasa el tamiz de 425 µm (No. 40).

- Determinación del límite de plasticidad de suelos (NTE INEN 692)

El Instituto Ecuatoriano de Normalización en su Norma NTE INEN 692 (1982) define al límite plástico de la siguiente manera: “Este método de ensayo consiste en determinar el contenido de agua de un suelo en el límite entre su comportamiento plástico y sólido, para lo cual se utiliza el proceso de rolado para evaporar gradualmente el agua hasta que comienza a fisurarse o disgregarse.” (p.1). Al igual que en el límite líquido, se especifica que este ensayo debe hacerse únicamente con la fracción de suelo que pasa el tamiz de 425 µm (No. 40).

Luego de los ensayos, es necesario definir el tipo de suelo de acuerdo a sus características tal y como lo mencionan Bañón y Beviá (2000) basados en la clasificación dada por la American Association of State Highway and Transportation Official- AASHTO (2009).

Para la determinación del índice de grupo y la clasificación del suelo se utiliza la dada por la American Association of State Highway and Transportation Official- AASHTO (2009). Considera siete grupos básicos de suelos, que se numeran desde A-1 hasta A-7, y a su vez, algunos presentan subdivisiones; A-1 y A-7 tienen dos subgrupos mientras que en A-2 encontramos cuatro, tal como lo mencionan Bañón y Beviá (2000). Así también, se enuncia que, si se desea determinar la posición relativa del suelo dentro del grupo, es necesario determinar el índice de grupo (IG) tal como se expresa en la ecuación [1], que se expresa como un valor entero comprendido entre 0 y 20, en función del porcentaje de suelo que pasa a través del tamiz #200 ASTM. (Bañón y Beviá, 2000).

$$IG=(F_{200}-35) [0.2+0.005(LL-40)]+0.01(F_{200}-15) (IP-10) \quad [1]$$

Donde:

F200 es el porcentaje de suelo que pasa el tamiz #200, expresado en número entero.

LL es el límite líquido del suelo, expresado en número entero.

IP es el índice de plasticidad del suelo, expresado en número entero.

Cadena (2013) define al cemento Portland como un cemento hidráulico que se compone principalmente de silicatos de calcio hidráulicos, los cuales fraguan y endurecen cuando se produce una reacción química con el agua, denominada hidratación. Durante dicha reacción el cemento se combina con el agua para formar una pasta que al agregarse arena se le denomina mortero. La norma ASTM C 150 define diferentes tipos de cemento, de acuerdo a los usos y necesidades del mercado de la construcción, teniendo así:

Tipo I.- Este tipo de cemento es de uso general, y se emplea cuando no se requiere de propiedades y características especiales. Entre los usos donde se emplea este tipo de cemento están: pisos, pavimentos, edificios, estructuras, elementos prefabricados. (Coyasamín, 2016, p11)

Tipo II.- El cemento Portland tipo II se utiliza cuando es necesario la protección contra el ataque moderado de sulfatos, como por ejemplo en las tuberías de drenaje. En casos donde se especifican límites máximos para el calor de hidratación, puede emplearse en obras de gran volumen y particularmente en climas cálidos, en aplicaciones como muros de contención, pilas, presas, etc. (Coyasamín, 2016, p12)

Tipo III.- Este tipo de cemento desarrolla altas resistencias a edades tempranas, a 3 y 7 días. Esta propiedad se obtiene al molerse el cemento más finamente durante el proceso de molienda. Su utilización se debe a necesidades específicas de la construcción, como en el caso de carreteras y autopistas. (Coyasamín, 2016, p12)

Tipo IV.- El cemento Portland tipo IV se utiliza cuando por necesidades de la obra, se requiere que el calor generado por la hidratación sea mantenido a un mínimo. Los usos y aplicaciones del cemento tipo IV están dirigidos a obras con estructuras de tipo masivo, como por ejemplo grandes presas. (Coyasamín, 2016, p12)

Los cementos hidráulicos mezclados se han desarrollado por dos aspectos fundamentales, primero el interés de la industria por la conservación de la energía y segundo por la economía en su producción.

Para estabilizar el suelo este estudio aplicó cemento Portland, que es un cemento hidráulico que se compone principalmente de silicatos de calcio hidráulicos, los cuales fraguan y endurecen cuando se produce una reacción química con el agua, denominada hidratación (Cadena, 2013).

En cuanto al proceso que atraviesa el agua con el cemento, Del Campo (1963) afirma que, al amasar el cemento con una cierta cantidad de agua, se forma una masa plástica, moldeable, que poco a poco, en función del tiempo, va perdiendo su plasticidad, y va desapareciendo el aspecto mojado que al principio tenía. “Tecnológicamente se dice que la pasta está fraguando, el proceso continúa, y llega un momento en el que aquélla deja de ser plástica para transformarse en un cuerpo rígido. Cuando se produce ese cambio en su estructura, se dice igualmente que ha terminado el período de fraguado y se ha iniciado el endurecimiento.” (p.38)

La viruta de madera y el papel son desperdicios comunes y abundantes en nuestro medio, la viruta de madera es un residuo que se obtiene en los aserríos, el papel encontramos como un desecho en establecimientos educativos, empresas, librerías, etc., y se busca la forma

de reciclar estos materiales para darles un nuevo uso, ayudando a reducir el impacto ambiental negativo que se genera cuando se desechan. Estos materiales poseen una característica en común, que es su peso ligero, por lo que incluirlos en elementos como los ladrillos reduciría su peso, lo cual produciría beneficios constructivos y económicos. Otra característica de la viruta de madera y el papel es su elasticidad, lo que ayudaría a que un ladrillo tenga una gran deformación en lugar de “explotar” bruscamente como lo haría un ladrillo normal al ser sometido a una gran carga.

Ensayo de absorción

Para llevar a cabo los ensayos necesarios, el Instituto Ecuatoriano de Normalización en su normativa NTE INEN 3066 establece los requisitos y métodos de ensayo para bloques de hormigón, se escoge esta norma dado el uso de cemento en la fabricación de ladrillos ecológicos. En el anexo D de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 3066 se define el siguiente procedimiento para el ensayo de absorción:

“Sumergir en agua las unidades para ensayo a una temperatura entre 16 °C y 27 °C, durante un lapso de 24 horas a 28 horas.” (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2016)

“Determinar, entonces, la masa de las unidades completamente sumergidas, mientras están suspendida un alambre, y registrar este valor como M_i (masa de la muestra sumergida).” (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2016)

“Sacarlas del agua y dejarlas que escurran durante 60 segundos \pm 5 segundos sobre una malla metálica, retirar el agua visible de la superficie con un paño húmedo, determinar su masa y registrar este valor. Repetir este procedimiento cada 24 horas hasta que la diferencia de la masa entre dos pesadas consecutivas sea inferior al 0,2 %. Registrar este resultado como M_s (masa de la muestra saturada).” (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2016)

“Secarlas en un horno ventilado, entre 100 °C y 115 °C. Pesar las unidades cada 24 horas hasta que la diferencia de la masa entre las dos pesadas consecutivas sea inferior al 0,2 %. Registrar este resultado como M_d (masas de la muestra seca al horno).” (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2016)

Una vez realizado el procedimiento descrito, el Instituto Ecuatoriano de Normalización ha establecido las siguientes ecuaciones para los cálculos:

$$\text{Absorción, (kg/m}^3\text{)} = \frac{M_s - M_d}{M_s - M_i} \times 1000 \quad [2]$$

Donde:

M_s es la masa de la unidad saturada (kg),

M_i es la masa de la unidad sumergida (kg),

M_d es la masa de la unidad seca al horno (kg).

Ensayo de compresión

Los parámetros para la preparación de las muestras a ser ensayadas se encuentran en el anexo E de la Norma Técnica Ecuatoriana 3066, en donde se enuncia que: Después de la entrega al laboratorio, almacenar las unidades (...) a una temperatura de 24 °C \pm 8 °C y a una humedad relativa inferior al 80 % por al menos 48 horas. Sin embargo, si se necesitan resultados de compresión más rápidamente, almacenar las unidades (...), con una corriente de aire proveniente de un ventilador eléctrico que pase por ellos, por un período de al menos 4 horas. No se debe utilizar el horno para secar estas unidades. (p19)

Así también establece la fórmula para determinar la resistencia a compresión:

$$\text{Resistencia a la compresión} = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A_n} \quad [3]$$

Donde

- $P_{m\acute{a}x}$. = carga máxima de compresión, (kgf)
- A_n = área neta de la unidad (cm²)

Método

Identificación y clasificación del suelo

El suelo natural se obtuvo del sector de Borma del cantón Déleg de la provincia del Cañar, teniendo como referencia las coordenadas UTM: 728813.73 E; 9687510 S; Zona 17M. Se trabajó con material que pase el tamiz N°4 y se observó que es un suelo limoso por lo que para reducir su plasticidad se optó por añadir arena, teniendo una relación suelo: arena de 1:1. Una vez establecidas estas condiciones, se realizaron los siguientes ensayos para clasificar el material.

De acuerdo al procedimiento establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 691, se calcula el límite líquido del suelo natural y luego el límite líquido del suelo adicionado con arena, como se muestra en la Tabla 1 y Tabla 2, respectivamente.

Tabla 1

Contenido de agua del suelo natural

# de tarro	# de golpes	Peso Húmedo +Tarro (g)	Peso Seco +Tarro (g)	Peso del Tarro (g)	% Cont. de agua
16	43	28.64	25.62	17.57	27.28
15	30	27.66	24.83	17.81	28.73
9	21	28.24	24.92	17.07	29.72
6	13	28.36	24.82	16.96	31.05

Tabla 2

Contenido de agua del suelo más arena

# de tarro	# de golpes	Peso Húmedo +Tarro (g)	Peso Seco +Tarro (g)	Peso del Tarro (g)	% Cont. de agua
15	40	29.9	27.45	17.81	20.26
22	32	29.25	26.85	17.69	20.76
31	23	31.87	28.84	17.89	21.67
6	13	30.22	27.14	16.96	23.23

Resultados:

- Límite líquido del suelo natural = 29%
- Límite líquido de la arena = No plástico
- Límite líquido del suelo + arena = 21%

De acuerdo al procedimiento establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 692, se calcula el límite plástico del suelo natural y luego el límite plástico del suelo adicionado con arena, como se muestra en la Tabla 3 y Tabla 4, respectivamente. Adicionalmente, aplicando la INEN 692, se calcula el índice de plasticidad de los materiales.

Tabla 3
Límite plástico de suelo natural

# de tarro	Peso Húmedo +Tarro (g)	Peso Seco +Tarro (g)	Peso del Tarro (g)	% Contenido de agua	Contenido de agua promedio (%)
27	8.38	7.99	6.05	16.74	17.0
24	9.01	8.54	6.21	16.79	
4	11.39	10.93	8.72	17.23	
34	9.24	8.71	6.21	17.49	

Tabla 4
Límite plástico de suelo más arena

# de tarro	Peso Húmedo +Tarro (g)	Peso Seco +Tarro (g)	Peso del Tarro (g)	% Contenido de agua	Contenido de agua promedio (%)
27	8.25	7.87	6.05	17.27	17.2
24	8.47	8.09	6.21	16.81	
4	11.64	11.13	8.72	17.47	
34	8.99	8.51	6.21	17.27	

- Índice de plasticidad del suelo natural = 29% - 17% = 12%
- Índice de plasticidad del suelo + arena = 21% - 17.2% = 3.8%

Posteriormente se procede a determinar la granulometría (Tabla 5).

Tabla 5

Granulometría del suelo más arena

Tamiz N°	Diámetro (mm)	Peso retenido	% retenido	% que pasa
4		0.00	0.00	100.00
10	2	20.09	5.41	94.59
40	0.425	149.12	40.13	50.46
100		156.28	42.06	16.40
200	0.075	43.20	11.63	0.77

Con los resultados obtenidos con los ensayos anteriores se procede a clasificar el material, tal como se observa en la Tabla 6. En base a la clasificación obtenida, se confirma el uso beneficioso de utilizar suelo más arena en el estudio. Una vez encontradas las características deseables se procede a preparar los materiales restantes de la dosificación.

Tabla 6

Clasificación AASHTO del material

Muestra	Grupo	Tipo de materiales característicos	Calificación
Suelo natural	A-2-6 (0)	Gravas y arenas limosas y arcillosas	Regular
Suelo+ Arena	A-1-b (0)	Fragmentos de grava, piedra y arena	Excelente a bueno

Muestreo y preparación de la viruta

La viruta escogida es mediana y fina, descartando viruta gruesa pues sus dimensiones podrían generar porosidades en los ladrillos. La viruta es proveniente de dos tipos de madera, roble y eucalipto. Para evitar que la viruta absorba en demasía el agua de mezclado utilizada, se procedió a dejarla en saturación durante 48 horas tal como se muestra en la Figura 1, y se optó por cubrirla para evitar su evaporación y así conservar la humedad.

Figura 1

Viruta y papel en proceso de saturación



Muestreo y preparación del papel bond

Se puede encontrar papel bond en las instituciones públicas y privadas como un desecho, pues luego de cumplir su función es considerado basura, para este estudio el papel bond fue obtenido y reciclado de la Universidad Católica de Cuenca sede Azogues.

Se optó por papel bond de 75gr. por ser el más utilizado en el medio. Para evitar que el papel absorba agua de mezclado utilizada, se procedió a dejarlo en saturación durante 48 horas tal como se muestra en la Figura 2.

Figura 2

Papel en proceso de saturación



Utilizando una batidora Hobart se procedió a homogenizar el papel bond de 75gr. triturándolo y adicionando agua hasta conseguir una consistencia uniforme, tal como se observa en la Figura 3.

Figura 3

Homogenización del papel bond



Elaboración de los ladrillos

Las medidas de los moldes se eligieron en función de los ladrillos tradicionales existentes en el mercado teniendo así dimensiones ya establecidas de 12cm x 24cm x 8cm.

Se mezclan los agregados finos (cemento y suelo más arena) en las proporciones previstas según la dosificación escogida, hasta homogenizarlos correctamente, tal como se muestra en la Figura 4. A esta mezcla se le adiciona el papel, la viruta o ambas, según sea el caso, y se mezcla y homogeniza nuevamente hasta obtener una trabajabilidad apropiada, en caso de ser necesario se adiciona agua a la mezcla para mejorar su manejabilidad y obtener una mezcla óptima para trabajar, como se observa en la Figura 5.

Figura 4

Mezcla en seco de cemento, suelo y arena



Figura 5

Homogenización de todos los materiales



Consecuentemente se coloca la mezcla en moldes de madera y se procede a dar golpes con un martillo de hule para conseguir que el material se acomode apropiadamente y se elimine exceso de aire. Luego de asegurar la correcta distribución del material y cubrir espacios vacíos, se retira el molde, quedando los ladrillos ecológicos tal como se observan en la Figura 6, donde además se evidencia la presencia de una placa metálica utilizada para nivelar la cara superior que recibirá carga en los ensayos de compresión.

Figura 6

Ladrillos desmoldados con presencia de placa para nivelación



Dosificaciones

Para esta investigación se trabajó con una relación en volumen de suelo-cemento de 1:1.5 pues se busca que el “mortero ecológico” posea buen porcentaje en cemento para aumentar la resistencia.

Se inicia las mezclas con el 50% del volumen de un ladrillo con papel, viruta o ambos, según sea el caso. Con ese punto de partida se consideró realizar dosificaciones que contengan un 60% y otra con un 40% de los materiales mencionados, es decir, se partió de la idea de utilizar una primera dosificación con la mitad del volumen con papel, viruta o ambos, para luego hacer una segunda y tercera dosificación con una variación de +/- 10%, respectivamente. En la Tabla 7 se muestran los volúmenes de cada material utilizado en las dosificaciones.

Tabla 7

Volúmenes de material necesario para fabricar una unidad de ladrillo ecológico

Material	40% V (cm ³)	50% V (cm ³)	60% V (cm ³)	40% P (cm ³)	50% P (cm ³)	60% P (cm ³)	40% P+V (cm ³)	50% P+V (cm ³)	60% P+V (cm ³)
Cemento	1656	1380	1104	1656	1380	1104	1656	1380	1104
Suelo más arena	1104	920	736	1104	920	736	1104	920	736
Papel	----	----	----	1840	2300	2760	920	1150	1380
Viruta	1840	2300	2760	----	----	----	920	1150	1380

Ensayos de absorción y compresión

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 3066 establece los parámetros para llevar a cabo los ensayos de absorción y compresión en bloques de hormigón, aplicando las ecuaciones siguientes. Una vez realizado el procedimiento descrito (Figura 7), el Instituto Ecuatoriano de Normalización ha establecido las siguientes ecuaciones para los cálculos:

$$\text{Absorción, (\%)} = \frac{M_s - M_d}{M_d} \times 100 \quad [4]$$

Donde:

M_s es la masa de la unidad saturada (kg),

M_d es la masa de la unidad seca al horno (kg).

Así también establece la fórmula para determinar la resistencia a compresión:

$$\text{Resistencia a la compresión} = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A_n} \quad [5]$$

Donde

$P_{m\acute{a}x}$. = carga máxima de compresión, (kgf)

A_n = área neta de la unidad (cm^2)

Figura 7.

Ensayo de compresión de un ladrillo ecológico con viruta



Resultados

Resistencia a la compresión y deformación

Una vez realizados los ensayos de compresión se observa que el esfuerzo que resisten los ladrillos ecológicos que contienen papel en su dosificación se encuentran por debajo del esfuerzo que resisten los ladrillos tradicionales. Así también, se observa que los ladrillos ecológicos con contenidos de 40% y 50% de viruta superan al esfuerzo resistido por los ladrillos tradicionales en un 28% y 22% respectivamente, el efecto del curado en los ladrillos no varía más que en $10\text{kg}/\text{cm}^2$, por lo cual no se toma en cuenta el efecto. Las siguientes gráficas esfuerzo-deformación muestran el comportamiento del ladrillo tradicional vs. Ladrillos ecológicos.

Figura 8

Esfuerzo vs. Deformación, ladrillo tradicional y ladrillos con viruta

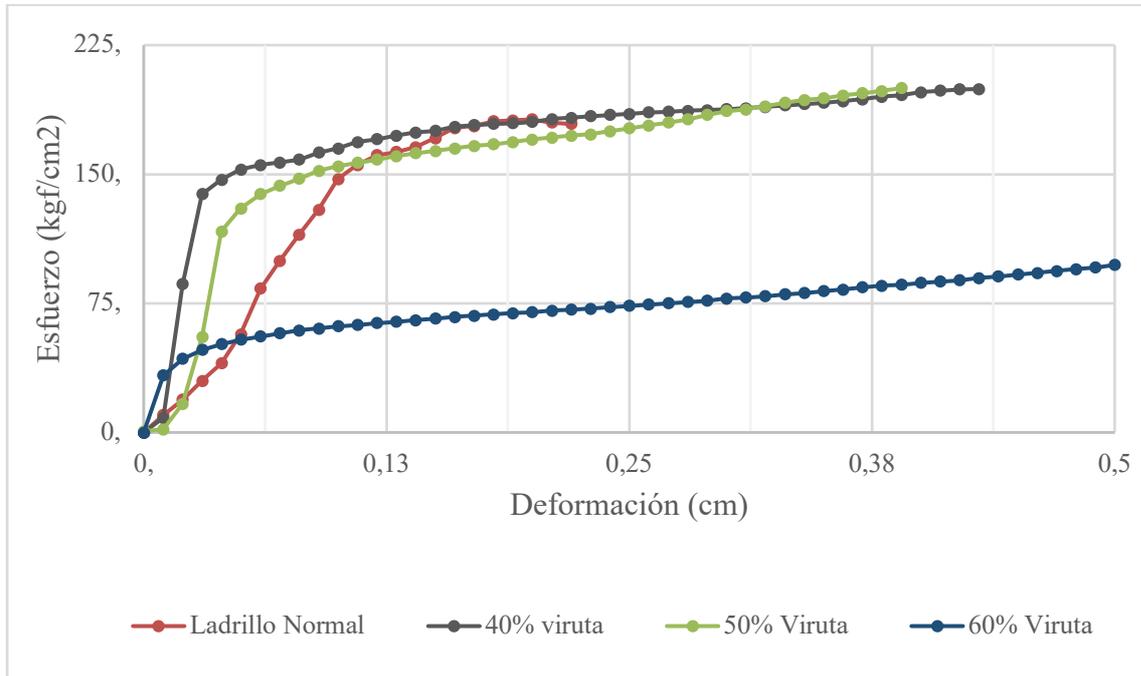


Figura 9

Esfuerzo vs. Deformación, ladrillo tradicional y ladrillos con papel

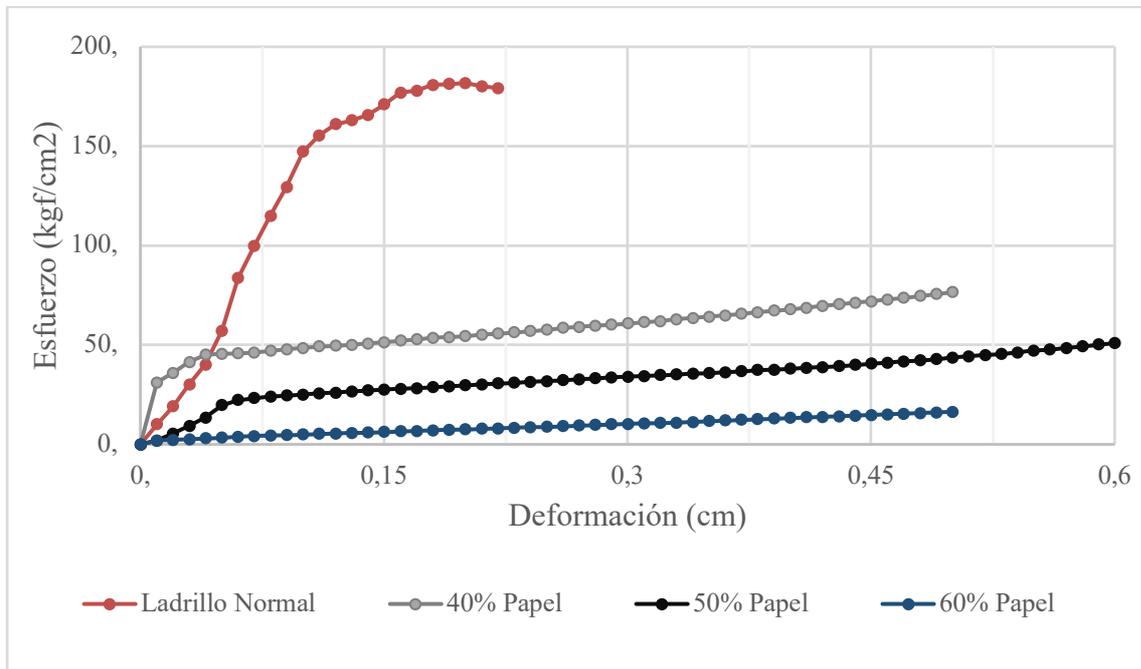
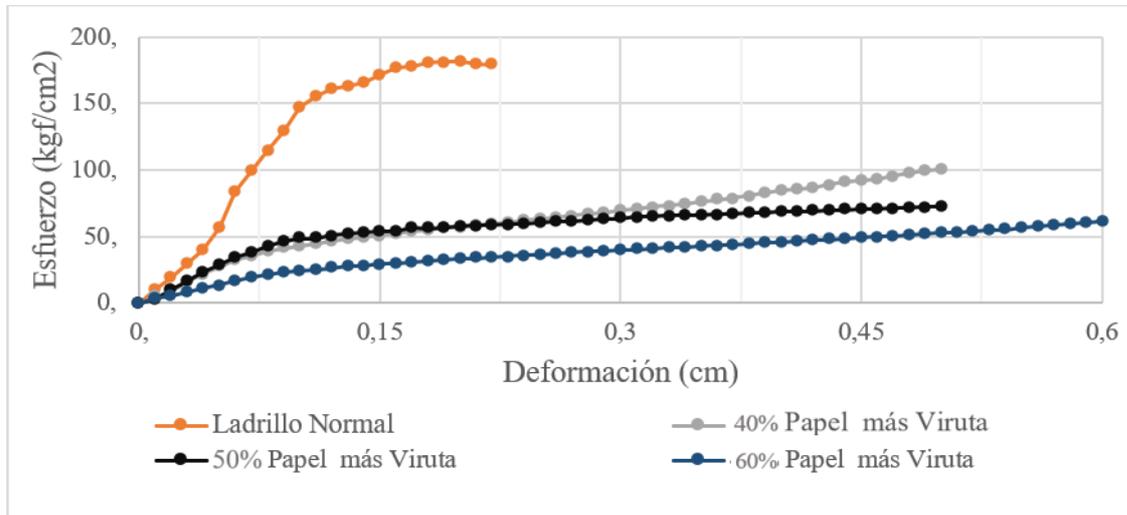


Figura 10

Esfuerzo vs. Deformación, ladrillo tradicional y ladrillos con viruta más papel



En las gráficas de las figuras 8, 9 y 10 se observa que los ladrillos ecológicos poseen la capacidad de continuar recibiendo carga y seguir deformándose a diferencia de un ladrillo tradicional que llega a su esfuerzo último y deja de resistir carga, es decir, se observa que los ladrillos tradicionales presentan falla frágil, mientras que los ecológicos muestran falla dúctil. Además, desde el punto de vista sísmico, una edificación más liviana genera menores esfuerzos inerciales laterales. De la misma manera, el fallo que presentan los ladrillos ecológicos permitiría que las personas no sean afectadas por la caída de paredes durante un sismo, por su deformación, sin fallo frágil (Figura 11).

Figura 11

Fracaso de mampostería en Escuela del Milenio – Pedernales Ecuador



Nota. Elaborado por Ing. Xavier Nieto Cárdenas

Resistencia a la compresión y deformación

El peso obtenido evidencia una ventaja en los ladrillos ecológicos al ser más livianos que los ladrillos tradicionales, tal como se observa a continuación en la Tabla 8. Esta diferencia de pesos en comparación con ladrillos tradicionales es de aproximadamente 1 kilogramo, dicha diferencia puede magnificarse al momento de analizar el peso de una pared hecha con ladrillos de arcilla cocida, por lo tanto, si el peso es mayor la estructura soportante deberá ser más resistente, lo cual aumentará su costo.

Tabla 8
Peso de los ladrillos ensayados

Descripción	Peso
Ladrillo Tradicional	4.13 kg
Ladrillo con 40% Viruta	3.46 kg
Ladrillo con 50% Viruta	3.30 kg
Ladrillo con 60% Viruta	2.70 kg
Ladrillo con 40% Papel	3.15 kg
Ladrillo con 50% papel	2.44 kg
Ladrillo con 60% papel	1.88 kg
Ladrillo con 40% viruta más papel	2.98 kg
Ladrillo con 50% viruta más papel	2.94 kg
Ladrillo con 60% viruta más papel	2.48 kg

Comparación de costos

Al ser los ladrillos con porcentajes de 40% y 50% de viruta los que alcanzan la misma resistencia de un ladrillo tradicional, se realizó un análisis de los costos solo de estos elementos. Para el análisis de las tablas 9 y 10 se consideró solamente el valor de los materiales utilizados, dejando de lado los procesos de producción puesto que un ladrillo tradicional se produce en fábricas a grandes escalas, mientras que esta investigación de ladrillos ecológico al ser innovadora se fundamenta en la producción por unidades.

Tabla 9
Costo de fabricación de un ladrillo con 40% de viruta

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
Cemento Portland	kg	3.98	0.15	0.597
Arena limpia	m3	0.000552	10.25	0.006
Suelo natural	m3	0.000552	0.1	0.0001
Viruta de madera	m3	0.001840	1.00	0.001
TOTAL				0.60

Tabla 10
Costo de fabricación de un ladrillo con 50% de viruta

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
Cemento Portland	kg	3.31	0.15	0.496
Arena limpia	m3	0.000460	10.25	0.005
Suelo natural	m3	0.000460	0.00	0.0001
Viruta de madera	m3	0.002300	1.00	0.001
TOTAL				0.50

Discusión y conclusiones

Una vez obtenidos los resultados del estudio, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

Las dosificaciones propuestas dieron como resultado diferentes valores, luego del ensayo de compresión simple, siendo evidente una resistencia superior para las dosificaciones que contienen mayor cantidad de cemento, así también se observa que la viruta de madera proporciona ligereza al ladrillo y una resistencia óptima, mientras que el papel, si bien logra reducir significativamente el peso, reduce la resistencia del ladrillo. Las dosificaciones que alcanzan y superan la resistencia de un ladrillo tradicional, son las que contienen viruta de madera en un 40% y 50%.

En dosificaciones con un 36% de cemento, 24% de suelo más arena y 40% de viruta o papel, el costo de producción, manejando solo valores de materiales, sería de 60 centavos de dólar o en otras palabras un 71% más que un ladrillo tradicional, mientras que en dosificaciones con un 30% de cemento, 20% de suelo más arena y 50% de viruta o papel, el costo de producción, manejando solo valores de materiales, sería de 50 centavos de dólar o lo que es igual a 43% más que un ladrillo tradicional.

El costo de un ladrillo ecológico es superior, pero se debe tener en cuenta otros factores como el peso, pues al ser aproximadamente 1kg más liviano implica que la estructura base deberá soportar menos peso lo que reduciría costos en la construcción.

Un ladrillo ecológico con 40% de viruta resiste 39 kgf/cm² (28%) más que un ladrillo tradicional, mientras que un ladrillo ecológico con 50% de viruta resiste 31 kgf/cm² (22%) más que un ladrillo tradicional. La resistencia de las otras dosificaciones se encuentra por debajo de la resistencia de un ladrillo tradicional, pero podrían compararse con la resistencia de un bloque de hormigón clase B.

Un factor importante es la capacidad del ladrillo ecológico de deformarse y seguir recibiendo carga a diferencia de un ladrillo tradicional que alcanza su resistencia máxima sin mayor deformación. Esta capacidad es importante pues le permitiría a una edificación tener un comportamiento más elástico.

En el aspecto ecológico los ladrillos de esta investigación presentan varias ventajas frente al ladrillo tradicional, empezando por su elaboración que no necesita hornos de cocción lo que conduce a que no se generen grandes emisiones de CO y hollín, reduciendo así el impacto ambiental negativo.

Otro factor importante es el material que se utiliza, pues al reciclar un material común como la viruta, contribuimos de una excelente manera al cuidado del medio ambiente.

Así también, se pueden establecer las siguientes recomendaciones:

En cuanto al proceso de esta investigación se debe tener en cuenta el índice de plasticidad del suelo natural y tratar de reducirlo si es necesario, pues es fundamental para lograr una mezcla apropiada con el cemento y conseguir la resistencia requerida.

Se debe procurar utilizar moldes con superficies lisas que aseguren un buen acabado del ladrillo, esto es importante al momento del ensayo de compresión simple pues la carga se distribuirá de manera uniforme. Finalmente, se deberá respetar el tiempo de curado de 28 días de curado.

Continuar con la investigación de materiales ecológicos que puedan reemplazar a los tradicionales, profundizar más sobre el aspecto económico de los ladrillos con un porcentaje de viruta considerando otros factores importantes al momento de construir.

Comparar con otros elementos como bloques de pómez y de hormigón, y variar las dimensiones de los elementos utilizados en esta investigación.

Referencias

- Bañón , L., & Beviá, J. F. (2000). *Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento* (Vol. 2). Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A. <http://hdl.handle.net/10045/1787>
- Barrientos, M., & Soria, C. (2013). Index Mundi. <https://www.indexmundi.com/>
- Begliardo, H., Sánchez, M., Panigatti, M. C., Casenave, S., & Fornero, G. (2006). Ladrillos de suelo-cemento elaborados con suelos superficiales y barros de excavación para pilotes. Ponencia. *Reciclado de residuos de construcción y demolición (RCD) y de residuos de procesos (RP) PROCQMA*.
- Cadena, G. (2013). , *Mejoramiento de las propiedades mecánicas de concretos puzolánicos para incrementar su resistencia ante ataques de sulfatos*. Universidad Autónoma de Querétaro. <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/364>
- Coyasamín, O. (2016). *Análisis comparativo de la resistencia a compresión del hormigón tradicional, con hormigón adicionado con cenizas de cáscara de arroz (cca) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (cbc)*. [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica de Ambato. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/23482>
- Das, B. M. (1995). *Fundamentos de Ingeniería geotécnica*. Thompson Learning.
- Del Campo, M. (1963). La determinación del agua de amasado en morteros y hormigones fraguados. *Materiales de Construcción*, 13(111), 36-45. <https://doi.org/10.3989/mc.1963.v13.i111.1798>
- Gatani, M. (2000). Ladrillos de suelo-cemento: Mampuesto tradicional en base a un material sostenible. *Informes de la Construcción*, 51(466), 35-47. <https://doi.org/10.3989/ic.2000.v51.i466.713>
- Instituto Ecuatoriano De Normalización. (1982). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 691: Mecánica de suelos. Determinación del límite líquido*. Publicación Oficial.

- Instituto Ecuatoriano De Normalización. (1982). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 692: Mecánica de suelos. Determinación del límite plástico*. Publicación Oficial.
- Instituto Ecuatoriano De Normalización. (2011). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 154. Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas. Publicación Oficial.
- Instituto Ecuatoriano De Normalización. (2011). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 696: Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso. Publicación Oficial.
- Instituto Ecuatoriano De Normalización. (2016). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 3066. Bloques de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo*. Publicación Oficial.
- Instituto Nacional De Vías. (2007). *Norma INV. E 102. Descripción e identificación de suelos (Procedimiento visual y manual)*. Publicación Oficial.
- Piedra, B. (2014). *Estudio para analizar el ladrillo de suelo cemento o ecológico en Cuenca* [Tesis de pregrado]. Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/3638>
- Roseto, O. (2006). Bloques con Mezclas Hipercomprimidas de Suelo-Cemento. *Revista Cemento*, 7, 11-13.

Cómo citar este artículo:

Polo Friz, E. G. (2023). Geotecnia y Arquitectura. Consideraciones sobre el paradigma actual en geotecnia y sus posibles desarrollos futuros. *Project, Design and Management, Monográfico* (2023), 57-65. doi: 10.35992/pdm.5vi1.1843.

**GEOTECNIA Y ARQUITECTURA. CONSIDERACIONES SOBRE
EL PARADIGMA ACTUAL EN GEOTECNIA Y SUS POSIBLES
DESARROLLOS FUTUROS**

Emilio Gastón Polo Friz

Universidad Nacional de Mar del Plata (Argentina)

emilio_polo@hotmail.com · <https://orcid.org/0000-0001-9283-5790>

Resumen. La comprensión del comportamiento del suelo es un elemento clave para el desarrollo tanto de obras de arquitectura, como de infraestructuras urbanas; ya que la mayor parte de los fallos en las construcciones, están relacionados con el desconocimiento relativo de la naturaleza del suelo. Teniendo en consideración la naturaleza heterogénea y compleja del suelo, ¿puede la geotecnia -según estándares actuales- lograr una comprensión de la dinámica terreno/obra construida? ¿o se requiere un cambio de paradigma con aporte de otras disciplinas, que permitan articular modelos más complejos y precisos? Siendo el objetivo de la presente investigación, el de explorar el paradigma actual en mecánica del suelo y exponer posibles escenarios futuros superadores para la disciplina, desde un diseño metodológico de tipo cuantitativo-cualitativo y utilizando técnicas de recopilación de datos; sistematización sobre un Sistema de Información Geográfica (GIS); con determinación de rasgos característicos -con análisis interpretativo y descriptivo- de la estructura soporte, se buscó determinar los rasgos característicos de los diferentes tipos de suelos encontrados en la ciudad de Mar del Plata, República Argentina, estableciendo zonas de caracterización geotécnica diferenciada. En la actualidad, existen líneas de investigación que buscan el desarrollo de modelos matemáticos que permitan describir un comportamiento realista del suelo; donde, en lo que refiere a la carencia de datos -siendo importante destacar que, si bien en la actualidad existe una gran cantidad de datos disponibles de diverso origen disciplinar, dicha información no se transversaliza e interrelaciona- la incorporación y sistematización de los mismos, sigue siendo la mayor dificultad.

Palabras clave: Planificación Urbana, instrumentos de gestión, políticas públicas, geotecnia y mecánica de suelos.

GEOTECHNICS AND ARCHITECTURE. CONSIDERATIONS ON THE CURRENT PARADIGM IN GEOTECHNICS AND ITS POSSIBLE FUTURE DEVELOPMENTS

Abstract. Understanding the behavior of the soil is a key element for the development of both architectural works and urban infrastructures; since most of the failures in the constructions are related to the ignorance relative to the nature of the soil. Taking into account the heterogeneous and complex nature of the soil, can geotechnics -according to current standards- achieve an understanding of the dynamics of the terrain/construction? Or is a paradigm shift required with contributions from other disciplines that allow more complex and precise models to be articulated? The objective of this research is to explore the current paradigm in soil mechanics and expose possible future scenarios for the discipline. From a quantitative-qualitative methodological design and using data collection techniques; systematization on a Geographic Information System (GIS); With determination of characteristic features -with interpretive and descriptive analysis- of the support structure, we sought to determine the characteristic features of the different types of soils found in the city of Mar del Plata, Argentina, establishing zones of differentiated geotechnical characterization. At present, there are lines of research that seek the development of mathematical models that allow describing a realistic behavior of the soil; where, with regard to the lack of data -it is important to highlight that, although there is currently a large amount of data available from different disciplinary origins, said information is not mainstreamed and interrelated- the incorporation and systematization of the same, remains the greatest difficulty.

Keywords: Urban planning, management instruments, public policies, geotechnics.

Introducción

La comprensión del comportamiento del suelo es un elemento clave para el desarrollo, tanto de nuestras obras de arquitectura como para las infraestructuras de ingeniería civil que requiera una ciudad o región; ya que, como indica Brandl (2004) el 80-85 por ciento de los fallos en las construcciones están relacionados con cambios en la dinámica de la estructura soporte, su comportamiento y las tensiones emergentes que se puedan dar con las construcciones que sobre él se asientan.

Es así que, cualquier incertidumbre relativa a naturaleza del suelo, las condiciones geotécnicas de una ciudad, o la dinámica entre la obra construida y el territorio sobre la cual se asienta, se deben principalmente a la dificultad en la obtención y análisis de datos del subsuelo y su interacción con las construcciones. Es por ello que, en los últimos años, la gestión estratégica del subsuelo ha llegado a representar un tema de relevancia para el desarrollo de las ciudades, constituyéndose un nuevo campo interdisciplinario conocido como "Geo-ciencias urbanas".

La ciudad de Mar del Plata -Provincia de Buenos Aires, República Argentina-, al igual que gran parte de las principales capitales en Latinoamérica, ha desarrollado su planificación urbana sin tener en consideración factores básicos de estructuración territorial, como son la geología y la geotecnia; desconociendo así, sus áreas vulnerables y/o sectores de potencial riesgo geotécnico.

En tal sentido, la ausencia de un conocimiento fundamentado y sistematizado sobre el comportamiento del suelo marplatense, dificulta en sobremanera la correcta implementación de instrumentos tanto para el diseño y ejecución de políticas municipales de desarrollo, así como la adecuada implantación de obras -de arquitectura y de ingeniería civil de mediana y alta complejidad-.

En base a la problemática expuesta, el Arq. Emilio Polo -autor del presente trabajo- viene desarrollando su tesis doctoral en la FAUD-UNMdP, la cual tiene por objeto -a partir de la recopilación de datos existentes y su sistematización sobre un Sistema de Información Geográfica (GIS)- determinar los rasgos característicos de los diferentes tipos de suelos presentes en la ciudad de Mar del Plata; estableciendo zonas de caracterización geotécnica diferenciada (áreas con potencial de desarrollo urbano, zonas de riesgo geotécnico, etc.) con el objeto de ofrecer nuevo conocimiento en el campo de la geotecnia local, centrado en las dinámicas propias del suelo marplatense, su interacción con la obra arquitectónica -construida y a construir- y las diferentes alternativas de cimentación utilizada. Como parte de este trabajo, y en base a las limitaciones conceptuales halladas sobre el conocimiento del comportamiento del suelo -y teniendo en consideración su naturaleza heterogénea y compleja-, ¿puede la geotecnia -según sus estándares actuales- lograr una comprensión acabada de la dinámica terreno/obra construida? ¿o se requiere un cambio de paradigma que se nutra desde las diversas disciplinas y que permita articular modelos más complejos y precisos?

Método

La investigación desarrollada, desde un diseño metodológico de tipo cuantitativo-cualitativo con análisis interpretativo y descriptivo, ha utilizado técnicas relacionadas con la recopilación de datos (estudios de suelo, imágenes satelitales, información georeferenciada, etc.); sistematización de información sobre un Sistema de Información Geográfica (GIS); y determinación de rasgos característicos de la ciudad de Mar del Plata; estableciendo sobre esta, zonas de caracterización geotécnica diferenciada (zonas con potencial de desarrollo urbano, zonas de riesgo geotécnico, etc.).

Para el presente artículo, se ha abordado una metodología de tipo descriptiva e interpretativa de análisis documental sobre fuentes secundarias, donde se analiza la evolución de la geotécnica como ciencia en el devenir del tiempo, así como el desarrollo de sus principios y cambios de paradigma. Como establecen Denzin y Lincoln (2017), la integración de los instrumentos metodológicos, lo documentado, lo observado y lo conversado, desembocan en la recursividad de procesos de análisis, síntesis e interpretación que habilitan diferentes perspectivas sobre una misma realidad.

Resultados

La ciencia del suelo, busca la comprensión de su propia naturaleza, de sus propiedades, dinámicas y funciones como parte de un sistema multidimensional que abarca aspectos físicos, químicos y mecánicos, pero que también analiza -o debiera analizar- el impacto de los aspectos sociales, de desarrollo urbano, económicos y territoriales, en relación de cómo los mismos influyen o afectan en su comportamiento como estructura de soporte.

En este contexto, no podemos desconocer que la dinámica de los suelos es compleja debido a su naturaleza heterogénea y diversa, donde su composición estructural originante coexiste con variables endógenas y exógenas que condicionan su respuesta -afectando su desempeño, en términos geotécnicos-. La interacción de las partículas sólidas con el fluido intersticial -que generalmente está compuesto por más de un fluido:

agua, contaminantes orgánicos e inorgánicos, gases, etc.-, desencadena comportamientos diferenciados dependiendo de la variación de los niveles de humedad, forma y estructura de las partículas granulares, heterogeneidad de las mismas, confinamiento, etc.; donde, las actividades humanas -procesos de urbanización, transformación del paisaje/territorio natural, incorporación o modificación de “cargas” a partir de la construcción de obras de arquitectura o ingeniería- afectan las condiciones originales del suelo, transformándolo.

A lo largo de la historia, como parte de este proceso de comprensión de la mecánica del suelo, ha existido una permanente preocupación por “dar una explicación” sobre los fundamentos de su comportamiento. Desde la consideración de los fallos como “actos de Dios” (Morley, 1996) hasta la aplicación de la “ley del talión” en el Código de Hammurabi -desde un principio jurídico de justicia retributiva, que han sentado las bases de los códigos actuales-, hasta el desarrollo de la geotecnia como ciencia en la última parte del siglo XIX y primera mitad del siglo XX. Donde, durante el siglo XVIII, podemos encontrar el desarrollo de los primeros modelos numéricos teóricos que pretenden explicar el comportamiento de las estructuras utilizando conceptos deterministas.

Pero, no es hasta la segunda mitad del siglo XX, con la incorporación de conceptos probabilistas, que se comienza a cuestionar el determinismo; donde la obra construida -o a construir- comienza a ser desarrollada teniendo en cuenta un contexto donde los aspectos físico-constructivos de la materialidad -donde se encuentra ubicada la estructura de soporte que conforma el territorio- son dinámicos y pasibles de cambio.

En este sentido, como propone Antonio Gens Solé (2005) en su discurso ante la Real Academia Europea de Doctores, aportes como los realizados por Coulomb (1736-1806) con el cálculo de los empujes del terreno sobre muros y el análisis de los fenómenos de rozamiento; las contribuciones de Rankine (1820-1872) con el desarrollo de sus investigaciones sobre estados de equilibrio límite en una masa de tierra semi-infinita; y la contribución de Boussinesq (1842-1929) con la solución del problema elástico de una carga puntual colocada sobre un semiespacio elástico isótropo semiinfinito; así como otros investigadores como: J.R. Perronet (1769) que aporta el primer estudio sobre estabilidad de taludes; G.C. Prony (1802), J.F. Français (1820), C.V. Poncelet (1840) y C. W. Hope (1845) quienes trabajan sobre empujes de tierra y muros; A. Collin (1846) que descubre la resistencia al corte sin drenaje de las arcillas; H.P.J. Darcy (1856) que propone la ley de flujo en medio poroso que ha resistido todos los embates del paso del tiempo; O. Reynolds (1887) que descubre la dilatación de las arenas; permiten sentar las bases de la Geotecnia como ciencia en los albores del siglo XX.

La comprensión -y formulación del principio- de los esfuerzos efectivos para suelos saturados planteada por Terzaghi en los años 20, fue uno de los grandes aportes a la disciplina, donde la consideración del suelo como material poroso (a diferencia de Coulomb y Rankine que lo consideraban como un sólido) le permitió avanzar donde estos no pudieron. Siendo el mismo Terzaghi, a partir de sus numerosas publicaciones -producidas entre los años 1936 y 1961- que abordan la desconexión existente entre los códigos y normas de la época con las fundamentaciones técnicas (lo que Terzaghi llama “el viejo código” en referencia a las ideas de principios del siglo XX), el que plantea un primer cambio de paradigma que lo acerca a la disciplina como ciencia.

El principio de tensiones efectivas implicó -para el momento- una gran unificación de los aspectos hidráulicos y mecánicos del comportamiento del terreno, pero aún se consideraba por separado la rotura (desarrollos a partir de los trabajos de Coulomb y Rankine) lo que no permitía integrar el comportamiento del terreno como un todo coherente. En busca de este objetivo, el grupo de Geotecnia de la Universidad de

Cambridge (Roscoe, Schofield y Wroth en los '60) se propuso lograr un modelo unificado que permitiera vincular los aspectos del comportamiento del terreno que -para ese momento- constituían entidades separadas, donde se incorpora el concepto de estado crítico y luego, el concepto de fase fluida mixta y suelos no saturados (Bishop, Aitchinson, Fredlund y Morgenstern en la segunda mitad de los '60).

Para esa misma época -1968-, Roscoe y Burland proponían el modelo Cam-clay Modificado que corregía algunos defectos importantes del Cam-clay original, dando origen a los modelos de estado crítico. Estos modelos permitían considerar una gran cantidad de las características de comportamiento del suelo de una forma unificada, conceptos como rotura, deformación, cambios de volumen, memoria del suelo, consolidación, estado crítico podían integrarse en un modelo que permitía comprensión más global del comportamiento del terreno.

Si bien es cierto que el paradigma representado por los modelos de estado crítico ha sido capaz de caracterizar en forma satisfactoria algunos de los comportamientos más comunes de los suelos, cuando se observa el comportamiento real de muchos suelos naturales, nos encontramos que el modelo Cam-clay es a menudo demasiado simplificado, necesitando una amplificación para su utilización efectiva.

En este sentido, las distintas clasificaciones de suelos existentes en la actualidad, tienen por objeto describir e integrar las principales características y comportamientos del suelo según las necesidades de las diferentes actividades o disciplinas -construcción de caminos y pavimentos, agricultura, minería, geomecánica, geología, etc.-, no lográndose hasta el momento una clasificación general unificada.

Algunas de las clasificaciones que se pueden referenciar son:

- 1) El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos -SUCS-.
- 2) El Sistema de la American Association of State Highway & Transportation Officials -AASHTO-.
- 3) El método propuesto por la Federal Aviation Administration -FAA-.
- 4) El sistema de US Department of Agriculture -USDA-.
- 5) y la taxonomía del Eurocódigo, entre otros.

En la actualidad, existen diversas líneas de investigación que buscan el desarrollo de modelos matemáticos que permitan describir un comportamiento realista del suelo, enfrentándose en gran medida -estos sistemas-, a la imprevisibilidad producto de la incertidumbre producto de la variabilidad de acción del material, según el cambio de las condiciones a las que se halla inmerso -cambios de niveles de humedad, mayores cargas, etc.-.

Según lo que establecen Baecher & Christian (2003), las fuentes de incertidumbre, en general, pueden venir en tres categorías principales:

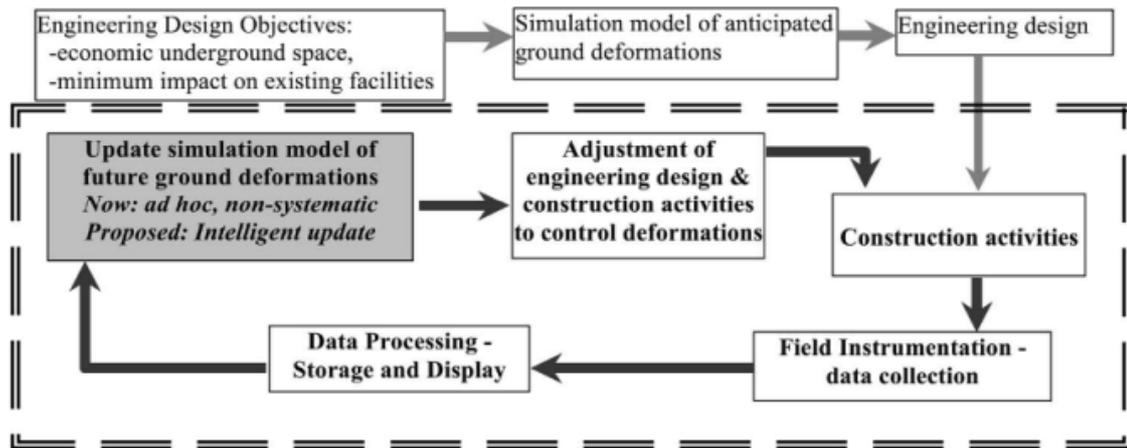
- Aquellas relacionadas con la variabilidad natural.
- Las relacionadas con la incertidumbre epistémica.
- Aquellas relacionadas con los modelos de decisión.

Donde la primera categoría está relacionada a la variabilidad del comportamiento del material suelo producto de su heterogeneidad y dinámicas de cambio.

La incertidumbre epistémica referida a la carencia de datos o falta de entendimiento de los procesos físicos emergentes; donde la incertidumbre en los modelos de decisión está determinada por la metodología de interpretación de datos y el logro de instrumentos que produzcan modelos que produzcan comportamientos realistas.

Figura 1

Procedimiento sistemático del método observacional



Nota. Fuente: Hashash, Marulanda, Ghaboussi, & Jung (2006).

En este sentido, cualquier incertidumbre relativa a las condiciones geológicas y geotécnicas se debe principalmente a las dificultades para la obtención, selección y sistematización de datos del subsuelo, su heterogeneidad y su dinámica mecánica. Por lo tanto, un enfoque multidisciplinario para el análisis de datos, se convierte en esencial.

En consonancia con este marco de acción, en los últimos años, la gestión estratégica del subsuelo de las ciudades ha llegado a representar un tema de relevancia para el desarrollo de las ciudades, constituyéndose un nuevo campo interdisciplinario conocido como "Geo-ciencias urbanas". Esta nueva disciplina estudia los ambientes geológicos de las ciudades con el fin de proporcionar una base científica para un uso racional en la planificación y desarrollo de la ciudad.

Donde, el avance de la ciencia geotécnica, además de la necesidad de proponer un sistema global de clasificación de suelos, se encuentra ante el enorme desafío de desarrollar nuevos modelos predictivos realistas que logren imitar -en forma precisa- el comportamiento de los suelos naturales y/o modificados, en cada una de sus condiciones -saturados, no saturados- teniendo en consideración las influencias del entorno medioambiental, agentes externos e internos, etc., así como su interacción con el objeto construido -obra de arquitectura / ingeniería civil-.

Discusión y conclusiones

La complejidad de la naturaleza del suelo -y la dinámica de su comportamiento emergente, producto de factores extrínsecos e intrínsecos- ha hecho que el avance del

entendimiento de la misma -en términos globales- haya sido limitado, a pesar incluso de las nuevas herramientas con la que se dispone en lo que refiere a métodos exploratorios.

Actualmente, la mayoría de las prospecciones se basan en perfiles unidimensionales verticales, donde la información obtenida es parcializada y de uso local -y/o regional en el mejor de los casos-, donde la integración de la información a través de su sistematización, en base de datos inteligentes, está muy lejos de ser extendida.

La integración de información cuantitativa, información observacional, de modelos matemáticos -descriptivos y predictivos-, es una línea de investigación abordada en forma limitada y que podría aportar grandes avances a la comprensión y desarrollo de instrumentos predictivos del comportamiento realista de la dinámica de los suelos-. En la actualidad -y gracias a la masividad de los medios digitales en todas sus formas- existe una gran cantidad de datos disponibles de diverso origen disciplinar, que describen o aportan información sobre el suelo en perspectivas multidimensionales -físicas, químicas, mecánicas-; esta información, muchas veces no es tenida en cuenta ya que no se sistematiza, transversaliza e interrelaciona en sistemas unificados de uso global.

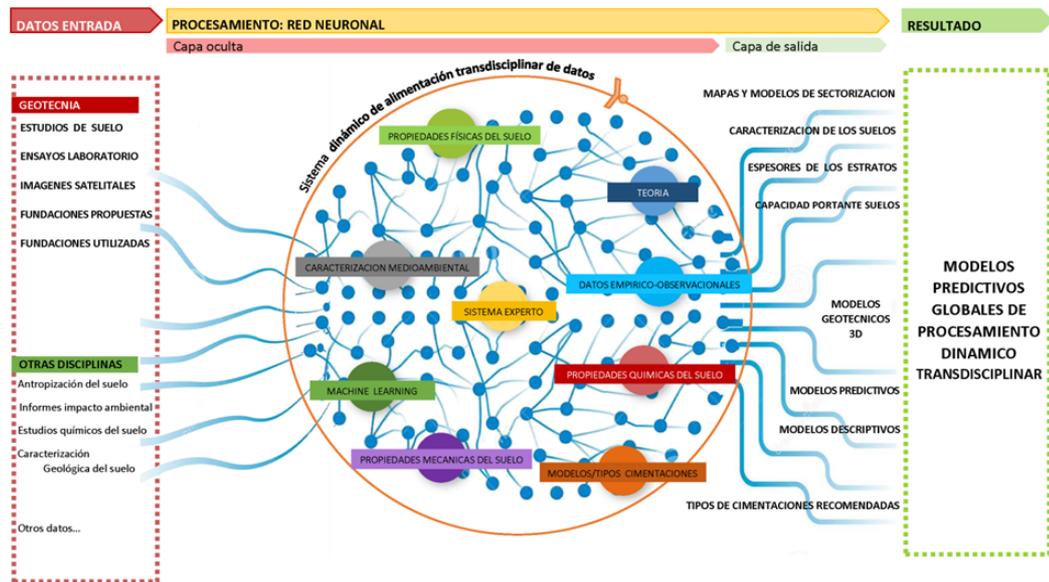
En la era de las tecnologías informáticas, el uso de la Inteligencia Artificial -desde su aporte en lo que refiere al aprendizaje automático (machine learning), el reconocimiento de patrones (pattern recognition) y el aprendizaje profundo (deep learning)- emerge como un instrumento indispensable para vincular los comportamientos de suelo en términos macroscópicos, con los micros y nano; lo local, con lo regional y global; la teoría científica con lo empírico-observacional; proponiendo -o requiriendo- nuevos sistemas de medición, donde la información obtenida se sistematice en modelos dinámicos tridimensionales de alcance global.

En este sentido, los algoritmos de I.A. ya han sido utilizados con gran éxito en diversos campos de la disciplina, como establecen Levasseur, Malécot, Boulon, & Flavigny (2008) para la caracterización de suelos a partir de ensayos de dilatómetro; en el análisis de parámetros de resistencia de macizos rocosos, según Ling, Zhang, Zhu, & Tang (2008); para el análisis de presas de tierra, como refieren Yuzhen, Bingyin, & Huina (2007); o como refieren LI & otros (2006) para el análisis en túneles; entre muchas de las diversas aplicaciones posibles.

Estos sistemas de Inteligencia Artificial permiten interrelacionar en un único instrumento, componentes tan disímiles como lo empírico -que emerge de la práctica y la observación del medio natural y su comportamiento-; lo teórico -como base científica-; los modelos descriptivos de los tipos posibles de suelos y la caracterización de los mismos; los modelos matemáticos y predictivos; las dinámicas emergentes entre las características físicas, mecánicas y químicas; donde dicho instrumento, puede y debe -preferentemente, a fin de obtener modelos más completos, complejos y cercanos a la realidad- ser alimentado con datos dinámicos desde las diversas disciplinas cuyo objeto de estudio es el suelo, o su interacción con el mismo.

Figura 2

Esquema de estructuración de Inteligencia Artificial específico para el desarrollo geotécnico, de tipo neuronal con incorporación de información transdisciplinar



Nota. Elaboración Propia.

Bibliografía

- Bárcena, A. y Romo, M.P. (1994). *RADSH: Programa de computadora para analizar depósitos de suelo estratificados horizontalmente sujetos a excitaciones dinámicas aleatorias*. Informe interno del Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Baecher, C. & Christian, J.T. (2003). *Reliability and Statistics in Geotechnical Engineering*. England. John Wiley & Sons.
- Cal, Y. (1995). Soil Classification by Neural-Network. *Advances in Engineering Software*, 22(2), 95-97
- Brand, E.W. (1981). Investigations for the restoration of the Phra Pathom Chedi pagoda. In *Proc. 10th. Int. Conf. Soil. Mech.* Stockholm, (pp. 853-854).
- Brandl, H. (2004). *The Civil and Geotechnical Engineer in Society: Ethical and Philosophical Thoughts, Challenges and Recommendations*. The Deep Foundations Institute, Hawthorne.
- Casagrande, A. (1960). Translation of Introduction to Erdbaumechnik auf Bodenphysikalischer Grundlage (1925). In *From theory to practice in soil mechanics*. Wiley, New York.
- Cook, G. (1951). Rankine and the theory of earth pressure. *Géotechnique*, 2, 271-279.
- Denzin, N. & Lincoln, Y. (2017). *El arte y la práctica de la interpretación, la evaluación y la presentación*. Gedisa Editorial.
- Forero Dueñas, C. (1994). Conceptos y Metodología Básica de Zonificación Geotécnica. In *V Congreso Colombiano de Geotecnia*. Medellín.

- García, S.R., Romo, M.P., Figueroa-Nazuno, J. & Ramos, A. (2001). A RPs Approach for the Modelling of Mexico City Ground Motions. In *12th European Conference on Earthquake Engineering*. Elsevier Science Ltd.
- Gardner, M.W. & Dorling, S.R. (1998). Artificial neural networks (The multilayer perceptron) - A review of applications in the atmospheric sciences. *Atmospheric Environment*, volume 32 (14/15), 2627- 2636.
- Goh, A. T. C. (1994). Seismic Liquefaction Potential Assessed by Neural Networks. *Journal of Geotechnical Engineering*, 120(9), 1467-1480
- Goh, A. T. C., Wong, K. S., & Brons, B. B. (1995). Estimation of Lateral Wall Movements in Braced Excavations Using Neural Networks. *Canadian Geotechnical Journal*, 32(6), 1059-1064.
- Kurkova, V. (1992). Kolmogorov theorem and multilayer neural networks. *Neural Networks*, 5(3), 1-5.
- Lambe, T.W. & Whitman, R.V. (1968). *Soil Mechanics*. Wiley. N.Y.
- Levasseur, S. (2008). *Analyse Inverse en Géotechnique; développement d'une méthode a base d'algorithmes génétiques*. Grenoble.
- LI, X. (2006). *Intelligent Back Analysis of Tunnel Rock Displacement and Its Application*. Underground Space.
- Ling, X., Zhang, F., Zhu, Z., & Tang, L. (2008). *Estimating mechanics parameters of rock mass based on improved genetic algorithm*. IEEE.
- Millar D L and Clarici E, (1994). Investigation of Backpropagation Artificial Neural Networks in Modeling the Stress-Strain Behavior of Sandstone Rock. In *IEEE International Conference on Neural Networks*. IEEE Service Center.
- Romo, M. P., Rangel, J. L., Flores, O., & García, S. R., (1998). Aplicación de redes neuronales artificiales a la geotecnia. In *XIX Reunión nacional de Mecánica de Suelos*. Puebla, México, 418-427.
- Santamarina, J.C. (2003). Creativity and Engineering-Education Strategies. In *Int. Conference on Engineering Education in Honor of J.T.P. Yao*, Texas (pp. 91-108).
- Santamarina, J.C. (2006). Geotechnology: Paradigm shifts in the Information Age. In *GeoCongress 2006 Geotechnology in the Information Age*. LG Baise, Eds.
- Sarmiento, N. (2001). *Evaluación de la respuesta sísmica en el Valle de México aplicando redes neuronales artificiales*. [Tesis de Maestría], DEPI, UNAM, México
- Savioli, C. (1978). *El Suelo y las Cimentaciones*. Espacio Editora.
- Solé, A. G. (2005) *Geotecnia: Una Ciencia para el Comportamiento del Terreno*. Real Academia Europea de Doctores.
- Wong, F., Tung, A., & Dong, W. (1992). *Seismic hazard prediction using neural nets*. In *10th World Conference on Earthquake Engineering*, (pp. 339- 343).
- Yuzhen, Y., Bingyin, Z., & Huina, Y. (2007). An intelligent displacement back-analysis method for earth-rockfill dams. *Computers and Geotechnics*, 423-434.
- Zurada, J.M. (1992). *Introduction to artificial neural systems*. West Publishing, St. Paul.



Cómo citar este artículo:

Forte Silva, M. V. & Garat de Marín, M. S. (2023). Método FORTE v. 1.0: una contribución a la gestión de megaproyectos de ingeniería en Brasil. *Project, Design and Management*, número monográfico, 66-80 . 10.35992/pdm.mo2023.2114.

MÉTODO FORTE V. 1.0: UNA CONTRIBUCIÓN A LA GESTIÓN DE MEGAPROYECTOS DE INGENIERÍA EN BRASIL

Marcus Vinícius Forte Silva

Universidad Europea del Atlántico (España)

marforte@gmail.com · <https://orcid.org/0009-0007-0591-728X>

Mirtha Silvana Garat de Marín

Universidad Internacional Iberoamericana (Uruguay)

silvana.marin@unib.org · <https://orcid.org/0000-0003-3044-8087>

Resumen. Los cambios provocados por la globalización han construido una nueva realidad para los medios de producción y comunicación, la calidad de vida y el comportamiento, favoreciendo el surgimiento de proyectos en todo el mundo. Durante el gobierno del Partido de los Trabajadores (2003-2016), Brasil siguió esta tendencia, transformándose en un gran sitio de construcción, donde la ingeniería de exploración de petróleo y gas asumió un papel importante para la economía nacional. La alta demanda mundial de energía y el descubrimiento de la provincia del presal permitirían al país convertirse en exportador de energía y superpotencia para el año 2030, definiendo el carácter estratégico de los megaproyectos de exploración de petróleo y gas en la Cuenca de Santos, São Paulo. El programa de gobierno en la era del PT ofreció a Brasil un terreno fértil para el desarrollo económico, pero también para la ilegalidad, cuando una nueva realidad sacada a la luz en 2014 por la Operación Lava Jato desencadenó el mayor escándalo de corrupción en la historia de Brasil. La combinación de complejidad y corrupción provocó retrasos en la entrega de petróleo al mercado de consumo y enormes pérdidas financieras. La situación exigía iniciativas de apoyo a la gestión de horarios que estén a la altura del desafío, donde la respuesta esperada es la aplicación de un método de análisis de horarios – el Método FORTE v. 1.0 – responsable de la primera iniciativa integrada dirigida al cumplimiento, gestión de proyectos y conocimiento corporativo, ajustada a la realidad de los grandes proyectos de ingeniería en Brasil. La situación requería una solución de TI con diferentes características – Oracle Primavera P6 – y el resultado de la iniciativa es un conjunto de logros más allá de la gestión de proyectos, permeando todo el tejido organizacional.

Palabras clave: Ingeniería, megaproyectos, cumplimiento, Método FORTE v. 1.0, Oracle Primavera P6.

FORTE METHOD V. 1.0: A CONTRIBUTION TO SCHEDULE MANAGEMENT OF ENGINEERING MEGAPROJECTS IN BRAZIL

Abstract. Changes caused by globalization have built a new reality for the means of production and communication, quality of life and behavior, allowing the emergence of projects around the world. During Workers' Party (*Partido dos Trabalhadores, PT*) government (2003-2016) Brazil followed this trend, transforming itself into a huge construction site, where oil and gas exploitation engineering assumed an important role for the national economy. The high world energy demand and the discovery of the pre-salt province would enable the country to become an energy exporter and super power by the year 2030, defining the strategic character of the oil and gas exploitation megaprojects in the Santos Basin, São Paulo. The government program in the PT era offered

Brazil fertile ground for economic development, but also for illegality, when a new reality brought to light in 2014 by Car Wash Operation (*Operação Lava Jato*) triggered the biggest corruption scandal in Brazilian history. The combination of complexity and corruption caused delays in the delivery of oil to the consumer market and huge financial losses. Situation demanded initiatives to support the management of schedules up to the challenge, where the expected response is the application of a method of analysis of schedules - the FORTE method v. 1.0 – responsible for the first integrated initiative aimed at compliance, project management and corporate knowledge, adjusted to the reality of large engineering projects in Brazil. The situation demanded an IT solution with differentiated characteristics – Oracle Primavera P6 – and the result of the initiative is a set of achievements beyond project management, permeating the entire organizational tissue.

Keywords: Engineering, megaprojects, compliance, FORTE Method v. 1.0, Oracle Primavera P6.

Introducción

La gestión de proyectos ha ido imponiendo poco a poco su valor a los logros humanos. Desde las pirámides de Giza hasta la conquista del espacio, surge una nueva comprensión sobre los desafíos y prácticas aplicables, ofreciendo a las naciones una nueva percepción de las necesidades, valores y corrección de los agravios generados por el hombre.

El proceso de globalización en Brasil ocurrido con el Neoliberalismo en la década de 1990 impuso importantes cambios económicos, políticos y sociales, protagonizando un sistema mundial de causas y efectos. Como consecuencias, se da competencia feroz y reducción de costos de producción, intercambio científico-tecnológico, aumento de la calidad de vida y longevidad, creación de empleos especializados y demanda de calificación profesional, universalización del acceso a los medios de comunicación y, como destaque, la formación de una cultura global competitiva, colaborativa y consciente del peso de las ideas innovadoras, sostenibles y culturalmente diversas (Khan, 2018, p. 8). La nueva corriente de pensamiento viene a influir en las más recientes discusiones sobre gestión, donde al hombre actual se le presenta un nuevo conjunto de valores, oportunidades, recursos y rasgos a superar. Una vez ampliada esta percepción, se alimenta la inquietud y necesidad de crecimiento y transformación, demandando proyectos en las diversas áreas del conocimiento humano, incluyendo la generación de energía a través de la exploración de petróleo y gas. La globalización es una realidad con repercusiones en la actualidad, un proceso que no debe ser elogiado ni rechazado, representando sólo un desafío para el cual Brasil debe estar preparado (Sardenberg, 1999, pp. 42-49), modificando profunda e irreversiblemente el escenario de los proyectos públicos y privados.

En los gobiernos de Luís Inácio da Silva (2003-2011) y Dilma Rousseff (2011-2016), ambos del *Partido de los Trabajadores (Partido dos Trabalhadores, PT)*, Brasil siguió la tendencia mundial hacia el desarrollo, instituyendo proyectos en diferentes sectores de la economía en todo el territorio nacional. El descubrimiento de la provincia del presal brasileño en 2007, región con petróleo y gas en altos estándares de volumen y calidad, sumado luego a la alta demanda mundial de energía en 2014, permitiría a Brasil convertirse en exportador y potencia energética hasta 2030. La provincia del pre-sal comprende un área de 160.000 km², equivalente a 12 veces el área de la ciudad de Río de Janeiro, extendiéndose desde las costas de Santa Catarina hasta Espírito Santo, además de las cuencas sedimentarias de Espírito Santo, Campos y Santos, concentrando el 55% del producto interno bruto brasileño (Figura 1).

Figura 1

Provincia del presal brasileño



Nota. Fuente: G1, 2015.

La ingeniería de exploración de petróleo y gas comenzó a asumir un papel importante en la economía nacional, donde el carácter estratégico y la alta complejidad de los portafolios requerían grandes inversiones en Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i), además de una gestión diferenciada.

Los programas gubernamentales en la era del PT ofrecieron al Brasil un desarrollo económico y social como nunca antes, a pesar de la fuerte presencia de la ilegalidad en todos los niveles. Mientras tanto, la Policía Federal de Brasil lanzó la Operación Lava Jato en 2014, desencadenando el mayor escándalo de corrupción y lavado de dinero en la historia del país. Las consecuencias de la operación llamaron la atención de los medios de comunicación mundiales, la detención de altos directivos de empresas públicas y privadas, y el juicio político a la presidenta Dilma Rousseff.

Según Dan Ariely, profesor de Psicología y Economía del Comportamiento en la *Duke University*, EE. UU., y director del *Center for Advanced Hindsight*, en una encuesta que involucró a más de 40,000 participantes de diferentes países, identificó que el 70% de los participantes hacía trampa, señalando: (i) la deshonestidad es inherente al ser humano; (ii) los individuos buscan caminar en la frontera entre las ventajas adquiridas con la deshonestidad, sin dañar la autoimagen de probidad; (iii) la conducta ético-moral del individuo está influenciada por las fuerzas sociales, siendo inhibida o fomentada por el grupo al que pertenece; (iv) la honestidad requiere esfuerzo y autoconciencia; (v) los daños fisiológicos (cansancio físico y mental, sueño, hambre, etc.) someten al individuo a elegir atajos u opciones más atractivas que favorecen la deshonestidad (pasar semáforos, saltar en fila, etc.); y (vi) el monto de la deshonestidad no varía con el cambio en el monto de los beneficios por el acto ilícito y la probabilidad de castigo no tiene una influencia sustancial en el monto de la ilegalidad. Sin embargo, a medida que la racionalización (flexibilización) de la deshonestidad va más allá de la línea de la moralidad, el volumen de ilícitos tiende a aumentar (Ariely, 2012).

Según el *Informe Global 2020: Costo de las Amenazas de los Empleados Internos*, las amenazas internas a las empresas están creciendo en todo el mundo. El informe aclara que el 72% de los fraudes que afectan a las empresas involucran a un colaborador interno y la mitad de las empresas en el mundo ya han sufrido ataques. Los empleados se clasifican en 3 tipos: (i) empleados o contratistas descuidados o negligentes, que representan el 62% de los incidentes;

(ii) el infiltrado criminal (o malicioso) con el 23 % de los incidentes, lo que cuesta a las organizaciones un promedio de \$755 760 por incidente; y (iii) el ladrón de credenciales con un 14 %, lo que le costó a cada organización un promedio de US\$2,79 millones (Ponemon Institute, 2020). En este contexto, las amenazas pueden surgir de errores no intencionales de empleados internos, objetivos de actores externos en el uso de sus privilegios, o incluso insatisfacción, lo que lleva al uso de privilegios internos en detrimento de la empresa, venganzas personales o fuga de datos y secretos para ganancias personales.

La *Operación Lava Jato (Operação Lava Jato)* despertó preocupación en la sociedad brasileña sobre los impactos de la corrupción y el rumbo del país. El nuevo escenario impuso a las organizaciones brasileñas la adopción de programas de integridad y anticorrupción. Según una encuesta de KPMG, en 2015, el 57% de las 250 empresas entrevistadas en Brasil informaron tener programas y políticas de ética y cumplimiento. En 2016, el número aumentó al 76% y, en 2017, alcanzó el 95%. La preocupación creció por la rigidez de las sanciones y los impactos en la imagen de las empresas involucradas (Monteiro y Kertesz, 2018, p. 17).

El escenario de corrupción nacional llegó al entorno de los megaproyectos de exploración petrolera, provocando importantes retrasos en los plazos de entrega de petróleo y gas al mercado de consumo internacional y enormes pérdidas para el gobierno brasileño. Como resultado, el cronograma de barras - diagrama de Gantt - recibe el *estado del documento de proyecto más importante*, un centralizador de información y decisiones de gestión. En este sentido, el Método FORTE v. 1.0 ofrece al cronograma la calidad y cumplimiento para el análisis oportuno para revertir problemas en megaproyectos. La situación no requiere gestión de proyectos, sino *liderazgo de proyectos* (Merrow y Nandurdikar, 2018, pp. 14-16), basado en habilidades técnicas y, principalmente, diferentes habilidades emocionales, configurando un *liderazgo compasivo*. Entre las 5 mejores habilidades emocionales: (i) *Estabilidad emocional* (bajo neuroticismo); (ii) *Apertura* a la curiosidad, nuevas experiencias y ruptura de paradigmas con el fin de concebir nuevas ideas; (iii) *Escrupulosidad* a través de la autodisciplina orientada hacia los deberes y metas; (iv) *Extroversión* de emociones positivas, tendencia a la estimulación y compañerismo; y (v) *Amabilidad* a través de la compasión y la cooperación con los demás, respetando las diferencias individuales y la armonía social (Merrow y Nandurdikar, 2018, p. 33; Goldberg, 1992) (Figura 2).

Figura 2

Habilidades del Líder de Proyecto según Big Five de Lewis R. Golberg (1992).



Objetivos

En el escenario presentado, con el fin de garantizar los programas de barras - diagramas de Gantt - en calidad y cumplimiento para el seguimiento y control de los megaproyectos de ingeniería de Petróleo y Gas, fue creado el método FORTE v. 1.0, una iniciativa para el análisis integrado de horarios según la realidad brasileña. Para ello, el objetivo fue: (i) asegurar un análisis preciso de los problemas en los cronogramas; (ii) identificar los pilares del método; y (iii) resaltar la contribución del método al éxito de megaproyectos, actores y conocimiento organizacional.

Método

La *delimitación* consideró análisis de clima organizacional y manejo de cronogramas, atendiendo a las dependencias (situación mundial, país, etc.).

Las *técnicas de investigación* involucraron investigación acción, proyectiva, aplicada, mixta, exploratoria, transversal con perspectiva temporal (agosto de 2013 a octubre de 2015) (Figura 3).

Figura 3

Ciclo operativo de la investigación proyectiva



Nota. Fuente: Adaptado de Barrera, 2010.

Las *técnicas* se aplicaron según 5 clases de análisis: (i) C1 - Global (sector energético, oportunidades, amenazas, etc.) y País (política, economía, sociedad, tecnología, legal, etc.); (ii) C2 - Organización (misión, visión, valores, etc.); (iii) C3 - Ambiente organizacional (cultura,

clima, etc.); (iv) C4 - Gestión de proyectos, programas y carteras (estructura, modelo, madurez, problemas, etc.); (v) C5 - Validación del método (Tabla 1).

Tabla 1

Técnicas de investigación, clases, niveles e instrumentos de análisis

Técnica de investigación	Clase	Nivel de análisis	Instrumento de análisis
Documentación indirecta: investigación bibliográfica.	C1	Global: sector, ranking de productores y consumidores, oportunidades, amenazas, etc. <hr/> País: política, economía, sociedad, tecnología, legal, etc.	KISS/ PESTLE/ SWOT
Documentación indirecta: investigación documental.	C2	Organización: datos generales (misión, visión, valores, cuota de mercado, etc.).	
Documentación directa: estudios combinados exploratorio-descriptivos.	C3	Ambiente organizacional: datos específicos (comportamiento, cultura, clima, etc.).	
Observación directa intensiva: observación asistemática.	C4	Gestión de proyectos, programas y carteras: datos generales (estructura de gestión, problemas, etc.).	KISS/ SMART/ RASCID/ GUT/ 5 Porqués/ Pareto/ Mapeo de procesos de negocios/ SDCSLA/ etc.
Documentación directa: estudios de evaluación de programas.	C5	Validación del producto final: método de análisis de horario integrado.	

Las *unidades de estudio* incluyeron: (i) Globalización; (ii) Gobierno Corporativo; (iii) Ética y Cumplimiento; (iv) Comportamiento Organizacional; (v) Psicología y Economía del Comportamiento; (vi) Complejidad en los Proyectos; (vii) Gestión de Proyectos, Programas y Portafolio; y (viii) Softwares de Gestión de Proyectos.

La *revisión bibliográfica* consideró el carácter investigativo, proyectivo, temporal y multidisciplinario del tema, requiriendo un período de cobertura mayor – 1996 a 2022 -, desde el constructo científico hasta el producto final, y observó: (i) documentos internos; (ii) autores de renombre; (iii) colegios profesionales; (iv) medios especializados; (v) consultoría técnica; y (vi) fabricantes de soluciones.

La investigación proyectiva conoció la innovación de la propuesta, según criterios técnicos y conductuales, puntuando información desde agosto de 2013 hasta octubre de 2015, a saber: (i) ciclo de vida del proyecto (anteproyecto; inicio del proyecto; organización y preparación; ejecución del trabajo del proyecto, cierre del proyecto y post-proyecto); (ii) grupos de procesos de gestión de proyectos (iniciación, planificación, ejecución, seguimiento y control, y cierre); (iii) áreas de conocimiento de la gestión de proyectos (integración, alcance, tiempo,

costo, calidad, recursos humanos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones y partes interesadas); y (iv) niveles gerenciales (estratégico, táctico y operativo).

Resultados

El Método FORTE v. 1.0 se basa inicialmente en los *requisitos de implementación* y los pilares de la solución. Los requisitos para la implementación se definieron según grupos: (i) *Gerenciales*: apoyo de la alta dirección; tipo de estructura organizacional (preferiblemente organización proyectada); pleno acceso a la información del proyecto (incluida la subcontratación); e integración de esfuerzos entre equipos internos y externos; (ii) *Técnico-procesal*: uso del software Oracle Primavera P6; base de datos centralizada; transparencia, alineamiento de procesos y trazabilidad de acciones; mejora continua; y centralización del conocimiento organizacional; (iii) *Comportamiento*: respeto por las diferencias culturales entre los países involucrados; y (iv) *Promocional*: atención a la gestión del cambio, desde la implementación hasta el mantenimiento de la solución. Los pilares contemplan 3 etapas, según el modelo de implementación: (i) gobernanza, análisis y calificación de personas (habilidades y competencias), y tecnologías viables; (ii) operacionalización a partir de la estructura, procesos y acciones para el cumplimiento; y (iii) modalidades de retorno (payback, satisfacción de los grupos de interés, desempeño del equipo, conocimiento organizacional, fortalecimiento de la imagen corporativa, otros) (Figura 4).

Figura 4

Pilares del Método FORTE v. 1.0.



El Método FORTE v. 1.0 ofreció una nueva perspectiva sobre la gestión de cronograma, difundiendo valores como la ética, el cumplimiento, la calidad y el mérito en los diferentes niveles de gestión, permitiendo la prevención y disuasión en el origen de las ilegalidades, según el *Triángulo de los Fraudes* de Donald Cressey: (i) inhibiendo la *oportunidad de fraude*

mediante la creación de perfiles con diferentes grados de interferencia en los horarios y trazabilidad en las acciones; (ii) neutralizar la *motivación del fraude* mediante la capacitación de equipos y el reconocimiento de ganancias para el proyecto; y (iii) reducir la *racionalización del fraude* por el compromiso asumido entre liderazgo y equipos para trabajar en colaboración (Figura 5).

Figura 5

Triángulo de Fraudes, de Donald Cressey (1953).



Según Peter Drucker: –“La cultura se come a la estrategia de desayuno”, el origen y la respuesta a la ilegalidad está en la cultura organizacional, es decir, centrada en las personas, el activo más prometedor y agente de cambio de una organización, encajando una mirada atenta a sus necesidades y logros (Tabla 2).

Tabla 2

Adaptado de la Pirámide de las Necesidades Humanas de Abraham H. Maslow (1943).

Necesidades	Personales	Profesionales
Autorrealización	Realización del potencial personal, autorrealización, búsqueda del crecimiento personal y experiencias cumbre.	Desafíos, participación en decisiones, crecimiento.
Estima	Autoestima: dignidad, logro, dominio, independencia.	Responsabilidades, reconocimiento, promociones.
	Reputación: estatus, prestigio.	
Social	Amistad, intimidad, confianza y aceptación, recibir y dar afecto y amor, ser parte de un grupo (familia, amigos, trabajo).	Colegialidad, interacción con los clientes, respeto del jefe.
Seguridad	Protección de los elementos, seguridad, orden, ley, estabilidad, libertad del miedo.	Trabajo seguro, compensación y beneficios.
Fisiológico	Aire, comida, agua, abrigo, ropa, calor, sexo, dormir.	Horario de trabajo, descanso, comodidad.

La operacionalización de la solución adoptó procesos investigativos en 2 niveles: (i) *Metodología FORTE v. 1.0 y el análisis del clima organizacional* identificó el escenario de la empresa y la gestión de proyectos, programas y portafolios, apoyando las acciones; (ii) *Método FORTE v. 1.0 y el análisis de los cronogramas*, identificó en detalle los problemas, rastros, indicios, indicios y pruebas que llevan a la conclusión del hecho y los agentes causales (Figura 6). Para ello, en los 3 meses iniciales, el piloto de la solución corrió con 52 informes Primavera P6, llegando a 75 informes para una muestra de 26.000 actividades referentes al cronograma actual de construcción del casco de la embarcación petrolera (9,63% del universo), distribuidas en 2 grupos y 6 categorías de análisis - (i) *calidad* (configuraciones, modelado y red lógica); y (ii) *cumplimiento* (medición, desempeño, análisis forense), con un total de 176.000 datos registrados en 19.000 páginas de investigación semanal (Tabla 3) (Figura 6). Con el fin de optimizar la lectura por parte de la alta dirección y los equipos, se optó por un resumen de diagnóstico de 40 páginas con los principales problemas, causas, pautas de corrección y glosario para estandarizar la comunicación, referenciando los informes detallados para consulta. El método llamó la atención de la alta dirección y, siendo solicitado tanto vertical como horizontalmente, intensificó el seguimiento, la comunicación, la formación del equipo, entre otros.

Tabla 3

Datos de muestra de un buque de exploración de petróleo FPSO

Archivos digitales y actividades por paquete de trabajo del cronograma del proyecto							
EDT	Archivos Actuales	Archivos Referencia	Total Archivos	Activs. Actuales	Activs. Referencia	Total Activs.	% Total Activs.
Casco	6	6	12	26.000	26.000	52.000	9,63%
Paquete I	29	29	58	35.000	35.000	70.000	12,96%
Paquete II	16	16	32	16.000	16.000	32.000	5,93%
Paquetes III / IV	19	19	38	103.000	103.000	206.000	38,15%
Paquete V / Integración	15	15	30	90.000	90.000	180.000	33,33%
Total	85	85	170	270.000	270.000	540.000	100%

Los *resultados iniciales* del piloto de implementación del método: (i) mayor madurez y transparencia en la gestión; (ii) liderazgo compasivo; (iii) mejor soporte de comunicación e información; (iv) mayor conciencia, satisfacción, trabajo colaborativo y aumento de la productividad; (v) identificación de las causas de los errores (impraxis, imprudencia, negligencia o dolo) y de los responsables de las medidas correctivas de educación y/o sanciones (administrativas, civiles o penales); (vi) mayor control sobre los riesgos; (vii) reducción de costos por atrasos, retrabajos, litigios, multas (contractuales, gremiales, agencias gubernamentales, etc.) y otros; (viii) ganancias en conocimiento corporativo; y (ix) mayor credibilidad.

Considerando los resultados, los objetivos fueron alcanzados parcialmente. El incumplimiento de algunos ítems de los requisitos no permitió las ganancias esperadas. El hecho comprometió aspectos de comunicación, calidad y cumplimiento. Por ejemplo, hubo una reducción de hasta un 50% en el retrabajo en los procesos del equipo de planificación interna. Por otro lado, la baja autoridad del equipo de implementación y la descentralización de la información de los paquetes de trabajo contratados dificultaron el acceso a datos importantes para los indicadores del proyecto. La solución integral de los problemas de los megaproyectos requeriría: (i) el cumplimiento irrestricto de los requisitos del proyecto de solución; (ii) inversión de US\$ 70 mil (R\$ 355.000); (iii) período de implementación de 6 meses (220 horas/mes); y (iv) equipo multidisciplinario especializado (Tabla 4). La solución demostró ser económicamente viable, representando el 0,55% de la pérdida diaria por atraso en la entrega de petróleo y gas al mercado internacional.

Tabla 4
Roles y salarios del proyecto

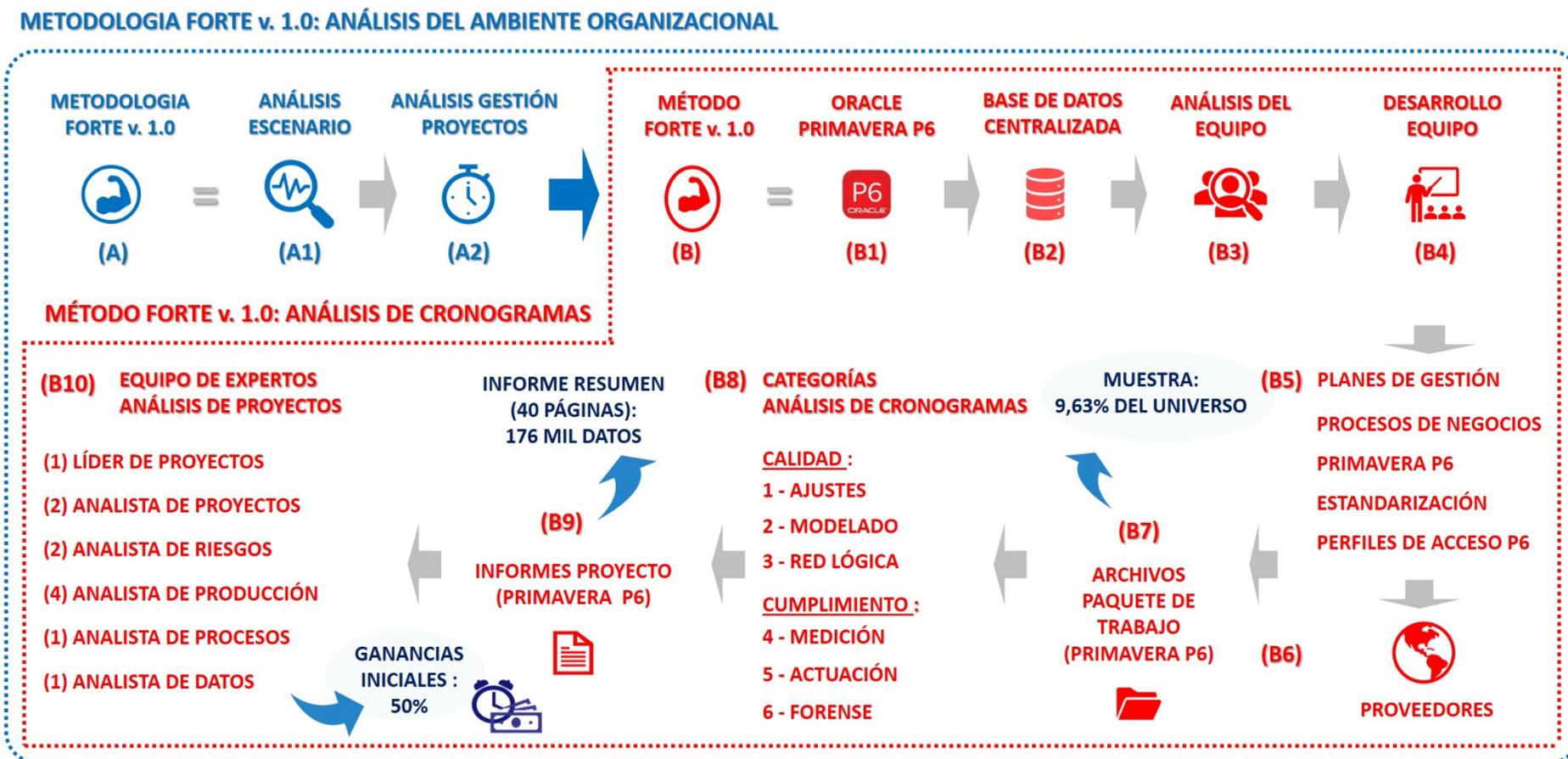
Role	Nivel	Salario/ mes	Carga de trabajo semanal	Salario/ hora
Gestión de Proyectos (Contratadas)				
Coordinadores de Planificación y Control	Completo	R\$ 11.500	44	R\$ 52,27
Tecnología de la Información y la Comunicación				
Ingeniero en Sistemas Informáticos	Completo	R\$ 12.500	44	R\$ 56,82
Gestión de Proyectos				
Líder del proyecto	Máster	R\$ 14.500	44	R\$ 65,91
Análisis Técnico de Proyectos				
Ingeniero de Planificación y Costos	Senior	R\$ 13.200	44	R\$ 60,00
Ingeniero de Riesgos	Senior	R\$ 13.200	44	R\$ 60,00
Ingeniero de producción	Senior	R\$ 11.500	44	R\$ 52,27
Soporte Técnico para Proyectos				
Analista de OGP, proyectos y procesos	Senior	R\$ 6.200	44	R\$ 28,18
Inteligencia Analítica Empresarial				
Especialista en datos	Senior	R\$ 13.000	44	R\$ 59,09
Especialista en Inteligencia de Negocios	Senior	R\$ 12.000	44	R\$ 54,55
Especialista en Seguridad de la Información	Senior	R\$ 12.000	44	R\$ 54,55
Analista de información	Completo	R\$ 6.100	44	R\$ 27,73
Analista de Documentación	Completo	R\$ 5.100	44	R\$ 23,18
Administrador de archivos	Completo	R\$ 3.100	44	R\$ 14,09
Educación Corporativa				
Psicopedagogo	Senior	R\$ 7.000	44	R\$ 31,82

Diseñador instruccional	Senior	R\$ 6.100	44	R\$ 27,73
<hr/>				
Gestión de Eventos				
<hr/>				
Diseñador de eventos	Senior	R\$ 6.100	44	R\$ 27,73
<hr/>				
Presentador de eventos	Completo	R\$ 3.500	44	R\$ 15,91

Nota. Las encuestas salariales se refieren al 31 de enero de 2022 con cotizaciones para el dólar estadounidense (US\$) en R\$ 5,3568 y el euro (€) en R\$ 5,9581. Los sueldos fueron adaptados al contexto económico brasileño y al surgimiento del proyecto de solución. Fuente: Autor, 2022.

Figura 6

Proceso detallado de la Metodología y Método FORTE v. 1.0.



Conclusiones

Los *beneficios del método* se registraron en el acrónimo FORTE: (i) 'F' de *Forecasting* (pronóstico). Hacer predicciones y suposiciones de plazos y costos de proyectos, permitiendo ajustes y una mejor toma de decisiones; (ii) 'O' para *Optimization* (optimización). Provocar las circunstancias más rentables para la gestión, instrumentos y productos del proyecto; (iii) 'R' de *Reliability* (*confiabilidad*). Proporcionar la confianza que requiere la gestión de proyectos; (iv) 'T' de *Traceability* (trazabilidad). Identificar indicios, huellas, evidencias e indicios de ilegalidad en los cronogramas que puedan dar lugar a pruebas y responsables; y (v) 'E' para *Enhancement* (mejora). Hacer una excelente y distintiva gestión de proyectos, capacitación de equipos y activos organizacionales.

El liderazgo de los megaproyectos se encuentra en el Método FORTE v. 1.0 el soporte ideal para la calidad y el cumplimiento requerido en las rutinas diarias, asegurando el poder investigativo, la comunicación y la transparencia para el liderazgo, la alta dirección, los socios y las partes interesadas en general. Asume un papel importante en el apoyo a la gestión de interfaces, responsabilización de los agentes y formación continua de equipos multidisciplinarios en proyectos, donde la implementación exitosa del método no permite interpretaciones diferentes de los requisitos establecidos.

El principal diferencial que ofrece el Método FORTE v. 1.0 es la identificación precisa de la fuente de problemas en los cronogramas, lo que permite acciones correctivas más realistas y oportunas (Figura 7).

Figura 7

Proceso investigativo simplificado del Método FORTE v. 1.0.



El método FORTE v. 1.0 representa una solución diferenciada en un conjunto de logros más allá de la gestión de horarios. Permea todo el tejido organizacional y, reflejando la necesidad de acercar académico y productivo, es ideal para la conducción de proyectos de cooperación internacional.

Referencias

- Ariely, D. (2012). *A mais pura verdade sobre a desonestidade*. Campus/ Elsevier.
- Barrera, J. H. de (2010). *Metodologia de la investigación: guía para una comprensión holística de la ciencia* (4ª. Ed.). Quiron Ediciones.
- Goldberg, L. R. (1992). The development of markers for the big-five factor structure. *Psychological Assessment*, 4(1), 26-42.
- Khan, H. A. (2018). Globalization and the Challenges of Public Administration: Governance, Human Resources Management, Leadership, Ethics, E-Governance and Sustainability in the 21st Century.
- Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review*, 50(4), 370–396. <https://doi.org/10.1037/h0054346>.
- Merrow, E. W. e Nandurdikar, N. S. (2018). *Leading Complex Projects. A data-driven approach to mastering the human side of project management*. Editora Wiley.
- Monteiro, F. & Kertesz, S. (2018). *Doing business in brazil after operation car wash (B)*. <https://publishing.insead.edu/case/doing-business-brazil-after-operation-car-wash-b>.
- Ponemon Institute (2020). *2020 cost of insider Threats Global Report*. <https://www.proofpoint.com/us/resources/webinars/2020-cost-insider-threats-global-report>
- Sardenberg, R. M. (1999). Cenários e perspectivas para o Brasil: o projeto Brasil 2020. *Revista Proposta*, 80.

PROJECT, DESIGN AND MANAGEMENT

<https://www.mlsjournals.com/Project-Design-Management>

ISSN: 2683-1597



Cómo citar este artículo:

Romero, L. I., Eciolaza, G. O., & Polo Friz, E. G. (2023). Los proyectos de investigación como instrumentos de análisis de políticas públicas. Las políticas culturales multijurisdiccionales y sus modelos de gestión en la ciudad de Mar del Plata. *Project, Design and Management, Monográfico* (2023), 81-88. doi: 10.35992/pdm.5vi1.1845.

LOS PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN COMO INSTRUMENTOS DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS. LAS POLÍTICAS CULTURALES MULTIJURISDICCIONALES Y SUS MODELOS DE GESTIÓN EN LA CIUDAD DE MAR DEL PLATA

Laura Isabel Romero

Universidad Nacional de Mar del Plata (Argentina)

arq_lauraromero@hotmail.com · <https://orcid.org/0000-0001-7023-5567>

Guillermo Osvaldo Eciolaza

Universidad Nacional de Mar del Plata (Argentina)

geciolaza@yahoo.com · <https://orcid.org/0000-0001-9877-2006>

Emilio Gastón Polo Friz

Universidad Nacional de Mar del Plata (Argentina)

emilio_polo@hotmail.com · <https://orcid.org/0000-0001-9283-5790>

Resumen. El Grupo de Investigación en Políticas y Gestión de las Culturas perteneciente a la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Mar del Plata, desarrolló su propuesta de investigación bajo el objetivo de analizar la articulación en el proceso de investigación llevado adelante durante su proyecto: Las Políticas Culturales Multijurisdiccionales en la Ciudad de Mar del Plata. Estudio Comparativo de Inversión y Modelos de Gestión del Estado. Periodo 2007-2015. Desde un diseño metodológico de tipo cuantitativo-cualitativo, el proyecto presentado -como parte del marco de la convergencia de las políticas públicas de los tres niveles del Estado: nacional, provincial y municipal, que se corresponden con el periodo 2007/2015 en la ciudad de Mar del Plata, República Argentina-, ha problematizado las definiciones políticas ejecutadas por separado, con el objeto de analizar en qué grado se oponen, se neutralizan o se complementan en término de construcción de audiencias. La articulación de los tres casos emblemáticos de estudio elegidos, permitió reconocer los grados de desarrollo alcanzados por el sujeto social como sujeto de derecho cultural. En la actualidad, el proyecto, busca socializar el análisis de los procesos emergentes de las políticas públicas que son transversales entre jurisdicciones, a partir de entender la integralidad del territorio y del sujeto social que accede a la agenda de las políticas públicas en cultura. La relevancia teórica de la investigación permite aportar contenido conceptual, desde un abordaje interdisciplinario sobre el campo de la cultura.

Palabras clave: Investigación, políticas públicas, políticas culturales, Mar del Plata.

RESEARCH PROJECTS AS INSTRUMENTS FOR PUBLIC POLICY ANALYSIS. MULTIJURISDICTIONAL CULTURAL POLICIES AND THEIR MANAGEMENT MODELS IN THE CITY OF MAR DEL PLATA

Abstract. The Research Group on Policies and Management of Cultures belonging to the Faculty of Architecture, Urbanism and Design of the National University of Mar del Plata, developed its research proposal under the objective of analyzing the articulation in the research process carried out during the project: Multijurisdictional Cultural Policies in the City of Mar del Plata. Comparative Study of Investment and State Management Models. Period 2007-2015. From a quantitative-qualitative methodological design, the project presented -as part of the framework of the convergence of public policies of the three levels of the State: national, provincial and municipal, which correspond to the period 2007/2015 in the city of Mar del Plata, Argentine-, has problematized the political definitions carried out separately, in order to analyze to what degree they oppose, neutralize or complement each other in terms of audience construction. Finally, the articulation of the three emblematic cases of study chosen, allowed to recognize the degrees of development reached by the social subject as a subject of cultural law. Currently, the project seeks to socialize the analysis of the emerging processes of public policies that are transversal between jurisdictions, based on understanding the integrity of the territory and the social subject that accesses the agenda of public policies in culture. The theoretical relevance of the research makes it possible to provide conceptual content, from an interdisciplinary approach to the field of culture.

Keywords: Research, public policies, cultural policies, Mar del Plata.

Introducción

El Grupo de Investigación en Políticas y Gestión de las Culturas, perteneciente a la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Mar del Plata, presentó en la Universidad su propuesta de investigación (2021-2022): “Las Políticas Culturales Multijurisdiccionales en la Ciudad de Mar del Plata. Estudio Comparativo de Inversión y Modelos de Gestión del Estado. Periodo 2007-2015” cuyo objetivo es establecer el grado de articulación de las políticas culturales ejecutadas en la ciudad de Mar del Plata.

El trabajo investigativo se llevó adelante a partir del estudio de tres casos emblemáticos de la arquitectura, vinculados a actividades culturales: la recuperación del ex Instituto Saturnino Unzué por parte del Ministerio de Desarrollo Social de la Nación; el concurso, obra y muestra inaugural del Museo de Arte Contemporáneo MAR, por parte del Gobierno de la Provincia de Buenos Aires; la adquisición y conversión en museo de la Casa sobre el Arroyo por parte de la Municipalidad de General Pueyrredon.

Consideramos que el campo de la investigación ayuda a indagar en distintos problemas que, posteriormente, son delimitados por los investigadores. Esta realidad permite establecer áreas de interés, objetivos, metodología, marco teórico y estado del arte, además de establecer el impacto social, cultural y político de las investigaciones como así también, la posibilidad de formación de recursos humanos. La investigación permite construir andamiajes de nuevo conocimiento que, a través de los instrumentos de análisis, establecen niveles de información tendientes a construir nuevas categorías de análisis.

Como punto de partida de la investigación, consideramos necesario dar cuenta de algunos conceptos sobre las políticas públicas que han permitido avanzar en el proyecto y establecer los distintos niveles de políticas públicas. En principio, la política es un proceso de toma de decisiones que tiene una orientación ideológica que permite plantear objetivos, criterios y premisas sobre un tema particular y/o general. En ese sentido, la política es una herramienta que permite, desde una visión parcializada (la ideológica), plantear mecanismos para plasmar un proyecto.

Oszlak y O'Donnell (1981) consideran a las políticas públicas como: “(...) un conjunto de acciones u omisiones que manifiestan una determinada modalidad de intervención del Estado, en relación con una cuestión que concita la atención, interés o movilización de otros actores de la sociedad civil” (p.21). Estas decisiones van a generar operaciones en el territorio interviniendo, tanto material como simbólicamente, en su estructura.

Teniendo en cuenta esto, podemos concluir que toda política pública tiene la capacidad de entenderse como una política cultural en términos que afecta de manera directa como indirecta en las prácticas socioculturales y sus formas de apropiación del territorio.

Por otro lado, podemos establecer tres categorías rectoras de la política pública: 1. La ideológica, 2. los instrumentos, 3. las acciones (Ruiz López y Cadénas Ayala, 2005). A partir de estas categorías podemos encontrar distintos tipos de clasificaciones de las políticas públicas:

1. Políticas sustantivas y procedimentales. Las políticas sustantivas tienen que ver con lo que el gobierno va a hacer (...). Las políticas procedimentales tienen que ver con la manera en que se va a hacer algo o con quien va a emprender la acción. (...). 2. Políticas distributivas, regulatorias, autorregulatorias y redistributivas. Las políticas pueden ser clasificadas en función de su efecto sobre la sociedad y de las relaciones entre los actores involucrados en su formación. Las políticas distributivas consisten en proporcionar bienes o servicios a determinado segmento de la población (...). Las políticas regulatorias imponen restricciones o limitaciones al comportamiento de individuos y grupos (...). Las políticas autorregulatorias son parecidas a las anteriores porque consisten en limitar o controlar algún sector o grupo, pero se diferencian de ellas en que son defendidas y apoyadas por el grupo como forma de proteger o promocionar los intereses de sus miembros. (...). Las políticas redistributivas son un esfuerzo deliberado del gobierno por cambiar la asignación de riqueza, ingresos, propiedades o derechos entre amplios grupos o clases sociales. (...). 3. Políticas materiales y simbólicas. (...). Las políticas materiales proporcionan ventajas o desventajas tangibles. (...). Las políticas simbólicas, por el contrario, apenas tienen influencia material real sobre la gente: asignan ventajas y desventajas no tangibles (Delgado Godoy, 2009).

Además, podemos categorizar a las políticas públicas -desde su estabilidad como una política de gobierno o política de Estado; - a través del alcance territorial: nacional, provincial y/o local (Pérez Antrakidis y Romero, 2022).

Por otro lado, el análisis de las políticas públicas permite conocer las gestiones y estrategias que el Estado adopta frente a una problemática, como así también se puede observar si los temas forman parte de una agenda pública o solamente una preocupación de la gestión de gobierno.

El presente trabajo tiene como propósito dar cuenta de los procesos, análisis y exploraciones llevados a cabo como parte de la investigación realizada. En este sentido, la investigación sobre políticas culturales multijurisdiccionales y sus modelos de gestión en la ciudad de Mar del Plata se convirtió en el tema a investigar, tomando en consideración los tres niveles del Estado: municipal, provincial y nacional. El objetivo del presente artículo es analizar los mecanismos de articulación en el proceso de investigación llevado adelante por el Grupo de Investigación en Políticas y Gestión de las Culturas -FAUD, UNMdP- durante su proyecto: “*Las Políticas Culturales Multijurisdiccionales en la Ciudad de Mar del Plata*”.

Método

La investigación se desarrolló en base a un diseño metodológico de tipo cuantitativo-cualitativo, con análisis de estudios de casos. El estudio de caso como estrategia de investigación en las ciencias sociales es "una investigación empírica de un fenómeno contemporáneo, tomado en su contexto, en especial cuando los límites entre el fenómeno y el contexto no son evidentes" (Yin, 1994, p.13).

Los estudios de casos seleccionados por los investigadores debían cumplir con la correspondencia de distintos niveles del Estado en la ciudad de Mar del Plata, y que además albergaran actividades culturales y hayan sido alcanzados por distintas políticas públicas. “El estudio de caso representa una herramienta muy útil de hacer investigación, ya que permite tener como resultado un enfoque holístico de una situación o evento en estudio (...) (Escudero Macluf, Delfín Beltrán y Gutiérrez González, 2008, p.10).

En el enfoque metodológico propuesto, la integración de los instrumentos metodológicos, lo documentado, lo observado y lo conversado, desembocan en la recursividad de procesos de análisis, síntesis e interpretación que habilitan diferentes perspectivas sobre una misma realidad (Denzin & Lincoln, 2017).

Durante la investigación, se utilizaron distintas técnicas: análisis documental, análisis de contenido y entrevistas. Las fuentes primarias utilizadas fueron entrevistas a actores políticos, análisis de contenidos y las fuentes secundarias fueron los sistemas de información, digestos y archivos del Estado nacional, provincial y municipal. Entre ellos, se indagó en el Sistema de Boletines Oficiales Municipales (SIBOM) de la provincia de Buenos Aires, la biblioteca del Honorable Consejo Deliberante de la Municipalidad de General Pueyrredon, el Sistema de información normativa y documental Malvinas Argentinas de la provincia de Buenos Aires y el Boletín oficial de la República Argentina como así también, bases de concursos y convenios firmados con la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Además, se relevaron datos de registros, documentos de diarios de circulación nacional y local como así también, documentos de archivos de los investigadores.

Las fuentes constituyen los recursos a los que vamos a acudir y que contienen los datos (en distintos soportes) que necesitamos extraer luego de emplear precisas operaciones intelectuales para poder obtener conocimientos. La alternativa es echar mano de las herramientas apropiadas que nos habiliten para producir los datos de nuestro interés directo. Necesitamos de estos dispositivos como mediadores para lograr (construir, descubrir u obtener) los datos y la información general (Cicalese y Pereyra, 2016, p. 23).

Resultados

En el proyecto de investigación elaborado, el marco de la convergencia de las políticas públicas de los tres niveles del Estado -que se corresponden con el periodo analizado, 2007/2015-, se pueden reconocer estrategias gubernamentales diferentes sobre un mismo territorio. En este sentido, se han problematizado las políticas públicas ejecutadas por separado a fin de determinar en qué grado se oponen, se neutralizan y/o se complementan entre sí, como instrumentos de articulación de estrategias de intervención y como respuesta a las necesidades de la población.

Como hemos expresado, los estudios de casos seleccionados para la investigación fueron obras emblemáticas de la ciudad de Mar del Plata que cuentan con distintos orígenes, pero que cumplen con funciones sociales y/o culturales. A efectos de comprender el valor que poseen las obras describiremos algunas características que permitan comprender porque las mismas fueron seleccionadas para el análisis de las políticas públicas en el marco del proyecto de investigación.

El ex Instituto Saturnino Unzué (Figura 1) es un edificio construido en 1910 con el objeto de cumplir con una función social como asilo de niñas huérfanas. El mismo fue donado por sus dueñas a la Sociedad de Beneficencia de Buenos Aires (año 1911) y posteriormente, pasó a la órbita del Estado nacional (1946) a la Fundación de Ayuda Social María Eva Duarte de Perón y luego bajo la dirección del Ministerio de Desarrollo Social de la Nación. En 1997, el Unzué fue declarado monumento histórico nacional; a pesar de ello, varios años de abandono de la obra hicieron necesario una serie de acciones políticas para su restauración.

Figura 1

Ex Instituto Saturnino Unzué



Nota. Fotografías tomadas por los autores (2022).

El Museo de Arte Contemporáneo MAR (Figura 2) fue inaugurado a fines del año 2013; el mismo es producto de un concurso nacional de anteproyectos (2009) con el objetivo de dotar a la ciudad de Mar del Plata de un museo de arte de escala provincial. Para la concreción de dicho proyecto, el Ministerio de Infraestructura de la Provincia de Buenos Aires realizó distintas gestiones como promotor de la nueva iniciativa cultural.

Figura 2

Museo de Arte Contemporáneo MAR



Nota. Fotografías tomadas por los autores (2022).

El Museo Casa sobre el Arroyo (Figura 3) es una obra declarada de interés patrimonial a nivel municipal, provincial y nacional, siendo una obra paradigmática del movimiento moderno con reconocimiento a nivel internacional. Si bien la misma fue construida entre los años 1943-1945 para uso residencial, con el devenir del tiempo fue adquirida -a través de un largo proceso de gestiones- por la Municipalidad de General Pueyrredon con el objeto de convertirse en museo.

Figura 3

Museo Casa sobre el Arroyo



Nota. Fotografías tomadas por los autores (2022).

Como parte de la dinámica del proyecto de investigación, se pudo desarrollar -a través del análisis de casos referidos al campo de la cultura- un estudio comparativo e integrador de los modelos de gestión pública. En este sentido, el proyecto de investigación permitió indagar cómo se fueron apropiando socialmente las obras en los distintos contextos históricos, tanto por su valor patrimonial como por su valor como bien de uso cultural. Por otro lado, la revisión de la legislación (a partir de establecer una línea de tiempo) permitió analizar las articulaciones presentes entre los distintos niveles del Estado y, en determinados casos, la ausencia de acciones por no formar parte administrativa y/o política del proyecto. En este sentido, si bien las tres obras se encuentran en la jurisdicción local, no siempre el municipio ha tenido injerencia en la toma de decisiones sobre la recuperación, ejecución y/o intervención en los bienes.

La investigación fue abordando los objetos de las normativas que dieron inicio a procesos de gestiones que permitieron las intervenciones directas o indirectas sobre los bienes materiales e inmateriales de los proyectos culturales. En este sentido, hemos evidenciado que, tanto en el caso local como en el nacional, se materializaron diversas acciones previas a la concreción de la adquisición de la Casa sobre el Arroyo y la intervención patrimonial del ex Instituto Saturnino Unzué. En el primer caso la participación de la comunidad marplatense como así también organizaciones relacionadas con la arquitectura y el patrimonio fueron artífices de la presión social para la recuperación de la casa. En el caso del Instituto Unzué, el Ministerio de Desarrollo Social de la Nación a través de gestiones con la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño suscribieron un contrato de transferencia de servicios que permitió la realización de la documentación técnica para la posterior licitación de las obras de intervención patrimonial. Mientras que, la concreción física del Museo MAR se realizó a partir de un concurso nacional de anteproyectos para el cual el gobierno provincial asignó una partida presupuestaria.

El análisis sobre la articulación interinstitucional e intergubernamental conlleva -necesariamente-, una discusión respecto a la dinámica político institucional que lo sustenta; donde podemos establecer que variables se conforman en base a las reglas de juego de distribución de poder entre los actores políticos y sociales intervinientes.

Las decisiones de los gobiernos locales, provinciales y nacionales generaron políticas públicas que se vieron reflejadas tanto en el desarrollo de instrumentos jurídicos como declaratorias nacionales, provinciales y locales, leyes y normativas, como en acciones concretas: expropiaciones, desarrollo de proyectos de intervención arquitectónica, llamado a licitaciones y puesta en valor de la materialidad -de los bienes inmuebles- y de la funcionalidad -dotando de nuevas funciones- a los objetos de estudio.

A partir del análisis de las distintas políticas públicas, establecimos que las mismas, fueron de tipo sustantivas para la ejecución y/o recuperación de las obras abordadas. De igual modo, se evidencian políticas procedimentales relacionadas con distintos mecanismos para dar cumplimiento al objetivo propuesto por el Estado que fueran determinados para cada estudio de caso. Por otro lado, también se ejecutaron políticas materiales que proporcionaron ventajas tangibles en las obras de referencia. Finalmente, se propusieron políticas simbólicas relacionadas a las declaratorias sobre los bienes.

Discusión y conclusiones

Las políticas públicas como acciones estratégicas que el Estado diseña y gestiona deben materializarse en un territorio, a efectos de satisfacer las demandas de una sociedad. La falta de articulación entre los diferentes estamentos o jurisdicciones del Estado conlleva a la ineficacia en su implementación.

El estudio de los procesos que llevan a la gestión y/o materialización de políticas públicas permite el análisis de un amplio rango de variables que determinan y articulan cómo, el bien o servicio que la política promueve, llega de la manera más eficaz posible al fin por el que fue diseñada.

En este complejo escenario, muchos aspectos del diseño de las políticas son -o deben ser- modificados durante su implementación, por lo que se vuelve necesario analizar -desde los grupos de investigación- la totalidad del proceso en sus distintas fases,

a fin de establecer las dinámicas emergentes y las variables que determinan el éxito -o no- de las políticas implementadas.

En este sentido, el análisis de los marcos normativos nos ha permitido comprender la forma en que se han desarrollado las mismas, su evolución temporal, los procesos de compromiso político para su concreción; así también, sus niveles de alcance y respuesta a la demanda social. Donde, el objetivo de la articulación entre los diferentes niveles del Estado es lograr mayor coherencia e impacto de las políticas diseñadas; lo cual, ante la falta de integralidad y la convergencia de las diversas intervenciones, no siempre se logra, duplicando esfuerzos y recursos.

Es importante destacar que el trabajo desarrollado, como instancia de investigación, ha permitido también avanzar en la formación de recursos humanos a través de la incorporación de becarios estudiantes. Asimismo, el trabajo establece las bases de futuras líneas de investigación a partir de alentar a los estudiantes, becarios e investigadores formados que conforman el equipo de trabajo, a indagar sobre los procesos de gestión y articulación en las distintas jurisdicciones del Estado, en relación a los bienes patrimoniales.

El presente documento, ha buscado sociabilizar parte del análisis de los procesos emergentes de las políticas públicas transversales entre jurisdicciones, a partir de entender la integralidad del territorio y del sujeto social que accede a la agenda de las políticas públicas en cultura. La relevancia teórica de la investigación permite aportar nuevo conocimiento desde un abordaje interdisciplinario sobre el campo de la cultura.

Referencias

- Cicalese, G. y Pereyra, S. (2016). *La preparación de un proyecto de investigación en ciencias sociales y humanidades: recomendaciones para su redacción* (1a Ed.). Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP).
- Denzin, N. & Lincoln, Y. (2017). *El arte y la práctica de la interpretación, la evaluación y la presentación*. Gedisa Editorial.
- Delgado Godoy, L. (2009). *Las políticas públicas. El ciclo de las políticas públicas. Clases de políticas públicas. Eficacia, legalidad y control. Indicadores de gestión*. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Consejería de Administraciones Públicas. Escuela de Administración Regional. <http://pagina.jccm.es/ear/download/A2T3.pdf>
- Escudero Macluf, J., Delfín Beltrán, A. y Gutiérrez González, L. (2008). El estudio de caso como estrategia de investigación en las ciencias sociales. *Revista Ciencia Administrativa*, 10. <https://www.uv.mx/iiesca/files/2012/12/estudio2008-1.pdf>
- Oszlak, O. y O'Donnell, G. (1981). *Estado y políticas estatales en América Latina: hacia una estrategia de investigación*. Centro de Estudios de Estado y Sociedad (CEDES).
- Pérez Antrakidis, P. y Romero, L. (2022). Políticas públicas interjurisdiccionales. El caso de la Casa sobre el Arroyo, Mar del Plata-Argentina, (2007-2015). *Culturas. Revista de gestión cultural*, 9 (2), 1-23. <https://doi.org/10.4995/cs.2022.18237>
- Ruiz López, D. y Cadéas Ayala, C. (2005). ¿Qué es una política pública? *IUS Revista Jurídica Universidad Latina de América*, V, (18). <https://ti.unla.edu.mx/iusunla18/>
- Yin, R. K. (1994). *Case study research Design and Methods*. U.S.A. Sage.

PROJECT, DESIGN AND MANAGEMENT

<https://www.mlsjournals.com/Project-Design-Management>

ISSN: 2683-1597



Cómo citar este artículo:

Gómez Bravo, J. L., Cruz Ramales, S., Rosado García, M. O., Tzompantzi Sánchez, A., & de los Santos Bañuelos, G. (2023). Modelación de la cinética de reacción para la producción de polihidroxialcanoatos microbianos mediante *Bacillus megaterium*. *Project, Design and Management*, número monográfico, 89-105. 10.35992/pdm.mo2023.1886.

MODELACIÓN DE LA CINÉTICA DE REACCIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE POLIHIDROXIALCANOATOS MICROBIANOS MEDIANTE *BACILLUS MEGATERIUM*

José Luis Gómez Bravo

Universidad Tecnológica de Puebla (México)

jose.gomez@utpuebla.com.mx · <https://orcid.org/0000-0002-7601-2230>

Silvia Cruz Ramales

Universidad Tecnológica de Puebla (México)

silvia.cruz@utpuebla.com.mx ·

María Oneida Rosado García

Universidad Tecnológica de Puebla (México)

oneida.rosado@utpuebla.com.mx · <https://orcid.org/0009-0001-1774-7720>

Alejandro Tzompantzi Sánchez

Universidad Tecnológica de Puebla (México)

alejandrotzompantzi@utpuebla.com.mx · <https://orcid.org/0009-0009-8994-5118>

Germán de los Santos Bañuelos

Universidad Tecnológica de Puebla (México)

german.delossantos@utpuebla.com.mx · <https://orcid.org/0009-0005-3028-7027>

Resumen. La producción de poli-(3-hidroxi-butarato) PHA por *Bacillus megaterium* depende exclusivamente de la concentración de la fuente de carbono (glucosa), por lo que se propone utilizar modelos matemáticos de simulación para la cinética aplicada en la producción de polihidroxialcanoatos microbianos. Las bacterias pueden aislarse del humus de la lombriz roja californiana, y para el crecimiento de biomasa se utiliza un modelo logístico que incluye un factor de inhibición y una constante asociada al mantenimiento celular. En la cinética de formación de producto se propone el modelo de Leudeking-Piret, donde el coeficiente de formación del producto depende del crecimiento celular y la constante asociada al mantenimiento celular, ambas están determinadas por el pH de la fermentación, y corresponden al crecimiento asociado y no asociado respectivamente. El modelo para consumo de sustrato considera que las células lo metabolizan para crecimiento, síntesis de producto y generación de energía, así como para actividades de control de pH interno e intercambio de componentes celulares. Se plantea ecuaciones de cinética para estimar resultados experimentales de este caso de estudio basadas en los modelos logístico, de Leudeking-Piret y de consumo de sustrato, para determinar los valores de los rendimientos de biomasa y de producto, en función al sustrato utilizado en la estequiometría de la producción de PHA. La siguiente etapa contempla la aplicación de la espectrofotometría UV-Vis para estimar el crecimiento celular en Unidades Formadoras de Colonias (UFC) y su comparación con la escala de McFarland para cuantificar de forma equivalente el número de células bacterianas.

Palabras clave: Modelos cinéticos, *Bacillus megaterium*, biopolímero.

MODELING REACTION KINETICS FOR THE PRODUCTION OF MICROBIAL POLYHYDROXYALKANOATES BY BACILLUS MEGATERIUM

Abstract. The production of poly(3-hydroxybutyrate) PHA by *Bacillus megaterium* depends exclusively on the concentration of the carbon source (glucose), so it is proposed to use mathematical simulation models for the kinetics applied in the production of microbial polyhydroxyalkanoates. Bacteria can be isolated from Californian red worm humus, and a logistic model including an inhibition factor and a constant associated with cell maintenance is used for biomass growth. For product formation kinetics, the Leudeking-Piret model is proposed, where the product formation coefficient depends on cell growth and the constant associated with cell maintenance, both of which are determined by the fermentation pH, and correspond to associated and non-associated growth, respectively. The model for substrate consumption considers that cells metabolize substrate for growth, product synthesis and energy generation, as well as for internal pH control activities and exchange of cellular components. Kinetic equations are proposed to estimate experimental results of this case study based on the logistic, Leudeking-Piret and substrate consumption models, to determine the values of biomass and product yields, depending on the substrate used in the stoichiometry of PHA production. The next stage contemplates the application of UV-Vis spectrophotometry to estimate cell growth in Colony Forming Units (CFU) and its comparison with the McFarland scale to quantify equivalently the number of bacterial cells.

Keywords: Kinetic models, *Bacillus megaterium*, biopolymer.

Introducción

Los animales y plantas poseen sustancias de reserva de distinta naturaleza química que los proveen de materia y energía para la realización de numerosas funciones, este tipo de reservas también existen en los microorganismos y los proveen endógenamente de energía y carbono para procesos específicos como el mantenimiento del pH interno, regulación osmótica y esporulación (Anderson, 1990; Dawes, 1973). Una forma de acumulación intracelular de sustancias de reserva entre muchos géneros bacterianos de los más diversos tipos, es la formación de polímeros compuesto de unidades de hidroxilácidos: los Polihidroxialcanoatos (PHA's). En la mayoría de las especies bacterianas los PHA's están localizados en gránulos intracelulares que se pueden visualizar al microscopio óptico por tinción con los colorantes específicos Negro Sudán (Smibert, 1981) y Azul del Nilo (Ostle, 1982).

El *Bacillus megaterium* es un tipo de bacteria Gram-positiva en forma de bacilo, principalmente de metabolismo aeróbico, que forma esporas y se encuentra en una gran variedad de hábitats, alcanza entre 1,5 y 3 μm de diámetro y hasta 5 μm de longitud (Holt, 1994), es una de las bacterias más grandes conocidas. Sus células suelen aparecer en pares o cadenas, crece a temperaturas entre 3 ° C y 45 ° C, con un óptimo alrededor de 30 ° C, en algunos aislamientos de un lago hidrotermal antártico crecen a temperaturas de 63 ° C.

Se considera un endófilo (vive como un endosimbio de plantas sin causar daño) y es un agente potencial para el control de enfermedades de las plantas. Se ha demostrado que ciertas cepas se pueden usar para fijar el nitrógeno. Produce la enzima amilasa de penicilina utilizada para producir penicilina sintética, varias amilasas utilizadas en la industria de panadería y la deshidrogenasa de glucosa (enzima utilizada en las pruebas de glucosa en sangre). Además, se utiliza para la producción de piruvato, vitamina B₁₂, medicamentos con propiedades fungicidas y antivirales, etc. Produce enzimas para modificar los corticosteroides y varios aminoácidos deshidrogenasas. Produce poli- γ -ácido glutámico, la acumulación del polímero aumenta considerablemente en ambientes salinos (2-10% de NaCl), en los cuales el polímero está formado en gran parte por L-glutamato (el contenido del isómero L es de hasta el 95%). Al

menos una cepa de *B. megaterium* puede considerarse halófila, ya que crece en concentraciones de hasta un 15% de NaCl. Se puede encontrar esta especie en los suelos, agua de mar y sus sedimentos, cáscaras de arroz, alimentos secos y leche, a lo largo de todas las latitudes del planeta.

Esta bacteria es muy versátil debido a que, sumado a su arsenal de enzimas usuales para todos los microorganismos Gram positivos, posee otros tipos de enzimas infrecuentes para su género; esto le brinda una gran plasticidad metabólica, que se traduce en una notable facultad de supervivencia en diversos medios y nichos ecológicos (Rao, 2019). Su capacidad para metabolizar diferentes compuestos rivaliza con el género *Pseudomonas*. (Vary, 1992). El compuesto de reserva más importante en esta especie es el poli(3—hidroxibutirato) (PHB), que se acumula en condiciones limitantes de nitrógeno, fosfatos, azufre o potasio (Slepecky, 1961).

Mundialmente más del 30% de los desechos corresponden a plásticos derivados del petróleo que generantoxinas y no son biodegradables. Los polihidroxicanoatos (PHA's) son biopolímeros que representan una solución a la contaminación ambiental por plásticos sintéticos, ya que provienen de una síntesis orgánica biológica y por consecuencia su degradación es rápida, puede ser en un tiempo moderado máximo de 9 meses (Bailey, 1986; Verlinden, 2007).

En esta propuesta se asume que la producción de PHB por *B. megaterium* depende exclusivamente de la concentración de glucosa. En virtud de que la variable velocidad específica de crecimiento, depende de la biomasa del microorganismo involucrado, para la generación estequiométrica de producto es fundamental evaluar la velocidad de reproducción del mismo.

El sistema de fermentación de la glucosa en el metabolismo microbiano está integrado por tres reacciones diferentes que ocurren de forma simultánea, para este trabajo se propone un modelo cinético para el consumo de sustrato (glucosa), uno más para el crecimiento de la biomasa (células bacterianas de *Bacillus megaterium*.) y finalmente otro para la producción de PHA's. Se estima teóricamente la viabilidad de la síntesis del biopolímero bajo parámetros controlados tales como pH, oxígeno disuelto y temperatura. El objetivo del presente trabajo propone tres modelos matemáticos de simulación para la cinética de reacción.

El crecimiento de las células se obtiene por el producto de las interacciones entre las reacciones bioquímicas y los fenómenos de transferencia de materia y energía a través de diversas etapas comprendidas en sistemas. La mezcla de células nuevas y viejas sufre cambios constantes durante el proceso de desarrollo representado por una curva de crecimiento, mientras se adapta a un medio ambiente con variaciones permanentes de las condiciones físicas y químicas. En virtud de la dificultad que existe para modelar exactamente la cinética de crecimiento, se debe hacer algunas suposiciones orientadas a obtener modelos simples para el diseño, la operación y la predicción del comportamiento en los procesos de fermentación. El modelo no estructurado es el más sencillo y comúnmente empleado, y se basa en las siguientes implicaciones: las células pueden ser representadas por un componente simple tal como número de células, masa celular o la concentración de proteínas, ácido desoxirribonucleico (ADN) o ácido ribonucleico (ARN); la población bacteriana tiene una distribución uniforme; la suspensión de células es homogénea; no se contempla la naturaleza heterogénea de las células y la concentración celular se expresa como masa de células en base seca por unidad de volumen; el medio se formula de manera que solo un componente sea el limitante de la velocidad de reacción; los demás componentes están presentes en concentraciones lo suficientemente altas para evitar el efecto de cambios pequeños sobre la velocidad de reacción; el reactor biológico se controla para garantizar un nivel constante de condiciones ambientales adecuadas (González, 2013).

La cinética microbiana se analiza con relación en la formulación de modelos de

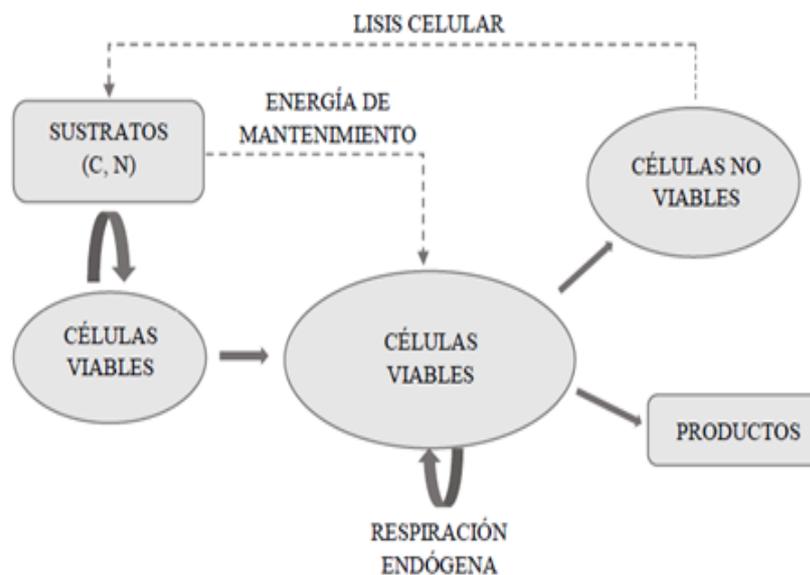
crecimiento no estructurados. Los modelos más sencillos del crecimiento bacteriano o también llamados modelos no estructurados, están declarados en términos de unidades abstractas de vida, es decir, se orientan al término biomasa dejando a un lado los organelos que conforman a las células que a su vez integran dicha biomasa; en términos prácticos se considera a la población microbiana como una unidad homogénea. Aunque estos modelos proponen ecuaciones sencillas en virtud de que se estima al microorganismo como una especie reactante elemental, son válidos para aplicaciones con objetivos tecnológicos.

Estos tipos de modelos responden a la representación mostrada en la Figura 1, donde se representa el consumo de sustrato por los microorganismos, tanto para su reproducción, como para la generación de productos, y explica al mismo tiempo los conceptos de respiración endógena y energía de mantenimiento (Kim D., 2007).

Los modelos no estructurados contemplan los parámetros involucrados en la ruta cinética microbiana, como por ejemplo crecimiento de biomasa, consumo de sustrato y formación de producto.

Figura 1

Reacción simplificada para el modelo no estructurado



Nota. Tomado de (Kim D., 2007)

Método

Los modelos no estructurados son adecuados cuando los microorganismos poseen una composición celular próxima al estado estacionario; cuando hay cambios en la composición celular, estos proporcionan en la mayoría de los casos una pobre aproximación a la realidad. Si los modelos no estructurados no son capaces de reflejar la influencia de ciertas variables como la composición del medio se deberá considerar cambios en la estructura interna del microorganismo y en casos muy complejos solo éstos serán capaces de explicar la evolución del cultivo.

Para el estudio del comportamiento cinético de la biomasa, sustrato y producto en la

producción de biopolímeros, se consideró el caso de estudio reportado en Modelamiento matemático y optimización del proceso de producción de polihidroxicanoatos empleando la bacteria *Burkholderia cepacia* B27 a partir de ácidos grasos (Suriyamongkol P., 2007), donde se realizaron ensayos durante 77 horas de reacción.

La Tabla 1 muestra los datos de las concentraciones para biomasa (X), sacarosa (S) y producto (P), obtenidas durante el seguimiento cinético del caso referido.

Tabla 1

Concentración de biomasa (X), sacarosa (S) y producto (P)

t (h)	Concentración X (g/L)	Concentración S (g/L)	Concentración P (g/L)
0	1.46	20	0.22
6	1.83	19.56	0.58
11	3.19	17.94	1.47
23	5.7	14.94	4.34
30	7.17	13.19	6.02
35	11.23	8.34	8.68
47	13.54	5.59	13.08
53	15.91	2.75	14.88
59	15.08	3.74	14.19
71	15.09	3.73	14.32
77	15.4	3.36	13.2

Nota. Tomado de (Khalseh, 2016)

La fórmula empírica más usada para la fracción orgánica de las células es $C_5H_7O_2N$. La formulación $C_{60}H_{87}O_{23}N_{12}P$ puede ser usada cuando el fósforo es también considerado. Ambas formulaciones son aproximaciones y pueden variar.

Para soportar el crecimiento microbiano en los sistemas biológicos, los nutrientes apropiados deben estar disponibles. Las células procariontas están compuestas de aproximadamente 80% de agua y 20% de material seco, del este último el 90% es orgánico y el 10% es inorgánico.

Considerando que la composición de las células procariontas está formada de aproximadamente 80% de agua y 20% de material seco, de este último el 90% es orgánico y el 10% es inorgánico (Almudena, 1999), se obtiene la fórmula $C_{10}H_{21}O_3N_2$; para la biomasa, esto se muestra en la Tabla 2.

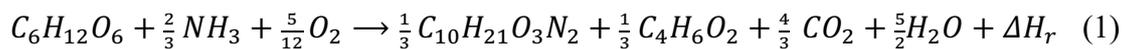
Tabla 2

Composición típica porcentual de una bacteria

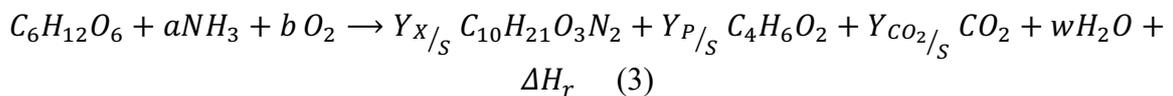
Elementos celulares	Porcentaje de peso seco (%)
Carbono	50
Oxígeno	22
Nitrógeno	12
Hidrógeno	9
Fósforo	2
Azufre	1
Potasio	1
Sodio	1
Calcio	0.5
Magnesio	0.5
Cloro	0.5
Fierro	0.2
Otros elementos traza	0.3

Nota. Tomado de (Metcalf & Eddy, 2005).

Entonces para un mol de sustrato y en el caso particular glucosa ($C_6H_{12}O_6$), la reacción estequiométrica involucrada en la producción del biomonomero de PHB, así como la de polimerización se muestran en las ecuaciones 1 y 2 respectivamente.



La generación del biopolímero PHB ($(C_4H_6O_2)_n$) depende del crecimiento o desarrollo de la biomasa ($C_{10}H_{21}O_3N_2$), que a su vez es función de la concentración del sustrato ($C_6H_{12}O_6$), como se observa en la ecuación 3.



donde:

a = Coeficiente másico de la cantidad de fuente de nitrógeno consumido/sustrato consumido.

b = Coeficiente másico de la cantidad de oxígeno consumido/sustrato consumido.

$Y_{X/S}$ = Coeficiente másico de rendimiento de biomasa/sustrato consumido.

$Y_{P/S}$ = Coeficiente másico de rendimiento de producto/sustrato consumido.

$Y_{CO_2/S}$ = Coeficiente másico de la cantidad de CO₂ liberado/sustrato consumido.

w = Coeficiente másico de la cantidad de agua producida/sustrato consumido.

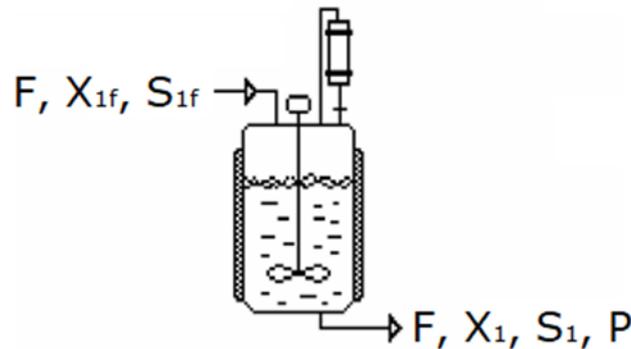
El coeficiente $Y_{X/S}$ es una función de la cantidad de sustrato disponible inicial, así mismo de los nutrientes y condiciones de operación o parámetros ambientales.

El coeficiente $Y_{P/S}$ es una función de la cantidad de biomasa generada y la capacidad de la bacteria para la producción y acumulación del biopolímero, que depende proporcionalmente del grado de estrés al que se puede someter la bacteria, debido al cambio en la concentración del nutriente seleccionado como reactivo limitante, siempre y cuando la bacteria no se encuentre en la fase endógena.

El modelo matemático propuesto para describir el proceso tiene en cuenta una entrada y una salida en el biorreactor, comportándose como un sistema de agitación continua (CSTR). El esquema del proceso, así como la nomenclatura de las corrientes, se presenta en la Figura 2.

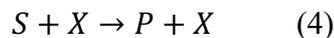
Figura 2

Esquema de un CSTR para un proceso fermentativo



Nota. Tomado de (Khalseh, 2016).

La reacción llevada a cabo en el reactor se puede expresar de la forma 4:



donde:

S = Sustrato.

X = Biomasa.

P = Concentración de producto.

El balance de materia global para el sistema de la Figura 2 viene dado por 5 (Khalseh, 2016):

$$\text{Entrada} - \text{Salida} + \text{Generación} = \text{Acumulación} \quad (5)$$

Considérese el sistema presentado en la Figura 2 donde solo hay una entrada y una

salida.

Para el proceso en un reactor por lotes (batch) se debe considerar que no existen entradas ni salidas, por lo tanto, el comportamiento para el volumen de reacción constante en el balance para la biomasa, toma la forma de la ecuación 6.

$$\text{Generación} = \text{Acumulación} \quad (6)$$

La producción fermentativa de PHA normalmente se opera como un proceso de alimentación por lotes de dos etapas (Metcalf & Eddy, 2005). Una fase inicial de crecimiento en un medio enriquecido nutricionalmente produce suficiente biomasa, seguida de una fase de formación del producto en un medio pobre en nitrógeno. Las fermentaciones de un solo lote alimentado que están limitadas por nitrógeno conducen a bajas cantidades de polímero, porque no hay suficiente acumulación de biomasa (Katircioğlu H., 2003). La producción de PHA en cultivos puros está limitada por un nutriente externo. Cuando las células se exponen a un medio con muy pocas cantidades de nutrientes durante mucho tiempo, las bacterias se alteran fisiológicamente (Daigger, 1982). El aumento repentino de las concentraciones de sustrato de carbono hace que la célula cambie su fisiología nuevamente. Como la síntesis de PHA requiere menos adaptación que el crecimiento, el cultivo comienza a producir polímero, este tipo de fermentación se conoce como decaimiento endógeno. (Días J., 2005; Lemos P., 2006).

La cinética de crecimiento microbiano, el consumo de sustrato y la formación de productos, se formulan rutinariamente en términos de ecuaciones que conducen al acoplamiento entre las tazas asociadas como por ejemplo en el caso de las ecuaciones:

$$\frac{dX}{dt} = f(X, P, S) \quad (7)$$

$$\frac{dP}{dt} = g(X, P, S) \quad (8)$$

$$\frac{dS}{dt} = h(X, P, S) \quad (9)$$

Por consiguiente, a menudo no es posible encontrar soluciones analíticas a estas ecuaciones por lo que se recurre a menudo de forma útil a técnicas de solución numérica.

El crecimiento microbiano por lotes se caracteriza por dos regiones, la de crecimiento exponencial donde se muestra en la ecuación 10 y la del crecimiento estacionario $\frac{dX}{dt} = 0$. No es infrecuente que la región de transición entre estas dos regiones cinéticas de tazas de crecimiento dependientes del sustrato ocupe entre 10% y 20% o menos del tiempo total de fermentación. En consecuencia, para muchas fermentaciones por lotes, se dispone de un enfoque más sencillo como una ecuación que toma una forma de crecimiento autónomo, es decir, $\frac{dX}{dt} = f'(X)$.

Para el crecimiento de biomasa se utiliza un modelo *logístico*, por lo que la ecuación que describe adecuadamente la velocidad de crecimiento de ésta, se muestra en la ecuación de Monod (10).

$$\frac{dX}{dt} = \mu X \quad (10)$$

donde:

$$\mu = k \left(1 - \frac{X}{X_{m\acute{a}x}} \right) \quad (11)$$

$\frac{dX}{dt}$ = Velocidad de crecimiento celular (M/L^3t).

μ = Velocidad de crecimiento específica (t^{-1}).

k = Factor de inhibición (t^{-1}).

X = Concentración de biomasa (M/L^3).

$X_{m\acute{a}x} = \frac{1}{\beta}$ = Concentración máxima de biomasa (M/L^3).

Combinando 10 y 11 se tiene 12, conocida como ecuación de Riccati

$$\frac{dX}{dt} = kX(1 - \beta X) \quad (12)$$

La formación de producto se da en toda la fase de crecimiento celular y se expresa en la ecuación 13.

$$\frac{dP}{dt} = \alpha \frac{dX}{dt} + \beta X \quad (13)$$

donde:

α = Coeficiente de formación del producto asociado al crecimiento celular.

β = Constante asociada al mantenimiento celular (L^3/M).

La velocidad de consumo de sustrato es dada por 14.

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{1}{Y_{X/S}} \frac{dX}{dt} - \frac{1}{Y_{P/S}} \frac{dP}{dt} - k_e X \quad (14)$$

donde:

$Y_{X/S}$ = Rendimiento real de biomasa respecto al sustrato.

$Y_{P/S}$ = Rendimiento real de producto respecto al sustrato.

k_e = Coeficiente de mantenimiento en $[gS / gX h]$.

En el crecimiento de biomasa X se utiliza el modelo logístico, que presenta la ecuación 12. Este modelo incluye un factor de inhibición k [h^{-1}] y una constante asociada al mantenimiento celular β [$g P / g X h$]. La resolución del modelo (ecuación 15) se emplea para encontrar los valores de las constantes en las expresiones de velocidad.

$$\ln\left(\frac{X/X_0}{1-X/X_s}\right) = kt - \ln\left(\frac{X_s-X_0}{X_0}\right) \quad (15)$$

donde:

X_s = Concentración de biomasa en fase estacionaria obtenido de una gráfica de X vs t .

Para la cinética de formación de producto P se propone el modelo de Leudeking-Piret (ecuación 13), donde las constantes α y β están determinadas por el pH de la fermentación, y corresponden al crecimiento asociado y no asociado de este parámetro, respectivamente. Al integrar 13, se obtiene 16.

$$P - P_0 = \frac{1}{k} \ln\left(1 - \beta X_0(1 - e^{kt})\right) + \alpha(X - X_0) \quad (16)$$

El consumo de sustrato S (ecuación 14), considera que las células consumen sustrato para crecimiento, síntesis de producto y generación de energía, actividades control de pH interno e intercambio de componentes celulares. Al integrar 14 se obtiene 17.

$$S - S_0 = \frac{\eta}{k\beta} \ln\left(\frac{1}{1 - \beta X_0(1 - e^{kt})}\right) - \delta(X - X_0) \quad (17)$$

siendo:

$$\delta = \frac{1}{Y_{X/S}} + \frac{\alpha}{Y_{P/S}} \quad (18)$$

$$\eta = \frac{\beta}{Y_{P/S}} + k_e \quad (19)$$

Las ecuaciones 18 y 19 se expresan en unidades de (g S/ g X) y (g S / g X.h) respectivamente.

El cultivo de la bacteria *B. megaterium* proviene de humus de lombriz a partir del aislamiento de colonias en agar nutritivo, se prepara un inóculo de 0.5 g/L; que equivale aproximadamente a 1.0×10^8 bacterias/mL (McFarland, 1907), y se confirma la concentración de unidades formadoras de colonias (UFC) en la escala del Nefelómetro de Mac Farland y en el Espectrofotómetro UV-visible.

Resultados

Se asume que la producción de PHA por *Bacillus megaterium* depende exclusivamente de la concentración de glucosa. Una vez establecidas las ecuaciones de velocidad para la formación de biomasa, producto y consumo de sustrato, se procedió a resolverlas de manera analítica y gráfica, tomando como base los valores experimentales reportados en el trabajo de (Méndez, 2016). Los resultados de las ecuaciones 12, 13 y 14 se muestran en Tabla 3 y se presentan de forma gráfica en las Figuras 3, 4 y 5:

Tabla 3

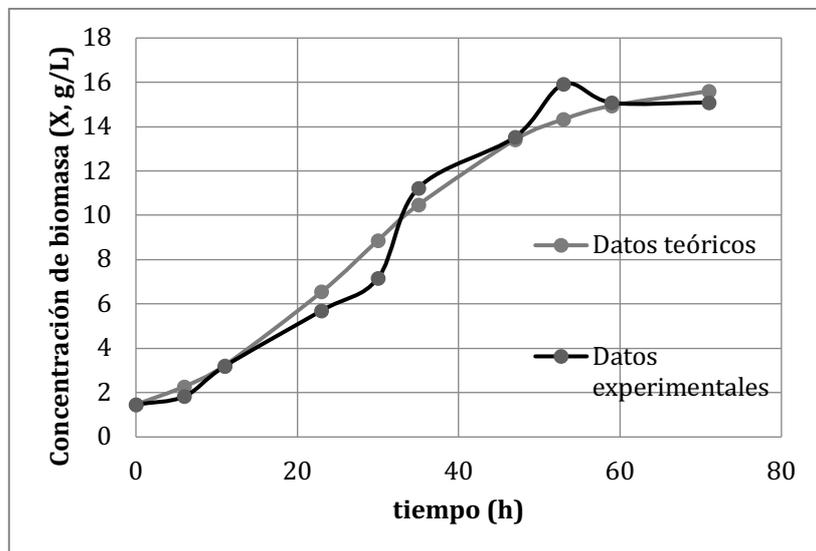
Valores calculados para los parámetros de las ecuaciones cinéticas

Parámetro	Definición	Valor	Unidades
k	Factor de inhibición	0.084	h^{-1}
α	Coefficiente de formación del producto asociado al crecimiento celular	1.033	$g P / g X$
β	Constante asociada al mantenimiento celular	0.0625	$g P / g X \cdot h$
δ	Parámetro asociado a la formación de biomasa y producto	0.667	$g S / g X$
η	Parámetro asociado al mantenimiento celular	0.014	$g S / g X \cdot h$

La Figura 3 muestra un comparativo de datos experimentales y teóricos del modelo propuesto en la ecuación 12, para la cinética de crecimiento de la biomasa X.

Figura 3

Cinética de crecimiento de biomasa X(g/L) vs tiempo(h)

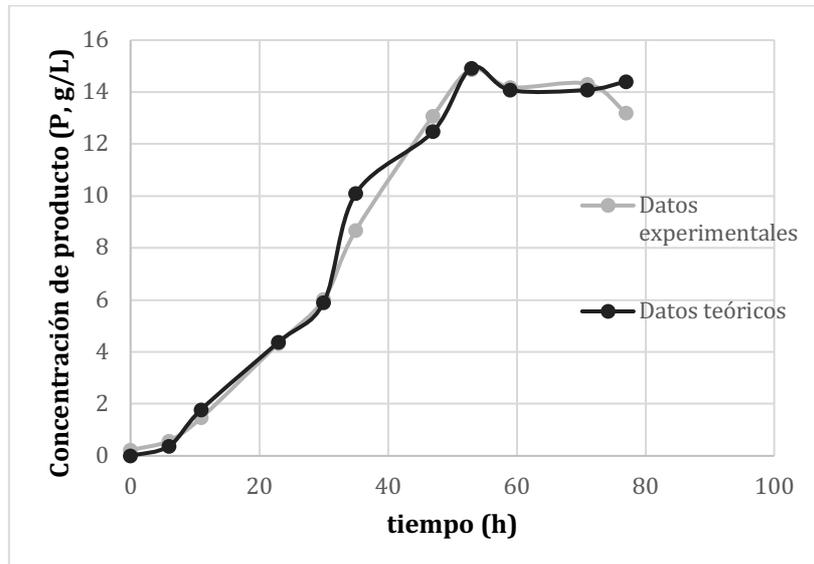


Nota. Elaboración propia (2022)

La Figura 4 muestra gráficamente los datos experimentales y teóricos del modelo propuesto en la ecuación 13, para la velocidad de crecimiento de producto P.

Figura 4

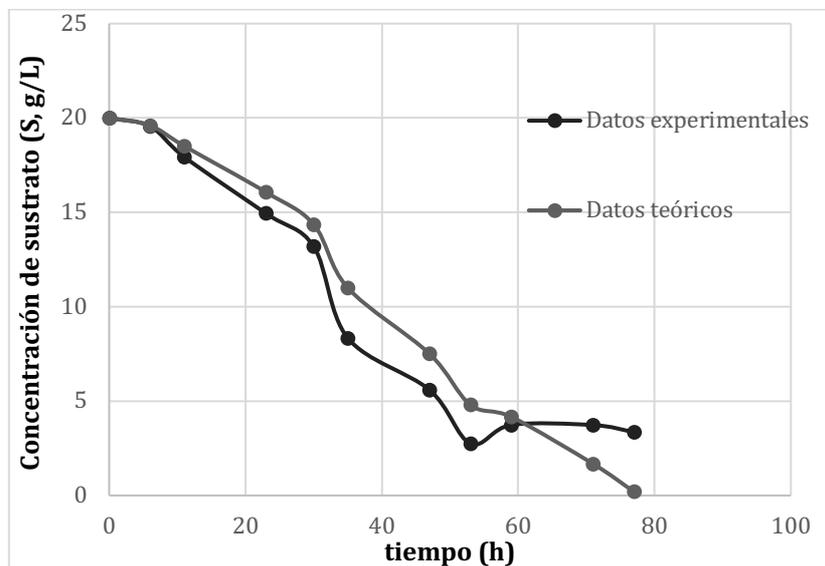
Cinética de concentración de producto P(g/L) vs tiempo(h)



La Figura 5 muestra gráficamente los datos experimentales y teóricos del modelo propuesto en la ecuación 14, para la velocidad de consumo de sustrato S.

Figura 5

Cinética del consumo de sustrato S (g/L) vs tiempo (h)



Para validar los valores simulados en los modelos de solución propuestas, (ecuaciones 12, 13 y 14) se empleó un Análisis de varianza (ANDEVA) considerando un nivel de confianza del 95%; en el caso de la biomasa (X), crecimiento de producto (P) y para el consumo de sustrato (S), se tiene que los valores experimentales $F_0 = 0.0807$, $F_0 = 0.09450$, $F_0 = 0.0714$ respectivamente, que son menores a la $F_{critica} = 4.4138$ en todos los casos, lo que indica que los datos experimentales y teóricos son estadísticamente iguales.

Discusión y conclusiones

En el mundo contemporáneo la producción de biopolímeros microbianos es una alternativa en auge, siendo éste un producto biodegradable en la etapa final de su ciclo de vida que reduce el impacto al ambiente, aunque algunas cepas productoras del bioplástico son patógenas al ser humano, otras no presentan esta desventaja para llevar trabajos de investigación de este perfil. En la búsqueda de bacterias no transmisoras de enfermedades, pero productoras de biopolímeros se favorece la presencia del *Bacillus megaterium*, por ser un microorganismo capaz de producir polihidroxibutirato (PHB) a partir de residuos de frutas, además de ser una bacteria ampliamente distribuida en suelo, y también fácilmente recuperable en humus de lombriz roja californiana alimentadas con residuos de frutas.

Los modelos cinéticos desarrollados en función del tiempo permiten evaluar el proceso bioquímico del microorganismo, la producción de metabolitos y la evolución de la energía, y su dependencia de factores controlables como pH, temperatura, concentración, etc.

La base para este trabajo es el estudio sobre la cinética de crecimiento de la bacteria *Burkholderia cepacia*, que permitió identificar los indicadores de rendimiento y productividad para la producción de biomasa a partir de los modelos matemáticos (ecuaciones 12, 13 y 14); con esta información se obtuvieron los parámetros cinéticos del proceso fermentativo: crecimiento de biomasa, generación de producto y consumo de sustrato.

En la modelación del crecimiento de biomasa X se utiliza el modelo *logístico* del tipo no estructurado, está expresado en términos de unidades abstractas de vida: población microbiana o biomasa, ignorando completamente la estructura interna de las células que componen dicha biomasa, pues consideran a la población como una unidad homogéneamente distribuida. Aunque los modelos no estructurados representan una gran simplificación del problema real, son útiles para fines tecnológicos, ya que proporcionan ecuaciones sencillas con sentido físico, en las que se trata al microorganismo como una especie reactante simple. El esquema más complicado al que podría responder este tipo de modelos, considera el consumo de sustratos por las células, tanto para crecer como para generar productos, así como los conceptos de respiración endógena y energía de mantenimiento, esto se cumple para el objetivo de este trabajo que propone cuantificar de forma teórica la cantidad de biopolímero que se produce, y en una etapa subsecuente se ensayará con la bacteria *B. megaterium*.

En el caso del crecimiento de la biomasa X se utiliza el modelo *logístico*, que presenta la ecuación 12. Este modelo incluye un factor de inhibición k y una constante asociada al crecimiento celular β . La solución del modelo presentado en la ecuación 15, se emplea para encontrar los valores de las constantes en las expresiones de velocidad, asociada a la figura 3, donde se muestra la cinética de formación de biomasa con respecto al tiempo.

Para la formación de producto P se propone el modelo de Leudeking-Piret mostrado en la ecuación 13, donde las constantes α y β están determinadas por el pH de la fermentación, y corresponden al crecimiento asociado y no asociado respectivamente. Esto implica entonces, que el primer término corresponde a la producción proporcional del metabolito con respecto al crecimiento celular; mientras que el segundo término, muestra como todos los microorganismos producen de manera constante una proporción de producto independientemente de la fase de crecimiento (Reynolds, 1996) El seguimiento cinético realizado a la biomasa permite observar una fase de crecimiento exponencial de un máximo de 35 horas de reacción y una fase estacionaria cercana a 72 horas. La ecuación 16, presenta la solución analítica de la ecuación 13, asociada a la figura 4, donde se muestra la cinética de formación de producto con respecto al tiempo.

El consumo de sustrato S presentado en la ecuación 14, toma en cuenta que las células metabolizan la fuente de carbono para su crecimiento, síntesis de producto y generación de energía y de nuevos componentes celulares. La solución de la ecuación 14, se muestra en la ecuación 17, la cual está representada en la Figura 5, donde se muestra la cinética de consumo de sustrato con respecto al tiempo.

Los datos experimentales y los valores teóricos mostrados en los tres casos: desarrollo de biomasa, formación de producto y consumo de sustrato, resultaron ser estadísticamente iguales de acuerdo a un análisis de varianza, lo que implica que la confiabilidad es aceptable para su aplicación en el cálculo de la cinética de reacción biológica bacteriana formadora de productos de interés industrial como sustitutos de plásticos sintéticos.

De acuerdo al análisis llevado a cabo, los modelos propuestos demuestran ser efectivos para establecer la evolución de un proceso donde intervienen organismos microbiológicos en la degradación de un sustrato con la consecuente formación de un biopolímero degradable, por lo que la siguiente etapa es la prueba experimental del procedimiento de biotransformación de nutrientes a PHA's utilizando un reactor biológico tipo CSTR con capacidad volumétrica de 5 litros operado por lotes al 80% de su capacidad, con una solución de glucosa de concentración 20 g/l y una suspensión bacteriana de *Bacillus megaterium* aislada de humus de lombriz equivalente a la concentración de la escala 0.5 de Mac Farland (McFarland, 1907).

El conocimiento de cómo se expande la población celular es útil para el diseño de métodos de control del crecimiento microbiano. Un punto relevante es el aumento de la biomasa y la generación de los productos que se pueden obtener. Los procesos biológicos que se llevan a cabo en este proyecto son fundamentalmente químicos, donde intervienen agentes microbiológicos. De tal forma, que un bioproceso de esta índole puede representarse mediante una reacción química estequiométrica. El crecimiento de microorganismos está relacionado con el número de células viables presentes, la cantidad de sustrato y nutrientes limitantes, además de otros factores ambientales como la temperatura, humedad, pH, oxígeno disuelto, etc. En la curva de crecimiento celular se distinguen cuatro fases usualmente denominadas como: adaptación, crecimiento exponencial, estacionaria, muerte logarítmica o endógena (Méndez, 2016).

La cuantificación de microorganismos es un factor fundamental en los proyectos que involucran procesos biológicos, la técnica más utilizada es aquella que considera el recuento en placa de bacterias presentes en una unidad de volumen mediante diluciones seriadas a partir de una muestra inicial para posteriormente sembrar una cantidad estándar con un soporte de vidrio estéril en una placa que contiene medio de cultivo idóneo, e incubar hasta obtener colonias visibles para su conteo, una desventaja del método es que conlleva a un alto consumo de nutrientes, sustrato y reactivos, además del tiempo invertido. Por otro lado, existen métodos visuales y ópticos que permiten cuantificar el número de células previamente aisladas e identificadas, en menor tiempo, tal es el caso del método óptico de la escala de McFarland, donde las suspensiones bacterianas se comparan visualmente con los estándares hasta encontrar al más similar en turbiedad y se relaciona con el número de células de acuerdo a cada estándar [unidad formadora de colonias (UFC)/mL].

Aunado a lo anterior se propone una metodología para comparar la concentración del inóculo de la bacteria *Bacillus megaterium*, a través de la correlación entre los métodos espectrofotométrico y turbidimétrico, utilizando las soluciones de los tubos de ensaye de las concentraciones de la escala de McFarland. Se prepara una serie de diez tubos con una disolución de precipitado fino de sulfato de bario obtenidos al mezclar cloruro de bario dihidratado de concentración 0.048M con sulfato de sodio 0.18M, en proporciones diferentes, que se asemeja a suspensiones bacterianas que se comparan instrumentalmente con los

estándares para correlacionar con el número de células, usando un espectrofotómetro UV-vis de doble haz marca Varian modelo Cary 300 Scan a una longitud de onda de 600 nanómetros (nm).

En conclusión, la producción de biomasa en una reacción biológica tiende a ser exponencial hasta un determinado tiempo, lo cual depende de la cantidad de sustrato, tipos y concentración de nutrientes y parámetros de desarrollo. Se plantea la estequiometría de la reacción bioquímica para determinar la producción de PHB, mediante el proceso metabólico óptimo de la bacteria *Bacillus megaterium*. La propuesta plantea la aplicación de modelos matemáticos de la cinética de reacción para analizar el proceso de formación del PHB, los rendimientos de biomasa y producto, desde los puntos de vista ideal y teórico. El cálculo del sustrato limitante depende del microorganismo seleccionado y el metabolismo que lo caracteriza. Los modelos de simulación propuestos pueden determinar los valores de rendimiento real de biomasa respecto al sustrato ($Y_{x/s}$), de rendimiento real de producto respecto al sustrato ($Y_{p/s}$), y de la estequiometría para la producción de PHA; además describen adecuadamente la evolución del proceso. Cabe señalar que con la información disponible solo se puede estimar el rango de la energía para mantenimiento celular ya que no se dispone de información exacta teórica ni real del coeficiente de mantenimiento celular (k_e).

Este trabajo explora alternativas biotecnológicas sustentables de sustitución de polímeros sintéticos. La propuesta ofrece la ventaja de un modelo cinético de crecimiento bacteriano para la generación sustentable del biopolímero PHB a partir de un residuo empleado como sustrato, en este caso cáscaras de frutas, para generar un producto biodegradable.

La bacteria *Bacillus megaterium* será aislada de humus de lombriz Roja californiana (*Eisenia foetida*) alimentada con residuos frutales lo cual le brindará valor agregado al trabajo, toda vez que con esta condición cumple con un modelo de producción y consumo sostenible, en el que la materia prima se centra en el aprovechamiento de residuos y forma parte de los ciclos productivos con insumos que pueden aprovecharse de forma recurrente y con ello minimizar la generación de residuos, también se propone una metodología para cuantificar la concentración del inóculo de la bacteria *Bacillus megaterium* para la preparación de la suspensión bacteriana que será inoculada al reactor biológico en escala laboratorio. Para conocer la concentración celular del inóculo se utiliza la espectrofotometría UV-vis, esto es avalado por los datos de los coeficientes de porcentaje de correlación (R^2). Esta propuesta permite calcular la densidad bacteriana en el inicio del proceso y también durante los intervalos de muestreo para conocer el avance de la reacción y desarrollo de las bacterias con respecto al sustrato, nutrientes y condiciones ambientales.

La energía que los microorganismos absorben de su entorno se transforma en energía química la cual se convierte después para realizar el trabajo químico que tiene que ver con la biosíntesis de los organelos celulares, el trabajo osmótico necesario para el transporte de los materiales al interior de la célula (como sucede en el la síntesis de PHB), o el trabajo mecánico de la contracción o de la locomoción; así como en la generación de nuevas células.

Lo anterior corrobora que la biotransformación que se lleva a cabo para la generación del producto, depende del tipo de metabolismo que desarrolla cada microorganismo, de las condiciones ambientales físicas y químicas, del tipo de sustrato y de la secuencia metodológica que se aplique.

El trabajo contribuye a crear un ambiente ecosostenible con enfoque tecnológico al servicio de las personas y el bienestar del planeta, para recuperar la armonía con la naturaleza y con recursos comunes, donde los residuos son aprovechados para generar producto amigables con el medio ambiente como los bioplásticos bacterianos, en sustitución de aquellos que resultan contaminantes como los plásticos sintéticos derivados del petróleo.

Referencias

- Metcalf & Eddy. (2005). *Wastewater Treatment Engineering*. (4th Ed.). Mc Graw Hill.
- Almudena, A. M., García-Ochoa, S. F., & Santos, V. E. (1999). *Desarrollo de modelos cinético*. Universidad Complutense de Madrid.
- Anderson, A. (1990). Occurrence, metabolism, metabolic role and industrial uses of Bacterial Polyhydroxyalkanoates. *Revista Microbiol*, 54, 451-472.
- Bailey, J. E. (1986). *Biochemical Engineering Fundamentals*. (2th Ed.). Mc Graw Hill Inc. .
- Daigger, G. & Grady L. (1982). An assessment of the role of physiological adaptation in the transient response of bacterial cultures, *Biotechnology & Applied Microbiology*, 24(6), 1427-1444.
- Dawes, E. (1973). The role and regulation of energy reserve polymers in microorganisms. *Adv. Microbiol. Physiol*, 14, 135-266.
- Dias, J.M.L., Serafim, L.S., Lemos, P.C., Reis, M.A.M., & Oliveira, R. (2005). Mathematical modelling of a mixed culture cultivation process for the production of polyhydroxybutyrate. *Biotechnol Bioeng*, 20(2), 209-22. <https://doi.org/10.1002/bit.20598>
- González G. Y., Meza C. J.C., Orfil González R.O., & Córdova L. J.A., (2013). Síntesis. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 29 (1), 77-115.
- Holt, J. G. (1994). *Bergey's manual of determinative bacteriology*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Katircioğlu H., e. a. (2003). Production of poly-beta-hydroxybutyrate (PHB) and differentiation of putative Bacillus mutant strains by SDS-PAGE of total cell protein. *African J Biotechnol* 2, 147-149.
- Khalseh, R. (2016). Evaluation of different kinetics for bioethanol production with emphasis to analytical solution of substrate equation. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 50(4), 392-397.
- Kim D., e. a. (2007). Biosynthesis, modification, and biodegradation of bacterial medium-chain-length polyhydroxyalkanoates. *The Journal of Microbiology*, 87-97.
- Lemos P., e. a. (2006). Synthesis of polyhydroxyalkanoates from different short-chain fatty acids by mixed cultures submitted to aerobic dynamic feeding. *Journal of Biotechnology*, 122(2), 226-238.
- McFarland, J. (1907). The nephelometer: an instrument for estimating the numbers of bacteria in suspensions used for calculating the opsonic index and for vaccines. *J. Am. Med. Assoc.* 49, 1176-1178.
- Méndez, D. (2016). *Modelamiento matemático y optimización del proceso de producción de polihidroxicanoatos empleando la bacteria Burkholderia cepacia B27 a partir de ácidos grasos*. Universidad Nacional de Colombia.
- Narsing Rao, M. P., Dong, Z-Y., Liu, G.H., Xiao, M., & Li, W. L. (2019). Reclassification of Bacillus aryabhattai Shivaji et al. 2009 as a later heterotypic synonym of Bacillus megaterium de Bary 1884 (Approved Lists 1980). *FEMS Microbiology Lett*, 366(22). <https://doi.org/10.1093/femsle/fnz258>
- Ostle, A. (1982). Ostle A. y Holt Nile Blue as a fluorescent stain for poly-B-hydroxybutyrate. *Appl. Env. Microbiol.* 44, 238-241.
- Reynolds, T. (1996). *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*. CENGAGE Learning.
- Slepecky, R. (1961). Synthesis and degradation of poly-B-hydroxybutyric acid in connection with sporulation of Bacillus megaterium. *J. Bacteriol*, 82, 37-42.

- Smibert, R. (1981). *Manual of methods for general microbiology*. American Society for Microbiology.
- Suriyamongkol P., e. a. (2007). Biotechnological approaches for the production of polyhydroxyalkanoates in microorganisms and plants. A review. *National Library of Medicine*, 168-175.
- Vary, P. (1992). Development of genetic engineering in *Bacillus megaterium*. In R.H. Doi & M. McGloughin. *Biology of Bacilli Applications to Industry*. Butterworth-Heinemann.
- Verlinden R.A.J., Hill D.J., Kenward M.A., Williams C.D., Radecka I. (2007). Bacterial synthesis of biodegradable polyhydroxyalkanoates. *Journal of Applied Microbiology*. 102(6), 1437–1449.

Cómo citar este artículo:

Alfaro Cazares, N. G. (2023). Desarrollo de competencias blandas em estudiantes de Ingeniería: trabajo colaborativo. *Project, Design and Management*, número monográfico, 106-113 . 10.35992/pdm.mo2023.1889.

DESARROLLO DE COMPETENCIAS BLANDAS EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA: TRABAJO COLABORATIVO

Neydi Gabriela Alfaro Cazares

Universidad Autónoma de Nuevo León (México)

neydi.alfarocr@uanl.edu.mx · <http://orcid.org/0000-0002-2618-1634>

Resumen. El presente trabajo se enfoca en el desarrollo de las competencias blandas centradas en el estudiante de ingeniería, basado en el modelo de trabajo colaborativo, que actualmente es importante para los empleadores que el egresado se integre al equipo de trabajo y pueda obtener resultados favorables, para este trabajo se utilizó una metodología cuantitativa, donde se aplicó un cuestionario que permite conocer las habilidades sociales que poseen los estudiantes, el desarrollo del mismo fue en escala de Likert, se aplicó a través de una plataforma en línea, obteniendo una muestra de 530 estudiantes de licenciatura en ingeniería en una universidad del noreste en México, posteriormente se analizaron las respuestas, para posteriormente obtener como resultados que la forma de integrarse es en grupos para realizar trabajo en equipo, como conclusiones es importante que estudiante desarrolle durante su estancia en el trabajo colaborativo, porque este incluye una comunicación efectiva, negociación, empatía y liderazgo, que es una habilidad que se requiere en el mundo laboral.

Palabras clave: habilidad blanda, estudiante, trabajo colaborativo.

DEVELOPMENT OF SOFT SKILLS IN ENGINEERING STUDENTS: COLLABORATIVE WORK

Abstract. This work focuses on the development of soft skills focused on the engineering student, based on the collaborative work model, which is currently important for employers that the graduate is integrated into the work team and can obtain favorable results, for this work a quantitative methodology was used, where a questionnaire was applied that allows to know the social skills that students possess, the development of the same was on a Likert scale, it was applied through an online platform, It was applied through an online platform, obtaining a sample of 530 undergraduate students in engineering at a university in the northeast of Mexico, then the answers were analyzed, to subsequently obtain as results that the way to integrate is in groups to perform teamwork, as conclusions it is important that students develop during their stay in collaborative work, because this includes effective communication, negotiation, empathy and leadership, which is a skill that is required in the world of work.

Keywords: soft skill, student, collaborative work.

Introducción

En la actualidad, la mayoría de las instituciones de Educación Superior destacan la necesidad de incluir el desarrollo de competencias duras como el de competencias blandas en el currículo, de modo que se satisfagan las demandas personales, académicas y profesionales requeridas por el contexto que vivimos.

Las competencias duras son los conocimientos técnicos y las experiencias necesarias para llevar a cabo un trabajo, mientras que las blandas, son cualidades interpersonales, habilidades sociales y atributos personales de cada individuo. Estas hacen referencia a un amplio grupo de habilidades, comportamientos y cualidades que permiten a las personas funcionar eficientemente en su entorno, tener relaciones efectivas, realizar profesionalmente el trabajo y lograr los objetivos que se proponen (Lippman et al., 2014). Las competencias blandas se consideran complemento de las competencias duras, que se forman en las universidades, debido al importante papel en el contexto actual. Sin embargo, aunque estas se discurren importantes, existe una falta de consenso en cuanto a su caracterización e implementación (Yan, et al., 2019).

Las instituciones de educación superior son conscientes de que tener un nivel adecuado en la calidad educativa y la formación, no solo implican un cierto dominio de los contenidos de un programa educativo dado, sino que los estudiantes también tienen la necesidad de desarrollar plenamente las competencias y habilidades necesarias para tener mayores posibilidades de participar exitosamente en el mercado laboral (García, 2016).

A medida que el sector de la industria ha ido avanzando, se ha vuelto vital incorporar a más personas con talento, no solo técnico o cognitivo que se despliega a través de las competencias duras, sino también desarrollar adecuadamente las competencias blandas, pues éstas se complementan entre sí. Las habilidades sociales, dentro de las blandas, han sido uno de los más importantes rasgos y variables que determinan el éxito en el desempeño laboral en, por lo menos, la última década (Pandey et al., 2022).

Actualmente, las habilidades blandas, también consideradas como no cognitivas, son dentro del ámbito laboral más valoradas por el empleador que las habilidades duras, pues ayuda en la determinación de que posean una disposición para realizar trabajo colaborativo, sean perseverantes y demuestren liderazgo al momento de la toma de decisiones.

García (2018, p.9), menciona que “El National Research Council y la National Academy of Sciences de los Estados Unidos categorizan las habilidades del siglo XXI en tres: habilidades cognitivas, interpersonales e intrapersonales”, y que el sujeto que posea las tres habilidades antes mencionadas podrá desarrollarse con éxito.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) durante el año 2016 incluyó en la prueba nombrada como El Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos de la OCDE (PISA) la importancia del desarrollo del trabajo colaborativo como una habilidad blanda (OCDE, 2016), y tres años más tarde estableció que las empresas más pequeñas al ser encuestadas externaron que los egresados carecen de habilidades blandas para la innovación, por lo tanto, el trabajo colaborativo y el liderazgo son destrezas consideradas de importancia para los reclutadores (OCDE, 2019).

Ortega (2016) resalta que los resultados de una encuesta aplicada en algunos equipos de trabajo, dejó de manifiesto la ausencia de trabajo colaborativo, por lo tanto destaca prioritario que los jóvenes desarrollen habilidades blandas o no cognitivas, y estas se deben generar desde temprana edad, presentando la postura que la sociedad requiere de una juventud flexible, proactiva y responsable con una capacidad de pensamiento crítico, que pueda realizar trabajo colaborativo y tenga disposición de resolver problemas de forma comprometida. En una

sociedad que transita hacia la transformación, las habilidades blandas, por lo tanto, no son algo que se busca que “preferentemente” se tenga, sino que son tan importantes como las cognitivas, porque si bien estas son esenciales para garantizar que se realice el trabajo de manera correcta, a menos que se combinen con las competencias blandas de las personas, como la capacidad de trabajo colaborativo, la negociación y el liderazgo, entre otros, es lo que permite que aumente el potencial profesional de los involucrados en esta transformación.

Se considera que en la actualidad después de la pandemia por el COVID-19, la necesidad de desarrollar la capacidad de trabajo colaborativo se ha evidenciado, por ejemplo, la capacidad de comunicación efectiva, la colaboración y la negociación, de modo que el individuo pueda comunicar sus objetivos centrales, implementar cambios de manera eficiente y persuadir a otros para alcanzar el cumplimiento de estrategias comunes. En general no es una tarea fácil, pues requiere de una suficiente inteligencia emocional, empatía y confianza del propio individuo. Estas habilidades se pueden fortalecer a través de actividades diseñadas en ambientes de aprendizaje que incluyan el uso de tecnologías digitales, como el uso de plataformas digitales para videoconferencias y resolución de casos, como MSTeams, y Power point, Canva o Genially para presentaciones grupales.

De acuerdo con Robles (2012), los empleadores consideran que las competencias blandas son un atributo significativo e importante para los solicitantes de empleo, ya que se exige que las habilidades sociales de los nuevos empleados sean tan consideradas como las competencias duras, pues los requerimientos han cambiado (Pitan, 2017). De modo que tanto empleadores como las instituciones de Educación Superior, no solo se han percatado de la necesidad de dotar a los egresados de las competencias y habilidades que faciliten su incorporación al mercado laboral, sino que, además les permitan adaptarse mejor.

En este contexto, el trabajo colaborativo ha generado gran atención, ya que se discurren habilidades esenciales en un mundo cada vez más globalizado, dinámico y complejo. Exigiendo a los egresados que sean capaces de resolver problemas de trabajo específico, contar con habilidades necesarias para afrontar nuevos retos y la capacidad de negociar (Baneres & Conesa, 2017).

Pocas investigaciones se centran en el nivel de adquisición de los estudiantes de las diferentes habilidades aplicadas al trabajo colaborativo, en apoyo al aprendizaje durante toda su formación universitaria, ocurre lo mismo con las investigaciones centradas en establecer la relación de las habilidades de trabajo colaborativo y las características socio académicas específicas de los estudiantes. En este sentido estudios como el realizado por Al-Alawneh y Ashour (2011), Beigi y Shirmohammadi (2012), Chamorro-Premuzic et al, (2010), Lozano-Rodríguez et al. (2020) y Rodríguez-Gómez et al. (2018), han tratado de establecer las posibles relaciones entre las habilidades de trabajo colaborativo y el género, la experiencia académica o el rendimiento académico.

La UANL, en su visión 2030 considera el trabajo colaborativo multi, inter y transdisciplinario dentro de los atributos institucionales, estableciéndolo como “la configuración del trabajo intelectual e institucional, en el que los expertos de diversas disciplinas se integran en equipos para enfrentar con mayores probabilidades de éxito, y con un alto sentido ético, cuestiones complejas planteadas por la realidad” (UANL, 2022, p. 73)

Es por esto que se debe establecer un proyecto académico a través de una metodología que este calendarizada, para que se desarrolle el trabajo colaborativo en los estudiantes de ingeniería a través del Producto Integrador de Aprendizaje (PIA), acotándolo en una primera fase a los que cursan la unidad de aprendizaje de Ética, sociedad y profesión, estableciendo como justificación lo que el campo laboral está solicitando.

Objetivo

El objetivo general es desarrollar la competencia blanda de trabajo colaborativo en estudiantes de Ética, Sociedad y Profesión a través de actividades de una metodología pedagógica que permita monitorear y medir el desarrollo del Producto Integrador de Aprendizaje.

Los objetivos específicos:

Establecer una metodología pedagógica adecuada para desarrollar el trabajo colaborativo en el acompañamiento del diseño y construcción de su PIA, con actividades diseñadas en un ambiente de aprendizaje que permita el monitoreo y la medición.

Analizar a través de encuesta y reportes el desarrollo de la competencia de trabajo colaborativo con la metodología implementada.

Método

El método utilizado para el análisis de este proyecto es cuantitativo que, de acuerdo a Hernández Sampieri, et al., (2014), que consiste en recolectar datos, analizar, establecer pautas y probar teorías, y se utilizará el criterio de muestra no probabilística, donde la selección depende únicamente de las características para la investigación, teniendo como objeto de estudio a un universo de 530 estudiantes de nivel licenciatura que cursan entre séptimo y noveno semestre de alguno de los diez programas educativos que oferta la Escuela de Ingeniería de una Universidad Pública del noreste y que cumplan con el requisito de estar cursando la Unidad de Aprendizaje Ética, Sociedad y Profesión.

Dentro de la planeación del proyecto está en la primera etapa, se seleccionó para la aplicación de este estudio el cuestionario de habilidades sociales de Goldstein and Col, 1978, que fue adaptado y traducido en (1995) por Tomás, donde se agrupan seis dimensiones para analizar desde las habilidades sociales básicas hasta las de planificación. Este instrumento se encuentra ya validado, por lo cual posee confiabilidad, Bautista, 2011 y se trata de una prueba ipsativa que, de acuerdo a Cattell, 1998 es de medida multiescala, que permite aplicarse de forma individual.

Los ítems que se relacionan al cuestionario están compuestos por 50 reactivos, dentro del procedimiento y recogida de datos para su posterior análisis de acuerdo al tipo de preguntas, se utilizó la escala Likert con cinco opciones de respuestas donde se pueden elegir: 1 Es nunca usa esa habilidad, 2 Rara vez usa la habilidad, 3 A veces usa la habilidad, 4 A menudo usa la habilidad y 5 Siempre usa la habilidad o casi siempre. La forma de responder el instrumento por los encuestados será mediante la plataforma digital. Una vez que se tengan las respuestas se analizarán, para consecutivamente definir cuáles son las estrategias de aprendizaje que se llevarán a cabo enfocadas al estudiante, para posteriormente utilizar la metodología que apoye al desarrollo de habilidades blandas, en específico el trabajo colaborativo.

Resultados

Presentación clara de los resultados obtenidos. El objetivo general del proyecto es identificar si se desarrollan las habilidades blandas en los grupos piloto, en particular, la de trabajo colaborativo. Dentro de los resultados esperados se encuentra identificar si los

estudiantes desarrollan la habilidad de trabajo colaborativo, tomando en consideración el Producto Integrador de Aprendizaje, que en este caso se trata de un Proyecto de Investigación aplicando metodología científica en donde resuelven un problema o conflicto ético en el ámbito de la ingeniería, de modo que se puedan, a través de estrategias de aprendizaje activo desarrollar el trabajo colaborativo efectivo.

El diseño del ambiente de aprendizaje durante la primera fase será aplicado únicamente a ciertos grupos piloto de modo que las investigadoras puedan tener control de los resultados. Esperando que la segunda fase incluya el compartir la experiencia de las investigadoras con otros miembros de la Academia para efectos de replicar el proyecto proponiendo diferentes estrategias o retroalimentando el impacto en los distintos grupos. Y, por último, en una tercera fase, aplicar una encuesta a empleadores, para que puedan expresar si el egresado de ingeniería tiene desarrollada la habilidad de trabajo colaborativo y en caso de ser así, aplicarlo a las otras unidades de aprendizaje de la dependencia académica o en caso contrario realizar los ajustes necesarios al proyecto para que se cumpla con el objetivo establecido en un inicio.

Una vez aplicado el instrumento, y a través de la experiencia de los docentes con los grupos piloto, se encontró que los estudiantes se desenvuelven adecuadamente en las actividades de colaboración, que en este caso se implementaron a través de la plataforma MSTeams. Dicha herramienta permite a los equipos de trabajo colaborar en documentos de Microsoft, de modo que el docente pueda dar seguimiento a las participaciones de cada uno de los miembros de los equipos, y contabilizar las participaciones, así como el grado de contribución. Esta metodología abre la oportunidad para que los estudiantes negocien y tomen decisiones a la vez que avanzan en el desarrollo de la investigación, pueden, además, generar reuniones virtuales que pueden ser grabadas como evidencia del trabajo colaborativo.

Analizando los resultados del instrumento aplicado, se destaca que los estudiantes consideran que eligen la mejor forma para integrarse en un grupo de trabajo ante una determinada actividad con un 19.6%, mientras que el 40.4% dice que sucede con bastante frecuencia y solo el 2.5% considera que lo hace muy pocas veces. Mientras que, en el rubro de la negociación, los estudiantes que respondieron la encuesta solo el 10.2% de ellos lo privilegia, mientras que el 45.5% dice que le sucede solo algunas veces. Y cuando se trata de establecer un sistema de negociación durante la realización de la actividad, el 21.7% lo privilegia, mientras que un 21.2% dice que solo algunas veces. En el tema de la empatía durante la comunicación, el 30.6% asegura que lo busca con mucha frecuencia, mientras que el 21.3% dice que solo sucede algunas veces. Finalmente, en el tema de los acuerdos y la toma de decisiones, el 36.2% busca resolver situaciones difíciles en las actividades colaborativas, mientras que solo el 1.9% asegura que muy pocas veces lo busca.

Discusión y conclusiones

Finalmente, Los graduados universitarios deben ser eficientes en su desempeño profesional. Para este propósito, no solo se requieren de sólidas competencias duras, sino de habilidades blandas que les permitan resolver problemas en la vida real. Una de las funciones que se espera de las instituciones de educación superior es que provean una formación en habilidades blandas como: la resolución de problemas, el pensamiento crítico y el trabajo colaborativo, entre otras, de modo que, este proyecto de investigación permite desarrollar estas habilidades, en particular la de trabajo colaborativo.

La formación en el área de ingeniería se enfoca fuertemente al desarrollo de competencias duras, siendo problemático incluir estas habilidades como lo señala Hirsch, (2017). Por ello la trascendencia de este proyecto y la metodología aplicada en la que el acompañamiento del docente en el desarrollo del PIA a lo largo del semestre a través de la plataforma MSTeams y sesiones presenciales, ha permitido garantizar la formación integral del estudiante privilegiando el desarrollo de habilidades sociales, no solo el trabajo colaborativo, sino la comunicación efectiva, la negociación, la colaboración y el liderazgo. Algunas de las observaciones de la puesta en práctica de esta metodología, es que al abrir el proyecto de investigación y permitir que existiera una introducción a la ambigüedad (dejar instrucciones abiertas a fin de que los estudiantes tomen todas las decisiones sobre el tema, y la propuesta de soluciones) eso crea un espacio para que los estudiantes piensen, investiguen y colaboren de modo que puedan plantear las posibles soluciones y tomar decisiones sobre cuál consideran es la mejor, fundamentarla y entonces determinar su aplicación en la vida real. Esta es una aproximación a la realidad de los contextos en el siglo XXI, donde los problemas son complejos (Eiris, Wen & Gheisari, 2022), quizás no bien definidos y que la respuesta no es obvia a los profesionales, además, que se verán en la necesidad de colaborar en equipos multidisciplinarios buscando posibles soluciones y aplicando experiencia y conocimiento (NCR, 2011). se presentarán en un último apartado las conclusiones del artículo y posteriormente las principales conclusiones. En su caso, se incluirán limitaciones y propuestas de continuidad.

Referencias

- Al-Alawneh, M.K., & Ashour, R. (2011). Assessing the level of employability skills among graduates of career and technical education institutions in Jordan: An educator perspective. *Journal of Institutional Research South East Asia*, 9(1), 90-98.
- Baneres, D., & Conesa, J. (2017). A life-long learning recommender system to promote employability. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 12(06), 77-93. <https://doi.org/10.3991/ijet.v12i06.7166>.
- Bautista, C. N. P. (2011). *Proceso de la investigación cualitativa: epistemología, metodología y aplicaciones*. Manual Moderno.
- Beigi, M., & Shirmohammadi, M. (2012). Attitudes toward teamwork are Iranian university students ready for the workplace. *Teams Performance Management*, 18(5/6), 295-311. <https://doi.org/10.1108/13527591211251087>.
- Catell, R. B. (1988) The data box: Its ordering of total resources in terms of possible relational systems. In J.R. Nesselrode y R. B. Catell (Eds.) *Handbook of multivariate experimental psychology*. Plenum Press.
- Chamorro-Premuzic, T., Arteche, A., Bremner, A. J., Greven, C., & Furnham, A. (2010). Soft skills in higher education: Importance and improvement ratings as a function of individual differences and academic performance. *Educational Psychology*, 30(2), 221-241. <https://doi.org/10.1080/01443410903560278>.
- Eiris, R., Wen, J., & Gheisari, M. (2022). iVisit-Collaborate: Collaborative problem-solving in multiuser 360-degree panoramic site visits. *Computers & Education*, 177, 104365.
- García, E. (2016). The need to address non-cognitive skills in the education policy agenda. In M.S. Khine and S. Areepattamannil (eds.), *Non-cognitive skills and factors in educational attainment* (pp. 31-64). Sense Publishers. https://doi.org/10.1163/9789463005913_004

- García, B. (2018) Las habilidades socioemocionales, no cognitivas o “blandas”: aproximaciones a su evaluación. *Revista Digital Universitaria (RDU)*. 19(6). <http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2018.v19n6.a5>
- Goldstein, A., Col, (1978). Escala de Habilidades sociales.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ª Ed.). Mc Graw Hill.
- Hirsch, B. J. (2017). Wanted: soft skills for today’s jobs. *Phi Delta Kappan*, 98(5), 12-17. <https://doi.org/10.1177/0031721717690359>.
- Lippman, L.H, Ryberg, R., Terzian, M., Moore, K.A., Humble, J., & McIntosh, H. (2014). Positive and protective factors in adolescent well-being. In A. Ben-Arieh, F. Casas, I. Fronces and J.E. Korbin (eds), *Handbook of child well-being: Theories, methods and policies in global perspective* (pp. 2823-2966). https://doi.org/10.1007/978-90-481-9063-8_141.
- Lozano-Rodríguez, A., García-Vázquez, F. I., Zubieta-Ramírez, C., & López-Cruz, C. S. (2020). Competencies associated with Semestre I and its relationship to academic performance: A case study. *Higher Education, Skills and Work-Based Learning*, 10(2), 387-399. <https://doi.org/10.1108/HESWBL-07-2019-0092>.
- National Research Council. (2011). Assessing 21st century skills: Summary of a workshop. In J.A. Koenig & Rapporteur. In *Committee on the Assessment of 21st Century Skills* (Eds.) Washington, DC The National Academies Press.
- OCDE. (2016) PISA 2015 PISA, Resultados Clave. <https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus-ESP.pdf>
- OECD (2019). Educación superior en México: Resultados y relevancia para el mercado laboral, OECD Publishing, Paris, cap. 5 Aumentar la relevancia y los resultados de la educación superior en el mercado laboral. <https://doi.org/10.1787/a93ed2b7-es>.
- Ortega, E. (2016). Una estrategia para la formación de competencias blandas desde edades tempranas. *Revista Cubana de Educación Superior*, 2, 35-41
- Pandey, V.K., Shukla, S., & Singh, B. (2022). Impact and influence of soft skill training on the employability of engineering and management graduate and post graduate students: A review. <https://doi.org/10.30574/wjaets.2022.5.1.0005>
- Pitan, O.S. (2017). Graduate employees’ generic skills and training needs. *Higher Education, Skills and Work-Based Learning*, 7(3), 290-303. <https://doi.org/10.1108/HESWBL-04-2017-0026>.
- Robles, M.M. (2012). Executive perceptions of the top 10 soft skills needed in today’s workplace. *Business Communication Quarterly*, 75(4), 453-465. <https://doi.org/10.1177/1080569912460400>
- Rodríguez-Gómez, G., Ibarra-Saiz, M.S., & Cubero-Ibañez, J. (2018). Competencias relacionadas con la evaluación. Un estudio sobre la percepción de los estudiantes. *Educación XXI*, 21(1). <https://doi.org/10.5944/educXXI.14457>.
- Tomás, A. (1995). *Manual de calificación y diagnóstico de la Lista de Chequeo de Habilidades Sociales de Goldstein*.
- UANL (2022). *Plan de Desarrollo Institucional 2022-2030 de la Universidad Autónoma de Nuevo León*. UANL.

Yan, L., Yinghong, Y., Lui, S.M., Whiteside, M., & Tsey, K. (2019). Teaching “soft skills” to university students in China: The feasibility of an Australian approach. *Educational Students*, 45(2), 242-258. <https://doi.org/10.1080/03055698.2018.1446328>.