

# Development of Critical Thinking in Engineering: a Article-Conference format experience

Roberto Aquepucho, Magister<sup>1</sup>, Elizabeth Vidal, Magister<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú,

raquepucho@unsa.edu.pe, evidald@unsa.edu.pe

*Abstract— The development of critical thinking is a transversal competency that complement other competencies necessary in engineering training. It is known that both reading and writing are activities that allow critical thinking to be developed when they are carried out under a structured framework. In this article we present our experience in the development of critical thinking under the Paul-Elder framework and the writing context of an article with publishable characteristics in conference format. We believe that our experience could be replicated in other engineering companies, adapting the topics of interest specific to each specialty.*

*Keywords---* Critical thinking, critical reading, writing, ABET

Digital Object Identifier (DOI):  
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.519>  
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

**18<sup>th</sup> LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology:** “Engineering, Integration, and Alliances for a Sustainable Development” “Hemispheric Cooperation for Competitiveness and Prosperity on a Knowledge-Based Economy”, July 27-31, 2020, Virtual Edition.

# Desarrollo de Pensamiento Crítico en Ingeniería: una experiencia formato Artículo-Conferencia

Roberto Aquepucho, Magister<sup>1</sup>, Elizabeth Vidal, Magister<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú,  
raquepucho@unsa.edu.pe, evidald@unsa.edu.pe

*Abstract– El desarrollo del pensamiento crítico es una competencia transversal que complementan a otras competencias necesarias en la formación de ingenieros. Es conocido que tanto la lectura como la escritura son actividades que permiten desarrollar el pensamiento crítico cuando estas son desarrolladas bajo un marco de trabajo estructurado. En este artículo presentamos nuestra experiencia en el desarrollo de pensamiento crítico bajo el marco de trabajo Paul-Elder y el contexto de redacción de un artículo de características publicables formato conferencia. Creemos que nuestra experiencia podría ser replicada en otras ingenierías adaptando los temas de interés propios de cada especialidad.*

**Palabras claves:** pensamiento crítico, lectura crítica, redacción, ABET

## I. INTRODUCCIÓN

ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology), es reconocida como una organización dedicada a la acreditación de programas de educación universitaria en ingeniería. La acreditación busca asegurar que la institución satisfaga los criterios de calidad establecidos. El criterio 3 de ABET presenta once competencias que todos los estudiantes de ingeniería deben poseer al terminar sus estudios [1]. Algunas de estas competencias tienen como componente fundamental el desarrollo del pensamiento crítico.

En este trabajo se comparte la experiencia en el dictado del curso de Redacción de Artículos e Informes de Investigación (RAII) de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas [2], de la Universidad Nacional de San Agustín [3], Arequipa – Perú, en la implementación y dictado del curso de Redacción de Artículos e Informes de Investigación (RAII), el cual ha permitido incorporar los elementos propuestos el marco de trabajo Paul-Elder [4] para el desarrollo de pensamiento crítico. La implementación ha sido realizada a través de la lectura crítica y la redacción de un artículo de características publicables en formato conferencia. Creemos que esta experiencia podría ser replicada en otras ingenierías.

Se describe el mapeo existente entre el diseño del curso y las actividades realizadas para ayudar a los estudiantes en el logro del desarrollo del pensamiento crítico.

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera: en la sección II se describen algunos trabajos relacionados. En la sección III se presenta el marco conceptual de nuestra

experiencia. En la sección IV se detalla la experiencia resaltando las actividades realizadas. En la sección VI se describen los resultados iniciales. Finalmente se presentan las conclusiones

## II. TRABAJOS RELACIONADOS

En la literatura existen trabajos que muestran la experiencia del desarrollo del pensamiento crítico en carreras de Ingeniería, así por ejemplo Gunnink y Bernhardt [5] revisan trabajos previos al 2002 que relacionan la escritura y el desarrollo del pensamiento crítico y así mismo proponen ejemplos de asignaciones orientadas a pensamiento crítico.

El uso del marco de trabajo de Paul-Elder ha sido también ya implementado como es la experiencia descrita por Thompson, Ralston y Hieb [6] quienes en el curso de Introducción a la Ingeniería mediante dos asignaciones hicieron uso del Marco para permitir a los estudiantes un mejor comprensión de las diferentes disciplinas de la Ingeniería. Así mismo Michaluk [7] busca desarrollar las habilidades de pensamiento crítico de los estudiantes a través de dos tareas basadas en el modelo Paul-Elder empleando dos métodos: aprendizaje basado en problemas y escritura para reflexividad. Los estudiantes primero trabajaron en equipos para resolver dos problemas de ingeniería, y luego cada estudiante individual escribió los borradores del informe primero y final para cada una de las tareas de resolución de problemas.

Si bien nuestra propuesta también se basa en el uso de la redacción como Michaluk, la diferencia se basa en la contextualización de la lectura y redacción crítica bajo el formato artículo-conferencia.

## II. MARCO CONCEPTUAL

### A. ABET

ABET (Accreditation board for engineering and Technology) [1] es reconocida como una organización dedicada a la acreditación de programas de educación universitaria en ingeniería. La acreditación busca asegurar que la institución satisfaga los criterios de calidad establecidos. El criterio 3 de ABET presenta once competencias que todos los estudiantes de ingeniería deben poseer al terminar sus estudios (Tabla I).

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.53>;

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

TABLA I: COMPETENCIAS EGRESADOS EN INGENIERÍA

(a)	Habilidad para aplicar conocimientos de matemática, ciencia e ingeniería
(b)	Habilidad para diseñar y llevar a cabo experimentos, así como para analizar e interpretar datos
(c)	Habilidad para diseñar un sistema, componente, o proceso para satisfacer necesidades deseadas dentro de restricciones realistas (económicas, ambientales, sociales, políticas, éticas, de salubridad, seguridad, de manufactura y sostenibilidad)
(d)	Habilidad para funcionar en equipos multi-disciplinarios
(e)	Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería
(f)	Entendimiento de responsabilidades profesionales y éticas
(g)	Habilidad para comunicarse de manera efectiva
(h)	La educación general necesaria para entender el impacto de las soluciones de ingeniería en los contextos global, económico, ambiental y social
(i)	Reconocimiento de la necesidad y la habilidad para participar en al aprendizaje permanente
(j)	Conocimiento de asuntos contemporáneos
(k)	Habilidad para usar las técnicas, habilidades, y herramientas modernas de ingeniería necesarias para la práctica de la ingeniería

El pensamiento crítico da soporte a varias de las competencias mostradas en la Tabla I. De forma específica, tomando como base el trabajo de Welch, Hieb, y Graham [8], en lo que se refiere a la necesidad de tener una educación general necesaria para comprender el impacto de la ingeniería en las soluciones bajo un contexto global, económico, ambiental y social (competencia “h”). El pensamiento crítico también da soporte a la habilidad “reconocer la necesidad de un aprendizaje permanente (competencia “i”) y a la habilidad de identificar, formular y resolver problemas de ingeniería (competencia “e”).

**B. Pensamiento Crítico – Definición**

De acuerdo a Lopez [9] es la habilidad de pensar críticamente y consta de las siguientes etapas: identificar argumentos, supuestos, reconocer relaciones importantes, realizar inferencias, evaluar la evidencia y la autoridad, y deducir conclusiones. Para Facione [10] son habilidades cognitivas que dispone la persona cuando interpreta, analiza, evalúa, infiere, explica y autoregula. Además, Kuhn [11] hace referencia a Ennis quien lo considera como un pensamiento reflexivo, razonable centrado en decidir qué creer o hacer.

Si bien existen muchas definiciones importantes sobre pensamiento crítico como se ha mencionado previamente, nuestra propuesta se basa en el trabajo de Bailli [12] quien lo explica desde el punto de vista de las ingeniería. Para ella los estudiantes deben ser capaces de demostrar críticamente y reflexionar no solo sobre las prácticas de la ingeniería en lo abstracto sino acerca de su propio trabajo, lograr y aplicar diferentes visiones de la relación entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, considerando los derechos, la justicia, la libertad, la ética e ilustrar su relación en la práctica de la ingeniería, y comparar y discutir sobre las prácticas locales y globales

**C. Elementos y Estándares del Pensamiento Crítico Paul-Elder**

Los elementos del pensamiento crítico son tomados del marco de trabajo de Paul-Elder [5] para pensamiento crítico. El marco construye el pensamiento crítico en tres componentes: Estándares, Elementos y Rasgos intelectuales (Figura 1).

Marco de referencia del Pensamiento Crítico (Paul y Elder, 2009, p. 19)

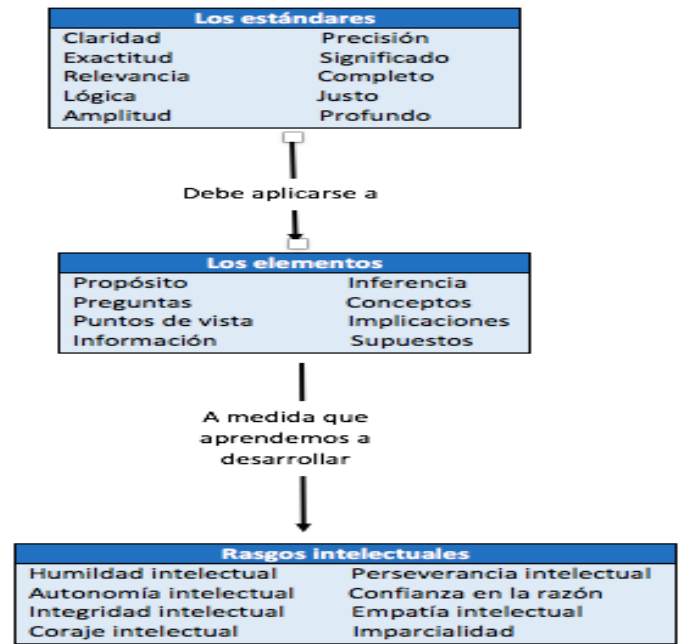


Fig 1. Marco de referencia Pensamiento Crítico Paul-Elder

El marco proporciona un lenguaje común para definir y poner en práctica el pensamiento crítico al definir ocho elementos de cómo el pensamiento crítico examina, analiza y reflexiona sobre el trabajo a realizar por los estudiantes. La Tabla II detalla cada uno de estos elementos.

TABLA II: Elementos del Pensamiento Crítico – Marco de Trabajo Paul-Elder

1.- Propósito del pensamiento meta, objetivo: todo tipo de texto oral o escrito tiene un propósito tanto del emisor como receptor por eso es importante identificarlo para tomar conciencia del texto.
2.- Pregunta en cuestión problema, asunto: aquí es importante el uso del razonamiento porque es un intento por solucionar un problema de esta manera se ejercita el razonamiento.
3.- Información datos, hechos, observaciones, experiencias: en este punto hay que considerar la veracidad de la información y determinar si son justificables o no.
4.- Interpretación e inferencia conclusiones, soluciones: todo problema o solución tiene un punto de vista. Es necesario identificar en los textos la interpretación y el punto de vista. Además, ser conscientes de las múltiples interpretaciones y puntos de vista.
5.- Conceptos teorías, definiciones, axiomas, leyes, principios, modelos: hay que considerar la contundencia de los argumentos a favor o en contra. Así

mismo, contrastar la información de las teorías, definiciones, axiomas, leyes, principios y modelos.

6.- Supuestos presuposiciones, lo que se acepta como dado: para poder cuestionar lo afirmado por la otra persona hay que valorar, cuestionar los supuestos o presuposiciones. Y si queremos llegar a conclusiones debemos de considerar los mejores argumentos para sustentar nuestros supuestos.

7.- Implicaciones y consecuencias: todo razonamiento conlleva las implicaciones y consecuencias es necesario identificarlas si nos favorece o nos perjudica para tomar la mejor decisión.

8.- Punto de vista marco de referencia, perspectiva, orientación: los argumentos son los que determinan la validez de la información. En este caso hay que considerar los mejores argumentos o contra argumentos, las mejores referencias, considerando la multiplicidad de perspectivas.

Estos ocho elementos conducen a ocho categorías de preguntas:

(1) ¿cuál es el propósito ?, (2) ¿cuál es el punto de vista ?, (3) ¿cuáles son los supuestos ?, (4) ¿cuáles son las implicaciones ?, (5) ¿qué información se necesita ?, (6) ¿qué inferencias se están haciendo ?, (7) ¿cuál es el concepto más fundamental ?, y (8) ¿cuál es la pregunta que se está respondiendo ?

Los estándares propuestos por Paul-Elder deben ser aplicados a los ocho elementos presentados en la Tabla II. Estos estándares son: claridad, precisión relevancia, amplitud, profundidad, exactitud, lógica, significancia, justicia.

#### D. Escritura

El vínculo entre el desarrollo del pensamiento crítico y la escritura se ha explorado ampliamente [13-17]. Los autores coinciden en que el pensamiento crítico se mejora mediante la escritura reflexiva. Según Cooney et al. [18] los estudiantes tienen el desafío de articular juicios de valor sobre datos e información, problemas y posibles soluciones al escribir para la reflexión.

Desde una definición técnica Alley [19] explica que el proceso de escritura científica es un arte el cual presenta cuatro estados: preparar, redactar, revisar y acabado. Así mismo las decisiones de la escritura caen en tres categorías: contenido, estilo y forma.

a)El contenido es lo que desea transmitir y este varía de acuerdo ampliamente. b)El estilo es como se transmite el contenido a la audiencia, esto es la formas en que convierte las ideas en oraciones y cómo se conectan estas en párrafos. El estilo también se refiere a cómo se combina los párrafos con ilustraciones para crear secciones y cómo organizar esas secciones en documentos. c)La forma consiste en las reglas de escritura gramaticales, pautas para insertar citas y referencias. Así mismo las pautas para el formato, que comprende la tipografía y diseño de un documento que depende de la publicación o institución.

Para el Massachusset Institute of Technology (MIT) [20] en los cursos de redacción científica y técnica se identifican tres pasos iterativos: planeamiento, escritura y revisión. Así mismo se

identifican las mejores prácticas: planeamiento, claridad, brevedad, simplicidad, elección de palabras, voz activa y compromiso con el ver la escritura como un proceso.

Para la universidad de Middlebury [21] la escritura científica es una forma técnica de escritura que está diseñada para comunicar información científica a otros científicos. Dependiendo del género científico – artículo en revista, poster científico, propuesta de investigación, etc – algunos aspectos de la escritura pueden cambiar, tales como el **propósito, la audiencia, u organización**. Muchos aspectos de la escritura científica, sin embargo varían muy poco entre los géneros de redacción.

Los aspectos mas importantes de la escritura científica son : a) **La audiencia** principal son otros científicos. Debido a ello las definiciones, y explicaciones generales ya no se hacen necesarias. La explicación de conocimiento general o como se realizó un procedimiento tiende a obstruir la claridad. b) **Es concisa y precisa**. El objetivo de la escritura científica es comunicar información científica. El lenguaje florido, ambiguo, prolijo y redundante es contrario al propósito de la escritura. c) Se debe **establecer dentro del contexto de otro trabajo publicado**. Debido a que la ciencia se basa y se corrige a sí misma con el tiempo, la redacción científica debe situarse y hacer referencia a los hallazgos de trabajos anteriores. Este contexto sirve como motivación para nuevos trabajos que se proponen o para redactar los documentos, como puntos de partida o congruencia para nuevos hallazgos e interpretaciones, y como evidencia del conocimiento y la experiencia de los autores en el campo.

## IV. LA EXPERIENCIA

### A. Contexto

RAII fue dictado por primera vez en el año 2014 producto del nuevo plan de estudios de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas [2]. El curso tiene una duración de 17 semanas y es dictado en el tercer semestre. Tiene 2 créditos y 2 horas teóricas semanales. El contenido del curso de RAI se muestra en la Tabla III. La experiencia de la aplicación del marco de trabajo Paul-Elder se hizo en el año 2019 a una población de 80 estudiantes. Dado que esta es la primera vez que se incorpora el Marco de trabajo Paul-Elder, esta experiencia es considerada de tipo Exploratorio.

### B. Trabajo Semestral

Para lograr el aprendizaje activo durante todo el semestre cada estudiante escribe un artículo de características publicables bajo el formato IEEE doble-columna el cual consta de sólo 6 carillas y no menos de veinte referencias bibliográficas. El tema del artículo está basado en un tema de investigación básico dado por el profesor.

TABLA III: CONTENIDO CURSO RAI

<p><b>Unidad 1: Introducción</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Porqué necesito saber escribir y hablar ?</li> <li>¿Porqué necesito comunicarme?</li> </ul>
<p><b>Unidad 2: Plan de Redacción , Búsqueda de Información y Lectura Crítica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Plan de Redacción: El Esquema</li> <li>Búsqueda de Información: ¿en dónde buscar?, ¿cómo sé que es relevante?.</li> <li>En dónde buscar: Bases de Datos Indexadas: SCOPUS, ScienceDirect, EBSCO, IEEEExplore, Publicaciones de IEEE/ACM</li> <li>Lectura Crítica: que es relevante cuando leo, que información me es de utilidad.</li> </ul>
<p><b>Unidad 3: Comunicación Escrita</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Consideraciones de Forma, Reglas de redacción: párrafos, oraciones, puntuación, musicalidad, Referencias y citas: Estilo IEEE y ACM.</li> <li>Partes del Artículo: Abstract, Introducción, Trabajos Relacionados, Cuerpo del Artículo y Conclusiones.</li> <li>Consideraciones de redacción: Claridad, precisión relevancia, amplitud, profundidad, exactitud, lógica, significancia, justicia</li> <li>Uso de gráficos, figuras y tablas, códigos.</li> </ul>
<p><b>Unidad 4. Comunicación Oral</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Esquema mental</li> <li>Manejo de auditorio : contacto visual, desplazamiento,</li> <li>Saber escuchar</li> </ul> <p><b>Preparación de Material de Exposición</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Diapositivas, Poster y Video</li> <li>Contenidos</li> <li>¿Qué poner y qué no poner?</li> </ul>

El primer día de clases, cada alumno recibe el tema de su artículo. Cada tema ha sido formulado por los profesores del curso buscando que los alumnos: (a) conozcan un poco más el alcance de su carrera, (b) puedan comprender el impacto de las soluciones de la ingeniería del software en un contexto global, ambiental y social, (c) reconozcan la necesidad del aprendizaje permanente, (d) desarrollen pensamiento crítico y (e) se sientan motivados e involucrados con las actividades a realizar al ser temas relacionados a su profesión

Se dan cinco revisiones incrementales al artículo durante todo el semestre. Las entregas son incrementales, según se aprecia en la Tabla IV.

TABLA IV  
TRABAJO SEMESTRAL

<p><b>Plan de Redacción</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Leer al menos 5 artículos relacionados para plantear su esquema</li> <li>Utilizar un máximo de 7 títulos incluidos Introducción , Trabajos Relacionados y Conclusiones</li> <li>Utilizar subtítulos y sub-subtítulos</li> <li>Ir de lo general a lo específico</li> </ol>
--

<p><b>Primer Borrador (5%)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Cantidad de hojas: 2 carillas</li> <li>Iniciando desde el primer punto del plan de redacción (no incluye abstract, introducción ni trabajos relacionados)</li> <li>Referencias Bibliográficas: mínimo 5</li> </ol>
<p><b>Segundo Borrador (10%)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Cantidad de hojas: 3 carillas</li> <li>Corrección de las observaciones recibidas en el Borrador 1.</li> <li>Continuar con el desarrollo del esquema</li> <li>Incluir sección Trabajos Relacionados</li> <li>Referencias Bibliográficas: mínimo 10</li> </ol>
<p><b>Tercer Borrador (15%)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Cantidad de hojas : 5 carillas</li> <li>Corrección de las observaciones recibidas en el Borrador 2</li> <li>Incluye Resumen, Introducción y Conclusiones</li> <li>Referencias Bibliográficas: mínimo 20</li> </ol>
<p><b>Artículo Final (20%)</b></p> <p>Lo mismo del Tercer Borrador pero habiendo corregido todas las observaciones</p>
<p><b>Video Youtube (20%)</b></p> <p><b>Los alumnos realizarán un video en Youtube previo a la exposición en clase de su tema de artículo.</b></p> <p>Tiempo de Exposición: 4 minutos</p> <p>Se evaluará considerando Rúbrica</p> <p>El docente entregará observaciones sobre su desempeño inicial para considerar la retroalimentación en la exposición en clase</p>
<p><b>Material (10%)</b></p> <p>El alumno deberá preparar un juego de Diapositivas sobre su tema. Las diapositivas se presentarán IMPRESAS.</p> <p>Se evaluará que el alumno haya seguido las pautas dadas en clase:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Poco texto : solo ideas principales</li> <li>Máximo 7 elementos</li> <li>Sobriedad</li> <li>Información de la Primera diapositiva</li> </ul>
<p><b>Exposición (20%)</b></p> <p>El alumno presentará el tema de su artículo.</p> <p>Tiempo de Exposición: 4 minutos</p> <p>El alumno no utilizará ninguna ayuda visual. Se evaluará de acuerdo a Rúbrica</p>

### C. RAI y Pensamiento Crítico

Dentro del curso de RAI la incorporación del desarrollo del pensamiento crítico se da en la Unidad 2: Plan de Redacción , Búsqueda de Información y Lectura Crítica y Unidad 3: Comunicación Escrita como se resalta en la Tabla III. El desarrollo del pensamiento crítico se trabaja de forma enfocada y metodológica cuando los alumnos desarrollan la la sección de Trabajos Relacionados (resaltado en la Tabla IV)

Para ello se ha desarrollado una metodología de trabajo compuesta de cuatro fases mostrada en la Figura 2.

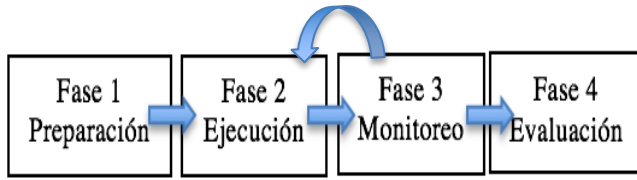


Fig 2. Metodología de Trabajo para aplicar marco de trabajo Paul-Elder y redacción de Sección Trabajos Relacionados

**Fase 1: Preparación:** en donde los estudiantes buscan artículos relacionados a su investigación en bases de datos indexadas de acuerdo a criterios de búsqueda y filtros de calidad (el detalle de estas características no serán consideradas en este trabajo por motivos de espacio)

**Fase 2: Ejecución:** La ejecución tiene dos momentos: pre-procesamiento de los artículos (lectura crítica) y redacción de la sección Trabajos Relacionados.

**Pre-procesamiento:** los alumnos realizan la lectura de al menos cinco artículos llenan una plantilla excel que consta de la información básica del artículo (autor, conferencia o revista, año, autores) y dan respuesta a las ocho preguntas del Modelo Paul-Elder: (1) ¿cuál es el propósito del autor(es) ?, (2) ¿cuál es su punto de vista ?, (3) ¿cuáles son sus supuestos ?, (4) ¿cuáles son las implicaciones ?, (5) qué información se necesita ?, (6) qué inferencias se están haciendo ?, (7) ¿cuál es el concepto más fundamental ?, y (8) ¿cuál es la pregunta que se está respondiendo ?. A modo de ejemplo la Figura 3 presenta la plantilla excel que muestra un primer artículo y la primera pregunta.

#	TITULO	AÑO	CONFERENCIA/R EVISTA	AUTORES	1. Cual es el Propósito
[1]	Herramientas de la Realidad Aumentada para la Enseñanza Superior en Area de Medicina	2016	Revista educativa Hekademos	Noelina Margarita Moreno Martínez, Juan José Leiva Olivencia, Antonio Matas Terron	Este trabajo realiza una revisión y un análisis desde un punto de vista epistemológico, del concepto de realidad aumentada, destacando sus potencialidades para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje en el área de medicina, justificar el importante papel que desempeñan los recursos tecnológicos aplicados al aula como los nuevos roles que desempeñan el profesorado y el alumnado ante un nuevo planteamiento educativo, siendo el aprendizaje por competencias. mostrando un elenco de aplicaciones y programas basados en la Realidad Aumentada. La RA busca los escenarios mas interactivos de enseñanza y aprendizaje en la raíz y esencia del proceso educativo, teniendo capas de información virtual. Haciendo mención de la Escuela de Medicina de la Universidad de Washington, quienes desarrollaron gafas de realidad aumentada con las que pueden distinguir las culas cancerígenas de las sanas.

Fig 3. Uso de los elementos del marco Paul-Elder para analizar los artículos que iran en la sección trabajos relacionados (Por movitos de espacio sólo se muestra la primera pregunta)

**Redacción de Trabajos Relacionados:** Una vez que ellos han procesado dicha información esta debe ser redactada como parte del artículo en la sección de Trabajos Relacionados. Tal como se explica en la sección anterior sobre las consideraciones de la redacción científica [20] [21] estos se relacionan con los estándares mencionados por el marco Paul-Elder (Figura 1): Claridad, precisión relevancia, amplitud, profundidad, exactitud, lógica, significancia y justicia.

La claridad en el comunicar científico y técnico hace necesario evitar lo ambiguo y redundante. La precisión está dada por los datos exactos que podamos entregar producto de los resultados de los investigadores. La justicia está dada por el respeto a la producción intelectual de los autores al citar con propiedad su trabajo. La lógica se presenta en la forma de redacción que realiza una correcta hilación entre las ideas propuestas por los diferentes autores. La relevancia está dada en el porqué los autores dichos autores fueron mencionados en dicha sección. La amplitud y/o profundidad es una elección del estudiante en el momento de la redacción sobre que tanto decir sobre cada uno de los trabajos relacionado. En la Figura 4 se muestra un ejemplo de sección de Trabajos Relacionados.

**Fase 3: Monitoreo:** El monitoreo se da tanto en el pre-procesamiento de los cinco artículos y se da la retroalimentación a cada estudiante. Si es necesario los alumnos deben mejorar y reescribir en la hoja excel. Si el pre-procesamiento es correcto el estudiante esta autorizado a pasar la redacción de la sección de trabajos relacionados. La sección de trabajos relacionados tambien es revisada y recibe retroalimentación de acuerdo a los estándares solicitados (de acuerdo al marco Paul-Elder). Este es un proceso que puede llevar varias iteraciones dependiendo del nivel de logro del estudiante. Un ejemplo se muestra en la Figura 4.

**Fase 4: Evaluación :** La evaluación es realizdaa de acuerdo rúbrica tanto para el pre-procesamiento como para la redacción. Para le pre-procesamiento se da un puntaje de 1 a 4 por cada una de las ocho preguntas del marco Paul-Elder para cada uno de los 5 artículos. Para la redacción se da énfasis a cinco elementos: claridad, precisión relevancia, lógica, y justicia. De la misma forma se da un puntaje de 1 a 4. En la Figura 6 se muestra la rúbrica de la evaluación de la redacción de la sección de Trabajos Relacionados



# Enseñanza de Programación con Arduino: Experiencias a nivel Universitario

Solansh Montoya<sup>1</sup>,  
Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas  
<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa,

## II. TRABAJOS RELACIONADOS

La preocupación por centrar el proceso de enseñanza/aprendizaje en el estudiante ha hecho que los profesores busquen formas novedosas de no sólo transmitir conocimientos, sino de involucrarlos en proyectos en donde ellos sean artífices de su propio conocimiento.

En la literatura se han encontrado varias experiencias que hacen uso de Arduino para enseñar programación. En el trabajo de Rubio et al. [4] se detalla su uso en un trabajo conjunto de la Universidad de Granada y la Universidad Nacional de Educación a Distancia de Madrid para estudiantes de ciencia e ingeniería. Se destaca la estructura modular del curso y la combinación de Arduino con Lego. Los autores resaltan el alto grado de motivación que mostraron los estudiantes. En el trabajo de Duch y Jaworski [5] se presenta la experiencia en Lodz University of Technology (Polonia) que haciendo uso de Arduino pretende hacer más atractivo el aprendizaje de programación mediante la expansión de la interacción con dispositivos como joysticks, elementos emisores de luz, teclados y comunicaciones por radio.

En cursos más especializados se tiene la implementación de cuatro experimentos de laboratorio para el control automático y los cursos de robótica en la Universidad de Alicante. Los resultados mostraron que los experimentos propuestos fueron atractivos para los estudiantes [6]. También en el trabajo de Brock, Bruce y Reiser [7] se destaca que el uso de Arduino es una manera poco cara para enseñar diseño de sistemas embebidos e los cursos introductorios de programación. El trabajo resalta trabajos de interfaces electrónicas simples utilizados en el mundo real haciendo uso de LEDs y sensores. O también el trabajo de Jamieson [8] que presenta el uso de Arduino para la enseñanza de sistema embebidos.

El común de todos los trabajos aquí descritos es que han demostrado su efectividad en lograr la motivación de los estudiantes y el darles un espacio para hacer uso de componentes externos para diseñar soluciones para el mundo real.

Nuestra trabajo resalta las principales experiencias del uso de arduino a nivel de enseñanza universitaria resaltando los beneficios y lecciones aprendidas.

Fig. 4 Ejemplo de artículo sección trabajos relacionados. Se resalta la lógica en la redacción, el uso de citas y mención de autores. La sección de trabajos relacionados fue revisada hasta en tres oportunidades para alcanzar una versión aceptable de acuerdo a los estándares Paul-Elder

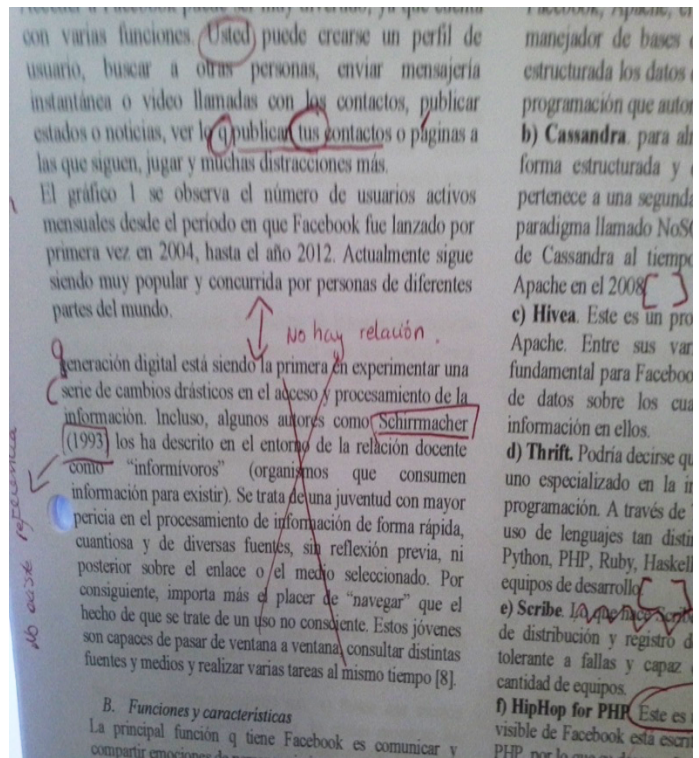


Fig. 5: Monitoreo en etapa redacción de trabajos relacionados. Se observa ortografía, coherencia, aporte de la ideas luego del proceso de lectura crítica.

		REDACCION DE ARTICULOS E INFORMES DE INVESTIGACION			
		RUBRICA EXPRESION ESCRITA: TRABAJOS RELACIONADOS			
Resultado:	Los estudiantes redactan adecuadamente los Trabajos Relacionados				
Criterio de desempeño:	Expresa sus ideas en forma coherente utilizando el lenguaje escrito y muestran pensamiento crítico				
Curso:	REDACCION DE ARTICULOS E INFORMES DE INVESTIGACION			Semestre	3
Actividad:	Presentación de Trabajos Relacionados			Semana:	
Nombre y apellido del alumno:	Sección:		Docente:		
Observaciones	Periodo:		Fecha:		
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	Excelente	Bueno	Requiere Mejora	No aceptable	Puntaje Logrado
Claridad	4	3	2	0	
Precisión	4	3	2	0	
Relevancia	4	3	2	0	
Lógica	4	3	2	0	
Justicia	4	3	2	0	
Puntaje Total					

Fig. 6. Rúbrica de evaluación de la sección de trabajos relacionados.

## V. CONCLUSIONES

En este artículo se ha presentado la experiencia de la búsqueda del pensamiento crítico en estudiantes de Ingeniería de Sistemas en el curso de Redacción de Artículos en Informes de Investigación. La experiencia ha sido estructurada y enfocada en la redacción de la sección de Trabajos Relacionados siendo dividida en dos partes: lectura crítica bajo los ocho elementos del marco Paul-Elder y la redacción propiamente dicha.

El trabajar de forma estructurada y haciendo uso de una plantilla ha permitido a los estudiantes enfocarse en lo que deben leer, cómo deben leer y la información relevante para su trabajo. La plantilla facilita el poder evaluar luego a los estudiantes a través de la rúbrica. La etapa de redacción permite poner en conjunto la información de la plantilla con una estructura lógica, concisa, haciendo uso de referencias y contrastando ideas y aportes de los autores. Al ser una experiencia exploratoria la información con la que se cuenta a la fecha es del tipo cualitativo. Se ha podido probar la efectividad de la aplicación de los ocho elementos del marco Paul-Elder a la lectura crítica de los trabajos relacionados y la relación existente entre los estándares mostrados en la Figura 1 y los requisitos de redacción para ingeniería.

El curso de redacción actualmente cuenta con sólo 2 horas semanales, lo cual es insuficiente para poder tener mayor número de sesiones de retroalimentación (fase monitoreo-Figura 3) con los estudiantes.

## REFERENCIAS

- [1] ABET. Criteria for Accrediting Engineering Programs, 2015 – 2016. <http://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-programs-2015-2016/#outcomes>. Último acceso Enero 2019
- [2] Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas. <http://fips.unsa.edu.pe/ingenieriadesistemas/>. Último acceso Marzo del 2020.
- [3] Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://www.unsa.edu.pe>. Último acceso Marzo del 2020.
- [4] Paul, R. W. & Elder, L. (2009). The miniature guide to critical thinking concepts & tools (6th ed.). Dillon Beach, CA: The Foundation for Critical Thinking.
- [5] B. Gunnink and K. L. Sanford Bernhardt, Writing, critical thinking, and engineering curricula, *Frontiers in Education (FIE) Conference*. Boston, MA, November 6–9, 2002, pp. F3H2-F3H7.
- [6] A. Thompson, P. Ralston and J. Hieb, Engaging freshman engineers using the Paul Elder Model of Critical Thinking, *American Society of Association of Engineering Education (ASEE) Conference*, San Antonio, TX, June 10–13, 2012.
- [7] L. M. Michaluk, J. Martens, R. L. Damron & K. A. High. Developing a Methodology for Teaching and Evaluating Critical Thinking Skills in First-Year Engineering Students. *International Journal of Engineering Education*, 32(1), 84-99, 2016.
- [8] Welch, K. C. W. C., Hieb, J., & Graham, J. (2015). A systematic approach to teaching critical thinking skills to electrical and computer engineering undergraduates. *American Journal of Engineering Education (AJEE)*, 6(2), 113-124.
- [9] G. López Aymes, “Pensamiento crítico en el aula,” *Docencia e Investig. Rev. la Esc. Univ. Magisterio Toledo*, vol. 37, no. 22, pp. 41–60, 2012.
- [10] P. A. Facione, “Actualización 2007 Pensamiento Crítico: ¿Qué es y por qué es importante?,” pp. 1–22, 1992.
- [11] D. Kuhn, “Critical Thinking as Discourse,” *Hum. Dev.*, vol. 62, no. 3, pp. 146–164, 2019, doi: 10.1159/000500171.
- [12] C. Baillie. Critical theory of technological development - course outline. University of Western Australia, 2012.
- [13] W. Condon and D. Kelly-Riley, Assessing and teaching what we value: The relationship between college-level writing and critical thinking abilities, *Assessing Writing*, 9, 2004, pp. 56– 75.
- [14] B. Gunnink and K. L. Sanford Bernhardt, Writing, critical thinking, and engineering curricula, *Frontiers in Education (FIE) Conference*. Boston, MA, November 6–9, 2002, pp. F3H2-F3H7.
- [15] R.W. Hendricks and E. C. Pappas, Advanced engineering communication: An integrated writing and communication program for materials engineers, *Journal of Engineering Education*, 85(4), 1996, pp. 343–352.
- [16] E. Wheeler and R. McDonald, Writing in engineering courses, *Journal of Engineering Education*, 89(4), 2000, pp. 481–486.
- [17] J. C. Bean and M. Weimer, *Engaging ideas: The professor's guide to integrating writing, critical thinking, and active learning in the classroom*, John Wiley & Sons. San Francisco, CA, 2011.
- [18] E. Cooney, A. Alfrey and S. Owens, Critical thinking in engineering and technology education: A review, *American Society of Association of Engineering Education (ASEE) Conference*, Pittsburg, PA, June 22–25, 2008.
- [19] Alley, M. The Craft of Scientific Writing. *Zeitschrift Für Physikalische*, 2018.
- [20] Writing and Communication Center- Massachusetts Institute of Technology. <https://cmsw.mit.edu/writing-and-communication-center/>. Último acceso Marzo 2020
- [21] Write Like a Scientist - A Guide to Scientific Communication. Middlebury University. <http://sites.middlebury.edu/middsciwriting/>. u