

# 10047 APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA PARA EL RELEVAMIENTO DE TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO APLICABLES EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA

Miguel Guagliano<sup>(1)(2)</sup>, Julián Tornillo<sup>(1)(3)</sup>, Guadalupe Pascal<sup>(1)(4)</sup>, Lucas Carroso<sup>(1)(5)</sup>, Juan Pavlicevic<sup>(1)(6)</sup>

<sup>(1)</sup>Instituto de Investigaciones en Tecnología y Educación (IIT&E)  
Centro Asociado Comisión de Investigaciones Científicas (CIC)

Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional de Lomas de Zamora

<sup>(2)</sup>ing.guaglianom@gmail.com

<sup>(3)</sup>julianeloytornillo@gmail.com

<sup>(4)</sup>guadapascal@gmail.com

<sup>(5)</sup>lucas.carroso@gmail.com

<sup>(6)</sup>jpavlicevic@gmail.com

**Resumen:** En la actualidad, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) tienen un papel central en las organizaciones. En particular, las Universidades deben incorporar TIC en sus procesos de gestión y enseñanza para poder elevar su calidad educativa. La implementación de softwares de código abierto resulta de especial interés para las Universidades ya que presentan una serie de características como su bajo costo y su capacidad de ser ejecutado, copiado, modificado y distribuido sin ningún impedimento, lo cual contribuye a la construcción colaborativa de conocimiento. Por su parte, la Vigilancia Tecnológica es una disciplina que permite monitorear e identificar tecnologías clave y así conocer el estado del arte de la misma a nivel global.

El presente trabajo es una investigación de tipo exploratoria acerca de los distintos softwares de código abierto aplicables en la enseñanza de la Ingeniería, mediante la utilización de herramientas de Vigilancia Tecnológica. Los resultados alcanzados esperan contribuir en los procesos de enseñanza y aprendizaje de los distintos trayectos formativos de las carreras de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (FI-UNLZ).

**Palabras clave:** SOFTWARE DE CÓDIGO ABIERTO, EDUCACIÓN, INGENIERÍA, VIGILANCIA TECNOLÓGICA.

## Introducción

La inclusión de las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje es actualmente uno de los requerimientos principales para garantizar la calidad educativa en las Universidades (Morales Capilla, M. 2015). Estas permiten, entre otras tantas aplicaciones, optimizar los procesos de búsqueda y depuración de la información para identificar oportunidades orientadas a elevar la calidad de los distintos trayectos formativos de dichas unidades académicas.

En este sentido, la creciente utilización de las TIC en las organizaciones a nivel mundial dieron lugar a nuevas disciplinas tales como la Vigilancia y la Inteligencia

(Escorsa, P. Maspons, R., 2001). Según la norma UNE 166006:2011 (2011), la Vigilancia Tecnológica es una herramienta clave para los sistemas de I+D+i y se define como “*el proceso organizado, selectivo y sistemático, para captar información del exterior y de la propia organización sobre ciencia y tecnología, seleccionarla, analizarla, difundirla y comunicarla, para convertirla en conocimiento con el fin de tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios*”. Esta disciplina plantea el desafío de estar a la vanguardia de las innovaciones por medio del constante monitoreo del avance de la Ciencia y la Tecnología a nivel mundial. De esta manera, la Vigilancia Tecnológica es una herramienta que contribuye a la comprensión de la evolución de la tecnología y permite a las organizaciones explotar las nuevas oportunidades, ayudando a la identificación de los escenarios más probables y a las tendencias e impactos de dichas tecnologías emergentes (Guagliano, M. 2014).

“*El software es cada vez más el gran intermediario entre la información y la inteligencia humana*”. (Hernández, J. M. 2005). Como indica Hernández, se comenzó a hacer una especial distinción entre los softwares de código abierto (Software Open Source) y los softwares propietarios, debido a la confusión provocada por el concepto “software libre” ya que, por sus siglas en inglés (“free software”) puede significar tanto gratuito como libre. Los softwares de código abierto presentan ventajas significativas cuando se trabaja en entornos colaborativos como son las Universidades, ya que se generan a partir de la cooperación y los aportes de los propios usuarios. Según Hernández (2005), “el software libre no tiene prácticamente coste de licencia”. Es decir que es significativamente más económico adquirir un software de código abierto que uno privado. Este ahorro resulta atractivo para las organizaciones en general y las Universidades en particular, ya que de esta manera pueden optimizar el uso de su presupuesto y destinar esa porción del mismo a otros fines, tales como infraestructura IT u otros recursos que contribuyan al aprendizaje mediante estos softwares.

Para Stallman (2005) “un *software libre es un asunto de libertad, no de precio*”; y los mismos deben garantizar una serie de libertades:

0. *“La Libertad Cero es la libertad de ejecutar el programa con cualquier propósito, de la forma que quieras.*
1. *La Libertad Uno es la libertad de ayudarte a ti mismo cambiando el programa para que se ajuste a tus necesidades.*
2. *La Libertad Dos es la libertad de ayudar al prójimo distribuyendo copias del programa.*
3. *Y la Libertad Tres es la libertad de ayudar a construir tu comunidad publicando una versión mejorada de modo que los otros puedan beneficiarse de tu trabajo”.*

De esta manera, el software libre les otorga la libertad a los usuarios para ejecutarlo, copiarlo y distribuirlo; con o sin modificaciones.

Además, en el caso de las Universidades, existe una responsabilidad aún mayor cuando implementa softwares -en este caso de código abierto- ya que debe garantizar un uso responsable y para fines educativos (García A. y Cuello R., 2007). García y Cuello también proponen 3 condiciones que las Universidades deben exigirle a todos los softwares a incorporar:

- “Debe operar en la lengua propia del lugar en que se va a utilizar (localización).
- Debe poder garantizar el acceso a la información en todo momento, en el presente y en el futuro (perennidad).
- No ha de permitir que personas no autorizadas tengan acceso a los datos confidenciales de los particulares o a información reservada (seguridad)”.

El presente trabajo es de carácter exploratorio y propone relevar las distintas tecnologías de código abierto disponibles y aplicables en el ámbito académico.

## Metodología aplicada

El presente trabajo se inscribe en un diseño metodológico de características experimentales ya que se exploran los softwares de código abierto disponibles y sus potencialidades en los procesos de enseñanza y aprendizaje, principalmente en las carreras de ingeniería.

La metodología utilizada se basa en el ciclo de la Vigilancia e Inteligencia propuesto por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MinCyT, 2015), del cual se realizaron las dos primeras etapas (Planificación & Búsqueda y recolección) y se realizó una primera aproximación de la tercera (Análisis y validación). En la Figura 1 se observa el ciclo de Vigilancia e Inteligencia.



Figura 1: Ciclo de la Vigilancia y la Inteligencia. Fuente: MinCyT.

En la instancia de planificación se identifican los participantes en el proceso, el cual se lleva a cabo en el marco de la Unidad de Vigilancia e Inteligencia Estratégica (VINES) de la FI UNLZ. Además, se definen como necesidades de información aquellos softwares de código abierto que sean aplicables en las distintas ramas de la enseñanza de la Ingeniería.

En la siguiente etapa, correspondiente a la búsqueda y recolección de información, se procede a identificar las palabras clave pertinentes con la temática para luego confeccionar las sentencias de búsqueda por medio de operadores booleanos, que se utilizarán en distintos metabuscadores y bases de datos.

Las principales palabras clave definidas para las búsquedas de software open source aplicables en la enseñanza de la ingeniería son:

- Educational technology
- Learning
- Open source
- Software engineering
- Software tools
- Computer science education
- Systems engineering education
- Open Educational Resources (OER)
- Flipped classroom

Siguiendo, algunas de las palabras clave definidas para las búsquedas específicas son:

- Logistics
- Supply Chain
- Planning
- Production Control
- Operative Research
- Decision support system
- Project management
- Optimization
- Mathematics
- Statistics
- Numerical Methods
- Chemistry
- Laboratory

A continuación, se procede a confeccionar las ecuaciones de búsqueda que permiten realizar la vigilancia tecnológica en tema foco de la presente investigación. En la Figura 2 se muestran algunas de las ecuaciones de búsqueda empleadas:

- (software or tools or "educational technology") and ("open source") and (engineering or "engineering education" or "engineering learning")
- ((software or tools or "educational technology") and ("open source")) and (((logistics or "supply chain" or "planning and "production control")))
- (software or tools or "educational technology") and ("open source") and (mathematics or statistics or "numerical methods")

Figura 2: Ecuaciones de búsqueda. Fuente: Elaboración propia.

Luego, estas ecuaciones de búsqueda se aplicaron en los distintos buscadores, metabuscadores, plataformas de vigilancia y bases de datos especializadas de acceso libre seleccionadas. En las figuras 3, 4 y 5 se muestran algunas capturas de la aplicación de dichas sentencias de búsqueda en los metabuscadores seleccionados.



Figura 3: Aplicación de la ecuación de búsqueda en Carrot (Folders). Fuente: Elaboración propia.



Figura 4: Aplicación de la ecuación de búsqueda en Carrot (FoamTree). Fuente: Elaboración propia.



Figura 5: Aplicación de la ecuación de búsqueda en BizNar (Topics). Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se listan los distintos softwares encontrados y se agrupan por categorías según su aplicabilidad.

## Resultados preliminares

Finalizada la búsqueda y recolección de softwares de código abierto aplicables en la enseñanza de la Ingeniería, se muestran entre las Figuras 6 y 14 inclusive, los distintos softwares relevados, agrupados según su aplicabilidad.

Rama del conocimiento	Aplicabilidad	Software
Procesos generales de enseñanza y aprendizaje	FORMACIÓN SINCRÓNICA Y ASINCRÓNICA: Plataformas y entornos virtuales de aprendizaje, videostreaming o MOOC	Moodle Edmodo edX OpenMOOC LearnDash
	DISEÑO DIDÁCTICO (herramientas para Diseño de Tutoriales)	Wink Articulate Geogebra Tracker
	Mapas conceptuales	CmapTool
	Gestores bibliográficos	Mendeley Jabref Rebase
	Creación de portafolios digitales - e-portfolios	Evernote Onenote Googlekeep Simplenote Rednotebook
	Creación de pizarras	Open Sankoré
	Sesiones lectivas interactivas	Socrative
	Bibliotecas Digitales	Evergreen Koha NGL (New Gen Lib) Open Biblio PMB

Figura 6: Software open source aplicables en los procesos generales de enseñanza y aprendizaje.  
Fuente: Elaboración propia

Rama del conocimiento	Aplicabilidad	Software
Ciencias de la matemática y la estadística	Métodos numéricos	Octave Scilab/Xcos Máxima
	Estadística	R R Commander
	Enseñanza de la Matemática	Axiom GAP  Cadabra CoCoA Xcas PARI/GP  Octave Scilab Scipy Gnuplot Graph ZeGrapher  AMoreAccurateFo

Figura 7: Software open source aplicables en ciencias de la matemática y la estadística.

Fuente: Elaboración propia

Rama del conocimiento	Aplicabilidad	Software
Ciencias de la química	Química básica	OpenBabel JOELib Chimestry Development Kit  VE-SUITE
	Química aplicada	CyDime CyGutz C2-NEB GAMESS  ParFit  ThermoPhonon

Figura 8: Software open source aplicables en química. Fuente: Elaboración propia.

Rama del conocimiento	Aplicabilidad	Software
Investigación de operaciones	Gestión de proyectos	GanttProject Openproj Projectlibre Meistertask Xplanner
	Investigación Operativa	GeoGebra PH Simplex Lingo  Tora Lindo Storm WIN QSB INVOP GAMBIT  WINSTATS M-MACBETH  AHP Online
	Planificación y Control de la Producción	Odoo  xTuple  Compiere  Dolibarr
	Logística y Cadena de Suministros	Open Boxes OpenBravo ERP5 Oratio SugarCRM Apache OFBiz Metasfresh ADempiere

Figura 9: Software open source aplicables a la investigación de operaciones. Fuente: Elaboración propia.



Rama del conocimiento	Aplicabilidad	Software
Sistemas de apoyo a las decisiones y Big Data	Minería de datos	ELKI SCaViS KNIME RapidMiner Weka JasperSoft
	Sistemas de apoyo a las decisiones	GeNIe WebHipre

Figura 10: Software open source aplicables a la toma de decisiones. Fuente: Elaboración propia.

Rama del conocimiento	Aplicabilidad	Software
Diagramas y representaciones gráficas	Diagramas	Gimp GNUplot
	Representaciones gráficas	LibreCAD FreeCAD Inkscape

Figura 11: Software open source aplicables para realizar diagramas y representaciones gráficas. Fuente. Elaboración propia.

Rama del conocimiento	Aplicabilidad	Software
Administración, Finanzas y Gestión de las Organizaciones	ERP	Adempiere Compiere Dolibarr
		Ino erp Jfire metasfresh Openbravo Tryton Postbooks
	Administración	Bonita Open Solution GnuCash
		KMyMoney LedgerSMB Mifos SQL Ledger TurboCASH
	Recursos humanos	OrangeHRM
	CRM	SugarCRM CiviCRM
Gestión de la Innovación y la Tecnología	Biznar Feed reader Science Research	

Figura 12: Software open source aplicables a la administración y gestión de las organizaciones. Fuente: Elaboración propia.

Rama del conocimiento	Aplicabilidad	Software
Nanotecnología y dinamismo molecular	Espectadores Moleculares y Nanotecnología	Avogadro BALLView Jmol Molekel MeshLab PyMOL  QuteMol  RasMol Nintih
	Dinamismo Molecular	Abalone  Ascalaph Designer GROMACS LAMMPS  MDynaMix NAMD  NWChem

Figura 13: Software open source aplicables a en nanotecnología y dinamismo molecular.

Rama del conocimiento	Aplicabilidad	Software
Otros	Captura y edición de señales acústicas	Wavesurfer Praat  Audacity
	Motores gráficos	Allegro Ogre  VTK
	Simulación de fluidos	Open Foam  FeatFlow
	Test de lenguajes	OpenTeacher
	Otros	OpenSim Pex4fun  Repositorio (NASA)  UVA online judge

Figura 14: Software open source aplicables a otras ramas de la Ingeniería. Fuente: Elaboración propia.

## Discusiones y conclusiones

El objetivo rector de la investigación consistía en relevar las distintas tecnologías de código abierto disponibles y aplicables en el ámbito académico mediante la metodología de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica; por lo tanto, habiendo identificado más de dos mil softwares de código abierto de diversas temáticas y clasificándolos según su potencialidad para ser aplicados en la enseñanza de la Ingeniería, se concluye que los objetivos han sido alcanzados satisfactoriamente.

Así mismo, el favorable resultado ha permitido sensibilizarse con la filosofía de código abierto. Para el contexto actual en el que vivimos, donde las TIC juegan un rol fundamental, es de suma importancia trabajar en la inclusión y producción de este tipo de tecnologías en las Carreras de Ingeniería, ya que no solo permiten potenciar la formación de los futuros ingenieros y mejorar los niveles educativos; sino también, permiten fomentar el trabajo colaborativo para la construcción de conocimiento, incentivar la utilización efectiva y activa de herramientas de aplicación de la ingeniería y contribuir a la generación de innovación tecnológicas mediante.

Como principales líneas futuras de trabajo se propone:

-Continuar con los resultados de esta investigación hacia las consecutivas etapas de la metodología de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica: “análisis y validación con expertos”, “difusión” y “toma de decisión”.

-Por otro lado, también se prevé continuar trabajando con la misma metodología pero orientada a relevar nuevos softwares que tengan aplicabilidad en otras materias o trayectos formativos de las Carreras de Ingeniería.

-Cabe destacar que a los resultados de este análisis exploratorio se suman las redes sociales que pueden ser utilizadas para contribuir a aspectos esenciales del proceso de enseñanza y aprendizaje, como la comunicación entre pares, el acceso compartido a archivos, entre otros. Algunos ejemplos de esta categoría pueden ser Hangouts, Facebook, Dropbox, Google Drive, etc. Una línea de investigación y desarrollo paralela podría ser la implementación de estas herramientas como complemento a los softwares relevados en esta investigación.

-Así mismo, se propone divulgar los beneficios de los software de código abierto en Universidades y promover la inclusión de estas herramientas en las distintas materias de las Carreras de Ingeniería.

Como líneas futuras secundarias de trabajo, se propone:

-Fomentar en los alumnos e investigadores de las Carreras de Ingeniería el desarrollo de algoritmos o paquetes que contribuyan a los Software de Código Abierto ya existentes, como contribución a la comunidad educativa. Actualmente, con la existencia de entornos integrados de desarrollo de software libre, simplemente se debe realizar un análisis y estudio que lleve a definir la metodología, sus respectivos procesos de validación pedagógica, el diseño instruccional y las teorías del aprendizaje que sustentan la calidad de estos sistemas.

-Finalmente, se propone ampliar la investigación hacia otras áreas del conocimiento, como la psicología o la medicina, ya que al desarrollar este proyecto se han

recolectado simuladores o entornos virtuales para diversas áreas. De esta manera, mediante una red de expertos para validar la aplicabilidad de los software y sistemas de repositorios para la difusión de los mismos, se espera colocarlos al alcance de toda la comunidad.

### Referencias bibliográficas

- Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR (2011). Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva. Norma UNE 166006. Madrid, España.
- Escorsa, P. and Maspons R. (2001). De la Vigilancia Tecnológica a la Inteligencia Competitiva. España, FT-Prentice Hall, Pearson.
- García, A. M. D., & Cuello, R. O. (2007). La promoción del uso del software libre por parte de las universidades. Revista de Educación a Distancia, (17).
- Guagliano M (2014). "Desarrollo Metodológico para la Generación de Productos de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica del Sector Autopartista". Trabajo final de Tesis de Especialización en Gestión de la Innovación, UNLZ Argentina.
- Hernández, J. M. (2005). Software libre: técnicamente viable, económicamente sostenible y socialmente justo. Infonomía.
- Mincyt. (2015). "Guía Nacional de Vigilancia e Inteligencia Estratégica, VeIE: buenas prácticas para generar sistemas territoriales de gestión de VeIE". Buenos Aires.
- Morales Capilla, M., Trujillo Torres, J. M., & Raso Sánchez, F. (2015). Percepciones acerca de la integración de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la universidad. Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, 46, 103-117.
- Stallman, R. (2004). Software libre para una sociedad libre. Madrid: Traficantes de Sueños, 2004.