

Resiliencia en Carreras Universitarias

Estudio sobre su medición e impacto en las carreras innovadoras y de tecnología de la Universidad Nacional de Cuyo

Ricardo R. Palma (Instituto. Ing. Industrial /UNCuyo)

Hugo F. Tapia (Doctorando en. Ing. Industrial /UNCuyo)

Gustavo A. Maserá (Instituto IMESC)

Resumen

Uno de los aspectos interesantes de los fenómenos innovación es el hecho que éste ocurren aún cuando los alumnos de grado, maestrando y doctorando no hayan recibido formación específica referida al tema. De hecho la mayor parte de las currículas de los programas de educación superior de todo el mundo “corren” detrás de la presión que la innovación impone a la actualización de estos planes. Según (Calida, Gheorghe, Unal, Vamanu, & Radu, 2014) esto constituye una amenaza por la creciente velocidad con que los cambios impactan en la vida útil de un plan de estudios y una oportunidad para hallar los contenidos que pasan a ser indispensables y se sostienen a lo largo del tiempo como pilares de la estructuras de conocimiento para la formación y la investigación en la educación superior.

Basados en un trabajo de los autores señalados arriba, que permite medir la vulnerabilidad y capacidad de adaptarse a los cambios de contexto impuestos por la innovación(resiliencia) ; este trabajo ensaya estas mediciones sobre algunas ofertas académicas de la Universidad Nacional de Cuyo. El objetivo del presente trabajo es comunicar la adaptación informática que se ha hecho de la metodología e invitar a colegas investigadores para realizar un trabajo de investigación de extensión continental que permita al Grupo Montevideo de Universidades contar con elementos de juicio para tomas decisiones sobre actualización de la currícula y determinar que tan resilientes son nuestros planes de estudio.

Palabras clave: Innovación, Investigación, Resiliencia.

1 Introducción

Tal como se señala en el resumen, la velocidad de los cambios tecnológicos suele imponer a las instituciones de educación superior a impactos que podrían interpretarse como un verdadero trauma. Recurriendo entonces a la acepción de resiliencia tal como es interpretada por la psicología (se cita textualmente a la definición de la Asociación Psicológica Americana) “*capacidad que tiene una persona para superar circunstancias traumáticas como la muerte de un ser querido, un accidente, etc*”, se pretende utilizar este concepto para indagar que tan profundo puede ser ese impacto y que tan sólida puede ser la estructura de una oferta educativa para resistir a estos impactos no la mínima modificación o impronta en sus ofertas educativas. Este concepto de resiliencia que la psicología toma prestado (con valor metafórico) de la definición que en el campo de los metales utiliza la ciencia de los materiales es especialmente útil. Se há preferido, sinembargo, usar la mirada psicológica toda vez que estos traumas ocurren como en la vida de las personas por acumulación sucesiva sfs . Esto es particularmente significativo cuando se trabaja en un área o disciplina como la ingeniería de gestión (EM por sus siglas en inglés). Conocimiento interdisciplinario en gestión, gestión, ingeniería de sistemas, Gestión de la Innovación y vinculación, Ciencias de la inversión, avanzada o Modelado y Simulación Prospectiva, son entre

otras cosas, de alta relevancia y aplicabilidad práctica para este enfoque (Ben Naylor, Naim, & Berry, 1999). En el contexto del presente trabajo, la resiliencia es una característica de sistema destacando la capacidad de un sistema dado de sistemas (p. ej. un currículo graduado) para incluir, adaptar, modernizar para incorporar nuevos conocimientos, habilidades y destrezas, para cumplir con los rápidos desarrollos en ciencia, tecnología y desafíos práctico.

Este ejercicio permitiría a un Secretario Académico de la Universidad diseñar o evaluar la resiliencia de un programa de postgrado o grado en tiempos de cambios sociales y tecnológicos dinámicos.

Según (Kotnour & Farr, 2005), los cinco roles principales del conocimientos en EM pueden dividirse en investigación, educación, capacitación, asistencia técnica y servicio. Obviamente, áreas de investigación están creciendo en importancia frente a la práctica de la EM, que va de la mano con el componente de educacional. Los dos primeros tienen implicaciones particularmente fuertes en la difusión, capacitación y educación. La llamaremos componente o dimensión disciplinar (R. R. Palma, 2005).

2 Métricas de resiliencia derivadas de la complejidad en entornos de decisión multi-atributo

Utilizando el rigor de los constructos derivados de complejidad, del principio de máxima entropía más la teoría de grafos, (Calida et al., 2014) introdujo el concepto de *vulnerabilidad inducida por la complejidad*, como una medida sustituto de la resiliencia. Esta idea es muy utilizada en el análisis de riesgo de infraestructura crítica (Nai Fovino, Masera, & De Cian, 2009) y encuentra sus bases en la técnica de árbol de fallas propuesta por la NASA (Gheorghe & Masera, 2014)

En el contexto de este trabajo, se define resiliencia como la capacidad del sistema estructural para sobrevivir a disturbios externos, dentro de una dinámica no lineal e incluso inicuoso entorno operacional/comportamental. Esta es una de varias herramientas desarrolladas como parte de las herramientas de aplicación cuantitativa para evaluación de vulnerabilidad (QVA) originalmente desarrollada para la gestión y protección de infraestructuras críticas.

Para comenzar a aplicar el enfoque sugerido, el sistema del problema debe describirse utilizando notaciones de teoría de grafos y sometidas a un algoritmo “breadth-first” (You, Li, & Xia, 2013).

Un extracto de la documentación del software de aplicación que se desarrollo por (Baker, 1993) describe el enfoque metodológico como siguiente:

" Una búsqueda en breadth-first consiste en identificar todos los nodos en un grafo que puede ser alcanzada a través de la continuidad, que, trnasitando los arcos, a partir de uno inicial, nodo a nodo , conecte 'la fuente' de la búsqueda con el destino... La importancia de “breadth-first” del conjuntos de nudos para la edición QVA es tan intuitiva como su relación con la complejidad del sistema:

Por ejemplo un sistema de correlatividades de asignaturas para una de las carreras estudiadas es simple. Utiliza una regla única del tipo.

a) “no puedes cursar ninguna asignatura de tercer año hasta haber aprobado todas las de primero”.

En tanto el segundo programa tiene reglas de correlatividades del tipo

- a) Correlatividad débil (tienes que tener cursada una asignatura A para poder cursar otra B)
- b) Correlatividad fuerte (tienes que tener rendida ciertas asignaturas para poder rendir B)
- c) Las correlatividades las impone el profesor de la cátedra.

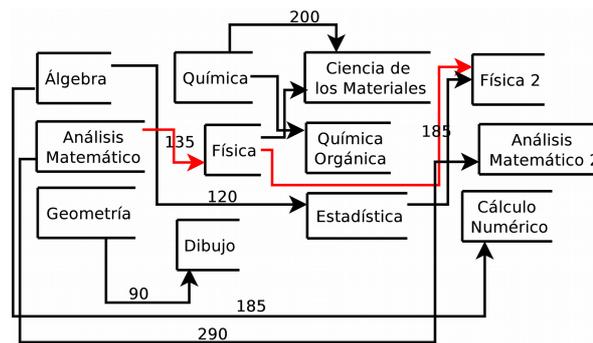


Fig. 1 Ejemplo de correlatividades de la carrera Ingeniería Industrial UNCuyo
La Permeabilidad del tramo de Ciencias Básicas es de $135 + 185 = 320$

La explosión combinatoria de probabilidades que genera estas segunda simple regla transforman a este en un problema “Np Hard”. Matemáticamente es un milagro que algún alumno pueda llevar en cinco años del nodo inicial (álgebra) al final (proyecto y defensa de tesis).

Para hacer la evaluación de QVA tan general como sea posible, se propone definir dos cantidades que miden o tipifican a un sistema como resultado de investigaciones realizada por el algoritmo:

a) La permeabilidad promedio del sistema, obtenida por los números promedio de la contabilización de nodos atravesados para llegar del que al azar se tome como inicial hasta llegar al más lejano (o de mayor valor absoluto de saltos). En este proceso se ponderan los saltos con el valor de dificultad (medido en unidades de tiempo) que se señala en los arcos. La idea de tomar como nodo inicial cualquier nodo de la red es impulsada por la creciente necesidad que las instituciones de educación superior tienen respecto a la internacionalización de sus programas. Es necesario que aún cuando no sean mayoría los estudiantes extranjeros que migran a una institución o los de intercambio tengan cifras aproximadas sobre el tiempo que les demanda asistir a clase, estudiar, investigar sobre problemas abiertos, realizar prácticas y ser evaluados. El valor del arco representa esta dificultad.

(b) La máxima permeabilidad sistema, obtenido por clasificación de la penetración descendente del valor anterior en que se han tomado todos los nodos del proceso anterior como inicial y se han sumado sus permeabilidad promedio.

3 Análisis de resonancia central

Este tipo de análisis (CRA en adelante) es más propio del mundo de la lingüística que del tema de resiliencia. Sin embargo es posible entender como los profesores que diseñan o cambian un plan de estudios reflejan en sus expresiones la vinculación de términos claves y a que distancia de estos aparecen palabras que las otras instituciones educativas usan (o han comenzado a usar). A modo de ejemplo citando un trabajo del IAMOT (International Association of Management of Technology) (R. Palma & Masera, 2014), esta técnica muestra como los programas más exitosos (o con graduados más exitosos) de las carreras de Ingeniería Mecánica suelen tener un puente con la palabra Mecatrónica, Eficiencia y Sustentabilidad enlazadas en un discurso cuya distancia no es superior a las 5 palabras.

La técnica de hecho lo que hace es proporcionarnos una nueva estructura de red, semejante a la que se presentó en el punto 2. Este parecía el método más adecuado para el análisis del texto ya que se utiliza para identificar las palabras más importantes y así identificar palabras de enlace en una red; que también es útil en la organización de estas estructuras de palabras ordenadas de una manera holística que muestran las influencias de estas palabras con otras debido a su ubicación dentro de la estructura (o alegato que justifica la creación o modificación de una asignatura). En general, CRA implica tres pasos a saber: selección, vinculación e indexación. En primer lugar, la

etapa de selección clasifica textos reconociendo patrones conectivos entre palabras que son cruciales para el proceso de centrado.

La recopilación de las palabras y sus conexiones a través de los enunciados en un texto obtiene una red CRA que representa el texto en forma de grafo. En un segundo link o paso, convierte las secuencias de la palabra en las redes de relaciones entre palabras. El autor de un texto a ser analizado con CRA inconscientemente agrupa las palabras en cuerdas y sintagmas, estas frases (con verbos, pronombres, determinantes, etc.) forman un enunciado. Luego todo el texto de alegatos que justifican la creación o modificación estará compuesto por una colección de enunciados.

Por último, el tercer proceso de indización analiza la red de asociaciones de las palabras para determinar la influencia relativa de cada palabra (o nodo) sobre las otras. Las frases de Sustantivo serán la base para calcular una medida total resonancia e influencia interna. (Corman, Kuhn, McPhee, & Dooley, 2002)

La influencia I de una palabra sobre un texto T puede ser medida de la siguiente forma.

$$T_i^T = \frac{\sum_{(j < k)} g_{(jk)} \frac{(i)}{g_{(jk)}}}{(N-1)(n-2)/2} \quad (1)$$

donde $g_{(jk)}$ se refiere a la cantidad de caminos más cortos conectando las palabras (joaésima) j^a y k^o (kaésima), $g_{(jk)}(i)$ es la cantidad de las rutas que contienen la palabra i y N es el número de palabras en la red.

Sean las palabras individuales que pertenecen al texto A representadas por ($wA1$; $wA2$; ... , wAN) con influencia dadas por las puntuaciones I ($I1A$; $IA2$; . . . , IAN) es la cantidad de palabras únicas encontradas en texto A .

De la misma manera, supongamos que tenemos una forma de H_s datos secundarios de otro texto que tiene una representación similar ($wB1$; $wB2$; ... $wA3$; wBn) donde (w_1 , w_2 ... w_n) donde otra vez los puntajes de influencia son dados por ($I1$; $I2$; . . . IN) donde $N(A) \neq N(B)$, en general.

Asignemos a la variable indicadora alfa un valor igual a 1 si W_i^A es igual W_i^B

$$\alpha_{ij}^{AB} = \left[\begin{array}{l} 1 = \forall (W_i^A = W_i^B) \\ 0 = else \end{array} \right] \quad (2)$$

Luego la resonancia central entre A y B puese ser calculada así

$$WR_{AB} = \sum_{i=1}^{N(a)} \sum_{j=1}^{N(b)} I_i^A * I_j^B * \alpha_{ij}^{AB} \quad (3)$$

El espacio de búsqueda predilecto para los autores, y en especial en este trabajo, ha sido el de los párrafos en donde se justifica la creación de la carrera o la modificación de una ya existente. Como primer producto obtenido del análisis de han obtenido una serie de palabras o conceptos base que deberían integrar la base de la oferta de cualquier oferta de formación en tecnología. Se bien el trabajo de búsqueda se ha realizado en base a programas de carrera que han acreditado en CONEAU (Comisión Nacional de Evaluación Universitaria de la Argentina) y se ha limitado sólo a las que han acreditado o reacreditado por 6 años, y dentro de este grupo a las que han sido señaladas por 20 empresas que han tomado egresados de esas carreras y que hayan obtenido fondos de la agencia nacional de promoción científica y tecnológica.

Tabla 1 Raíces Históricas

| Concepto raíz | Autor del Concepto | Década o año |
|---|--------------------|--------------|
| Análisis de Redes | L. Euler | 1776 |
| Teoría del análisis de equilibrio económico | A. Marshall | 1890 |
| Management Científico | F. Taylor | 1890 |
| Teoría de Juego | J. Von Neumann | 1928 |
| Impacto de la innovación en la economía | J. Schumpeter | 1930 |
| Teoría General de Systems | L. Bertalanffy | 1930 |
| Psicología Social | K. Lewin | 1930 |
| Teoría de la Organización | H. Simon | 1940 |
| Teoría de la comunicación | C. Shannon | 1940 |
| Investigación Operativa | P. Morse | 1940 |
| Cibernética y Teoría de Control | N. Weiner | 1950 |
| Ingeniería de Systems | S. Ramo | 1950 |
| Ciencia del Diseño Ingenieril | V. Hubka | 1960 |
| Leyes de la Evaluación Tecnológica | R. Richta | 1960 |
| Complejidad y Systems Complejos | H. Simon | 1962 |
| Sociobiología | E.O. Wilson | 1975 |

Se espera poder extender este estudio a otras ofertas educativas, y también aumentar el diccionario de términos a palabras o frases de otro idioma (con especial énfasis en Portugués y Francés). A efectos de conjugar frases o palabras que en español se refieran a un mismo concepto se ha preferido crear el concepto de término raíz y señalar el que a juicio de los autores parece ser el que forjó el concepto. Por ejemplo, “lote económico de

Tabla 2 Metodologías

| Metodología (terminal) | Autor |
|-----------------------------------|--|
| Real options analysis | R. de Neufville |
| Stakeholder analysis | R. Freeman |
| Strategy development | H. Mintzberg, M. Porter |
| Grounded theory | B. Glaser, A. Strauss |
| Decision making under uncertainty | R. Keeney, H. Raiffa, T Saati |
| System architecting | E. Rechtin, M. Maier |
| Social networks | S. Wasserman, K. Faust |
| Modern network analysis | A. Barabasi, D. Watts, M. Newman |
| Dynamic programming | J. Forrester , D. P. Bertsekas |
| Stochastic optimization | J. Schneider, S. Kirkpatrick, J.C. Spall |
| OR network analysis | R. Ahuja, T. Magnanti and J. Orlin |
| Technological dynamics | J. Utterback, C. Magee, J. Trancik |

producción” y “nivel de inventario óptimo” o “modelos de inventario” son todos términos que apuntan al concepto expresado por Wilson en una ecuación que vincula la demanda anual, costo de almacenamiento y costo de gestión.

Estos conceptos deberían servir como base para poder desarrollar en la parte final del curso de grado o principio de Maestrías y Doctorados las siguientes metodologías (también se señalan los autores o forjadores de las mismas) . En este caso en análisis de resonancia central ha señalado que lo que llamamos metodologías se encuentra como tramos finales o terminales de la formación. Siempre se ha tomado como referencia para el análisis los resultados de la ecuación 3.

Tomando como base estructural esta cadena de “Conceptos Raíz” (Tabla 1) y Metodologías (Tabla 2) es posible entonces identificar en la red de Nodos para aplicar el análisis QVA.

No es necesario que toda la oferta educativa de grado contenga todos las metodologías terminales, así como tampoco es necesario que una carrera de grado responda con todas los conceptos raíces. Pero conforme se avanza en la formación es necesario que la maestría si incluya más y el doctorado debería incluir todos. (Gheorghe & Masera, 2014).

4 - Resultados

Con estas estructura propuesta se ha construido un grafo en el que se ha procurado replicar el contenido de las carreras de grado y posgrado en los que hay oferta vinculada con la gestión de la tecnología y con ello ha sido posible calcular la permeabilidad de la red de nodos tal como se había anunciado en el punto 1 y 2.

Se ha construido un aplicativo en lenguaje R-Cran que utiliza los paquetes languageR (Baayen, 2007) y otro paquete llamado igraph (Scharl, Schäfer, Kamolov, & Zhu, s. f. 2015)

Con los datos aportados se ha construido una carta que en abscisas muestra el costo en tiempo (años) que el programa tarda en entregar graduados con la formación tecnológica deseada Este dato se obtiene de la permeabilidad promedio de toda la red . En tanto que en ordenadas se toma como base la permeabilidad de la red de nodos más compleja . La pendiente de la recta es función de la comparación de la tasa de crecimiento (a lo largo de todas las combinaciones posibles de nodos) tal como se expresa en la permeabilidad promedio.

La interfase para presentar la información tiene el siguiente formato.

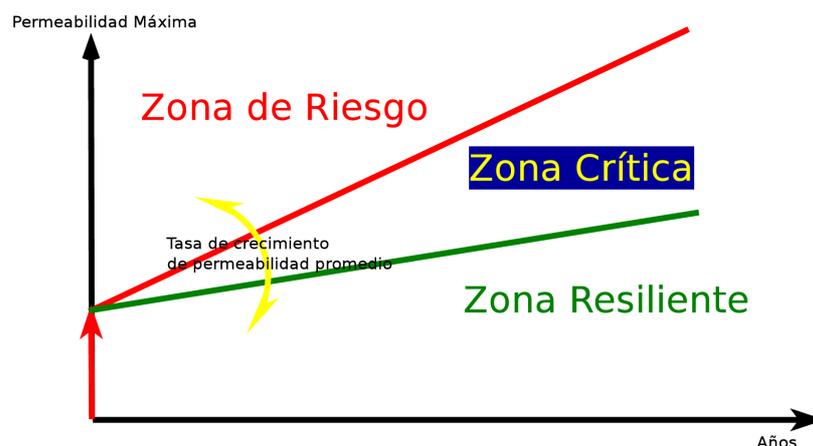


Fig. 2 – Gráfica de Salida en R-CRAN del aplicativo desarrollado

En el gráfico de salida se han tomado las zonas de Resiliencia basadas en la experiencia de la Universidad Técnica de Delft (Holanda) que es considerada dentro de la Unión Europea como una parámetro de referencia y modelo de Universidad Innovadora (Istance, Kobayashi, & others, 2003) , (Weijnen & Bouwmans, 2006).

Se puede ver como a medida que la complejidad inicial del sistema es mayor se corre el riesgo de caer en la zona de riesgo y luego la tasa de crecimiento porcentual de lo que definimos como crecimiento combinatorio de la permeabilidad marca la tendencia de mantenerse como resiliente, crítico o con zona de riesgo.

En la figura 3 se exponen los resultados obtenidos.

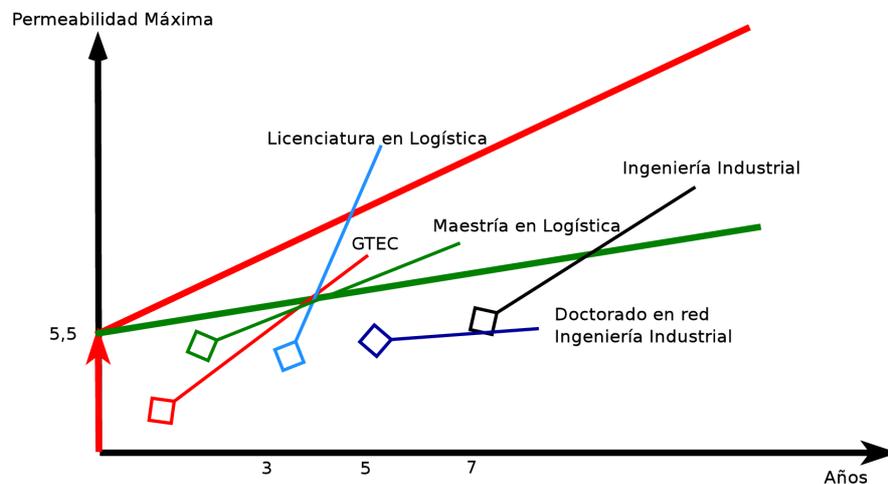


Fig. 3 Comparación de ofertas educativas de grado y posgrado de FING- UNCuyo

5 - Aportes y discusión.

El principal aporte de este trabajo es la herramienta para medir la resiliencia de los planes de estudio. Esta misma aporta pistas interesantes sobre las raíces y las metodologías.

Si bien desde el punto de vista de los programas de competencias genéricas y específicas podría criticarse al método, es claro que esta solución propuesta por los pedagogos no es la más indicada para las carreras de Medicina ni para Ingenierías. De hecho la mayor parte de las universidades de punta están abandonando este esquema. La mayor crítica que (sobre todo en la Unión Europea) se hace hacia las competencias se enfoca en el hecho de que han sido una respuesta de la pedagogía para responder los interrogantes de todos los campos disciplinares y cuando algo pretende ser mucho para todos termina siendo poco para algunos. Como respuesta a esto el enfoque de pedagogos que están trabajando específicamente en los campos disciplinares de Medicina e Ingeniería trabajan sobre las destrezas y habilidades, dentro de las cuales la innovación y la gestión de las tecnologías tienen ponderación superlativa.

En los resultados se puede ver como los programas de grado, tales como el de Ingeniería Industrial de la UNCuyo caen en la zona de riesgo tiene en pare su dificultad por el tiempo que tarda en promedio en egresar la parte central de la campana de Gauss de las cohortes. Si bien la carrera es de 5 años, los alumnos toman un año más para rendir lo que cursaron en 5to año. El régimen de correlatividades y la demora en formular el proyecto final de estudios son otros de los inconvenientes que sitúan el valor de abscisas en 7 años.

La mejor performance se observa en el programa de Doctorado en Ingeniería Industrial que es de tipo personalizado (no tiene cursos propuestos) y es el director de tesis quien señala a su tesista los cursos a tomar.

También el doctorando puede (una vez presentado el proyecto de tesis) validar cursos de maestría que haya tomado frente a doctores y que estén relacionados con la temática de la tesis como créditos. Finalmente la fuerte influencia de las carreras de la red (U.N.Misiones, U.N.Jujuy, U.N.Salta, U.N.Tucumán, U.N.La Rioja y U.N.Cuyo) presionan rápida, efectiva y tenazmente por lograr transferencia a los conglomerados industriales de sus economías regionales, lo que le aporta al doctorando una visión muy amplia de una parte importante de la industrialización de Argentina.

6 – Bibliografía

- Baayen, R. H. (2007). The languageR package. *Available on-line at URL: <http://cran.r-project.org/doc/packages/languageR.pdf>*. Recuperado a partir de <http://ftp.uni-bayreuth.de/math/statlib/R/CRAN/doc/packages/languageR.pdf>
- Baker, M. (1993). Sharpening the focus of viewpoints between higher education and employers of the expertise required for contemporary and future technical managers. *Engineering Management, IEEE Transactions on*, 40(3), 211–223.
- Ben Naylor, J., Naim, M. M., & Berry, D. (1999). Leagility: Integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain. *International Journal of Production Economics*, 62(1-2), 107-118. [http://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00223-0](http://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00223-0)
- Calida, B. Y., Gheorghe, A. V., Unal, R., Vamanu, D. V., & Radu, C. V. (2014). Complexity Induced Vulnerability Assessment: How Resilient are Our Academic Programs? En *Infranomics* (pp. 377–393). Springer. Recuperado a partir de http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-02493-6_23
- Corman, S. R., Kuhn, T., McPhee, R. D., & Dooley, K. J. (2002). Studying Complex Discursive Systems. *Human communication research*, 28(2), 157–206.
- Gheorghe, A. V., & Masera, M. (2014). Infranomics: A Discipline-of-Disciplines for the XXIst Century. En *Infranomics* (pp. 1–7). Springer. Recuperado a partir de http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-02493-6_1
- Istance, D., Kobayashi, M., & others. (2003). *Networks of Innovation: Towards New Models for Managing Schools and Systems. Schooling for Tomorrow*. ERIC. Recuperado a partir de <http://eric.ed.gov/?id=ED480147>
- Kotnour, T., & Farr, J. V. (2005). Engineering management: past, present, and future. *Engineering Management Journal*, 17(1), 15–26.

- Nai Fovino, I., Masera, M., & De Cian, A. (2009). Integrating cyber attacks within fault trees. *Reliability Engineering & System Safety*, 94(9), 1394–1402.
- Palma, R., & Masera, G. (2014). An Argentinean innovation and technology management specialization programme: the GTec case study. *Journal of Innovation Economics & Management*, 13(1), 163-173.
<http://doi.org/10.3917/jie.013.0163>
- Palma, R. R. (2005). Los sistemas centrados en el aprendizaje. En *I Jornadas de Educación en Informática y TICs en Argentina*. Recuperado a partir de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/18545>
- Scharl, A., Schäfer, T., Kamolov, R., & Zhu, S. (s. f.). D5. 1.1 Open-Source Visual Analytics Tools: Initial Prototype. Recuperado a partir de <https://www.pheme.eu/wp-content/uploads/2016/02/D5.1.1-PHEME-Visual-Analytics.pdf>
- Weijnen, M. P., & Bouwmans, I. (2006). Innovation in networked infrastructures: coping with complexity. *International journal of critical infrastructures*, 2(2-3), 121–132.
- You, J., Li, J.-Q., & Xia, S. (2013). Algorithm for generating test sequences based on branch and bound in EFSM model. *Application Research of Computers*, 5, 16.