

# **Consideraciones para la gestión de proyectos de ingeniería a partir de minería de textos**

**Ana Maria Luque Clavijo**

Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia, analuque@usantotomas.edu.co

**Felix German Fajardo Prieto**

Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia, felixfajardo@usantotomas.edu.co

## **ABSTRACT**

Understanding technological trends in different aspects of engineering provides valuable information for decision making, and particularly for project management. Therefore, a review of the literature using text mining, carried out to identify the most relevant aspects of the methodologies and standards available to such management. Eight areas of interest which are interrelated and are shown on a map of correlations as keywords. The analysis did not provide significant evidence regarding best practice; for instance, project managers must be able to integrate both knowledge gained in academia, in the new technological developments and the experience in each of the economic sectors in order to define the methodology and appropriate to ensure optimum project performance standards. Most companies that have documented their experiences in this regard, they reported the need to generate tools tailored to their own needs and experiences.

**Keywords:** Project management, methodology, standards, engineering, tech mining

## **RESUMEN**

El reconocimiento de tendencias tecnológicas en los diferentes aspectos de la ingeniería, proporciona información valiosa para la toma de decisiones, y en este caso en particular para la gestión de proyectos. Por lo tanto, se realiza una revisión a la literatura con ayuda de la minería de textos, para identificar los aspectos más relevantes relacionados con las metodologías y estándares disponibles para dicha gestión. Se identificaron ocho áreas de interés los cuales se interrelacionan y se muestran en un mapa de correlación de palabras claves. El análisis no proporcionó evidencias significativas frente a la mejor práctica; es decir, los gerentes de proyectos deben estar en la capacidad de integrar tanto conocimientos conseguidos en la academia, como en los nuevos desarrollos tecnológicos y la experiencia en cada uno de los sectores económicos, para definir la metodología y estándares apropiados para asegurar el óptimo desempeño del proyecto. La mayoría de las compañías que han documentado sus experiencias al respecto, reportan la necesidad de generar herramientas propias ajustadas a sus necesidades y experiencias.

**Palabras claves:** Gestión de proyectos, metodología, estándares, ingeniería, minería de textos

## **1. INTRODUCCIÓN**

Estar actualizado de forma permanente, resulta casi imposible si se considera el número de publicaciones y datos que se generan diariamente en todo el mundo. El uso de herramientas apoyadas en minería de textos ha facilitado el procesamiento y análisis de dichos datos, para convertirla en información de interés de acuerdo a las necesidades y experiencias de las organizaciones, sin importar el sector empresarial al cual pertenezcan.

En particular, las metodologías y estándares utilizados en la gestión de proyectos de ingeniería, ha llamado la atención de la Universidad Santo Tomás, toda vez que cuenta con programas académicos posgraduales

relacionados y por supuesto debe procurar la actualización tecnológica periódica de sus contenidos, para construir con sus estudiantes nuevo conocimiento aplicable a las necesidades del país como actores responsables de la proyección social de su entorno.

El análisis se basa en un mapa de correlación de palabras claves que proporcionó nodos, que posteriormente se agruparon en regiones de acuerdo a relaciones semánticas proporcionadas por el software utilizado; dichas áreas dieron lugar a ocho temas de interés que demuestran la integralidad que se debe tener para gestionar proyectos de ingeniería, ya fueran estos proyectos relacionados con resultados tangibles (productos) o intangibles (procesos y servicios).

Aunque en el mercado existen metodologías y estándares disponibles para la gestión de proyectos y algunos de ellos especializados para ingeniería, las tendencias indican que no existen formulas exitosas predefinidas, sino que por el contrario, el gestor de proyectos debe conocer las necesidades y expectativas de sus clientes para conformar la mejor combinación de metodologías, estándares y experiencias que respondan a la obtención de resultados óptimos para todas las partes interesadas.

## **2. CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS**

La Vigilancia Tecnológica (Escorsa & Maspons, 2001) y algunos aspectos de la Minería Tecnológica (Porter & Cunningham, 2005), apoyadas en minería de textos científico-tecnológicos, se utilizaron para determinar las metodologías y estándares más relevantes en la gestión de proyectos de ingeniería. La base de datos de revisión fue *Scopus*®, y se conformó un corpus de 3.862 registros, procesados en el software *Vantage Point*® para la generación de mapas de correlación de palabras claves.

## **3. ÁREAS DE INTERÉS**

A partir del análisis de los nodos del mapa de autocorrelación de palabras claves (Figura 1), se identificaron ocho regiones, a saber: Educación, Herramientas cuantitativas, Dimensionamiento de impactos sociales, Fuentes de información, Gestión de la ciencia, Aseguramiento y control de calidad, Gestión industrial y Sistemas de información.

Dichas áreas de interés aplican tanto a los productos como a los servicios de la ingeniería, las cuales se amplían en detalle a continuación, teniendo como base la exploración del mapa desde la parte superior izquierda y en sentido de las manecillas del reloj.

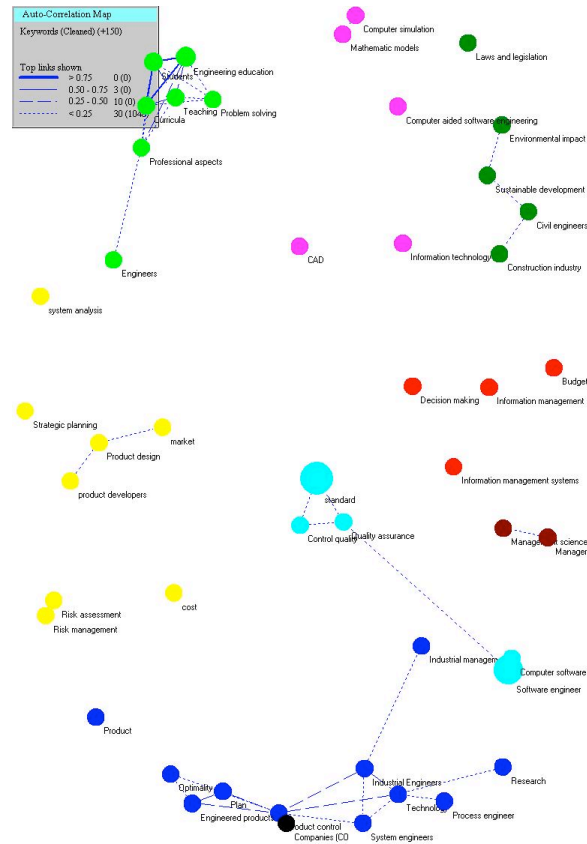
### **3.1 EDUCACIÓN**

En la región superior izquierda, se localizan nodos pertenecientes a la región denominada educación, la cual sugiere una alta influencia hacia los estudiantes y la forma de adquirir el conocimiento, las habilidades y el reconocimiento del entorno como punto de partida en la formulación de soluciones y dimensionamiento de impactos para la gestión de proyectos de ingeniería.

Así, la adquisición de conocimiento se encuentra centralizado en el estudiante, por cuanto experiencias como el aprendizaje basado en proyectos, ha demostrado excelente resultados al respecto (Layton, 2003), en especial durante los primeros años de estudio (Goff, et al., 2009), donde la creatividad constituye una de las principales habilidades que deben desarrollar los estudiantes en ingeniería (Shields, 2007; Pappas & Pappas, 2003; Raviv, 2002).

Los programas en ingeniería deben garantizar la inclusión de la ética como un factor de alta calidad del programa (Cruz, et al., 2002), así como la evaluación y actualización de los mismos, para que el estudiante cuente con competencias tanto personales como técnicas apropiadas (Freeman, et al., 2005), el ambiente de estudio y los servicios complementarios pueden influir en el fortalecimiento de dichas competencias (Brumm, et al., 2001).

Para garantizar la actualización permanente de los estudiantes en su entorno laboral, es deseable contar con equipos interdisciplinarios integrados con el sector industrial, que participen de forma activa en la formación de ingenieros (Quinn & Schuyler, 2003; Berri, et al., 2011); además, de motivar iniciativas de actualización en el estudiante para el futuro (Fang, et al., 2008), a través de la inclusión de tecnologías blandas y duras de forma dinámica durante toda la formación.



**Figura 1: Mapa de correlación palabras claves, elaboración propia con *Vantage Point*®**

### 3.2 HERRAMIENTAS CUANTITATIVAS

A continuación se encuentra la región denominada herramientas cuantitativas, ya que su conocimiento y aplicación son determinantes en el diseño y desarrollo de productos en ingeniería. En particular, la generación de metodologías como INRECA, que toma aplicaciones de razonamiento basado en casos de desarrollo industrial para la toma de decisiones (Althoff K. D., et al., 2003), el metametamodelado que utiliza los estándares EIA/CDIF (*Electronic Industries Alliance/CASE Data Interchange Format*) para el modelado de sistemas de información y su intercambio entre herramientas de software asistido por computador de diferentes proveedores (Flatscher, 2002), y la visualización de las operaciones de construcción simulados en 3D, que pueden facilitar las operaciones complejas de construcción y la toma de decisiones óptimas por encima de métodos tradicionales (Kamat & Martinez, 2001). Estas son algunas de las metodologías con mayor desarrollo basado en herramientas cuantitativas.

En relación con lo anterior, las principales aplicaciones responden a necesidades de la ingeniería que requieren de ambientes tridimensionales, como es el caso de proyectos de construcción (Froese, 1996; Bansal & Pal, 2008), la planeación de ciudades a partir de sistemas de información geográfico (Gröger & Plümer, 2012) y la generación

de estrategias militares (Baybrook, 1994), la planificación del mantenimiento de grandes estructuras (El-Rayes & Kandil, 2005) y la formulación de planes de producción a partir de modelos biológicos (Kretz, et al., 2011; Jiang, et al., 2010).

Otra de las aplicaciones de las herramientas cuantitativas en la gestión de proyectos de ingeniería, está orientada a la gestión de inversiones que puede utilizar herramientas basadas en el mejoramiento de procesos como: el CMM (*Capability Maturity Model*) y el JBPM (*Jade Bird Process Management*) (He, et al., 2005), modelos de regresión lineal (Brinkkemper, et al., 2006) y CIM (*Computer-integrated manufacturing*) para la integración de sistemas de información y conocimiento (Jost & Scheer, 1993), entre otros.

Así, el procesamiento de los datos (cuantitativos) es determinante para el éxito de los resultados, ya que además pueden contribuir en el mejoramiento de los sistemas de información de las empresas, de sus sistemas de calidad y de la detección de las mejores prácticas en el sector (Benchmarking).

### **3.3 DIMENSIONAMIENTO DE IMPACTOS SOCIALES**

En el extremo superior derecho se encuentra la región a la cual se le denominó dimensionamiento de impactos sociales, en la que se desarrollan temas de protección al medio ambiente (Riley, 1999), uso de materiales amigables con el medio ambiente (Sissell, 2004), accidentes laborales y su impacto en los costos de producción del proyecto (N/A, 2004) y en general el desarrollo sostenible basado en decisiones multicriterio (Balali, et al., 2010).

La industria de la construcción es la que mayores desarrollos presenta en este tema, aspectos como sistemas de construcción inteligente (Kurdziel, et al., 2004), modelos de visualización 4D (Castro, et al., 2008), construcciones sostenibles (Attalla & Yousefi, 2009), y la salud ocupacional (Gambatese & Toole, 2002), entre otros, ya que son determinantes para la generación de una ingeniería de valor que maximice recursos, disminuya costos y controle los impactos derivados de dichos proyectos.

### **3.4 FUENTES DE INFORMACIÓN**

Dentro de las consideraciones a tener en cuenta a la hora de emprender y desarrollar un proyecto se encuentran las fuentes de información de las cuales se va a nutrir. Los datos (ya sean que concedan privilegios o restricciones) principalmente provienen de las normas y la legislación, las primeras son estándares de cumplimiento voluntario y la segunda proviene de cada uno de los gobiernos en donde se desarrolle el proyecto siendo de cumplimiento obligatorio, lo que afecta en gran medida el proceso de toma de decisiones, que guardan especial relación con el dimensionamiento de impactos sociales (protección ambiental, sociedad y aspectos económicos).

La legislación contribuye en gran medida en la gestión del riesgo en los proyectos, un ejemplo de ello son las metodologías relacionadas con sistemas jerárquicos de control implementadas en proyectos de desarrollo de software (Lau & Yuen, 2011), la aplicación de la ingeniería de valor (Callender, et al., 2004) y el modelo COCOMO (*COConstructive COst MOdel*) (Boehm, et al., 2005), todos ellos para el control de los presupuestos y cronogramas del proyecto.

### **3.5 GESTIÓN DE LA CIENCIA**

La gestión de la ciencia, región ubicada en el extremo inferior derecho de la Figura 1, tiene como finalidad la inclusión de los resultados de investigación y desarrollo durante el ciclo del vida de los proyectos de ingeniería, en función de las necesidades del mercado, a partir de la integración de métodos, metodologías o encuestas, que estén acorde a la estructura y sector económico o industrial de interés (Lari, et al., 2011; Ding, et al., 2008; Obiajunwa, 2013).

Algunos de estos métodos incluyen el análisis de la ruta crítica, el diseño y aplicación de algoritmos, el empoderamiento del personal, el diseño de procesos, la economía industrial, el análisis del ciclo de vida del proyecto y del producto y en general la actualización del proceso de gestión a través de la inteligencia de negocios, la prospectiva, la definición de factores clave de éxito, los pronósticos, la reingeniería, la gestión del cambio y el benchmark.

### 3.6 ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD

La confiabilidad y rendimiento tanto del diseño como del desarrollo de las soluciones, tangibles o intangibles, se logran a través del aseguramiento y control de la calidad durante la realización del proyecto de ingeniería, apoyándose en estándares y especificaciones; los estándares en su mayoría se encuentran normalizados, mientras que las especificaciones siendo dadas por el cliente son difícilmente replicables. En cualquier caso, estas condiciones, constituyen el parámetro de comparación entre las variables de entrada y el resultado de salida que determina la satisfacción del cliente. Métodos como el -QFD- (*Quality Function Deployment*) y el -SQA- (*Software Quality Assurance*), han sido ampliamente documentados en la literatura, ya que facilitan la transformación de requerimientos del cliente en diseños de calidad (Chevlin & Jorgens III, 1996; Jang, et al., 2005).

Otras de las herramientas que se observan con gran frecuencia para garantizar la calidad en los resultados, son las denominadas metodologías ágiles, dentro de las cuales se mencionan six sigma (Baik, et al., 2007), INRECA (Althoff K. D., et al., 2003), técnicas para el funcionamiento de la calidad de la vida real de productos de software (Lipaev, 2005), la implementación de estándares -ISO- (*International Organization for Standardization*) y el modelo -CMM- (*Capability Maturity Model*) (Paulk, 1995).

La mayoría de estas experiencias se encuentran con aplicaciones en la industria del software, puesto que la diversidad de requerimientos y recursos en constante cambio dificultan la apropiación de lecciones aprendidas que podrían repercutir en reprocesos y por consiguiente en pérdidas de tiempo representado en la disminución de la imagen corporativa de las empresas y en sus utilidades, por lo que muchas metodologías han procurado la gestión del conocimiento y la gestión del riesgo (Burton, et al., 2008), con beneficios en la ejecución de futuros proyectos y la innovación.

### 3.7 GESTIÓN INDUSTRIAL

En general, la gestión industrial gira en torno al diseño y ejecución del plan de producción (puede tener otras denominaciones de acuerdo al sector económico empresarial en el cual se desarrollen los proyectos). Metodologías como la teoría de decisión para la producción continua (Bakhrankova, 2010), el manejo de inventarios (Capraro, et al., 2008) y la planeación (Silva, 2009) demuestran considerables mejoras en estos planes.

Aspectos como la integración de programas de diferentes sectores (por ejemplo minero y metalúrgico) (Chanda, 2007), las exigencias en la calidad del servicio -QoS- (*Quality of Service*) (Belkhouche & Jin, 2007; Anli, et al., 2007; Caramanis, et al., 2009), el análisis de sistemas, en especial enfocados a servicios de salud (Bhuvanesh, et al., 2007; Doolen & Worley, 2007), los sistemas de gestión enfocados a la calidad (Ishii, 2007; Wong, 2005; Anussornnitisarn, et al., 2008) y la inclusión de sistemas informáticos como el CAE (*Computer-Aided Engineering*), muestran resultados determinantes para el diseño de estrategias de producción ajustadas a las necesidades y restricciones del medio, así como en el crecimiento de utilidades fruto del proyecto.

### 3.8 SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Finalmente, en la parte central izquierda de la Figura 1, se encuentra la región denominada sistemas de información, los cuales deben estar en función del diseño de la planeación estratégica y de las necesidades educativas del recurso humano que participa en los proyectos; estos sistemas pueden estar soportados por múltiples aplicaciones informáticas disponibles en el mercado, cada una con características particulares, que deben ser evaluadas por el gestor de proyectos, toda vez que no son apropiados para todos los tipos de proyectos y sectores (Ferris, 2004; Kurutach & Suwanya, 2008).

Una de las principales funciones de los sistemas de información, es la integración de datos que garantice la puesta del producto/servicio oportunamente en el mercado, ya sea por solicitud de un cliente o por la identificación de una oportunidad particular para la organización (Cahng & Lyu, 2010; Belay, 2009; Helo & Kekäle, 2008; Azernikov & Fischer, 2008), así como el diseño para la fabricación ágil (Frost & Haynes, 1994), lo que requiere de la incorporación y apropiación de nuevas metodologías en las empresas (Dean & Desai, 2007).

Al igual que en la gestión industrial, las teorías de decisión se utilizan en los sistemas de información pero en este caso para la gestión del riesgo en los proyectos -PRM- (*Project Risk Management*), sin una consideración particular de metodologías y estándares (Guo, et al., 2008; Nunes, et al, 2008; Ebecken, et al., 2008; Mosleh & Smith, 2012), ya que se encuentran varias disponibles en el mercado.

La gestión del riesgo no sólo anticipa posibles eventos no deseados durante el ciclo de vida del proyecto, sino que proporciona información para el desarrollo de futuros proyectos, por ejemplo, el Roadmap (Ford, et al., 2010), la ingeniería social (Bahoumina, et al., 2010), el aseguramiento de la calidad a partir de predicción de defectos (Ko, et al., 2008) y la implementación de estándares de calidad, en especial en el sector de desarrollo de software (Koopman, 2010); cualquiera de ellos propicia el mejoramiento continuo del mismo.

La gestión ambiental, también debe ser cubierta por los sistemas de información, por ejemplo a través de la construcción y seguimiento de indicadores ambientales (Alvarez, et al., 2005).

#### **4. CONCLUSIONES**

Cada una de las regiones identificadas como áreas de interés, proporciona información particular de beneficio para el gestor de proyectos; así, para la educación, se espera que desde los primeros años de estudio, se introduzcan actividades tanto pedagógicas, como técnicas que potencialicen la creatividad y la capacidad de toma de decisiones de los profesionales para desempeñarse en diferentes entornos.

La capacidad de búsqueda y utilización de herramientas cuantitativas para solucionar problemas en ingeniería, son principalmente requeridas en proyectos especializados en diseño y desarrollo de producto. No sólo es importante conocer las consideraciones matemáticas de la herramienta, sino la capacidad de generación de aplicaciones escalables con todos los miembros del equipo de trabajo, que incluyen las áreas de apoyo al proyecto.

En la gestión de un proyecto de ingeniería, el dimensionamiento de impactos sociales debe calcularse e incluirse dentro de la ejecución del proyecto, ya que pueden afectar el desarrollo sostenible (economía, sociedad y medio ambiente) tanto del proyecto como de su entorno; es de mencionar que la industria de la construcción es la que mayores desarrollos presenta en este tema.

La principal fuente de información para la gestión de proyectos de ingeniería son las normas y la legislación, lo que sugiere el reconocimiento de entornos nacionales e internacionales de acuerdo a la naturaleza y localización del proyecto; además, la gestión de la ciencia para transferir tecnologías al ciclo de vida de los proyectos en función de las necesidades del mercado y el aprendizaje a partir del aseguramiento y control de la calidad, no sólo facilitan el cumplimiento de requisitos del gobierno, del cliente y del proyecto, sino que contribuyen a la gestión del conocimiento, del riesgo y de la innovación reflejados en procesos y productos. La industria del software ha documentado con mayor frecuencia estas consideraciones.

El plan de producción es uno de los aspectos más desarrollados de la gestión industrial, que en especial considera la integración de diferentes sectores industriales, el servicio y la calidad con la inclusión de herramientas informáticas de apoyo encaminadas a facilitar el control de las necesidades y las restricciones del medio.

Dado que el mapa de correlación presentó una distribución similar a una circunferencia, los sistemas de información cierran un ciclo, por lo que se le han considerado como el factor integrador de la gestión de proyectos de ingeniería en aspectos como la planeación, las necesidades educativas, el mercado y el ambiente entre otros; dichos sistemas pueden estar soportados en software, bajo previa evaluación por cuanto deben considerar los tipos de proyectos y sectores económicos de aplicación, así como la gestión del riesgo para anticipar eventos no deseados y la gestión del conocimiento.

Finalmente, los gerentes de proyectos deben estar en la capacidad de integrar tanto conocimientos conseguidos en la academia como en los nuevos desarrollos tecnológicos en cada uno de los sectores en los cuales se desarrolla el proyecto, por lo que metodologías y estándares predefinidos no aseguran el desempeño óptimo del proyecto, la mayoría de las compañías que han documentado sus experiencias al respecto, reportan la necesidad de generar metodologías propias ajustadas a sus necesidades y experiencias.

## REFERENCES

- Althoff, K. D., Bergmann, R., Breen, S., Göker, M., Manago, M., Traphöner, R., et al. (2003). Developing Industrial Case-based Reasoning Applications: The INRECA Methodology. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 1612. Irlandia, Alemania, Francia.
- Alvarez, P., Ibáñez, S., Orejas, J. M., Peris-Mora, E., & Subirats, A. (2005). Development of a system of indicators for sustainable port management. *Marine Pollution Bulletin*, 50 (12), 1649-1660.
- Anli, O. M., Caramanis, M. C., & Paschalidis, I. C. (2007). Tractable supply chain production planning, modeling nonlinear lead time and quality of service constraints. 26 (2), 116-164.
- Anussornnitisarn, P., Helo, P., & Phusavat, K. (2008). Expectation and reality in ERP implementation: Consultant and solution provider perspective. *Industrial Management and Data Systems*, 108 (8), 1045-1059.
- Attalla, M., & Yousefi, S. (2009). Constructing sustainable buildings: Challenges with construction methodologies. *Proceedings, Annual Conference - Canadian Society for Civil Engineering*, 3, pp. 1151-1160. Canada.
- Azernikov, S., & Fischer, A. (2008). Emerging non-contact 3D measurement technologies for shape retrieval and processing. *Virtual and Physical Prototyping*, 3 (2), 85-91.
- Bahoumina, A., Fontaine, J. M., Lafay, P., Le Douaran, S., Leroy, A. S., Mestre, I., et al. (2010). Acting as a responsible key player through the integration of the societal engineering within the exploration and production processes. *Society of Petroleum Engineers - SPE International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production 2010*, 3, pp. 1569-1577. Canada.
- Baik, J., Choi, H., Pan, Z., & Park, H. (2007). A Six Sigma framework for software process improvements and its implementation. *Proceedings - Asia-Pacific Software Engineering Conference, APSEC*, (pp. 446-453). Corea del sur.
- Bakhrankova, K. (2010). Decision support system for continuous production. *Industrial Management and Data Systems*, 110 (4), 591-610.
- Balali, V., Hosseini, A., & Roozbahani, A. (2010). Selecting appropriate structural system: Application of PROMETHEE decision making method. *2nd International Conference on Engineering System Management and Applications, ICESMA*. Iran.
- Bansal, V. K., & Pal, M. (2008). Generating, evaluating, and visualizing construction schedule with geographic information systems. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 22 (4), 233-242.
- Baybrook, T. (1994). Engineering with information systems. *Military Engineer*, 86 (562), 25-27.
- Belay, A. M. (2009). Design for manufacturability and concurrent engineering for product development. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 37, 240-246.
- Belkhouche, F., & Jin, T. (2007). Inventory optimization for repairable products considering the increase of MTBF and field installation. *IIE Annual Conference and Expo 2007 - Industrial Engineering's Critical Role in a Flat World - Conference Proceedings*, (pp. 1500-1505). USA.
- Berri, S., Zhang, A. S., Heng, I., & Zia, F. (2011). Introduction of mechatronic technology into cross-department product design curricula. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. City University of New York, United States.
- Bhuvanesh, A., Gandhi, T., Khasawneh, M., Lam, S., Shengyong, W., & Srihari, K. (2007). Using artificial neural networks for forecasting in healthcare: Methodology and findings. *IIE Annual Conference and Expo 2007 - Industrial Engineering's Critical Role in a Flat World - Conference Proceedings*, (pp. 382-387). USA.
- Boehm, B., Brown, A. W., Lane, J. A., & Valerdi, R. (2005). COCOMO suite methodology and evolution. *CrossTalk* (4), 20-25.
- Brinkkemper, S., Schalken, J., & Van Vliet, H. (2006). Using linear regression models to analyse the effect of software process improvement. *Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics*, (pp. 234-248). Holanda.
- Brumm, T. J., Guardiola, R., Hanneman, L. F., & Mickelson, S. K. (2001). Development of workplace competencies sufficient to measure ABET outcomes. *ASEE Annual Conference Proceedings*, (pp. 3865-3872). Devmt. Dimensions, International; Iowa State University, United States.
- Burton, J., McCaffery, F., & Richardson, I. (2008). Improving software risk management practices in a medical device company. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 5007, pp. 24-35. Irlanda.
- Cahng, L. Y., & Lyu, J. (2010). A reference model for collaborative design in mould industry. *Production Planning and Control*, 21 (5), 428-436.
- Callender, G., Jamieson, D., & Vinsen, K. (2004). Use case estimation - The devil is in the detail. *Proceedings of the IEEE International Conference on Requirements Engineering*, (pp. 10-15). Australia.
- Capraro, F., Gambier, A., Patino, H. D., & Tosetti, S. (2008). Control of a production-inventory system using a PID controller and demand prediction. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, 17.
- Caramanis, M. C., Paschalidis, I., & Wu, C. C. (2009). Production planning and quality of service allocation across the supply chain in a dynamic lead time model. *Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control*, (pp. 7137-7144). USA.
- Castro, S., Dawood, N., & Shah, R. K. (2008). Automatic generation of progress profiles for earthwork operations using 4D visualisation model. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 13, 491-506.
- Chanda, E. (2007). Network linear programming optimisation of an integrated mining and metallurgical complex. *Australasian Institute of Mining and Metallurgy Publication Series*, (pp. 149-155). Australia.
- Chevlin, D. H., & Jorgens III, J. (1996). Software requirements: Definition and specification. *Biomedical Instrumentation and Technology*, 30 (2), 150-152.
- Cruz, J. A., Frey, W. J., & Sanchez, H. D. (2002). Ethics across the curriculum: An effective response to ABET 2000. *ASEE Annual Conference Proceedings*, (pp. 10689-10702). University of Puerto Rico, Puerto Rico.
- Dean, C., & Desai, S. (2007). Concurrent material and process selection in a flexible design for manufacture paradigm. *IIE Annual Conference and Expo 2007 - Industrial Engineering's Critical Role in a Flat World - Conference Proceedings*, (pp. 764-769). USA.

- Ding, L., Jamshidi, J., McMahon, C. A., & Zeng, L. Y. (2008). Key characteristics management in product lifecycle management: A survey of methodologies and practices. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* , 222 (8), 989-1008.
- Doolen, T. L., & Worley, J. M. (2007). A research approach for investigating the turnover process in an operating room. *IIE Annual Conference and Expo 2007 - Industrial Engineering's Critical Role in a Flat World - Conference Proceedings*, (pp. 499-504). USA.
- Ebecken, N. F., Fernandes, E., & Fukayama, H. (2008). Risk management in the aeronautical industry: Results of an application of two methods. *WIT Transactions on Information and Communication Technologies* , 39, 195-204.
- El-Rayes, K., & Kandil, A. (2005). Multi-objective optimization for the construction of large-scale infrastructure systems. *Construction Research Congress 2005: Broadening Perspectives - Proceedings of the Congress*, (pp. 1015-1025). Estados Unidos.
- Escorsa, P., & Maspons, R. (2001). *De la vigilancia tecnológica a la inteligencia competitiva*. España: Prentice Hall.
- Fang, A., Johnson, M., & Wang, J. (2008). Enhancing and assessing life long learning skills through capstone projects. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. Texas A and M University, United States.
- Ferris, S. (2004). On its own. *Cadalyst* , 21 (8), 10-11.
- Flatscher, R. G. (2002). Metamodeling in EIA/CDIF - Meta-metamodel and metamodels. *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation* , 12 (4), 322-342.
- Ford, S., Geyer, T., Huber, E., Kolesnikov, E., & Putov, V. (2010). The environmental roadmap: A management tool to address critical project environmental management issues. *Society of Petroleum Engineers - SPE International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production 2010*, 4, pp. 2451-2458. USA, Rusia, Países Bajos.
- Freeman, S. F., Jaeger, B. K., & Whalen, R. (2005). Get with the program: Integrated project instead of a comprehensive final exam in a first programming course. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*, (pp. 6831-6847). Northeastern University, United States.
- Froese, T. (1996). Models of construction process information. *Journal of Computing in Civil Engineering* , 10 (3), 183-193.
- Frost, N., & Haynes, I. (1994). Accelerated product development: an experience with small and medium-sized companies. *World Class Design to Manufacture* , 1 (5), 32-37.
- Gambatese, J. A., & Toole, T. M. (2002). Primer on federal Occupational Safety And Health Administration standards. *Practice Periodical on Structural Design and Construction* , 7 (2), 56-60.
- Goff, R. M., Terpenney, J. P., & Williams, C. B. (2009). Designing a service-learning design project for a first-year engineering course. *Proceedings of the ASME International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*, (pp. 631-639). Virginia Polytechnic Institute and State University, United States.
- Gröger, G., & Plümer, L. (2012). CityGML - Interoperable semantic 3D city models. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* , 71, 12-33.
- Guo, J., Huang, Y., Liu, X., Yu, Z., & Zhang, L. (2008). Implementing a quantitative-based methodology for project risk assessment DSS. *Proceedings of the 27th Chinese Control Conference, CCC*, (pp. 730-734). China.
- He, X., Li, D., & Wang, Y. (2005). A process management tool supporting component-based process development and hierarchical management mechanism. *Proceedings - Fifth International Conference on Computer and Information Technology, 2005*, pp. 906-910. China.
- Helo, P., & Kekäle, T. (2008). Literature overview of modularity in world automotive industries. *PICMET: Portland International Center for Management of Engineering and Technology, Proceedings*, (pp. 1595-1602). Finlandia.
- Ishii, G. (2007). A study of knowledge succession in engineering process management . *Portland International Conference on Management of Engineering and Technology*, (pp. 1101-1107). Japón.
- Jang, Y. G., Jung, S. H., Lee, J. W., Lee, Y. J., & Park, S. C. (2005). System based SQA and implementation of SPI for successful projects. *Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Information Reuse and Integration, IRI* . Corea del sur.
- Jiang, G., Kong, J., Li, G., & Xie, L. (2010). Combining production planning model of product line based on genetic algorithm. *2010 International Conference on Applied Mechanics and Mechanical Engineering*, (pp. 940-946). China.
- Jiao, J., & Pokharel, S. (2008). Turn-around maintenance management in a processing industry: A case study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* , 14 (2), 109-122.
- Jost, W., & Scheer, A. W. (1993). Knowledge-based optimization of CIM-systems using industry-specific reference-models. In *IFIP Transactions B: Computer Applications in Technology* (pp. 21-30). Alemania.
- Kamat, V. R., & Martinez, J. C. (2001). Visualizing simulated construction operations in 3D. *Journal of Computing in Civil Engineering* , 15 (4), 329-327.
- Ko, I. Y., Baik, J., Choi, H. J., Hong, Y., & Ko, I. Y. (2008). A value-added predictive defect type distribution model based on project characteristics. *Proceedings - 7th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science*, (pp. 469-474). Corea del sur.
- Koopman, P. (2010). Risk areas in embedded software industry projects. *Proceedings - 2010 Workshop on Embedded Systems Education, WESE* . USA.
- Kretz, D., Militzer, J., Soika, C., & Teich, T. (2011). Generation of process variants in automated production planning by using Ant Colony Optimization. *2011 IEEE 3rd International Conference on Communication Software and Networks*, (pp. 52-56). Alemania.
- Kurdziel, J. M., Nelson, C. R., Nystrom, J. A., & Peterson, D. L. (2004). Intelligent construction systems; the convergence of computing, communication, and construction. *Joint Conference on Water Resource Engineering and Water Resources* , 104. USA.
- Kurutach, W., & Suwanya, S. (2008). An analysis of software process improvement for sustainable development in Thailand. *Proceedings - 2008 IEEE 8th International Conference on Computer and Information Technology*, (pp. 724-729). Tailandia.
- Lari, E. S., Maghareh, M. R., & Mohammadzadeh, S. (2011). Assessment of executive indexes in architectural projects. *Applied Mechanics and Materials*, 94-96, pp. 2270-2275. Iran.



- Lau, H. C., & Yuen, K. K. (2011). A fuzzy group analytical hierarchy process approach for software quality assurance management: Fuzzy logarithmic least squares method. *Expert Systems with Applications* , 38 (8), 10292-10302.
- Layton, R. A. (2003). Using modeling and simulation projects to meet learning objectives in an upper-level course in system dynamics. *ASEE Annual Conference Proceedings*, (pp. 6483-6495). Rose-Hulman Institute of Technology, United States.
- Lipaev, V. V. (2005). Problems of the development and quality control of large software systems. *Programming and Computer Software* , 31 (1), 47-49.
- Mosleh, A., & Smith, C. (2012). Quantifying impact of project risk decisions and dependencies within an integrated methodology. 11th International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference and the Annual European Safety and Reliability Conference, 2, pp. 871-880. USA.
- N/A. (2004). The growing cost of accidents in the workplace. *Finishing* , 28 (6), 16.
- Nunes, M., Vasconcelos, A., & Zhou, L. (2008). Supporting decision making in risk management through an evidence-based information systems project risk checklist. *Information Management and Computer Security* , 16 (2), 166-186.
- Obiajunwa, C. C. (2013). Skills for the management of turnaround maintenance projects. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* , 19 (1), 61-73.
- Pappas, E., & Pappas, J. (2003). Creative thinking, creative problem-solving, and inventive design in the engineering curriculum: A review. *ASEE Annual Conference Proceedings*, (pp. 4641-4653). Virginia Tech., United States.
- Palk, M. C. (1995). How ISO 9001 compares with the CMM. *IEEE Software* , 12 (1), 74-83.
- Porter, A., & Cunningham, S. W. (2005). *Tech Mining. Exploiting new technologies for competitive advantage*. USA: Wiley-Interscience.
- Quinn, K., & Schuyler, P. R. (2003). An academic partnership with industry: A win-win situation. *ASEE Annual Conference Proceedings*, (pp. 2117-2122). University of Hartford, United States; New Horizons Corporation.
- Raviv, D. (2002). Do we teach them how to think. *ASEE Annual Conference Proceedings*, (pp. 6349-6367). Florida Atlantic University, United States.
- Riley, P. (1999). The principles of environmental law as they affect engineering decision making. *IEE Colloquium (Digest) (97)*, 1-9.
- Shields, E. (2007). Fostering creativity in the capstone engineering design experience. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. Youngstown State University, United States.
- Silva, C. (2009). Combining ad hoc decision-making behaviour with formal planning and scheduling rules: A case study in the synthetic fibre production industry. *Production Planning and Control* , 20 (7), 636-648.
- Sissell, K. (2004). House passes green chemistry bill. *Chemical Week* , 166 (14), 40.
- Tinham, B. (2004). The automotive experience of supplier portals. *Manufacturing Computer Solutions* , 10 (8), 28-29.
- Wong, K. Y. (2005). Critical success factors for implementing knowledge management in small and medium enterprises. *Industrial Management and Data Systems* , 105 (3), 261-279.

### ***Authorization and Disclaimer***

*Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.*