

Incorporando el Análisis de Desperdicios no Sustentables en el Currículo de Ingeniería Industrial

JUAN SILLERO PÉREZ
UNIVERSIDAD DE MONTERREY, MÉXICO

A un siglo de distancia que el científico sueco Svante Arrhenius advirtiera los riesgos del calentamiento global. Hoy día, a partir de la firma del protocolo de Kyoto en 2001, gobiernos, científicos, Universidades, centros de investigación, sectores productivos y de servicios, las organizaciones civiles, etc., se han empeñado en desarrollar operaciones sustentables en todas las actividades productivas y de servicios. Hoy existe una gran conciencia en diferentes frentes de la sociedad para promover una economía basada en principios de sustentabilidad, leyes y acciones para revertir el actual deteriorado medio ambiente. Muchas Universidades han incorporado en los programas curriculares contenidos sobre temas de sustentabilidad. Sin embargo, el desarrollo de estos conocimientos es aún insuficiente para atender las actuales necesidades. Los contenidos curriculares del programa académico de Ingeniería Industrial, se pueden aplicar el concepto de Pensamiento Esbelto para incorporar el análisis de problemas de reducción de desperdicios no sustentables en los procesos de manufactura. El curso de Manufactura Esbelta del programa de pregrado de Ingeniería Industrial de la Universidad de Monterrey ha incluido el concepto y ejercitado las técnicas para construir el Value Stream Map Verde. Este artículo reporta la experiencia.

Palabras claves: Manufactura esbelta, lean manufacturing, manufactura sustentable, gases de efecto invernadero, reducción de desperdicios.

ABSTRACT

One hundred years ago since the old advice of the Sweden scientist Svante Arrhenius, about the global warming. It was until the signing of Kyoto's Protocol in 2001 when many actions start developing, promoting sustainable operations all over production and services business. Today there is a great conscience in the society, from different fronts, in order to promote an ongoing economy based on sustainable principles, regulations and delivered actions to reverse the current devastated environment. Many Universities have been incorporated into their curriculum's Academic Programs environmental contents; nevertheless, developing this knowledge still seems to be far less than required. The Industrial engineering curricula can apply the conventional Lean Thinking approach to face the problem of reducing non-sustainable waste. The lean manufacturing course of the undergraduate Industrial Engineering Program of the University of Monterrey has introduced the concept and exercises the tools in building the Green Value Stream Map as a mandatory academic activity in the course. This paper aims to promote this initiative.

Keywords: Lean manufacturing, lean green manufacturing, sustainable manufacturing, greenhouse gas emissions, waste reduction.

1. INTRODUCCIÓN

A 100 años de distancia que el científico sueco Svante Arrhenius advirtiera los riesgos del calentamiento global. Hoy día, a partir de la firma del protocolo de Kyoto en 2001, gobiernos, científicos, Universidades, centros de investigación, sectores productivos y de servicios, las organizaciones civiles, etc., se han empeñado en parar y

revertir las prácticas contaminantes de las emisiones de dióxido de carbono, degradación del agua, producción de desperdicios y uso extendido de fuentes de energía no renovables; como formas de vida en pro de la preservación del planeta. Todo esto, englobado en el concepto denominado de “sustentabilidad” (CECADESU, 2007), el cual está relacionado con la manera de hacer uso de los recursos del planeta para resolver las necesidades humanas. Se define como "la forma de satisfacer las necesidades actuales sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades"(López, 2007). Este concepto promueve una nueva visión de la relación naturaleza-cultura hecha viva a través de reorientar la actividad económica sustentada en las potencialidades de la ciencia y de la tecnología, así como la construcción de una nueva cultura política fundada en una ética de la sustentabilidad que renueve los sentidos existenciales, los mundos de vida y las formas de habitar el planeta Tierra (Martínez, 2006).

El tema se ha vuelto relevante en la medida en que se ha ido deteriorando esos recursos del planeta por el uso inadecuado e irracional por la actividad humana. Llegado a reconocer el problema de su naturaleza global y se han creado instancias para plantear iniciativas y compromisos en el afán de parar el desequilibrio generado y la restitución de los desgastes generados. A partir de la reunión cumbre de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano celebrada en Estocolmo, Suecia, se inició el reconocimiento de la crisis ambiental y la necesidad de emprender acciones generalizadas para restituir el equilibrio ambiental (Varela, 2005), otras reuniones globales han sido “La cumbre de la tierra en Río en 1992”. Conferencia de las Naciones Unidas celebrada en Kioto, Japón, en 1997 donde surge el Protocolo de Kyoto; y la reciente cumbre de Copenhague en el 2009 (Naciones Unidas, 1998).

En todo esto, la investigación y el desarrollo así como las iniciativas universitarias encargadas del desarrollo del recurso humano son sin lugar a duda actores fundamentales en la búsqueda de soluciones a este problema global. “Las universidades y los institutos de investigaciones pueden ayudar a incubar iniciativas que promuevan lo sostenible”, dice Calestous Juma, director de Ciencia, Tecnología y Proyectos de Globalización de la Escuela Kennedy (Universidad de Harvard). Juma destaca que no hay nada más importante para el mundo que utilizar el fondo de conocimientos existente para ayudar al desarrollo a largo plazo (Worldbank, 2010).

2. LA SUSTENTABILIDAD EN LOS CONTENIDOS CURRICULARES

La preocupación por desarrollar una cultura de sustentabilidad en las nuevas generaciones en mundo y en México, ha motivado a muchas universidades e instituciones educativas del gobierno, a incorporar criterios curriculares en contenidos y políticas que incorporen el concepto de la sustentabilidad. Los niveles escolares de primaria, por ejemplo, los contenidos se incorporan en los libros de texto gratuito; En el nivel de educación superior, hay criterios de evaluación para medir el énfasis docente de dichos contenidos y conceptos. Esto es, la educación se está tornando “verde” y sustentable. En Estados Unidos se tienen acciones ejemplares de hacer verde el quehacer educativo curso por curso, la Universidad de Carolina at Chapel Hill es un caso (UNC, 2009). Así mismo, se han desarrollado modelos que proponen guías para promover la educación sustentable de las ingenierías en tres dimensiones: medio ambiente, economía y sociedad (Valerie and James, 2007) (Chen, et al. 2006). Una modalidad común es incorporar cursos obligatorios en el programa curricular, otra es la modalidad llamada de “infusión” la cual consiste en incluir temas de sustentabilidad en los cursos ya existentes (Rowe, 2002).

3. ÁREAS DE APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL FRENTE A LA SUSTENTABILIDAD

El objetivo de la ingeniería industrial se relaciona con la optimización de los sistemas donde concurren recursos materiales, financieros, informáticos que interactúan con el hombre; esto es, se trata de lograr el mejor uso de los recursos materiales, humanos e informáticos. Desde esta perspectiva y relacionándola con el concepto de sustentabilidad, la Ingeniería Industrial se ve fuertemente relacionada con el inadecuado uso de los recursos naturales que intervienen en los sistemas productivos y que afectan el equilibrio ecológico tales como la emisión de gases de efecto invernadero, la contaminación del agua, el uso intensivo de materiales no renovables, la disposición de desechos contaminantes al medio ambiente, etc.; todo ello, de alguna manera tiene que ver con la

profesión de la Ingeniería Industrial cuyo fin es optimizar el uso de los recursos en los procesos productivo. La nueva visión de la Ingeniería Industrial debe tener en mente los siguientes retos:

- Evaluación, cálculo y modelaje de la emisión de gases de efecto invernadero en la atmósfera los son las que están provocado el calentamiento global y sus consecuencias.
- La sustentabilidad de la Cadena de Suministro; esto es, todo lo concerniente al empaque, su diseño, así como la logística de transportación de los fabricantes a los centros de consume, la cual tiene enormes impactos en el consumo de combustibles fósiles y los que a su vez general gases de efecto invernadero.
- Información Tecnológica y manejo de bases de datos relacionadas con el ambiente.
- Evaluación económica y análisis de riesgo en proyectos industriales en su impacto al medio ambiente. Incluyendo fuentes de energía, consumo de material renovable, descargas contaminantes, etc.
- Administración de proyectos de mejora ambiental, métricos, reportes, análisis de tendencias, etc.
- La clásica y siempre vigente Manufactura Esbelta, ahora incrementada a *Lean Green Engineering* y sus siete desperdicios ambientales.

Actualmente el cursos de Manufactura Esbelta, de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad de Monterrey, el cual se ha estado impartiendo con contenidos convencionales dentro del plan de estudios de la carrera, es un curso que comprende sólo parte de los retos arriba descrito, y que se está adecuando para incorporar en sus contenidos los conceptos y la práctica de la sustentabilidad en la manufactura. En adición al concepto de los 7 desperdicios y su eliminación al hacer “Procesos Esbeltos”, ahora se incorporan los 7 desperdicios ambientales y sustentables para convertir los procesos en “Procesos de manufactura esbeltos y verdes”

4. PROGRAMA DEL CURSO MANUFACTURA ESBELTA Y VERDE

La propuesta de modificación de este curso, corresponde a la modalidad de “Infusión”, mediante la cual se incluyen temas de sustentabilidad en ese curso regular del plan de estudios del programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad de Monterrey. El programa, sus contenidos y referencias bibliográficas están contenidos en la Tabla No.1 se describe la Unidad I que estudian los conceptos fundamentales del Pensamiento Esbelto (Womack, 2003) (Dennis, 2004) (Burton 2003) así como la relevancia de buscar la sustentabilidad en las organizaciones productivas y de servicios, también se destaca la importancia y beneficios de convertir las organizaciones en esbeltas y verdes.

TABLA No. 1 Unidad I del curso de Manufactura Esbelta y Verde

Unidad	Objetivo	Contenido
I. Concepto de Manufactura Esbelta y Sustentable	Revisa los fundamentos, principios e importancia de la Manufactura Esbelta. El concepto de “Pensamiento Esbelto” en las organizaciones como base de la competitividad y el desarrollo. La relevancia de buscar la sustentabilidad	Introducción y orígenes, Pensamiento esbelto. Generalidades Principios del pensamiento esbelto El pensamiento esbelto en las organizaciones Fundamentos, bases, corrientes filosóficas. Sistemas Productivos Esbeltos Panorama general del Proceso para desarrollar sistemas productivos esbeltos, su metodología, herramientas y técnicas. Ámbitos de aplicación

En la Tabla No. 2 se describe la Unidad II, donde se introduce el concepto de “valor” (Rother and Shook, 1999) y se estudia el flujo de valor que percibe el cliente y cómo ese “valor” se va haciendo a través del proceso para su elaboración (Tapping, et al., 2002); se introduce también el concepto de “no valor” y termina con la elaboración de Mapas de la Cadena de Valor. En esta tabla también se incluye la Unidad III, la cual estudia con detalle el

significado, impacto y cuantificación de cada uno de los 7 desperdicios esbeltos (Dennis, 2002) (Kingery, 2002) y los 7 desperdicios verdes (Lean&Green Summit, 2008) (GGEM, 2009). La Unidad IV estudia el marco de referencia de la métrica y la manera de asignar los indicadores de desempeño a los procesos esbeltos (George, et al. 2005) y permite reconciliar el Valor con la forma de medirlo y evaluar su progreso antes y después de las

TABLA No. 2 Unidades II-V del curso de Manufactura Esbelta y Verde

Unidad	Objetivo	Contenido
II. Conceptos de Valor y Mapa de Flujo de Valor	Estudiar el flujo de materiales y de información en los procesos de los diversos sistemas de producción y de servicios. A fin hacer mejoras duraderas y sistemáticas que no solo eliminen el desperdicio, sino también de hacerlos sustentables.	El concepto de Valor El Mapa de Flujo de Valor Elementos e Iconos Trazado de Mapas. Flujo de materiales Flujo de información y conocimiento
III. Los siete desperdicios de la Manufactura Esbelta y los siete desperdicios de la manufactura sustentable	Conocer la clasificación de desperdicios y los esquemas de eliminación.	Los Siete desperdicios Lean: sobreproducción, inventario, movimiento, defectos, sobre procesamiento, transportación y tiempo de espera. Los Siete desperdicios Sustentables: energía, agua, materiales, basura, transporte, emisiones, biodiversidad. El impacto económico y ecológico de los desperdicios
IV. Análisis del Valor y la Sustentabilidad en el Mapa de Flujo de Valor. Propuestas de eliminación	Identificar áreas de mejora para transformar los procesos de manufactura en esbeltos y sustentables	Análisis de Restricciones Sistemas de flujo continuo Tack time, análisis de capacidad de procesos y layout Estimación de buffers Evaluación de la efectividad de celdas
V. Los Métricos de la manufactura esbelta y sustentable	Reconocer y asignar los métricos más apropiados para medir la mejora en el desempeño de los procesos acordes a los objetivos y estrategias empresariales	Los métricos de tiempo Los métricos de eficiencia operativa Los métricos económicos Los métricos de sustentabilidad

acciones de mejora (Feld, 2000). La Unidad V establece la metodología de análisis para evaluar el desempeño del proceso frente a las demandas del cliente (Tapping, 2003); también estudia las formas de identificar las oportunidad es de mejora fortaleciendo el flujo de valor y mejorando el uso de los recursos sustentables (U.S. EPA Agency, 2007).

La Tabla No. 3 describe la Unidad VI la cual incluye con detalle el uso y aplicación de las herramientas más usadas para resolver los problemas de eliminación de desperdicio (Carreira, 2005) y la construcción de procesos esbeltos (Liker, and Meier, 2006). La Unidad VII incluye dos sistemas de control para la administración y despliegue de las políticas (Jackson, 2006) (Kaplan, 2006), programas (Alukal, and Manos, 2006), e indicadores de desempeño de un Programa Lean. Finalmente, la Unidad VIII estudia casos ilustrativos de aplicaciones ejemplares (Pojasec, 2008); también incluye el desarrollo del proyecto del alumno que deberá hacerse sobre un problema real.

TABLA No. 3 Unidades VI-VIII del curso de manufactura esbelta y Verde

Unidad	Objetivo	Contenido
VI. Técnicas y metodologías para construir sistemas esbeltos	Conocer y aplicar las diversas herramientas y técnicas de mejora para construir sistemas esbeltos y sustentables	La 5S y los sistemas de control visual Los sistemas kanban y Justo a Tiempo Los sistemas “cero defectos”, Poka Yake Técnicas de reducción de tiempo de preparación Teoría de Restricciones Mantenimiento Productivo Total Diseño de Celtas de manufactura Diseño de empaque sustentable
VII. Administración de las iniciativas lean.	Desarrollar los equipos de trabajo, planear y dar seguimiento a las iniciativas Lean-green	Integración y roles de los equipos de trabajo Metodología Kaizen Matrices de priorización Metodología Hoshin Kanry Nuevos enfoques de la sustentabilidad y la ecología
VIII. Estudio de casos y desarrollo de proyectos	Conocer aplicaciones recientes de diversos casos en el sector productivo y de servicios. Desarrollar casos prácticos aplicando los conceptos y metodologías Lean-green.	Formatos y guías de elaboración de la memoria técnica y la presentación.

La figura 1 muestra un ejemplo de un Mapa de Flujo de Valor desarrollado por los alumnos en un caso real donde se desea mapear y reducir el uso del recurso Agua.

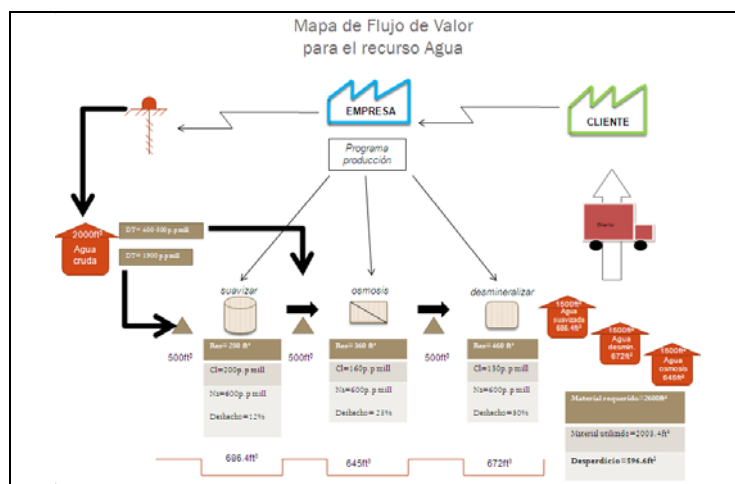


Figura 1. Mapa del flujo de valor para el recurso agua

5. CONCLUSIONES

Hoy día, las Universidades están incluyendo contenidos curriculares en sus planes de estudio tendientes a desarrollar profesionales con métodos y técnicas para hacer frente al desarrollo sustentable de la actividad económica del hombre y la sociedad. La Universidad de Monterrey está incluyendo en el currículo del Programa de Ingeniería industrial y de Sistemas algunos conceptos y competencias profesionales para contribuir en atenuar el problema de deterioro del medio ambiente a través del curso de Manufactura Esbelta. Se presenta la modificación del programa de estudios correspondiente donde se incorpora el concepto de recursos sustentable y sus técnicas que permiten al estudiante, mediante un ejercicio práctico, hacer propuestas de solución reales para transformar los procesos de manufactura convencionales en procesos esbeltos y verdes.

REFERENCIAS

- Alukal, George, and Manos, Anthony (2006). "Lean Keizen: A simplified Approach to Process Improvements". ASQ Quality Press 2006.
- Burton Terence T., Boeder Steven. (2003). "The Lean Extended Enterprise: Moving Beyond the four Walls to Value Stream Excellence". J.Ross Publishing.
- Carreira, Bills. (2005). "Lean Manufacturing that Works: Powerful tools for dramatically reducing waste and Maximizing Profits", AMACOM.
- CECADESU. (2007). "Prever el Futuro: El Desarrollo Sustentable", en: http://sepiensa.org.mx/contenidos/2007/l_susten/susten1.html (recuperado en diciembre del 2009)
- Chen, Katherine; Vanasupa, Linda, London Blair, and Savage, Richard. (2006). "Infusing the Materials Engineering Curriculum with Sustainability Principles" American Society for Engineering Education Annual Conference Proceedings.
- Dennis P. Hobbs. (2004). "Lean manufacturing Implementation: A complete Execution Manual for Any Size Manufacturer",. Boca Ratón FL., J.Ross Publishing.
- Dennis, Pascal. (2002). "Lean Production Simplified: A Plain-Language Guide to the World's Most Powerful Production System". New York: Productivity Press.
- Feld, William M. (2000). "Lean Manufacturing: Tools, techniques, and how to use them", APICS Press. USA
- George, Michael L., John Maxey, David T. Rowlands, and Michael George. (2005). "The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to 100 Tools for Improving Quality and Speed". McGraw Hill.
- GGEM, Green Enterprise Movement. (2009) "Glosary of terms", en: <http://www.greenenterprise.ca/glossary.html> (recuperado en diciembre del 2009)
- Jackson, Thomas L. (2006). "Hishin Kanri for the lean enterprise" Productivity Press.
- Kaplan, Robert S. (2006). "Using the balanced scorecard to create corporate synergies", Harvard Business School Press.
- Kingery, Cathy, editor, (2002). "The lean Enterprice Memory Jogger", GOAL/QPC, USA.
- Lean&Green Summit. (2008). "Lean and Green Glossary" en: <http://www.leanandgreensummit.com/> (recuperado en diciembre del 2009)
- Liker, Jeffrey and Meier David. (2006). "The Toyota Way Fieldbook". McGraw-Hill
- López Rangel, Rafael, 2007, "Algunas reflexiones epistemológicas en torno al Desarrollo Sustentable y al desarrollo sustentable urbano", en: http://sepiensa.org.mx/contenidos/2007/l_susten/susten1.html (recuperado en diciembre del 2009)
- Martínez Santiago, Roberto. (2006). "Manifiesto por la vida. Por una Ética Para la Sustentabilidad", Revista Iberoamericana de la Educación, no. 40, OIE, enero-abril 2006, 11-14.
- Naciones Unidas. (1998). "Protocolo de Kyoto de la convención marco de las Naciones Unidad sobre el cambio climático", en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf> (consultado en enero del 2010)
- Pojasec, Robert B. (2008). "Framing Your Lean-to-Green Effort" Environmental Quality Management , tqem / Autumn 2008 , 85-93
- Rother, Mike and Shook, John. (1999). "Observar para Crear Valor: Cartografía de la Cadena de Valor para Agregar Valor y Eliminar Muda". The Lean Enterprise Institute.

- Rowe, Debra. (2002). "Environmental literacy and sustainability as a core requirements: Success stories and models" Oakland Community College. Reprinted from Teaching Sustainability at Universities, Walter Leal Filho, editor, Peter Lang, New York, en: <http://www.ncseonline.org/EFS/DebraRowe.pdf> (recuperado en diciembre del 2009)
- Tapping, Don. Luyster, Tom. Shuker, Tom. (2002). "Value Stream Management". Productivity Press. New York.
- Tapping, Donal M. (2003). "The Lean Pocket Guide:tools for the elimination of waste", Running Lean.
- U.S. Environmental Protection Agency EPA. (2007). "The Lean and Energy Toolkit: achieve excellence using less energy" en: <http://www.epa.gov/lean/> (recuperado en diciembre del 2009)
- UNC. (2009). Sustainability Curriculum Inventory Project Report. ENST 698: Environmental Capstone. Spring 2009. University of North Carolina at Chapel Hill, USA.
- Valerie J. Fuchs and James R. Mihelcic. (2007). "Engineering Education for International Sustainability: Curriculum Design under the Sustainable Futures Model. Department of Civil & Environmental Engineering, Michigan Technological University, Houghton, MI 49931. Proceedings of the 2007 ASEE North Midwest Sectional Conference.
- Varela, Felipe. (2005). "¿Qué es el calentamiento global?", en: http://sepiensa.org.mx/contenidos/2005/1_calenta/calentamiento_1.htm (recuperado en diciembre del 2009)
- Womack, James, Daniel Jones. (2003). "Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation" Free Press, New York.
- Worldbank. (2010). "Un nuevo clima para el desarrollo", en: <http://econ.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTDEC/0,,contentMDK:22315999~pagePK:64165401~piPK:64165026~theSitePK:469372,00.html> (consultado en enero del 2010)

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.