

ISSN 1850-0870

# Ciencia y Tecnología

Año XIII, Número 13

Diciembre de 2013

---

Facultad de Ingeniería

Universidad de Palermo | Ciudad Autónoma de Buenos Aires



## Universidad de Palermo

### Rector

Ricardo Popovsky

### Facultad de Ingeniería

#### Decano

Uriel Cukierman

#### Secretaria Académica

Patricia González

© Universidad de Palermo

Mario Bravo 1050

(C1175ABT) Ciudad de Buenos Aires - Argentina

Tel.: (54 11) 5199-4520

E-mail: [revistacyt@palermo.edu](mailto:revistacyt@palermo.edu)

Los artículos publicados en la Revista Ciencia y Tecnología son de exclusiva propiedad de sus autores. Las opiniones y el contenido de los mismos pertenecen a sus autores, declinando la Universidad de Palermo toda responsabilidad por los derechos que pudiera derivarse de la lectura y/o interpretación del contenido de los artículos publicados. No se autoriza la reproducción, utilización ni explotación por parte de ningún tercero de los artículos publicados. Sólo se autoriza su uso para fines exclusivamente académicos y/o de investigación.

## Revista Ciencia y Tecnología

### Director Editorial

Uriel Cukierman, Universidad de Palermo, Argentina

### Coordinadora Editorial

Gabriela Dussault, Universidad de Palermo, Argentina

### Comité Editorial

Esteban di Tada (Universidad de Palermo, Arg.)  
Liberto Ercoli (UTN - FRBahía Blanca, Arg.)  
Hans J. Hoyer (Marquette University, USA)  
Ramiro Jordan (University of New Mexico, USA)  
Lueny Morell (New Engineering University, USA)  
Eduardo Serrano (UBA, UNSAM, Universidad de Palermo, Arg.)

### Comité de Arbitraje

Gerardo Acosta (UNCPBA y Conicet, Arg.)  
Martin Agüero (Universidad de Palermo, Arg.)  
Julio Alvarez (Universidad de Palermo, Arg.)  
Gloria Alzugaray (UTN - FRSF, Argentina)  
Ricardo Armentano (UTN - FRBA, Arg.)  
Patricia Arnal (Universidad de Palermo, Arg.)  
Alaa Ashmawy (American University of Dubai, United Arab Emirates)  
Andrés Bursztyn (UTN - FRBA, Arg.)  
Mario Camuyrano (Universidad de Palermo, Arg.)  
Marta Caligaris (UTN - FRSN, Arg.)  
Luis Canali (UTN - Córdoba, Arg.)  
Zulma Cataldi (UTN, Arg.)  
Maricel Cattaneo (Universidad de Palermo, Arg.)  
Antonio Ricardo Castro Lechtaler (IESE/UBA/UTN, Arg.)  
Liliana Cuenca Pletsch (UTN - FRRE, Arg.)  
Diana Cukierman (University Simon Fraser, Canadá)  
Ana de Biase (Universidad Europea de Madrid, España)  
Armando De Giusti (Universidad Nacional de La Plata, Arg.)  
Marisa De Giusti (Universidad Nacional de La Plata, Arg.)  
Jennifer DeBoer (Vanderbilt University, USA)  
Claudio Delrieux (UNS, Arg.)  
Claudio Dominighini (UTN, Arg.)  
Emmanuel Echeverría (UNAM, Arg.)  
Marcelo Estayno (UTN - FRR, Arg.)  
Mónica Gallino (UNCórdoba, Arg.)  
Sergio García Caso (Treelogic, España)  
Rudy Grether (UTN - FRSF, Arg.)  
Alejandro Hadad (CONICET - UNER, Arg.)  
Hada Graziela Juarez Jeréz de Perona (Universidad Nacional de Córdoba, Arg.)  
Carmen La Gamba (ITS y SAIT, Arg.)

Fabio López (Autoridad Regulatoria Nuclear, Arg.)  
Mónica López Sardi (Universidad de Palermo, Arg.)  
Susana Marchisio (Universidad Nacional de Rosario, Arg.)  
María Mercedes Marinsalta (UTN - FRBB, Arg.)  
Miguel Mayosky (UNLP, Arg.)  
Jerry Mendel (University of Southern California, USA)  
Jorge Nieto-Madrid (Götting KG, Alemania)  
Lucía Passoni (Universidad Nacional de Mar del Plata, Arg.)  
Osvaldo Piantino (Universidad de Palermo, Arg.)  
Ricardo Picicelli (Universidad de Palermo, Arg.)  
Rosa Pósito (UNSJ, Arg.)  
Uma Ramamurthy (Baylor University, USA)  
Marcelo Romeo (Universidad de Palermo)  
Virginia Scotta (Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, UNR, Arg.)  
Guillermo Simari (Universidad Nacional del Sur, Arg.)  
Eduardo Uresti Charré (ITESM, México)  
Krishna Vedula (UML, USA)  
Ricardo Veiga (UBA, Arg.)  
Bernardo Wagner (Leibniz Universität Hannover, Alemania)  
José Zayas-Castro (USF, USA)  
Claudio Zamoszczyk (Universidad de Palermo, Arg.)

#### **Dirección de Arte y Diseño Gráfico**

Departamento de Diseño  
de la Universidad de Palermo

ISSN 1850-0870

Editado por Universidad de Palermo.  
Diciembre de 2013

**Cantidad de ejemplares: 300**

#### **Impresión: MPA**

Luis Saenz Peña 647 (1110)  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires  
Impreso en Argentina / Printed in Argentina



#### **Revista de Ciencia y Tecnología**

Los contenidos de esta publicación están  
disponibles on line ingresando en:  
<http://www.palermo.edu/ingenieria/investigacion-desarrollo/revista-ciencia-tecnologia/index.html>

ISSN on line: 2344-9217



La publicación Ciencia y Tecnología (ISSN 1850-0870)  
forma parte de la plataforma de recursos y servicios  
documentales Dialnet.



La publicación Ciencia y Tecnología  
(ISSN 1850-0870) está incluida en el  
Directorio y Catálogo de Latindex

***Science and Technology*** is an annual journal issued by the School of Engineering at the Universidad de Palermo. This publication covers different developments in various fields of interest, such as telecommunication, electronics, computer science, artificial intelligence, sustainable engineering, urban ecology, industries and industrial processes, information technologies and engineering education.

The journal includes various essays, summaries and reviews of research results, and meritorious papers by graduates, scholars and researchers from the Universidad de Palermo and different universities of the country and overseas.

In order to ensure the quality of the materials to be published, a Board Committee has been formed to assess the different works through a meticulous peer review process.

---

La Revista ***Ciencia y Tecnología*** es una publicación anual de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Palermo, dedicada a las áreas de Telecomunicaciones, Electrónica, Ciencias de la Computación, Inteligencia Artificial, Ingeniería Sustentable, Ecología Urbana, Industrias y Procesos Industriales, Tecnologías de la Información y Enseñanza de la Ingeniería.

En esta revista se publican ensayos, informes y resultados de investigaciones y papers meritorios de graduados, docentes e investigadores de la Universidad de Palermo y de otras universidades del país y del resto del mundo.

Con el propósito de garantizar su calidad, todos estos trabajos son seleccionados a través de un estricto proceso de evaluación por los miembros del Comité de Arbitraje.

# ÍNDICE

Matriz “Importance Performance Analysis” de atributos críticos de satisfacción de alumnos en ciencia y tecnología y medidas correctivas frente a la meta-acreditación institucional. <i>Alexis Bionel Tejedor</i> . . . . .	11
Madera plástica con PET de post consumo y paja de trigo <i>Ángel García-Velázquez, María Guadalupe Amado-Moreno, Marco Antonio Casados-Pérez y Reyna Arcelia Brito-Páez</i> . . . . .	25
Ahorro de Gas Natural en la Cocción de Pastas <i>Eduardo Juan Cavanagh</i> . . . . .	41
Aproximación a la Evaluación de la Calidad de Aplicaciones Web <i>Noelia Soledad Pinto, Nicolas Gabriel Tortosa, Liliana Raquel Cuenca Pletsch, César Javier Acuña, Cristina Greiner y Marcelo Estayno</i> . . . . .	53
Cloud computing en la industria financiera <i>Gastón Bruno</i> . . . . .	69
Competencias genéricas en carreras de ingeniería <i>Adriana Isis Cerato y Monica Gallino</i> . . . . .	83

Sistema de Transporte, Metrópolis y Territorio El caso del Área Metropolitana Córdoba – R. Argentina <i>Pablo Luis Bracamonte, Adriana Isis Cerato, Marcelo Maldonado, Natalia Benito, Juan Pablo Bracamonte, Patricia Maldonado, Adriana Isis Cerato y Monica Gallino</i> . . . . .	95
Vigilancia Tecnológica: directriz para el éxito organizacional. Descripción y contribuciones de una disciplina orientada a la eficiencia de las organizaciones de base tecnológica <i>José Humberto Robin, Rosana Hadad Salomón, Celeste Quiroga Hamoud y Soledad Rasgido</i> . . . . .	109
Evaluación agroindustrial de tres variedades pre comerciales de trigo <i>Marlene Vázquez Mendoza</i> . . . . .	117
Importancia de desarrollar competencias profesionales en ingeniería: caso UPIITA <i>Julie Aideé Segovia Orozco, Mirna Salmerón Guzmán y Blanca Tovar Corona</i> . . . . .	133
Modelado y Control de un Sistema Híbrido de Generación de Energía Eléctrica <i>Omar Aguilar</i> . . . . .	143
Reflexiones en torno a las problemáticas asociadas al cambio conceptual en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ingenierías <i>Omar Oscar Civale</i> . . . . .	159
El conocimiento informático en Ingeniería Industrial. Una visión desde las evaluaciones de la CONEAU <i>Alejandro Héctor Molina, Ricardo Gutierrez, Fernando Buffone, Victoriano Molinari y Facundo Molina</i> . . . . .	175
Blended Learning 2.0 con Mundos Virtuales <i>Calixto Alejandro Maldonado1 y Patricia Etcheverry</i> . . . . .	189

Formación de habilidades de investigación en estudiantes de ingeniería como parte del Servicio Social <i>Danice Deyanira Cano Barrón y Humberto José Centurión Cardeña . . . .</i>	203
Estudio comparativo de la aplicación de 6 modelos de inventarios para decidir la cantidad y el punto de reorden de un artículo <i>Juan Manuel Izar y Héctor Méndez . . . . .</i>	217
Tendencia en la enseñanza de la Ingeniería Mecatrónica y su campo disciplinar. <i>Jose Antonio Aquino Robles, Leonel Germán Corona y Juan Carlos Trujillo C . . . . .</i>	233
Evolución de la calidad del agua de la cuenca Matanza-Riachuelo <i>Maricel Patricia Cattaneo y Estela Mónica López Sardi . . . . .</i>	251
Los indicadores ambientales como herramientas de la economía <i>Estela Monica Lopez Sardi y Maricel Patricia Cattaneo . . . . .</i>	279
El modelo matemático de Fourier para el calentamiento terrestre <i>Felicitas Morales Álvarez. . . . .</i>	293
Estudios de base para el diagnóstico de la laguna Mulitas. Propuesta para su recuperación y manejo sustentable <i>Alejandro Wenceslao Baldovino, Guillermo Jelinski y Lucila Argañaraz . . . . .</i>	309
Conjunto de Indicadores Socioeconómicos para un Sistema de Soporte a la Toma de Decisiones <i>Paola Andrea Londoño Mora, Maria Elena Kurlat y Martín Jorge Agüero . . . . .</i>	327
Incorporación de nuevas estrategias en el aula. Relación entre el impacto académico y el rol asumido por el docente. <i>María del Carmen Maurel, Liliana Raquel Cuenca Pletsch y Nidia Dalfaro . . . . .</i>	337

Sistemas Expertos: Fundamentos, Metodologías y Aplicaciones

*Sebastián Badaro, Leonardo Javier Ibañez y Martín Jorge Agüero* . . . . . 349

Desarrollo de un proceso para el aprovechamiento integral de la toronja

*Esbán Isái Escobedo Álvarez* . . . . . 365

Propuesta para la optimización del monitoreo de sistemas informáticos complejos mediante el empleo de tecnología digital del habla.

*Rafael Alexándero Urdaneta* . . . . . 377

Aprender a Aprender: Desafíos que enfrentan los ingresantes a la Universidad y estrategias para mejorar su experiencia educativa y favorecer su retención

*Uriel Ruben Cukierman y Diana Cukierman* . . . . . 389

Propuesta para la evaluación de la empleabilidad inicial en ingeniería

*Valeria Paola González* . . . . . 403



# INTRODUCCIÓN

El número 13 remite a todo tipo de creencias, algunas positivas, otras no tanto. Los mayas lo consideraban un número sagrado, a diferencia de los babilonios que lo consideraban de mal agüero. También para muchas de las religiones vigentes en la actualidad, este número tiene significados particulares. Digno es de mencionar que en las carreras de fórmula 1 ningún auto lleva ese número y que la empresa Microsoft pasó de la versión 12, de su popular producto Office, directamente a la 14.

Muy lejos de estas creencias y supersticiones, y desde un punto de vista más racional, el 13 es el sexto número primo y también el octavo término de la sucesión de Fibonacci.

Finalmente podemos decir que, para quienes participamos de la elaboración de esta edición que hoy llega a sus manos, el 13 no ha sido un número más. En efecto, este número de la revista incorpora varias novedades significativas, como ser:

- Se ha actualizado el Comité Editorial incorporando a distinguidos colegas de instituciones nacionales e internacionales.
- También se amplió significativamente el Comité de Arbitraje, que incluye en la actualidad a más de 40 profesionales de 8 países.
- Se incorporó la plataforma OJS (Open Journal System) para la administración del proceso de recepción de artículos y aprobación editorial, contemplando también aspectos de indexación y publicación en Web.
- Por otra parte, las respuestas a la convocatoria para publicar en este número establecieron un record absoluto ya que se recibieron 59 trabajos correspondientes a más de 140 autores de 6 países.
- Finalmente, y luego de un riguroso proceso de revisión por pares, resultaron aceptados 28 trabajos, que son los que se incluyen en este volumen.
- No es menos importante destacar que, a partir de este número, la revista suma a la indexación por Latindex, las correspondientes a Dialnet y EBSCO

En síntesis, podemos decir que, si bien el número 13 de Ciencia y Tecnología es por demás excepcional, nuestra intención es conseguir una calidad creciente de la revista. También esperamos que en el futuro se amplíe y diversifique la variedad de temas cubiertos.

No quiero terminar esta breve introducción sin antes agradecer a todas y cada una de las personas que colaboran en la ardua tarea de producir esta revista, ya

sea como miembros del propio equipo editorial, como integrantes del Comité de Arbitraje o como autores. Su participación, tan profesional como desinteresada, es la que hace esto posible.

Sin más introducciones, distinguido lector, lo invitamos a recorrer las páginas de este ejemplar que hoy, orgullosamente, presentamos en sociedad. Seguramente encontrará artículos de su interés. También le pedimos que nos haga llegar sus comentarios y sugerencias, los que serán tenidos muy en cuenta para la mejora continua de la publicación.

¡Qué lo disfrute!

**Ing. Uriel Cukierman**  
Director Editorial

# Matriz “Importance Performance Analysis” de atributos críticos de satisfacción de alumnos en ciencia y tecnología y medidas correctivas frente a la meta-acreditación institucional.

Alexis Bionel Tejedor <sup>1</sup>

## Resumen

La satisfacción del alumno es un pilar del marketing universitario. En un momento, particularmente sensible relacionado al mercado universitario, a la acreditación institucional y a la imagen que emerge de las diferentes unidades académicas y administrativas, se torna importante, no solamente, reubicar si éstas ponen en práctica aquello que realmente enseñan, sino que también conocer el grado de satisfacción a las necesidades solicitadas por sus alumnos. Esta investigación levanta informaciones para conocer el grado de importancia y de satisfacción de los alumnos atendidos durante el proceso de admisión por medio del mapeo el ciclo de servicios, basados en los momentos de verdad. Se utilizó un instrumento con aseveraciones dicotómicas y una escala de Likert de opción simultánea: importancia y satisfacción. Los resultados obtenidos fueron llevados a una matriz IPA (*Importance-Performance Analysis*) de análisis, que considera la percepción del alumno para la toma de decisiones.

**Palabras Clave:** acreditación institucional, mapa de posicionamiento, marketing universitario, momentos de verdad, satisfacción del cliente.

---

Fecha de recepción: mayo 2013 | Fecha de aceptación: octubre 2013

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Mecánica, Centro Regional de Veraguas, Departamento de Materiales y Metalurgia.

## **Abstract**

Student satisfaction is a cornerstone of university marketing. At a particularly sensitive time related to university market, institutional accreditation and the picture emerging from different academic and administrative units, it becomes important not only to define if they put into practice what they actually teach, but also be aware of the satisfaction level related to the needs requested by students. This research gathers information to determine the importance and satisfaction degree of students served during the admission process by mapping the service cycle based on real moments. An instrument with dichotomous assertions and a Likert scale of simultaneous options were used: importance and satisfaction. Results were plotted on the IPA matrix (Importance-Performance Analysis), which considers the student's perception for decision-making.

Keywords: institutional accreditation, positioning map, university marketing, real moments, customer satisfaction.

**Keywords:** institutional accreditation, positioning map, university marketing, real moments, customer satisfaction.

## I. Introducción

La rápida evolución tecnológica que se está presenciando hoy en día, ha colocado a la sociedad frente a nuevos problemas que exigen también soluciones innovadoras. Las universidades, como espacios privilegiados para la apropiación y la producción de conocimientos, tienen como papel fundamental el instrumentar a sus estudiantes y a los profesores para que piensen de forma creativa en el aporte de soluciones, tanto para los antiguos como para los nuevos problemas emergentes de esta sociedad, en constante renovación (Vega-Jurado et al, 2007; Abello, 2007).

Bruner (2008) señala que en todas partes, la educación superior es vista como un pilar de la competitividad de los países, en la cual se debe apoyar su inserción a un sistema económico global que utiliza el capital humano y el conocimiento avanzado como principales gestores de la productividad nacional. Este mismo autor todavía indica, que son las universidades las encargadas de aumentar las oportunidades de formación a favor de jóvenes graduandos de la educación media y de la población en su conjunto, en la perspectiva de la educación a lo largo de la vida. Contrariamente Cabrera González (2008) manifiesta que para lograr lo anterior, ya no es suficiente trabajar como hasta ahora se ha venido haciendo, se tiene que trabajar de otra manera, pues no basta que la universidad sea buena, sino que debe "parecerlo" y por lo tanto, deberá someterse a procesos de acreditación institucional para adaptar las funciones universitarias a las exigencias sociales de su entorno y a las del mercado (Sierra et al, 2009), pues en esta sociedad de la imagen, las universidades necesitan de la suya. Para ser buenos no hace falta el marketing, pero para parecerlo sí (Brum & Denardi, 2005). El concepto de marketing requiere una orientación para el cliente, apoyada por el marketing integrado, en donde la satisfacción de éste es el elemento clave para la obtención de un volumen de servicios lucrativos a largo plazo (Maícas et al, 2007); y se ha constituido en el objetivo imprescindible para las organizaciones, llámense empresas o universidades (Cysne, 2007).

En lo que respecta al segmento de la educación superior en América Latina, vale contextualizar el momento actual del mercado educativo. Si en los años 80 se trataba de un mercado emergente, apetecible, y que invitaba a la entrada de nuevas opciones y soluciones; en los años 90 esa expresión se maximizó por una multiplicidad de la oferta (Urdaneta, 2004), con la creación de inúmeros centros de estudios superiores, con nuevas licenciaturas, nuevos cursos de posgrado (Fernández & Fernández, 2007). No obstante, en la actualidad, se tiene un claro período de expansión en el dominio de la enseñanza superior privada, en función de una nueva política de acceso a la enseñanza superior pública (Chiroleu, 2008; Abarca & Sánchez, 2005; Boucourt & González, 2006), al excedente de la oferta, y en muchos casos, a la falta de calificación (Ramírez, 1999).

Por ejemplo, en Argentina, en la década del 90 se acentúa el proceso de

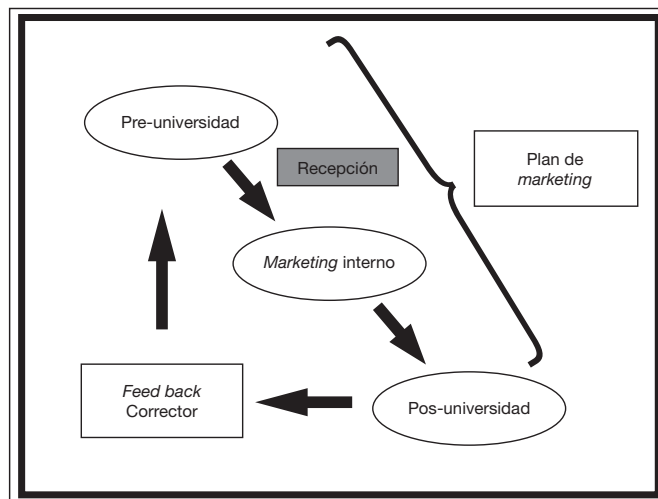
diversificación de la educación superior iniciado con anterioridad. En primer lugar, entre la universitaria y la no universitaria, ya que la matrícula de ésta última creció significativamente y se crearon un alto número de instituciones con muy diversas orientaciones y con muy distintos niveles de calidad (Fernández Lamarra, 2003). Como consecuencia de este ritmo e intensidad de cambio, en lo que respecta al mundo del marketing universitario (Tristán Pérez, 2008) éste es cada vez más complejo, volátil, menos previsible, vulnerable y competitivo. Las empresas educativas tienen que actuar en un entorno dinámico, de cambios rápidos e imprevisibles, en el que las decisiones hay que tomarlas con mayor rapidez y con superiores grados de incertidumbre y riesgo. Adicionalmente, este escenario competitivo plantea a su vez, mayores oportunidades para que las empresas universitarias encuentren el camino adecuado para diferenciarse y posicionarse. Por ello, Cabrera González (2008) establece que el análisis del entorno, de la competencia y de la necesidad del marketing universitario facilitan la reflexión crítica y profunda sobre una realidad cambiante que obliga a las universidades a formular una nueva forma de trabajar que aseguren, no solamente, la calidad, sino también la imagen de la propia universidad de acuerdo con esa calidad. Estas consideraciones presuponen una primera aproximación donde antes bastaba concebir una solución y posteriormente, venderla, ahora es necesario medir su grado de aceptación en el mercado y estudiar en qué condiciones esa oferta puede ser diferenciada, duradera y rentable; razón por la cual el alumno pasó a llamarse cliente y es el que contribuye para la rentabilidad del negocio educativo superior (Veludo-De-Oliveira & Ikeda, 2008). Por otro lado, Barbosa & Minciotti (2007) indican que el Servicio de Atención al Cliente – SAC – está cada vez más presente en la vida moderna de toda empresa – incluyendo a la universitaria -, siendo prácticamente difícil encontrarse un producto o un servicio que no posea un canal de comunicación cliente – empresa. De igual modo, Moreno et al (2008), señalan que, en la actualidad, la calidad se ha convertido en una necesidad para garantizar la continuidad y el progreso de las empresas universitarias generando beneficios que repercutan en los estudiantes, en los directivos, en los empleados y en la imagen de la organización; pues un alumno satisfecho con un servicio está más dispuesto a volver a usarlo en el futuro y a recomendarlo a otros posibles estudiantes (Oliver apud Marzo et al, 2002).

## **I.I. Conceptos de “momentos de verdad”.**

En la sociedad actual, las empresas universitarias realizan ingentes esfuerzos en fortalecer su relación con sus productos y servicios, a la cual le atribuyen priorizaciones emergentes. Por otro lado, la responsabilidad social está modificando

comportamientos y métodos de trabajo en las corporaciones para vincular la producción de bienes y servicios, teniendo como base estándares de calidad, a la imagen corporativa de las actividades académicas y de investigación (Pizarro Bonilla, 2003). Como en todas las áreas de los negocios, existen momentos, particularmente, importantes a lo largo del ciclo de vida de la relación producto – empresa y que en términos educativos se traduce en la relación alumno – universidad. Esos instantes de contacto son los verdaderos indicadores de la imagen que la institución transmite y son los llamados “momentos de verdad”, que según Celeste (2008), dentro del contexto educativo, deben analizarse en tres (3) conjuntos como se presenta en la figura a continuación.

**Figura 1. Marketing educativo: momentos de verdad (Celeste, 2008)**



Al identificar los “momentos de verdad” – que son intangibles y por este motivo su mensuración es más compleja (Crespo & Lucchesi, 2008) - el gestor educacional puede establecer diferentes ambientes en su organización universitaria, no solamente, para alcanzar los objetivos de la institución; sino que también le brinda la oportunidad de conocer, científicamente, la satisfacción del servicio ejecutado por los que actúan en el escenario educativo. Esto le permitirá aprovechar, de la mejor manera, el recurso humano disponible y desarrollar un trabajo multidisciplinar, cuya base sea la satisfacción en el trabajo para el alcance de las metas deseadas (BRADY et al, 2002).

El tema de la satisfacción del cliente – consumidor ha venido siendo estudiado por varios autores (Mcquitty et al, 2000; Godes & Mayzlin, 2004); no obstante dentro del contexto educativo son pocos los trabajos realizados al respecto (Kitcharoen, 2004).

En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo fundamental obtener informaciones y conocer la percepción del estudiante, en términos de importancia y de satisfacción de los servicios solicitados y ofrecidos por el Sistema de Ingreso Universitario del Centro Regional de Veraguas de la Universidad Tecnológica de Panamá y recomendar acciones tendientes a mejorar la imagen institucional.

## II. Materiales y métodos

La investigación de satisfacción de los estudiantes fue desarrollada con aquéllos atendidos por el Sistema de Ingreso Universitario (SIU) del Centro Regional de Veraguas de la Universidad Tecnológica de Panamá y que mostraron algún tipo de interés y/o de afinidad en cursar estudios superiores en esta Institución de Educación Superior (IES). La muestra estuvo constituida por 163 alumnos randomizados que solicitaron servicios al SIU en el período del 2010 al 2011. Para aplicar el instrumento de recolección de datos, fue necesario mapear el ciclo de servicios, desde el primer contacto del cliente con el SIU hasta la recepción de sus respectivos documentos en la Secretaría Académica del Centro Regional, para identificar los momentos de verdad. Estos momentos es en donde el estudiante tiene una experiencia auténtica con el suplidor y consolida su percepción de calidad (Albrecht apud Crespo & Lucchesi, 2008).

A partir del mapeado de todas las entradas y salidas del servicio, fue posible utilizar los criterios de evaluación de la calidad de los servicios definidos por Parasuraman et al (apud Carvalho de Oiveira, 2007) y por Zeithaml et al (2002). Según estos autores, cada criterio de evaluación asume el papel de atributo de la calidad, en el momento que es percibido por el estudiante, y que sirve para posterior análisis de resultados. Los atributos de calidad fueron identificados a partir de una investigación de observación directa extensiva preliminar (investigación de campo), por medio de la aplicación de cuestionarios de aserciones cerradas policotómicas a estudiantes voluntarios que utilizaban frecuentemente los servicios del SIU. Lo anterior permitió extraer diez (10) atributos, los cuales fueron estudiados en esta investigación y se presentan en el Cuadro 1 de la página a continuación.

Las evaluaciones de los atributos investigados se recolectaron por medio de la aplicación de un instrumento con aserciones dicotómicas de opción simultánea, importancia (expectativa) y satisfacción (desempeño) y una escala de Likert modificada, donde los atributos de calidad fueron valorados, asociando una nota a un concepto. Se les solicitó a los sujetos de la investigación atribuir una nota de 1 a 5 (mejor =5) tanto a la importancia del atributo considerado, como a la satisfacción alcanzada por el servicio.



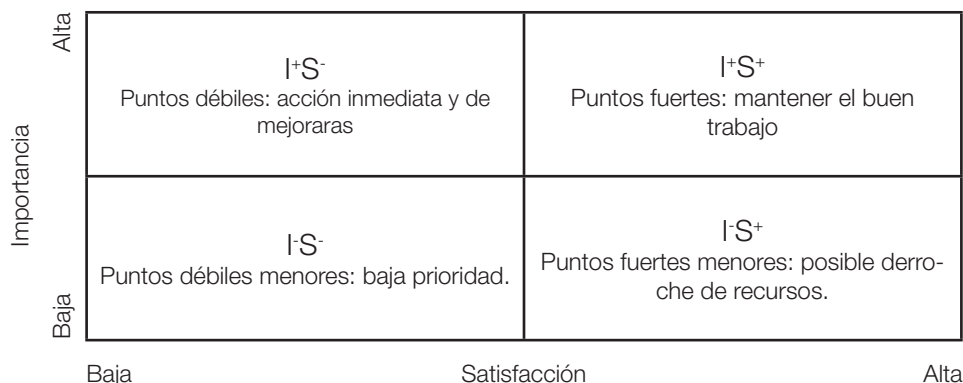
## II.I. Matriz IPA (Importance-Performance Analysis)

El análisis de la matriz IPA definida por Kitcharoen (2004); de importancia y de satisfacción propuesta por Matilla & James (apud Tontini & Santana, 2007) o de cuadro de mejoras (Crespo & Lucchesi, 2008), o mapa de posicionamiento (Bruneer, 2008), le permite a los administradores de las IES tener una visión sobre cuáles atributos de su producto o servicio deben mejorarse.

**Cuadro 1. Atributos de calidad definidos para la investigación.**

Atributos de calidad	Comentarios
Acceso a los contenidos e informaciones.	El primer requisito para una correcta y excelente toma de decisiones de cualquier estructura de aprendizaje es el acceso a la información fácil y fluente. De forma general, ¿cómo cataloga Usted las informaciones solicitadas y dadas por el SIU?.
Prontitud en la obtención de las informaciones.	Se refiere al tiempo en atender a una solicitud de información por el cliente
Competencia técnica.	Es la competencia profesional, además de la amabilidad, la cortesía, y la responsabilidad mostrada por el personal del SIU en atender a su solicitud de información.
Contenido programático del SIU.	Corresponde al cronograma de actividades del conjunto de informaciones relacionadas con todo el proceso de admisión a la UTP.
Planes de estudio.	Se refiere a la diversidad de ofertas académicas de las carreras profesionalizantes ofertadas por la el SIU.
Precio por los servicios.	Son costos por las inscripciones, costos de exámenes y demás actividades conexas.
Localización y ambiente.	Es la localización geográfica del SIU de la UTP en tu provincia y a la ubicación de la oficina en el Centro Regional de Veraguas: la estética, confort térmico, acústico y lumínico y su ambiente de recepción en general
Comunicación telefónica.	Es el contacto telefónico con la oficina del SIU y la atención recibida: prontitud en la llamada, trato y cortesía al teléfono.
Plazo en la entrega de resultados.	Es la divulgación de los resultados de los exámenes según cronograma establecido
Satisfacción general.	Es su percepción del servicio y atención del SIU como un todo, desde su entrada al sistema de ingreso, hasta su culminación con la entrega de la documentación en Secretaría Académica

Los datos provenientes de la investigación se utilizaron para construir una matriz bidimensional, en la cual la importancia (I) se coloca en el eje vertical y la satisfacción (S) en el eje horizontal, de tal manera que la matriz queda dividida en cuatro (4) cuadrantes, como se presenta en la figura 2.



**Figura 2.** Grid estratégico del Mapa de Posicionamiento o del Análisis de Importancia-Satisfacción (Piñeiro et al, 2006).

Por medio de la delimitación de los cuadrantes, los atributos evaluados se sitúan en regiones de alta importancia (I+) y baja satisfacción (S-), baja importancia (I-) y baja satisfacción (S-), alta importancia (I+) y alta satisfacción (S+) y baja importancia (I-) y alta satisfacción (S+). A partir de este cuadro, es posible visualizarse cuáles acciones son prioritarias y cuáles merecen un estudio en términos de mejoras y de marketing por parte de la organización.

### III. Resultados y discusión

El servicio de atención a los estudiantes, está cada día más presente en la vida universitaria. Es por ello que el análisis del entorno, de la competencia y de la necesidad del marketing universitario facilitan la reflexión crítica y profunda sobre una realidad cambiante que obliga a la universidad a plantearse una nueva forma de trabajar que asegure no sólo la calidad, sino también la imagen de la propia universidad de acuerdo con esa calidad.

La primera pregunta que se plantea desde el marketing es: ¿quiénes son los destinatarios de la universidad?, a lo que cabe responder, que no sólo a los alumnos, sino que también a la sociedad, y de forma concreta, al ámbito profesional.

El proceso de determinación del grado de satisfacción de un estudiante requiere,

inicialmente, la correcta identificación de las dimensiones de calidad, consideradas importantes por éste. En este estudio se llegaron a encuestar 92 estudiantes de los 163 inicialmente determinados en el análisis muestral; ésto representa un error global en torno al 8%.

La investigación se basó en la técnica de atributos críticos, para la determinación de las necesidades del estudiante. Este método tuvo la ventaja, de que fueron los propios alumnos los que definieron sus propias necesidades de servicios por parte del SIU del Centro Regional de la Universidad Tecnológica de Panamá en los momentos de verdad.

La metodología utilizada presenta resultados a partir de los "momentos de verdad" de los servicios, o sea, momentos en los cuales los estudiantes entraron en contacto con cualquier sección del Centro, interactuando con los funcionarios (docentes o administrativos) y vivenciando la experiencia del servicio prestado; razón por la cual se intenta determinar cuáles son las expectativas y necesidades de los estudiantes, para el mejoramiento continuo de la oferta de servicios y mantener a los alumnos satisfechos.

En el momento de la toma de decisiones es importante tener una visión dinámica del servicio. Así, se torna fundamental utilizar los resultados de la investigación, como herramienta para la aproximación a los estudiantes a la ecología universitaria, promover la medición de la mejora continua de los procesos y evaluar el gap competitivo del mercado universitario.

En la figura 3, están relacionados los 10 atributos levantados en los momentos de verdad, en términos de importancia y el grado de satisfacción por los servicios solicitados y recibidos por los estudiantes.

La matriz obtenida, permite tener una visión amplia de la calidad del servicio solicitado, a partir de la percepción del estudiante, relacionando su expectativa y el desempeño de la institución.

Por medio de la delimitación de los cuadrantes, es posible visualizar cuáles acciones son prioritarias y cuáles requieren de un estudio, en cuanto a mejoras se refiere.

Se entiende como acción inmediata el cuadrante en el cual el estudiante le atribuye gran importancia al atributo y su satisfacción es baja. La investigación realizada, permitió identificar que en este cuadrante están los atributos económicos, las condiciones geográficas de accesibilidad y de informaciones gráficas (planes de estudios) y personales.

Es decir, que relación a los incidentes críticos se evidenciaron que la percepción de la calidad de los servicios de atención al estudiante, se ve seriamente perjudicada por los costos de los servicios del SIU, la precaria información solicitada vía telefónicamente, la localización geográfica de las instalaciones del centro universitario, en términos de transporte colectivo y periodicidad, y la carencia de planes de estudios disponibles a la hora de su solicitud.

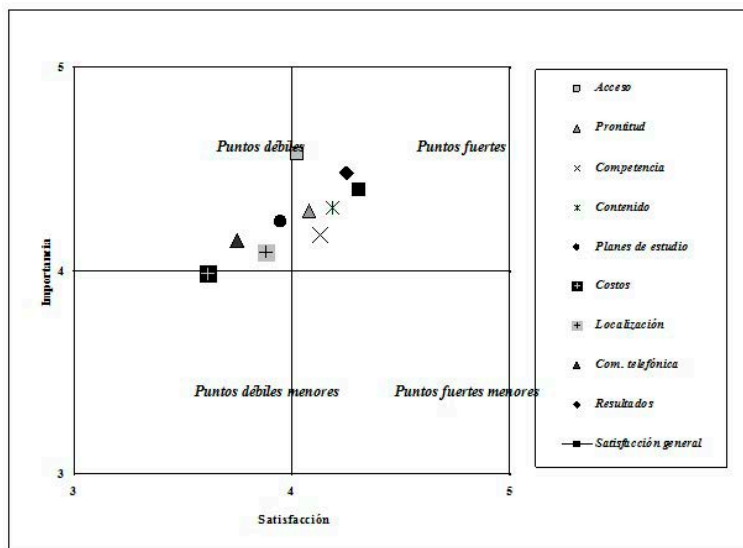


Figura 3. Grid estratégico de la matriz IPA del Sistema de Ingreso Universitario del Centro Regional de Veraguas de la Universidad Tecnológica de Panamá.

Los aspectos antes determinados, son indicadores de acciones inmediatas que los gestores administrativos de esta IES tendrán que solucionar, ahora no solamente para dar respuestas a las necesidades de los estudiantes, sino que también estas mejoras evidenciadas deben formar parte del Plan de Desarrollo Institucional – PDI- del Centro Regional de Veraguas de la Universidad Tecnológica de Panamá tendientes a la futura meta-acreditación universitaria.

Para detallar las necesidades de los estudiantes y visualizar mejor sus deseos; en la figura 4, se representa un gráfico radial de los niveles de satisfacción y de importancia de los atributos estudiados.

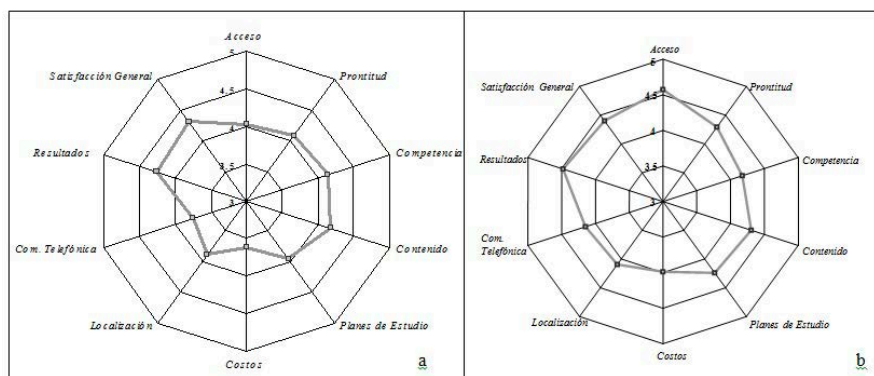


Figura 4. Gráfico radial para los atributos de (a) satisfacción y (b) importancia según la percepción de los estudiantes del SIU-CRV- UTP

En la figura presentada, se puede observar que en términos de importancia, los 10 atributos estudiados, presentan un comportamiento más uniforme, según la percepción de los estudiantes, que su congénere de satisfacción por los servicios prestados para esos mismos atributos. O sea, el estudiante le da un nivel de importancia a un determinado servicio solicitado, pero en compensación la IES le brinda ese servicio a un nivel que no llena sus expectativas.

En este sentido, se deben tomar medidas correctivas para afrontar con seriedad la planificación de la institución; lo cual se constituye en un reto para la universidad de cara a los próximos años en los que se aventuran cambios altamente significativos.

#### **IV. Conclusiones**

Ante el descenso de la población estudiantil universitaria y a la necesidad de seguir ofreciendo atractivos académicos, investigativos y de extensión; y de tener asegurado el futuro de las IES, se hace necesario aportar valores añadidos a los servicios universitarios prestados.

Los resultados de la investigación realizada, permiten verificar los conceptos de satisfacción y de importancia, evaluadas por medio de atributos de los estudiantes, como fuentes de referencias para el mejoramiento continuo en la prestación de servicios universitarios, mejoras en la calidad y en la toma de decisiones estratégicas y consecuente ejecución del plan de mejoras con miras a la meta-acreditación institucional.

El análisis de la matriz de importancia y satisfacción, permitió tener una visión clara sobre cuáles atributos de servicios deben corregirse: mejoras en los costos de los servicios del SIU, mejoras en el suministro de informaciones vía telefónica, acercamiento con la cooperativa de transporte inter-urbano y una mejor distribución de los planes de estudios ofertados.

## V. Referencias bibliográficas

Abarca, S. & Sánchez, M. A. 2005. La deserción estudiantil en la educación superior: el caso de la universidad de Costa Rica. *Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación*. v. 5, 11 – 20 p.

Abello, R. Ll. 2007. Factores claves en las alianzas universidad – industria como soporte de la productividad en la industria local: hacia un modelo de desarrollo económico y social sostenible. *Investigación y Desarrollo*, v. 15, n. 1, 208 – 225p.

Barbosa, T. A. C. & Minciotti, S. A. 2007. Serviço de atendimento ao cliente terceirizado ou próprio?: uma análise da satisfação do cliente usuário. *RBGN Revista Brasileira de Gestão de Negócios* [online] [cited 10 March 2008; 9:25 h]. Available from: <http://200.169.97.103/seer/index.php/RBGN/article/view/148/96>

Brady, M. K.; Cronin, J. J. & Brand, R. 2002. Performance-only measurement of service quality: a replication and extension. *Journal of Business Research*. v. 55, 17 31 p.

Brunner, J. J. 2008. *Tendencias recientes de la educación superior a nivel internacional: marca para la discusión sobre procesos de aseguramiento de la calidad*. [online]. [cited 07 March 2008; 14:19 h], Available from: <<http://mt.educarchile.cl/archives/Tendencias%20recientes.pdf>>.

Brunner, J. J. 2008 *Sistema privatizado y mercados universitarios: competencia reputacional y sus efectos*. [online]. [cited 16 March 2008; 10:59 h], Available from: <<http://mt.educarchile.cl/mt/jbrunner/archives/EsPrv&Mer.pdf>>.

Brum, J. M. B. de & Denardin, E. B. 2005. Satisfação do cliente pessoa jurídica em uma agência da caixa. In: SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 9, Santa Maria, RS, Brasil, 2005. *Anales*, p. 495

Boucourt, J. & González, M. 2006. Perfil socioeconómico y demográfico del estudiante de nuevo ingreso a la Universidad del Zulia: análisis comparativo cohortes 98-99; 99-2000; 2000-2001; 2001-2002. *Revista Venezolana de Ciencias Sociales*. v. 10, n. 1, 86 – 104 p.

Cabrera González, A. 2008. *Marketing universitario*. [online]. [cited 04 March 2008; 12:40 h], Available from: <[http://campured.artmedialabs.com/forouniversitario/pdfs/mesas\\_redondas/maria\\_angeles\\_cabrera.pdf](http://campured.artmedialabs.com/forouniversitario/pdfs/mesas_redondas/maria_angeles_cabrera.pdf)>.

Carvalho de Oliveira, R. 2007. Evidences from link between quality and royalty in e-service: an empirical study. *Revista Eletrônica Sistema & Gestão*. v. 2, n. 1, 1 – 15 p.

Chiroleu, A. 2008. Admission to university: Sailing troubled waterts. *Educ. Soc.* [online]. 1998, vol. 19, no. 62 [cited 10 March; 14:33 h], pp. 81-103. Available

from: doi: 10.1590/S0101-73301998000100005

Crespo, K. & Lucchesi, D. 2008. *Pesquisa de satisfação de clientes: um indicador da qualidade em serviços tecnológicos*. [online]. [cited 26 February 2008; 10:25 h], Available from: <[http://www.otg.org.br/textos/artigos\\_otg/32medicaosatisfacaocliente.pdf](http://www.otg.org.br/textos/artigos_otg/32medicaosatisfacaocliente.pdf)>.

Celeste, P. 2008. *Marketing universitario*. [online]. [cited 04 March 2008; 15:25 h], Available from: <[http://www.pca\\_marketing.com/files/marketing\\_universitario.pdf](http://www.pca_marketing.com/files/marketing_universitario.pdf)>.

Cysne, M. 2007. Transferência de tecnologia entre a universidade e a indústria. *Encontros Bibli: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação, América do Sul*, v.10, 6 – 11 p.

Fernández Lamarra, N. 2003. Evaluación y acreditación en la educación superior en Argentina. In. IESAL, *La evaluación y la acreditación en la educación superior en América Latina y el Caribe*. UNECO, p. 3- 33.

Fernández, S. A. & Fernández, S. L. 2007. Evolución de la educación superior costarricense: un análisis de su modelo de financiación. *Actualidades Investigativas en Educación*. v. 7, n. 2, - 23 p.

Godes, D. & Mayzlin, D. 2004. Using online conversations to study word-of-mouth communication. *Marketing Science*. v, 23, n. 4, 545 – 60 p.

Kitchaoren, K. 2004. The importance-performance analysis of service quality in administrative departments of private universities in Thailand. *ABAC Journal*. v. 24, n. 3, 20-46 p.

Maicas, J. P. L.; Polo, Y. R. & Sesé, F. J. O. 2007. El papel de los costes de cambio en las relaciones con los clientes a largo plazo. *Universia Business Review*. n. 014, 42 – 55 p.

Marzo, J. C.; Tur, V. M.; Ramos, J. & Pieró, J. M. 2002. La satisfacción del usuario desde el modelo de la confirmación de expectativas: respuesta a algunas interrogantes. *Psicothema*, v. 14, n. 004, 765 – 770 p.

McQuitty, S.; FINN, A. & WILEY, J. B. 2000. Systematically varying consumer satisfaction and its implications for product choice. *Academy of Marketing Science*. v. 2000, n. 10, 1 – 15 p.

Moreno, F. C.; Pardo, I. Q. & Gómez, J. M. 2008. La calidad percibida de los servicios deportivos: diferencias según instalación, género, edad y tipo de usuario en servicios náuticos. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. v. 4, n. 4, 25 – 43 p.

Piñeiro, J. A.; Mallou, J. V. & Boubeta, A. R. 2006. El análisis de importancia-valoración aplicado a la gestión de servicios. *Psicothema*. v. 18, n. 004, 730 – 737 p.

Pizarro Blinilla, L. 2003. La imagen corporativa, una estrategia del nuevo perfil del bibliotecario. *El profesional de la información*. v. 12, n. 6, 464 – 66 p.

Ramirez, R. M. M. 1999. La dialéctica de la calidad universitaria en las políticas de modernización para la educación. *Papeles de Población*. v. 20, 225 – 260 p.

Sierra, J.C.; Buela-Casal, G.; Bermúdez, M. de la P. & Santos-Iglesias, P. 2009. Importancia de los criterios e indicadores de evaluación y acreditación del profesorado funcionario universitario en los distintos campos de conocimiento de la UNESCO. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*. v. 6, n. 2, 49 – 59p.

Tontini, G. & Santana, A. J. 2007. Identificação de atributos críticos de satisfação em um serviço através da análise competitiva do gap de melhoria. *Gestão & Produção*. v. 14, n. 1, 43 -54 p.

Trista Pérez, B. 2008. *Aproximación a un marketing universitario*. [online]. [cited 04 March 2008; 13:25 h], Available from: <[http://www.dict.uh.cu/Revistas/Edu\\_Sup/012002/Art020102.pdf](http://www.dict.uh.cu/Revistas/Edu_Sup/012002/Art020102.pdf)>.

Vega-Jurado, J.; Fernández-de-Lucio, I. & Huanca-López, R. 2007. ¿La relación universidad-empresa en América Latina: apropiación incorrecta de modelos foráneos?. *Journal of Technology Management & Innovation*. v. 2, n. 2, 97 – 109 p.

Veludo-de-Oliveira, T M. & Ikeda, A. A. 2008 Valor em serviços educacionais. *RAE eletrônica*. [online]. 2006, vol. 5, no. 2 [cited 18 March; 19:15 h]. Available from: doi: 10.1590/S1676-56482006000200003

Urdaneta, C. 2004. Neoliberalismo, Universidad y proyecto UBV. *Revista Venezolana de Ciencias Sociales*. v. 8, n. 002, 334 – 344 p.

Zeithaml, V. A.; Parasuraman, A. & Malhotra, A. 2002. Service auality delivery trough web sites: a critical review of extant knowledge. *Journal of the Academy of Marketing Science*. v. 30, n. 4, 362 – 375 p.



## **Madera plástica con PET de post consumo y paja de trigo**

Ángel García-Velázquez<sup>1</sup>, María Guadalupe Amado-Moreno<sup>1</sup>, Marco Antonio Casados-Pérez<sup>1</sup> y Reyna Arcelia Brito-Páez<sup>1</sup>

### **Resumen**

El objetivo de la investigación fue desarrollar un material compuesto de polietileno tereftalato (PET) de post consumo y paja de trigo, para la elaboración de madera plástica. El PET es el plástico de mayor volumen y tonelaje en los rellenos sanitarios y basureros de Mexicali, Baja California, México. Por otro lado, la paja de trigo es un desecho agrícola en el Valle de Mexicali. Lo anterior motivó la realización de la investigación, pues existen en la zona bajos porcentajes de reciclado del PET y paja de trigo para materiales compuestos. Se aprovechan principalmente las propiedades mecánicas del PET reforzado con paja de trigo pulverizada para elaborar el material compuesto. La madera plástica obtenida de estos dos materiales de desecho no presenta poros, se puede: taladrar, lijar, pulir, cortar con sierra manual o eléctrica, por lo que, puede utilizarse para la elaboración de tarimas industriales, mesas, sillas, libreros, escritorios, entre otras aplicaciones.

**Palabras Clave:** Material compuesto, PET de post consumo, madera plástica.

## **Abstract**

The aim of the research was to develop a composite of post-consumer polyethylene terephthalate (PET) and wheat Straw to produce wood plastic. PET is the plastic with more volume and tonnage in landfills and dumps of Mexicali, Baja California, Mexico. On the other hand, wheat straw is an agricultural waste from the Mexicali Valley. This led to conduct a research in the area since it shows low percentages of PET and wheat straw recycling for composites. The mechanical properties of PET reinforced with pulverized wheat straw are mainly used to prepare composites. Wood plastic obtained from these two waste materials has no pores and can be drilled, sanded, polished, cut with hand or power saw. Wood plastic can be used for producing industrial flooring, tables, chairs, bookcases, desks among others.

**Keywords:** composite, post-consumer PET, wood plastic.

## Introducción

Los primeros pobladores de lo que ahora es la ciudad de Mexicali, Baja California (B. C), México, se establecieron a la orilla del Río Nuevo. En el margen de este río crecía y sigue creciendo una planta endémica llamada “cachanilla”, que al combinarse con lodo, sirvió como material para fabricar sus casas, siendo totalmente ecológicas. El aprovechamiento de los recursos disponibles ha estado presente entre los habitantes de la región.

Actualmente los pobladores de Mexicali, B. C., enfrentan problemas de contaminación derivados del consumo de productos embotellados y de la quema de residuos agrícolas.

El polietileno tereftalato, mejor conocido como PET, es uno de los materiales más utilizados en la industria embotelladora. Por la resistencia y liviandad del material, favorecen el manejo y distribución de productos, lo que ha impulsado el desarrollo de la industria al diversificar su producción. Sin embargo, derivado del alto nivel de consumo de productos embotellados, se tienen también, grandes cantidades de residuos de PET (García, 2006).

Los datos indican que los mexicanos consumen un promedio de 6.5 kg/año de PET, generando 103,000 toneladas de desechos del mismo. Los envases de PET ocupan entre el 2-4% en peso y entre el 7-10% en volumen en los rellenos sanitarios en el país. De estos sólo se recicla el 5.2 % (Cox, 1952), (Flores, 2010).

Las botellas de PET se encuentran frecuentemente en los basureros públicos y rellenos sanitarios, contaminando ríos y mares (García C. , 2010).

La ciudad de Mexicali, B. C., al igual que otras ciudades del país, presenta contaminación por botellas de PET. Es por ello necesario su rehúso y/o reprocesado.

Otro problema que se presenta en esta ciudad es la contaminación del aire por la quema de residuos agrícolas, en particular la paja de trigo.

El volumen de contaminantes producidos en Mexicali, por la quema de paja de trigo presenta un factor de carga de 4.75 toneladas de desperdicio del cultivo por hectárea. En el Valle de Mexicali se siembran aproximadamente 273,643 hectáreas de trigo, muchas más que otros cultivos. Se calcula que se emiten a la atmósfera, 233, 19.5, y 8.75 kilogramos de contaminantes de CO, hidrocarburos  $C_nH_{2n+2}$  y NO<sub>2</sub> por hectárea quemada (Quintero, 2008).

El problema de contaminación en la ciudad exige la realización de investigaciones que favorezcan el rehúso y/o reprocesado de materiales de desecho. Es por ello que se realizó esta investigación, con la finalidad de aprovechar los materiales de desecho que se encuentran en la región, tanto el PET como el residuo de paja; siendo su reprocesamiento un área de oportunidad.

La investigación se llevó a cabo en una Institución de Educación Superior en México: el Instituto Tecnológico de Mexicali, en Baja California. En ella

participaron académicos de la institución y estudiantes de ingeniería química.

El objetivo de la investigación fue desarrollar una placa de material compuesto con PET de post consumo y paja de trigo para obtener con su reprocesado una madera plástica.

El rehúso de las botellas de plástico y paja de trigo permitió elaborar un material compuesto que es aquel que se obtiene al mezclar dos o más materiales distintos sin que ocurra reacción química entre ellos. La combinación adecuada de ellos origina materiales con mejores propiedades que las partes que lo componen por separado. El material compuesto está constituido por el material de refuerzo y una matriz. El primero de ellos es el elemento que otorga la resistencia y el segundo actúa como aglutinante (Plueddemann, 1974), (Cox, 1952).

El material de refuerzo tiene como objeto soportar el esfuerzo aplicado, mientras que a la matriz le corresponde transmitir de forma efectiva y uniforme el esfuerzo hacia todo el material (Sato, 1962), (Chon, 1980).

## Metodología

El procedimiento general consistió en 5 etapas:

- Acopio, separación, lavado y molido de las botellas de PET.
- Acopio, molido y cernido de la paja de trigo.
- Extrusor utilizado para el mezclado del PET con paja de trigo.
- Diseño de experimentos para elaborar el material compuesto.
- Elaboración de probetas para realizar las pruebas de resistencia al impacto y dureza del material compuesto.

### Descripción de las etapas de la investigación.

**Etapas 1:** Acopio, separación, lavado y molido de las botellas de PET.

La primera parte de esta etapa se inició con una campaña para acopio y recolección de botellas de todo tipo de plástico. Se colocaron contenedores en la Institución y se recopiló en parques, con familiares y en la comunidad. Se realizó un acopio de aproximadamente 560 kg de plástico en botella. En la Figura 1 se observa parte del plástico recolectado.



**Figura 1.**  
Acopio de plástico en botella.

Posteriormente se realizó la separación y lavado de las botellas de plástico, manualmente se separó las botellas de PET por colores. Se les retiró la etiqueta, tapones y la corona ya que estas están hechas de polietileno de alta densidad.

El lavado se realizó con agua corriente con el fin de eliminar impurezas, residuos de líquidos y todo aquel material incompatible con el PET que pudiera contaminar el proceso.

Las botellas limpias y por colores se separaron en bolsas para posteriormente molerse. Se trabajó con las botellas de PET transparentes para eliminar el factor de pigmentación en la fórmula del producto a obtener.

Se molió el plástico transparente y limpio a un tamaño de partícula de 3 a 9.5 mm con el fin de facilitar su fundición en el extrusor y se almacenó en contenedores para su posterior procesado. En la Figura 2 se muestra el plástico limpio, el molino utilizado y el PET molido.



Figura 2. Molido del PET.

### Etapa 2: Acopio, molido y cernido de la paja de trigo.

Se realizó el acopio de 200 kg de paja de trigo en pacas de 25 kg, la cual se molió aplicando esfuerzos cortantes para deshacer por completo la paja, esto se realizó en un molino para semilla marca Swissmex Modelo LX 300 accionado por tractor, mostrado en la Figura 3.



Figura 3. Molido de la paja de trigo.

La paja triturada y molida conservó una geometría alargada, por este motivo fue necesario cernir para separar partículas y facilitar su incorporación con el PET en la mezcla a fundir. La paja fue cernida en un tamizador para obtener tamaños de partícula con malla 14 (1.41 mm), 20 (0.84mm), 30 (0.59mm) y 40 (0.42mm) como se observa en la Figura 4.



Figura 4. Paja cernida con malla 14, 20, 30 y 40.

**Etapa 3:** Extrusor utilizado para el mezclado del PET con paja de trigo.

Se preparó el extrusor y el sistema hidráulico mostrado en la figura 5, el extrusor cuenta con un tornillo con una configuración (longitud/diámetro)  $L/D = 20$  sin secciones de venteo en el cual se realizó la fundición y la mezcla de PET - paja de trigo. Se determinaron las temperaturas de calentamiento al cañón para obtener buena fluidez de la mezcla.

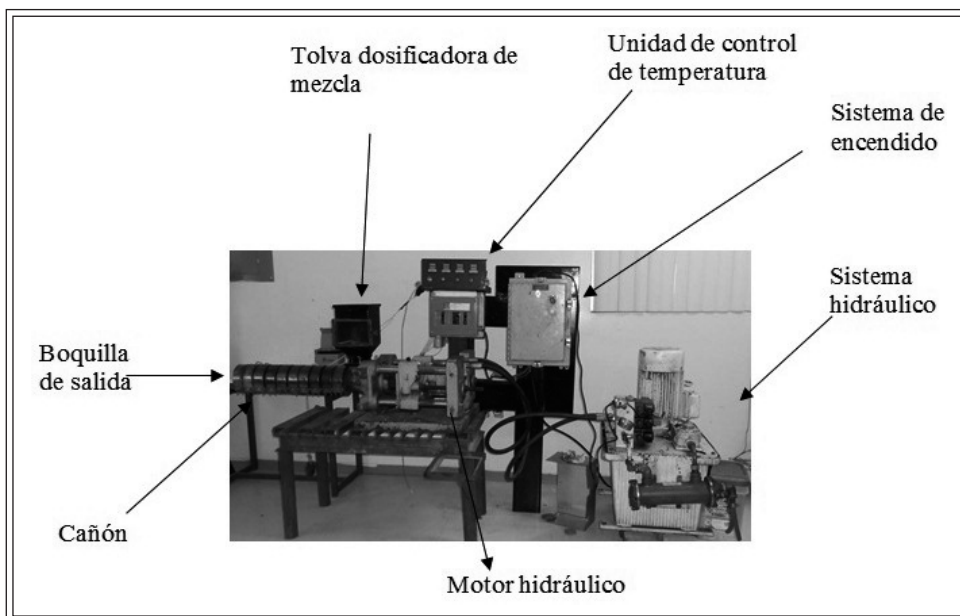


Figura 5. Extrusor-sistema hidráulico.

**Etapa 4:** Diseño de experimentos para elaborar el material compuesto de PET de post consumo y paja de trigo.

El diseño de experimentos se realizó basado en:

- a) Porcentaje en peso de paja de trigo.
- b) Tamaño de partícula de paja de trigo.

En la Tabla 1 se muestra el diseño de experimentos, realizado con dos factores que fueron tamaño de partícula y porcentaje en peso de paja de trigo con cuatro niveles cada uno.

**Tabla 1.** Diseño de experimentos con dos factores (paja de trigo y tamaño de partícula).

% en peso de Paja de trigo	Tamaño de Malla			
	14 (1.41mm)	20 (0.84mm)	30 (0.59 mm)	40 (0.42 mm)
30				
40				
50				
60				

En esta investigación se utilizó la paja de trigo como material de refuerzo y el PET como material aglutinante o de unión. Se planteó no utilizar aditivos que encarecieran el proceso.

La mezcla de los componentes se realizó en un extrusor mono-husillo con relación  $L/D = 20$ . Las temperaturas utilizadas en las tres zonas de calentamiento del extrusor fueron de 215, 200 y 190 °C respectivamente, con una velocidad de 40 rpm.

**Etapas 5:** Elaboración de probetas para realizar las pruebas de resistencia al impacto y dureza del material compuesto.

La elaboración de las placas para cortar y maquinar las probetas para la resistencia al impacto, tensión y dureza se realizaron en una prensa de platos calientes marca Hull modelo 70-AX-2299, mostrada en la figura 6.



**Figura 6.** Máquina de moldeo por transferencia de platos calientes, marca Hull.

En esta etapa se moldeó por transferencia placas de 6.35 mm de espesor en la prensa de platos calientes a una presión de transferencia de 8200 KPa y con una temperatura en los platos de 200°C, de donde se maquinaron las probetas para realizar las pruebas de dureza shore D según la norma ASTM D2240 y de resistencia al impacto según la norma ASTM D256-93.

Para la realización de las probetas se utilizó la norma ASTM D4703d que es la indicada en la preparación de probetas por moldeo en prensa. En el proceso se observó que fue necesario el control preciso de las variables: temperatura de las tres zonas del extrusor, temperatura y presión del moldeo por transferencia.

Para la medición de resistencia al impacto se realizaron 10 probetas para cada combinación de factores, las cuales tienen la forma y dimensiones mostradas en la figura 7 y en la figura 8 las probetas elaboradas. Las probetas obtenidas tuvieron un acondicionamiento por 24 horas a 23°C con una humedad relativa del 50%.

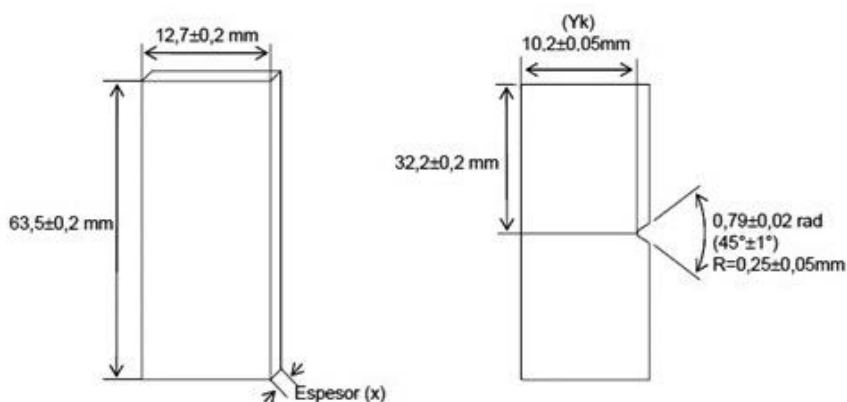


Figura 7. Probeta para pruebas de impacto, según la Norma ASTM D256-93.



Figura 8. Probetas para las pruebas de impacto.



A cada probeta se le hizo una muesca con una fresadora transversal cuidando que no hubiese calentamiento. Posteriormente, se utilizó una máquina de impacto Monsanto Tensómetro de doble brazo, mostrado en la figura 9, que utiliza una velocidad de impacto de 3.5 m/s en la prueba Charpy, para medir la energía absorbida en la ruptura de las muestras, el valor de esta energía es definido como la diferencia entre la energía inicial del péndulo y la energía remanente en el péndulo después de romper la muestra.

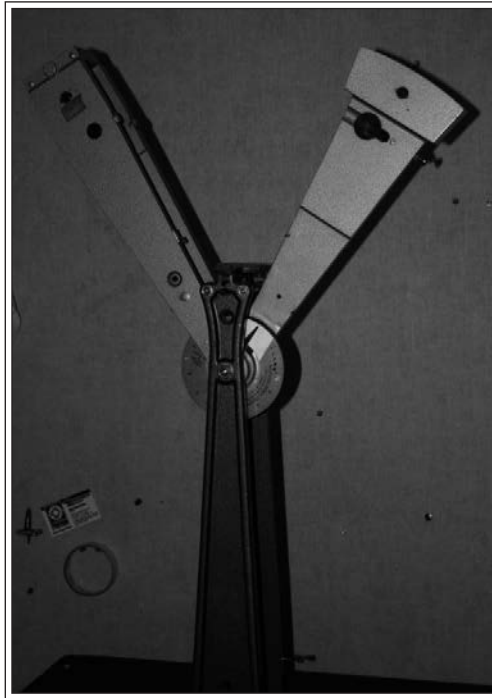


Figura 9. Máquina para realizar las pruebas de impacto.

La resistencia al impacto se determinó por la relación

$$E = \frac{A_k \times 10^3}{x \cdot Y_k} \quad (1)$$

Dónde:

EI: Energía de impacto.

Ak: Energía de impacto absorbida por el espécimen, en Joules.

x: Espesor de la muestra.

Yk: Distancia entre el fondo de la ranura y la cara opuesta a ésta en mm.

Se midió dureza Shore D en las probetas obtenidas para las diferentes combinaciones de paja y tamaño de partícula. Esta prueba se realizó según la norma ASTM D2240. Se utilizó un durómetro marca SUND00 modelo LX-D para plásticos duros.

Las dimensiones de las probetas utilizadas para la medición de dureza fueron de un espesor de 6.7 mm con superficies planas. Estas probetas se acondicionaron durante 3 horas a 23 °C con una humedad del 50%. En la Figura 10 se muestran las probetas para las pruebas de dureza.

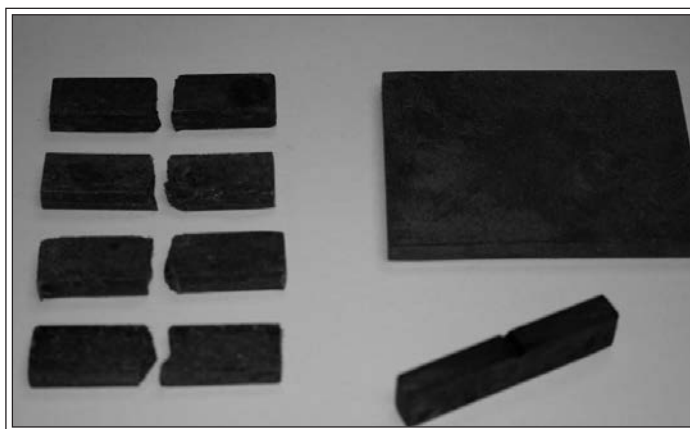


Figura 10. Probetas para las pruebas de dureza.

Se muestran en la Figura 11 placas de madera plástica con PET y 30% de paja con malla 14, 30 y 40 respectivamente y en la Figura 12 placas elaboradas solo con PET de post consumo.



Figura 11. Placas de madera plástica con 30% de paja (malla 14, 30 y 40) y PET



Figura 12. Placas elaboradas con PET de post consumo.

## Resultados y discusión

En la Tabla 2 se muestran los valores promedio de la resistencia al impacto en las probetas obtenidas y la desviación estándar en cada una de las combinaciones realizadas. Es posible observar que para los diferentes tamaños de malla, al incrementar el porcentaje de paja se obtiene mayor resistencia al impacto. Sin embargo, con 40% de paja la mezcla muestra muchos problemas de procesabilidad y no fue posible realizar esta combinación.

De las probetas fracturadas, se observó que para todos los tamaños de malla las probetas presentaron fracturas demasiado frágiles. En algunos casos las probetas se rompieron en más de dos pedazos.

/	Energía de Impacto absorbida Promedio (KJ/m <sup>2</sup> )							
	14		20		30		40	
% de paja	14	DE	20	DE	30	DE	40	DE
10	52.489	12.674	45.138	9.627	49.591	7.541	44.455	9.182 20
20	53.482	12.009	44.054	8.768	51.563	14.484	63.189	15.359
30	62.079	8.810	46.916	12.669	59.924	17.899	56.617	13.660

DE = Desviación estándar

Se observó lo siguiente:

1. Al incrementar el porcentaje de paja se obtiene:

- Mejora en la resistencia al impacto.
- Se dificulta el mezclado en el extrusor.
- Aumentan la cantidad de vapores emitidos durante mezclado y moldeo.
- Se quema con mayor facilidad la paja.

2. No se realizaron las pruebas con el 40 % de paja de trigo porque la placa obtenida presentaba una consistencia muy baja.

La energía de impacto absorbida por la madera está en el intervalo de 36–250 kJ/m<sup>2</sup>.

Adicionalmente se realizaron combinaciones de polipropileno (PP) y polietileno de alta densidad (HDPE) con PET y paja de trigo, los valores de la resistencia al impacto en las probetas obtenidas se muestran en la Tabla 3.

La incorporación de Polipropileno y Polietileno de alta densidad en la mezcla de paja de trigo y PET en las pruebas de impacto permitieron incrementar la energía de fractura y reducir la fragilidad. La incorporación de estos plásticos a la mezcla facilita considerablemente la procesabilidad en el mezclado y capacidad de moldeo.

**Tabla 3.** Valores promedio de la resistencia al impacto en las probetas obtenidas de la mezcla de PET y paja con otros componentes.

Probetas	Energía de Impacto absorbida Promedio (KJ/mm <sup>2</sup> ) Tamaño de partícula, malla	
	40	Desviación estándar
PET	43.285	8.879
PET + 20% de polipropileno	59.394	3.502
PET + Paja + polietileno de alta densidad	66.413	4.077

La incorporación de polipropileno (PP) y polietileno de alta densidad (HDPE) en la mezcla:

- Incrementa la energía de fractura.
- Reduce la fragilidad.
- Facilita la procesabilidad en el mezclado.
- Reduce la cantidad de humos emitidos
- Mejora la capacidad de moldeo.
- Reducen porcentajes de cristalización del PET

En la Tabla 4 se observa en los tamaños de partícula con malla 20, 30 y 40 que al incrementar el porcentaje de paja la dureza decae, sin embargo, con el tamaño de partícula de malla 14 no se aprecia este comportamiento, por lo que, se considera que para este tamaño de partícula no es posible lograr buena unión entre la paja y el PET, ya que este no recubre completamente la partícula de paja.

**Tabla 4.** Valor de dureza en las probetas obtenidas.

/	Valor de dureza Tamaño de partícula, Malla		
	14	20	30
% DE PAJA	14	20	30
10	53	57	56
20	68	62	59
30	66	66	62
40	68	65	60

Se muestran en la Tabla 5 los valores de dureza de las probetas realizadas solo con PET y puede observarse que son las que presentan mayor dureza, cabe mencionar que la dureza del PET virgen es 63 Shore D, menor que la dureza obtenida en este trabajo para el PET reciclado, debido a las pérdidas de las propiedades y reducción de viscosidad intrínseca del reciclado mismo. La dureza de las probetas con polietileno de alta densidad y polipropileno no son las más altas, pero es importante resaltar la buena miscibilidad alcanzada entre la paja de trigo, el PET y el polipropileno o en su caso el Polietileno de alta densidad (HDPE).

**Tabla 5.** Valor de dureza en las probetas obtenidas de la mezcla de PET y paja con otros componentes. Tamaño de partícula, Malla 40.

Probetas	Valor de dureza
PET	78
PET+10% HDPE + 10% Paja	64
PET + 10% PP + 10% Paja	66

Las probetas realizadas con PET presentan mayor dureza, la dureza del PET virgen es 63 Shore D, menor que la dureza obtenida en este trabajo para el PET reciclado, debido a las pérdidas de las propiedades y reducción de viscosidad intrínseca del reciclado mismo.

## Conclusiones

Se logró el objetivo general de la investigación al desarrollar un material compuesto de polietileno tereftalato (PET) de post consumo y paja de trigo, para la elaboración de madera plástica.

Se obtuvo una placa de material compuesto con refuerzo de paja de trigo y PET de post consumo como una alternativa para el consumidor de la región de madera en el sector construcción de viviendas y muebles. Así como una alternativa de uso de la paja de trigo para el agricultor del valle de Mexicali y para el PET y otra opción más para la reducción de la tala de árboles, al elaborar madera plástica con dos materiales de desecho.

El material compuesto obtenido, no presenta poros, se puede: taladrar, lijar, pulir, cortar con sierra manual o eléctrica y moldear por extrusión y por transferencia.

Debido a que la paja y el PET no son completamente miscibles se mantienen dos fases en la mezcla cuyo tamaño dependerá de las concentraciones y tamaños de partícula generando con esto variaciones en las resistencias al impacto y dureza del compuesto.

Al fundir el PET reciclado la viscosidad intrínseca disminuye, sus moléculas se rompen reduciéndose el peso molecular y con ello se incrementa la fragilidad y se reduce la flexibilidad del PET reciclado, la incorporación de paja de trigo con diferentes tamaños de malla no le regresa las propiedades de flexibilidad al PET pero le ayuda a incrementar su resistencia al impacto.

Se considera que la incorporación de polipropileno o polietileno de alta densidad mejoran considerablemente la procesabilidad de la mezcla de PET y paja, así como su capacidad de moldeo, por lo cual se propone como resultado de este proyecto el uso de mezclas de PET reciclado y paja de trigo con polipropileno o polietileno de alta densidad.

Los resultados obtenidos permiten establecer procesos de mezclado y moldeo que logren producciones a mayor escala y así ofrecer una opción viable para evitar la quema de la paja de trigo y reducir la contaminación por botellas de PET. La madera plástica obtenida puede utilizarse para la fabricación de muebles, andamios, molduras y fabricación de ladrillos de ensamble para construcción rápida

## Comentarios

La problemática del rehúso de materiales de desecho como el PET y la paja de trigo, es una realidad en la región y representa una necesidad y una área de oportunidad para los docentes y estudiantes del Instituto Tecnológico de Mexicali en Baja California, México, por lo que, además de estar conscientes de ella, debemos

contribuir para su disminución, razón por la cual en este proyecto se procesó el PET y la paja de trigo con el fin de darles otro uso y reducir la presencia de ambos contaminantes en el medio ambiente.

## **Recomendaciones**

Es importante mencionar, que en esta investigación se determinó la formulación óptima entre PET y paja de trigo, así como el proceso para la elaboración de un producto. Observando el acabado y consistencia del producto obtenido se considera que podría sustituir a la madera de aserrín comprimido en muchas de sus aplicaciones en la construcción de muebles, sin embargo, es necesaria una caracterización mecánica del producto con la realización de pruebas: de resistencia a la tensión, a la compresión y a la flexión, así como de absorción de humedad. Además habría que realizar pruebas de procesabilidad en la fabricación de muebles como: clavado, machuelado (formado de cuerdas), corte con sierra, adhesión con colas, lijado y pulido, que pudieran junto con la caracterización mecánica establecer argumentos comparativos del producto obtenido con la madera de aserrín comprimido y así tomar decisiones para el diseño en carpintería y en otras aplicaciones.

## **Agradecimientos**

A la Secretaría de Educación Pública por haber proporcionado el recurso financiero al Cuerpo Académico de Educación Superior en Ingeniería del Instituto Tecnológico de Mexicali, Baja California, México, para realizar el Proyecto en el marco de la Convocatoria de Fortalecimiento a los Cuerpos Académicos 2010.

Al Dr. Benjamín Valdez Salas, Director del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, México, por su apoyo en la realización de algunas pruebas en la madera plástica.

## Referencias

Chon, C. T. (1980). Complex moduli of aligned discontinuous fibre-reinforced polymer composites. *Journal of Materials*, 15.

Cox, H. (Marzo de 1952). *The elasticity and strength of paper and other fibrous materials*. Recuperado el 8 de abril de 2011, de British journal of applied physics: [http://iopscience.iop.org/0508-3443/3/3/302/pdf/0508-3443\\_3\\_3\\_302.pdf](http://iopscience.iop.org/0508-3443/3/3/302/pdf/0508-3443_3_3_302.pdf).

Flores, L. (2010). Oportunidades de Innovación con Materiales Reforzados. *Tecnología del Plástico, Vol. 25, Edición 3*.

García, C. (2010). Potencial y Retos de los Compuestos Plásticos y Fibras Naturales. *Tecnología del Plástico, Vol. 25, Edición 3, 23*.

García, S. (Abril de 2006). Productos PET, una Oportunidad de Negocio. *Reforma*, pág. 6.

Plueddemann, E. (1974). *Mechanism of adhesion through silane coupling agents*. New York: Academic Press.

Quintero, N. M. (2008). Contaminación y Control de las Quemadas Agrícolas en Imperial, California y Mexicali. *Región y Sociedad, Vol. XX, 4-24*.

Sato, Y. F. (Septiembre de 1962). *A Molecular Theory of Filler Reinforcement Based on the Concept of Internal Deformation*. Recuperado el 7 de abril de 2011, de Rubber Chemistry and Technology, vol. 35 (4), pp 865-876: <http://rubberchemtechnol.org/doi/pdf/10.5254/1.3539978>



# Ahorro de Gas Natural en la Cocción de Pastas

Eduardo Juan Cavanagh<sup>1</sup>

## Resumen

El agotamiento de recursos fósiles, de los cuales depende la sociedad moderna, ha llevado al hombre a la búsqueda de formas de reducir el uso de energía, sin afectar, en lo posible, su calidad de vida. Este artículo propone un nuevo método para cocinar pastas que reduciría el consumo de gas natural doméstico. El cálculo del ahorro de energía se basó en el consumo de pastas en Argentina y en el flujo estándar de gas en hornallas de hornos domésticos en Argentina. Se determinó que se podrían ahorrar 8,3 millones de Nm<sup>3</sup> de gas, que representa un 0,086 % del consumo de gas doméstico. Si bien este ahorro no es significativo en Argentina, esta propuesta invita al replanteo de costumbres afincadas en la sociedad que podrían modificarse en pos del ahorro energético, sin comprometer la calidad de vida.

**Palabras Clave:** Cocción de Pastas, Eficiencia Energética.

---

Fecha de recepción: julio 2013 | Fecha de aceptación: octubre 2013

<sup>1</sup> Rowan University

## **Abstract**

The depletion of fossil fuels that modern society depends on, has led man to search ways to reduce energy use without affecting life quality. This paper proposes a new pasta cooking method that reduces the consumption of domestic natural gas. Energy savings calculations were based on pasta consumption in Argentina and the standard flow gas of domestic furnace burners in Argentina. It was determined that 8.3 million Nm<sup>3</sup> of gas, representing a 0.086% of domestic gas consumption, could be saved. While this savings is not significant in Argentina, this proposal invites to reconsider customs settled in the society that could be modified in pursuit of energy savings without compromising life quality.

**Keywords:** Cooking Pasta, Energy Efficiency.

## Introducción

Las instrucciones de cocción de los paquetes de pasta indican que hay que arrojar la pasta en agua hirviendo y dejarla cocinar por una cantidad definida de minutos que, dependiendo del tipo de pasta, se encuentra entre 4 y 10 minutos, siendo 7 minutos el promedio (ver Tabla 1). Sin embargo, con el ahorro de energía en mente, uno podría preguntarse: una vez que el agua junto con la pasta ha hervido, ¿es necesario mantener la hornalla prendida mientras se cocinan los fideos, o con el calor residual que permanece en el agua se pueden cocinar a fuego apagado? Es sabido que el agua posee una capacidad calorífica relativamente alta comparada con otras sustancias ( $C_{c,H_2O} \approx 1 \text{ kcal/}^\circ\text{C/kg}$ ), lo cual indica que la temperatura del agua permanecerá caliente un tiempo considerable luego de haberse apagado el fuego. Sabido es también que la temperatura del agua nunca excede  $100^\circ\text{C}$ , independientemente de la intensidad del fuego. Por lo tanto, se postuló la hipótesis de que si una vez alcanzado el punto de ebullición se quita la fuente de calor (es decir, se apaga la hornalla), la temperatura del agua no variará considerablemente durante el tiempo estipulado de cocción, y la pasta se cocinará con normalidad.

Tabla 1. Tiempo de cocción de algunos tipos y marcas populares de pasta en Argentina

Tipo de Pasta	Marca	Tiempo de Cocción (minutos)
Spaghetti	Lucchetti	10
	Matarazzo	7.5
	Don Vicente	8
Tallarines	Lucchetti	6
	Don Vicente	8
Fettuccini	Don Vicente	8
	Matarazzo	6
Bucattini	Lucchetti	6
Foratini	Matarazzo	9
Mostachol	Lucchetti	9
MostacholRayado	Matarazzo	9
Tirabuzón	Lucchetti	8
	Matarazzo	8
Dedalitos	Lucchetti	5
Cabello de Angel	Matarazzo	4
Ave María	Lucchetti	5
	Matarazzo	5

Moño	Lucchetti	7
	Matarazzo	7
Coditos	Lucchetti	8
	Matarazzo	8
Municiones	Matarazzo	5
Nidos Fettuccine	Lucchetti	6

Durante la cocción de las pastas, los gránulos de almidón contenidos en las mismas absorben agua y se hinchan irreversiblemente, produciéndose el proceso de gelatinización. La temperatura a la cual comienza a producirse la gelatinización se denomina “temperatura de gelatinización” o “pasting temperature”, y suele encontrarse entre los 55 y 83 °C, dependiendo del tipo de almidón (KenjiLopez-Alt, 2010; Villagra, 2010; Vaclavik, 2002; Salinas Moreno, Herrera Corredor, Castillo Merino y Pérez Herrera, 2003; Ikegwu, Okechukwu y Ekumankana, 2010). Lo cual indica que la pasta se cocinaría incluso con un descenso significativo de la temperatura de ebullición del agua.

Esta investigación consiste de tres partes. En la primera se introducirá un nuevo método para cocinar pastas, el cual utiliza menor cantidad de gas que el método convencional y, por ende, ahorra energía. En la segunda parte se determinará el descenso de temperatura en una cacerola con agua luego de 10 minutos de haberse retirado la fuente de calor y siendo la temperatura inicial 100 °C. Se consideraron 10 minutos para verificar que este método funcionaría incluso con pastas que necesiten el mayor tiempo de cocción (ver Tabla 1). El objetivo de esta segunda parte es evaluar si, en este tiempo, la temperatura disminuye por debajo de la temperatura de gelatinización. En la tercera parte se calculará cuánta energía y gas se ahorraría si se utilizara el nuevo método de cocción de pastas en Argentina, con un tiempo promedio de cocción de 7 minutos.

### **Primera parte: Nuevo método para cocinar pastas**

Para comprobar la hipótesis enunciada en la introducción, se realizó un experimento con pastas tipo penne, macarrón, fussili y espagueti, con las siguientes instrucciones:

- 1) Hervir el agua en una cacerola
- 2) Arrojar la pasta en el agua hirviendo
- 3) Dejar hervir el agua nuevamente, luego de la introducción de la pasta
- 4) Apagar el fuego
- 5) Tapar la cacerola para reducir la pérdida de calor
- 6) Revolver los fideos cada 3 o 4 minutos.

7) Retirar los fideos luego del tiempo estipulado de cocción.

8) Degustar

Los resultados de este experimento en todas las pastas usadas fueron positivos. No se notaron diferencias apreciables con la pasta cocinada de manera tradicional. Por lo tanto, se determina que el método de cocción compuesto por los pasos 1 a 7 es satisfactorio para cocinar pastas. Experimentos similares han tenido resultados positivos también (Kenji Lopez-Alt, 2010).

Para aplicar este método con pastas largas (espagueti, tallarines, etc.), debe asegurarse que la misma se encuentre sumergida en su totalidad previamente a retirar la fuente de calor. El método no fue evaluado en pastas con relleno, como raviolos o capeletinis.

Se podría cuestionar de este método que las unidades individuales de pastas se “pegarían” al estar en contacto y reposando en el fondo de la cacerola, lo cual no ocurriría en el método tradicional de cocción pues el agua en ebullición mantiene la pasta en movimiento. Sin embargo, el motivo por el cual la pasta se “pega” se debe a que, al comienzo de la cocción, la misma absorbe agua y almidón es liberado a la superficie y se comporta como una especie de pegamento. Pero luego de un tiempo, el almidón de la superficie es lavado por el agua hasta que es completamente removido. Esta es la razón por la cual algunas instrucciones sugieren revolver durante el primer minuto de cocción. Para estimular la remoción del almidón de la superficie, se recomienda aplicar el paso 6 cada 3 o 4 minutos.

Sin embargo, la calidad de cocción de las pastas es una medida cualitativa. Por lo tanto, para robustecer estos resultados se buscó una forma cuantitativa para demostrar que los fideos pueden cocinarse a fuego apagado sin modificar considerablemente el proceso de cocción. La forma seleccionada fue calcular la disminución de temperatura del agua desde un tiempo inicial  $t_0 = 0$  minutos a una temperatura inicial de  $T = 100$  °C hasta una en tiempo final  $t_f = 10$  minutos y una temperatura final  $T_f$ .

En la siguiente sección se calculará cuanto gas y cuanta energía se ahorraría en Argentina de aplicarse esta nueva técnica de cocción de pastas.

## Segunda parte: Descenso de temperatura de agua en ebullición sin fuente de calor

Una cacerola con agua caliente a la cual se le ha retirado la fuente de calor pierde energía de tres formas: evaporación de agua, convección natural, y radiación por las paredes de la misma, al ser la temperatura del aire menor a la temperatura de la cacerola. La suma de estas formas de pérdida de energía se utilizara para calcular la disminución de la temperatura del agua con la siguiente ecuación:

$$\Delta T = \frac{(Q_{(CN,R)} + Q_{EV})}{m \cdot C}$$

Donde  $Q_{(CN,R)}$  y  $Q_{EV}$  representan la pérdida de calor por convección natural y radiación en conjunto, y por evaporación, respectivamente,  $m$  es la masa de agua y  $C$  es la capacidad calorífica del agua.

Se asumirá en este análisis, como condición típica de cocción, 0,5 kg de pasta (el contenido de 1 paquete) y 5 litros de agua (lo recomendado para cocinar 0,5 kg de pasta).

### Pérdida de Calor por Convección Natural y Radiación

Las cacerolas usadas para cocinar pasta suelen estar construidas de acero inoxidable y no poseen aislamiento. Por lo tanto, se puede considerar que una cacerola tapada perderá calor al ambiente de manera similar a un tanque de acero inoxidable, dado que la relación entre el radio y la altura son muy similares. Un tanque de acero inoxidable sin aislación a 100 °C y con una temperatura ambiente de 21,1 °C posee un factor de pérdida de calor ( $F$ ) de aproximadamente 1.000 Wh/m<sup>2</sup>/h (3.600 kJ/m<sup>2</sup>/h) (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, Gobierno de México, 2007). La pérdida de calor por convección es entonces:

$$Q_{CN} = F \cdot A \cdot t$$

Donde  $A$  es el área de la cacerola en contacto con el agua, más el área de la tapa; y  $t$  es el tiempo. Una cacerola típica para cocinar 0,5 kg de pasta tiene un diámetro de 25 cm. Si se usan 5 litros de agua, la altura del agua será de 10,2 cm. Por lo tanto  $A$  será igual a 0,18 m<sup>2</sup>. Durante 10 minutos (0,167 h), la pérdida de calor por convección será:

$$Q_{CN} = 3.600 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) \cdot 0,18 \text{ m}^2 \cdot 0,167 \text{ h} = 107 \text{ kJ}$$

Este valor es ligeramente sobrestimado, pues a medida que disminuye la temperatura del agua, el factor de pérdida de calor,  $F$ , disminuye también, pues la diferencia entre la temperatura del agua y la del ambiente se reduce. Sin embargo, se consideró válido para propósitos estimativos. Considerando una densidad del agua de 1 kg/l y una capacidad calorífica del agua de 4,18 kJ/kg/°C, la disminución de temperatura por convección natural y radiación será:

$$\Delta T_{CN} = \frac{107 \text{ kJ}}{4,18 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 5 \text{ kg}} = 5,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

## Pérdida de Calor por Evaporación

El calor perdido por evaporación en un tiempo determinado equivale a:

$$Q_{EV} = \dot{m}_{EV} \cdot t \cdot H_{EV} = m_{EV} \cdot H_{EV}$$

Donde  $\dot{m}_{EV}$  corresponde a la tasa de evaporación de agua y  $H_{EV}$  es el calor de vaporización del agua.

La fórmula utilizada para calcular la tasa de evaporación es (Schulte, 2008):

$$\dot{m}_{EV} = \frac{(201 + 0.88 \cdot v) \cdot (P_{A,S} - P_{A,P}) \cdot A'}{H_{EV}}$$

Donde  $\dot{m}_{EV}$  está dado en lb/hr,  $v$  es la velocidad del aire en ft/min,  $P_{A,S}$  es la presión de saturación a la temperatura del agua en milímetros de mercurio (mmHg),  $P_{A,P}$  es la presión parcial del agua en la atmósfera en mmHg,  $A'$  es el área de exposición del agua al aire en ft<sup>2</sup> y  $H_{EV}$  es el calor latente del agua en BTU/lb. Los modelos para el cálculo de tasa de evaporación de agua basados en gradiente de concentración o presión de agua, suponen una capa límite inmediatamente superior a la superficie, que está saturada en vapor de agua a la temperatura del agua, y que transfiere masa al aire del ambiente, que posee una presión parcial de agua menor a la de la capa límite. En una cacerola tapada, se asumirá que el espacio entre la superficie de agua y la tapa está saturado en vapor de agua, por lo que cumplirá la función de capa límite. El agua escapará al aire del ambiente por el espacio que la tapa le permita. Asumiendo un espacio anular entre la tapa y el borde de la cacerola de 1 mm, o un orificio en la tapa de 3.2 cm de diámetro, el área  $A'$  será un 1,6 % del área de la tapa, lo cual corresponde a:

$$A' = \pi \cdot (0,125 \text{ m})^2 \cdot 0,016 = 0,00078 \text{ m}^2$$

Se asumirá que la velocidad del aire es igual a cero, al estar una cocina en un espacio cerrado. A 100 °C, la presión de saturación del agua corresponde a la presión atmosférica es igual a 760 mmHg. En la ciudad de Buenos Aires, la presión relativa promedio es 72,5 % (Servicio Meteorológico Nacional de la República Argentina, 2013), y a 20 °C, la presión de saturación de agua es aproximadamente 17,5 mmHg. Por lo tanto, la presión parcial promedio del agua en la atmósfera de Buenos Aires será:

$$P_{A,P} = 0,725 \cdot 17,5 \text{ mmHg} = 12,7 \text{ mmHg}$$

A 100 °C, el calor latente del agua es 972 BTU/lb. Finalmente, utilizando la ecuación 1, la masa de agua evaporada en 10 minutos será 0,098 kg. Lo que corresponde a una disminución de la temperatura de:

$$\Delta T_{EV} = \frac{m_{EV} \cdot H_{EV}}{m \cdot C} = \frac{0,098 \text{ kg} \cdot 2.260 \text{ kJ/kg}}{5 \text{ kg} \cdot 4,18 \text{ kJ} / ^\circ\text{C} / \text{kg}} = 10.6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Vale la pena notar que esta disminución de temperatura está sobrestimada pues:

- la presencia de solutos en el agua (ya sea provenientes de la pasta o por la sal que suele echarse al agua) disminuye la evaporación del agua, y
- se asumió que la presión de saturación del agua se mantiene constante a lo largo de los 10 minutos, cuando en realidad disminuye al disminuir la temperatura del agua.

En las referencias consultadas, se encontró también un factor de pérdida de calor por la superficie del agua en tanques abiertos equivalente a 18.500 W/m<sup>2</sup> (Energy Consumption of Tanks and Vats, 2013). Utilizando este factor para el área A', la disminución de temperatura sería de 0,4 °C. Sin embargo, para ser conservadores, se considerará para el análisis final el primer valor calculado.

La disminución de temperatura debido a la pérdida de calor por convección natural, radiación y evaporación es de 5,1 + 10,6 = 15,7 °C. Se concluye, por lo tanto, que la temperatura del agua en una cacerola tapada luego de haberse dejado enfriar por 10 minutos con una temperatura inicial de 100 °C en una cocina será 100 – 15,7 = 84.3 °C. Esta temperatura es mayor a la máxima temperatura de gelatinización encontrada en la bibliografía de 83 °C, aun tomando medidas conservadoras.

### Tercera parte: Potencial ahorro de gas y energía en argentina

En 2011 se consumieron en Argentina 321.225 toneladas de pasta (Organización Internacional de la Pasta, 2012). Suponiendo que cada vez que se consume pasta, se cocina 1 paquete de 500 g para alimentar a 4 o 5 personas, la cantidad de veces que se cocina pasta por año será:

$$\frac{321.225.000 \text{ kg/año}}{0.5 \text{ kg/vez}} = 642.450.000 \text{ veces al año}$$

En el nuevo método propuesto, el fuego se apaga al volver a hervir el agua luego de arrojar la pasta. En el método convencional, la hornalla se mantiene prendida durante el tiempo de cocción promedio de 7 minutos. Si se asume



conservadoramente que el agua vuelve a hervir en 1 minuto luego de arrojar la pasta, entonces el tiempo durante el cual se ahorra gas será 6 minutos. Por lo tanto, el tiempo de ahorro anual será:

$$\frac{642.450.000 \text{ vez/año} \cdot 6 \text{ min/vez}}{60 \text{ min/hora}} = 64.245.000 \text{ horas/año}$$

Una hornalla mediana consume en promedio 1.200 kcal/hora (Romero, 2011), y el poder calorífico del gas natural es 9.300 kcal/Nm<sup>3</sup>. Si se utilizara el nuevo método para cocinar pastas, el ahorro de consumo de gas por año sería:

$$\frac{64.245.000 \text{ horas/año} \cdot 1.200 \text{ kcal/hora}}{9.300 \text{ kcal/Nm}^3} = 8.289.677 \text{ Nm}^3/\text{año}$$

lo cual representa 0,021 % del consumo de gas en Argentina en 2011 (40.268.735 miles de Nm<sup>3</sup> (Instituto Argentino de Petróleo y Gas, 2011)), 0,086 % del consumo de gas residencial en 2011 (9.594.374 miles de Nm<sup>3</sup> (IAPG, 2011)), y el consumo de gas de aproximadamente 7.570 casas, pues el consumo anual de gas de una casa de nivel socioeconómico medio es 1.095 Nm<sup>3</sup> (“Para evitar sorpresas, sepa cuanto gas consumen sus artefactos”, 2009).

La energía ahorrada sería:

$$8.289.677 \text{ Nm}^3/\text{año} \cdot 9.300 \text{ kcal/Nm}^3 = 7.709 \cdot 10^{10} \text{ kcal/año} = 323 \text{ TJ/año}$$

## Conclusiones

Se ha mostrado un método muy simple de ahorro de gas doméstico. Para afrontar una crisis energética y reducir la dependencia de combustibles fósiles, esta investigación sugiere al Código Alimentario Argentino exigir a las empresas productoras de pasta incluir en la etiqueta de sus productos, instrucciones adicionales para cocinar de una forma más energéticamente eficiente.

Esta investigación considera únicamente hornallas de gas. Si el análisis se realizara en hornallas eléctricas, se cree que el resultado del descenso de temperatura sería aun mas favorable, pues la superficie calefactora de la hornalla eléctrica permanece caliente un tiempo considerable luego de haberse apagado. Sin embargo, el cálculo del ahorro de energía sería diferente, al tratarse de diferentes tipos de energía: química o de combustión en hornallas de gas, y eléctrica en hornallas eléctricas. Esta última posee la ventaja ambiental de poder ser abastecida por energías renovables, como la energía solar o eólica.

Las investigaciones científicas relacionadas a la cocción de alimentos no son abundantes, a pesar de ser un tema que no le escapa a ningún ser humano. En esta ocasión, se observó científicamente la cocción de pastas para investigar potenciales ahorros de energía. Otros métodos de reducción de energía en la cocción de pastas que podrían analizarse en el futuro incluyen la disminución de la temperatura de gelatinización, la reducción de la masa de agua necesaria para cocer las pastas y la utilización de cacerolas que minimicen la pérdida de calor.

## Referencias

Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, Gobierno de México (2007). *Estimación de Perdidas de Energía Térmica*. Recuperado de [http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/3856/2/Estimacion\\_energia\\_termica\\_1\\_1.pdf](http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/3856/2/Estimacion_energia_termica_1_1.pdf)

Energy Consumption of Tanks and Vats (2013). En *Steam Engineering Principles and Heat Transfer*. Recuperado de <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-engineering-principles-and-heat-transfer/energy-consumption-of-tanks-and-vats.asp/>

Ikegwu, O.J., Okechukwu, P.E., y Ekumankana, E.O. (2010) Physico-Chemical and Pasting Characteristics of Flour and Starch from Achi *Brachystegia eurycoma* Seed. *Journal of Food Technology*, 8(2) 58-66. DOI: 10.3923/jftech.2010.58.66

Instituto Argentino del Petróleo y del Gas (2011). *Consumo de Gas* [Archivo de datos]. Disponible en el sitio Web del IAPG <http://www.iapg.org.ar/estadisticasnew/>

Kenji Lopez-Alt, J., (2010). The Food Lab: A new Way to Cook Pasta? *SeriousEats.com*. Recuperado de <http://www.seriousseats.com/2010/05/how-to-cook-pasta-salt-water-boiling-tips-the-food-lab.html>

Organización Internacional de la Pasta (2012). *IPO Annual Survey on World Pasta Industry*. Recuperado de <http://www.internationalpasta.org/index.aspx?idsub=7/>

Romero, S. (2011). J.T.P. Instalaciones Sanitarias y de Gas. U.T.N. Facultad Regional Santa Fe

Para evitar sorpresas, sepa cuanto gas consumen sus artefactos (2009, 22 de Mayo) Recuperado de <http://algoencomunweb.blogspot.com/2009/05/para-evitar-sorpresas-sepa-cuanto-gas.html>

Salinas Moreno, Y., Herrera Corredor, J.A, Castillo Merino, J., y Pérez Herrera, P. (2003). Cambios físico-químicos del almidón durante la nixtamalización del maíz en variedades con diferente dureza de grano. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 53(2). Recuperado de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S000406222003000200011&script=sci\\_arttext/](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S000406222003000200011&script=sci_arttext/)

Schulte S.R. (2008, 1 de Enero). Evaporation Water Loss. *PFOne.com*. Recuperado de <http://www.pfonline.com/articles/evaporation-water-loss/>

Servicio Meteorológico Nacional de la República Argentina (2013). *Características Climáticas de la Ciudad de Buenos Aires. Informes Estacionales* [Archivo de datos]. Disponible en el sitio Web del Servicio Meteorológico Nacional, <http://www.smn.>

gov.ar/serviciosclimaticos/?mod=elclima&id=10

Vaclavik, V.A. (2002). *Fundamentos de ciencia de los alimentos*. Huesca: Editorial Acribia.

Villagra, A.A. (2010). *Almidón retrogradado en el tratamiento dietoterápico de la Diabetes Mellitus tipo 2*. (Trabajo Final Integrador de Licenciatura en Nutrición). Universidad ISALUD, Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <http://www.isalud.edu.ar/biblioteca/pdf/tf-villagra.pdf>

# Aproximación a la Evaluación de la Calidad de Aplicaciones Web

Noelia Soledad Pinto<sup>1</sup>, Nicolas Gabriel Tortosa<sup>1</sup>, Liliana Raquel Cuenca Pletsch<sup>1</sup>, César Javier Acuña<sup>1</sup>, Cristina Greiner<sup>2</sup> y Marcelo Estayno<sup>3</sup>

## Resumen

Lograr un alto nivel de calidad de un producto o servicio es el objetivo de la mayoría de las organizaciones que desarrollan software. En un esfuerzo por definir el concepto de calidad, algunos autores argumentan que un atributo de calidad puede contribuir a la obtención de mejoras en el funcionamiento y operación del software. En trabajos anteriores, (Cuenca Pletsch, Acuña, Pinto, Ibañez y Estayno, 2012) y (Cuenca Pletsch, Acuña, Pinto, Ibañez y Estayno, 2013), se desarrolló una aproximación a un framework, es decir un entorno de trabajo compuesto por un modelo de calidad y una herramienta de software para la evaluación de calidad en aplicaciones web. Ampliando esos aportes de investigación, en este artículo se describe detalladamente las características fundamentales de WQM, un modelo de calidad para evaluación de aplicaciones web y se presenta QUCO2, un software que gestiona los elementos del modelo de calidad propuesto y permite recolectar la información necesaria para evaluar productos web diversos y con características contrastantes.

**Palabras Clave:** Modelo de Calidad de Software, Métricas de Calidad, Calidad en Aplicaciones Web.

---

Fecha de recepción: julio 2013 | Fecha de aceptación: octubre 2013

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Resistencia, Departamento Ingeniería en Sistemas de Información.

<sup>2</sup> Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Departamento de Informática.

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Facultad de Ingeniería, Departamento de Informática.

## **Abstract**

Achieving a high level of quality of a product or service is the goal of most software development organizations. In order to define the concept of quality, some authors argue that a quality attribute can contribute to achieve improvements in the software functioning and operation. In previous works, (Cuenca Pletsch , Acuña , Pinto , Ibanez and Estayno, 2012) and (Cuenca Pletsch , Acuña , Pinto , Ibanez and Estayno , 2013), a framework approach was developed, i.e. a working environment consisting of a quality model and a software tool for assessing quality in web applications. Expanding these research contributions, this paper describes the WQM key features, a quality model for web application assessment, and QUCO2 is introduces. The latter is a software that manages the elements of the proposed quality model and enables collecting the information needed to asses different web products and contrasting features.

**Keywords:** Software Quality Model, Quality Metrics, Web Applications Quality.

## Introducción

Las cuestiones de calidad en los productos o servicios de cualquier índole se ha hecho algo cotidiano y cada vez más importante ya que se convirtió en un factor diferenciador cuando se está optando por adquirir un servicio o un bien. El concepto de calidad tiene muchas definiciones, pero una ampliamente aceptada es la establecida por la ISO 9000 (ISO, 2001) que define la calidad como el “grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos”. Estos requisitos son establecidos por los usuarios y por tanto se puede decir que la calidad es un tema subjetivo dependiente del nivel de satisfacción que el usuario sienta frente al producto utilizado. El software también está sujeto a la evaluación de su calidad, de tal manera que los usuarios puedan establecer el grado con el cual éste satisface sus necesidades.

Un tipo especial de productos software son las aplicaciones web, que exhiben factores en su proceso de desarrollo y en los resultados obtenidos que dificultan evaluar su calidad y por tanto obtener productos que satisfagan los requerimientos iniciales.

Actualmente ha aumentado la necesidad que los procesos de desarrollo web se enfoquen a mejorar aspectos relacionados a la calidad del producto. Este último concepto es uno de los más nuevos incorporado al estándar ISO/IEC 9126 2001 (ISO/IEC 9126-1, 2001) (ISO/IEC 9126-2, 2003) (ISO/IEC 9126-3, 2003) (ISO/IEC 9126-4, 2003), en el que se define al modelo de calidad como “la opinión que tiene un usuario al utilizar una aplicación de software”, que deriva, justamente, de los resultados obtenidos de la evaluación del uso del software.

El trabajo de investigación que aquí se presenta se desarrolla en el marco de un proyecto de investigación interinstitucional, “Modelos y Métricas para la evaluación de la calidad del software”, que llevan adelante investigadores de las Facultades Regional Resistencia de la UTN y de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la UNNE, bajo la dirección de un investigador de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

Particularmente en este artículo se describe un framework que incluye un modelo de calidad orientado a la evaluación de calidad en aplicaciones web y que se ha denominado modelo WQM. Además, se presenta la herramienta QUCO2, un software que permite gestionar todos los elementos del modelo WQM y obtener resultados que permitan validar preliminarmente dicho modelo.

En la sección 2, se incluye el Estado del Arte en cuanto a modelos de calidad existentes en la literatura y herramientas de software disponibles para medir la calidad de aplicaciones web. Luego, en la sección 3, se presenta el framework junto con la descripción del modelo de calidad propuesto y la implementación del software que lo completa. En la sección 4, se muestran los resultados luego de realizar una primera validación del framework mediante un caso de estudio.

Y finalmente, en la última sección se presentan conclusiones y trabajos a futuro.

## Estado del Arte

Cuando se hace referencia a la calidad de software, debe ser analizada desde el punto de vista del Proceso o del Producto. En base a esta clasificación, se aprecia que la literatura ofrece diversos modelos de calidad entre los cuales se encuentra el más antiguo McCall (Mc Call, Richards y Walters, 1977), del cual derivan otros, como el de Boehm. Ambos, definen a la calidad como un conjunto de elementos organizados jerárquicamente. Esta jerarquía se presenta en la Fig.1:

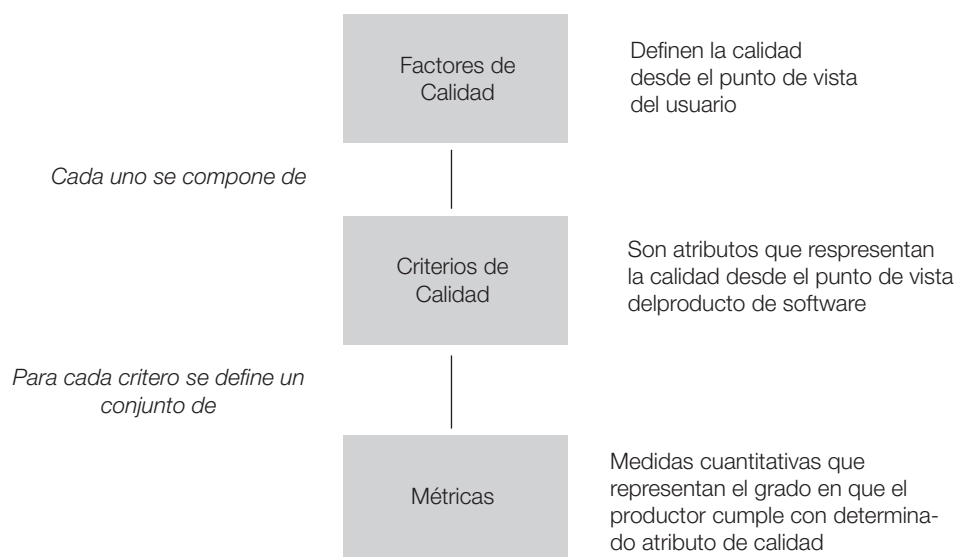


Fig. 1 Organización jerárquica

Sin embargo, el modelo que se presenta en este artículo, a diferencia de los enfoques existentes, se caracteriza por obtener, luego de la evaluación y mediante una fórmula definida, un valor que indica el nivel de calidad del sitio evaluado. Además, integra un framework que incluye también una aplicación usada para la realización de validaciones parciales de lo expuesto en WQM.

Así como hay disponibles diversos modelos de calidad, existen en el mercado herramientas que permiten evaluar la calidad de aplicaciones web. Entre estas, se pueden consultar las publicadas en el sitio de la W3C, llamadas Validadores (W3C, 2012) y que permiten verificar el código HTML y el CSS de una aplicación web, según un estándar definido por dicha Organización, para que pueda ejecutarse sobre cualquier plataforma. También está disponible LoadImpact (Load Impact AB, 2013) que simula el acceso de múltiples usuarios a una web, informando la



velocidad de carga de la web en situaciones de alta concurrencia de visitantes. Sin embargo, estas herramientas no evalúan calidad del software desde el punto de vista del usuario, sino que se enfocan en la calidad del producto desde el punto de vista del desarrollador.

Finalmente se ha analizado el funcionamiento de dos aplicaciones, que se promocionan en el mercado como herramientas para evaluar criterios asociados a la calidad en uso de software web. Una de ellas es Alexa (Alexa, 1996), que ofrece información sobre tráfico de visita diario, calculando la posición que ocupa, el sitio evaluado, en un ranking mundial. La otra aplicación analizada es la desarrollada por Silktide, Nibbler, (Silktide, 2012), que ofrece una puntuación desagregada en varios criterios, e indica cómo mejorar en cada aspecto. La evaluación puede variar en cada test realizado, debido a que elige cinco secciones al azar incluidas en la aplicación web, lo cual si bien permite corregir errores y mejorar aspectos en todo el sitio, no permite al evaluador seleccionar las secciones que le interesan.

Así, teniendo en cuenta la ausencia de un marco que englobe un modelo de calidad y software soporte, en este artículo se presenta un framework desarrollado en base a la propuesta de un nuevo modelo de calidad que se aplica específicamente a la evaluación de aplicaciones web y la implementación de una herramienta de software que permita validar parcialmente lo expuesto en este modelo.

### **WQF: Un framework para evaluar calidad de Aplicaciones Web**

Para gestionar los elementos de calidad, el framework WQF incluye un modelo de calidad (WQM) y una herramienta de software (QUCO2), desarrollada en base a dicho modelo.

### **WQM: Modelo de Calidad para Aplicaciones Web**

Debido a la importancia que la calidad de software en Internet ha adquirido en los últimos años, la Conferencia Internacional de la Ingeniería de Software del año 2002 (ICSE 2002) se centró en los aspectos de Calidad para los Sistemas en Internet (Dávila y Mejía, 2002). En esta conferencia se concluyó que las métricas más importantes son las siguientes: Fiabilidad, Usabilidad, Mantenibilidad, Seguridad, Disponibilidad y Escalabilidad (Covella, 2005).

En una primera instancia, y de acuerdo al alcance de este trabajo de investigación, el modelo de calidad propuesto queda conformado teniendo en cuenta las siguientes métricas (IEEE, 1990):

Métrica 1 - Usabilidad: todo sitio Web debe ser un producto atractivo, entendible y fácil de utilizar para los usuarios del mismo. Los criterios a evaluar son:

- **Facilidad de Aprendizaje**: Tiempo necesario que se requiere desde el desconocimiento de una aplicación hasta lograr su uso productivo.

- **Consistencia:** Verifica si todos los mecanismos mantienen el mismo circuito independientemente del momento.

- **Recuperabilidad:** Facilidad para corregir una acción una vez que el usuario reconoce un error en la operación.

- **Retención en el tiempo:** Sencillez, desde el punto de vista del usuario, para recordar la operación del sistema aun cuando hubiese transcurrido un tiempo considerable desde la última vez en que se utilizó.

- **Flexibilidad:** Evalúa las posibilidades de intercambio de información entre el usuario y el sistema.

La escala de valores establecida para esta métrica se describe en la Tabla 1:

Criterios de calidad	Escala Descripción	Valor
Facilidad de Aprendizaje	Muy complicado	-2
	Complicado	-1
Retención en el tiempo	Fácil	1
	Muy fácil	2
Consistencia	Consistencia en todo el sitio	3
	Consistencia en la mayor parte del sitio	2
	Inconsistencia en todo el sitio	1
Recuperabilidad	Si	1
	No	-1
Flexibilidad	El Sitio presenta diferentes opciones para una misma tarea	3
	El Sitio presenta una única alternativa para una tarea. Pero no presenta inconvenientes para llegar hasta la misma	2
	Es difícil intercambiar información dentro del Sitio	1
	No se puede intercambiar información en el Sitio	-1

**Tabla 1.** Escalas aplicadas a la métrica Usabilidad

**Métrica 2: Confiabilidad:** se relaciona con la capacidad del software de mantener su nivel de performance bajo las condiciones establecidas por un período de tiempo. Los criterios a evaluar son:

- **Frecuencia y severidad de las fallas:** Mide cada cuánto tiempo ocurren fallas en el sistema, si es que ocurren, y la habilidad del Software para mantener determinado nivel de performance.

- **Exactitud de las salidas:** Indica la aproximación de la salida deseada respecto de la salida lograda por el software.

- **Capacidad de Recuperación ante fallas:** Incluye procesos requeridos para detectar y recuperarse de situaciones inesperadas.

- **Confiabilidad:** mide la ocurrencia de accesos no autorizados a información privada.

En la Tabla 2 se presentan las escalas definidas para esta métrica.

Criterios de calidad	Escala	Valor
Frecuencia y severidad de las fallas	Errores graves continuamente	-2
	Errores leves continuamente	-1
	Errores leves sólo en ciertas funciones	1
	No se observan errores	2
Exactitud de las salidas	Si	1
Capacidad de Recuperación ante fallas	No	-1
Confiabilidad		

**Tabla 2.** Escalas aplicadas a la métrica Confiabilidad

**Métrica 3 - Funcionalidad:** permite comprobar la relación entre las funciones de las aplicaciones, los resultados esperados y los resultados reales. Los criterios de calidad a evaluar son:

- **Adecuación:** Determina si el conjunto de funciones son apropiadas para las tareas especificadas.

- **Seguridad:** Mide la habilidad para prevenir accesos no autorizados, ya sea accidentales o deliberados.

- **Cumplimiento:** Especifica si el software adhiere a estándares relacionados con la aplicación, y convenciones o regulaciones legales.

- **Confiabilidad:** No ocurrencia de accesos no autorizados a información privada.

En la Tabla 3 se presentan las escalas definidas para esta métrica.

Criterios de calidad	Escala	Valor
Adecuación	Si	1
Cumplimiento	No	-1
Confiabilidad		
Seguridad	Completamente seguro	3
	Muy seguro	2
	Seguro	1
	Se observan zonas inseguras	-1
	Completamente inseguro	-2

**Tabla 3.** Escalas aplicadas a la métrica Funcionalidad

Cada métrica propuesta asocia a cada característica un peso (por ejemplo: No Aplica, Aplica, Aplica fuertemente), que se evalúa según una escala de medición (por ejemplo Malo, Regular, Bueno, Muy Bueno). La fórmula general derivada para calcular el nivel de calidad general que se obtendrá es:

$$NO = \sum_{i=1}^n (VC_i \cdot PC_i) \quad (1)$$

donde NO es el Nivel Obtenido, V<sub>Ci</sub> es el Valor Calculado para la métrica *i* y P<sub>Ci</sub> es el Peso de la Característica *i* con P<sub>Ci</sub> entre 0 y 1.

Las sumatorias se realizan en función de todos los componentes seleccionados para la evaluación. Básicamente se trata de un promedio entre los valores obtenidos para cada componente influido por el peso de ese componente en el estudio general.

Así, con este modelo es posible obtener un nivel de calidad de determinada aplicación web a partir de la evaluación de las métricas que incluye el modelo WQM.

## **QUCO2: Software para medir la calidad de aplicaciones web**

Contar con un modelo de calidad, que permita medir el nivel de calidad de una aplicación web, no es suficiente si no se dispone de una herramienta que posibilite gestionar los elementos del modelo y analizar los resultados obtenidos a partir de diversos casos evaluados. Por eso, WQF incluye el desarrollo de una aplicación que se utiliza para la evaluación on-line de sitios web por parte de usuarios finales, para la obtención de un nivel de calidad global.

La herramienta se denomina QUCO<sub>2</sub>, y para su desarrollo se planteó el diseño de un contenedor para pequeños componentes reutilizables que permitan evaluar una característica en particular. Por cada característica se define una escala asociada a la misma, con la posibilidad de definir a su vez un peso relativo según el proyecto. Es decir que se obtiene información genérica y consolidada sobre la calidad del producto evaluado. El software provee diferentes roles de usuario: Desarrolladores, quienes registran información referida al proceso de desarrollo y el diseño de las autoevaluaciones para monitorear la evolución de la calidad del producto; Evaluadores de Calidad, quienes realizan las evaluaciones de calidad desde su óptica, y Clientes, quienes manejan la información generada por el sistema para tomar decisiones en base a la misma.

En cuanto al diseño del software, cada uno de los componentes se implementa en la forma de plugins, los cuales se desarrollaron completamente con tecnologías web.

En la figura 2, se muestra la arquitectura del front-end. El mismo se implementó mediante el proyecto Twitter Bootstrap v2 (Twitter, 2011) que a su vez hace uso del proyecto Less. La combinación de ambas tecnologías provee una interfaz de usuario agradable a la vista y que gracias al “responsive web design” permite su uso en dispositivos con características de pantalla limitadas (por ejemplo smartphones) sin necesidad de rediseñar la interfaz.

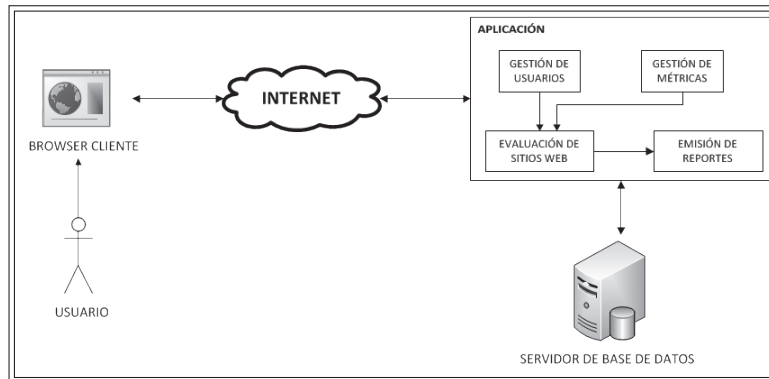


Fig. 2. Diagrama del diseño general del Front End

La herramienta consta, de acuerdo a la figura 3, de los siguientes módulos:

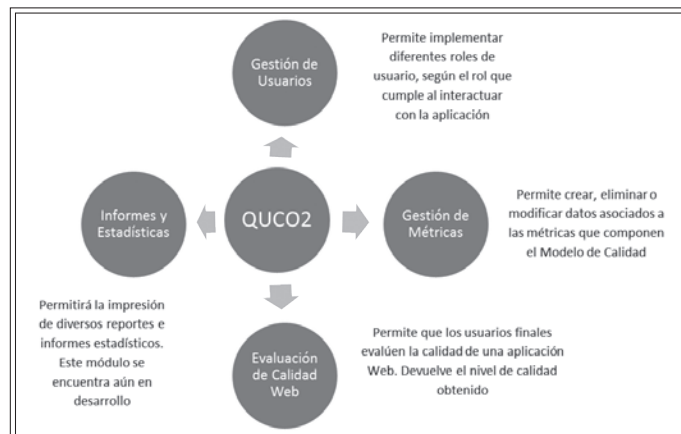


Fig. 3. Módulos funcionales de QUCO2

Para el desarrollo del back-end del sistema de la figura 4, se utilizó el framework de desarrollo web Symfony (SensioLabs, 2005).

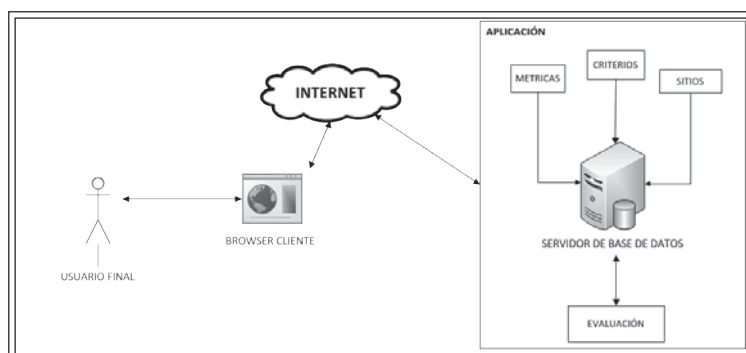


Fig. 4. Diagrama del diseño general del Back End

## Validación

Para validar los resultados parciales de investigación, se tomó un caso de estudio que consistió en utilizar el framework para evaluar la calidad de tres aplicaciones web similares.

Para ello, se comparó QUCO2 con dos de las herramientas mencionadas en la sección 2:

- Nibbler: Mide la calidad de un sitio teniendo en cuenta varios aspectos, tales como: accesibilidad de personas con discapacidad, accesibilidad a partir de cualquier tipo de dispositivo, popularidad y aspectos vinculados con el desarrollo tecnológico del sitio. Asigna una nota a cada característica y obtiene un valor promedio como puntaje final del sitio. El valor del puntaje se establece entre 0 y 10.

- Alexa: Posiciona un sitio web, mediante un cálculo geométrico basado en los últimos 3 meses que promedia visitas de páginas del sitio y usuarios que han llegado hasta él. Un menor valor significa, por ejemplo, mayor permanencia del usuario en el sitio. Cuanto menor es el puntaje asignado, mayor es la popularidad del sitio, lo cual podría asociarse a una mayor calidad vinculada con los criterios de usabilidad antes descriptos.

Se definió un contexto de uso teniendo en cuenta el ámbito del comercio electrónico y gestiones administrativas. Para ello se eligieron tres sitios web con objetivos diferentes: un Portal gubernamental del NEA, un sitio de compra y venta on-line y un sitio de ventas de entradas on-line.

La población seleccionada la constituyó un grupo de 40 personas, caracterizados por realizar transacciones on-line periódicamente. Para la evaluación se tuvo en cuenta: información del sitio web, tiempo requerido para la evaluación y evaluación final obtenida con el uso de la herramienta.

Mediante el análisis de los resultados obtenidos con QUCO2, se demostró el correcto funcionamiento de la herramienta sobre un entorno real. Además se verificó que la curva de aprendizaje no presentó dificultades para los evaluadores.

Con la evaluación final, se procedió a calcular un promedio ponderado de los valores obtenidos para cada sitio propuesto. En base a una ponderación de los pesos de las métricas, se observó que el valor de máxima satisfacción ocupa el rango entre 20 y 22, al valor de calidad media le corresponde el rango entre 14 y 20, el valor de calidad regular se ubica entre 8 y 14 y el mínimo nivel registra un valor por debajo de 7. Teniendo en cuenta esto se presentan a continuación el resultado de la comparación:

- En el caso del sitio gubernamental, el valor promedio obtenido con QUCO2 fue 12, valorándose, entonces, como un sitio de calidad regular. Para Nibbler el resultado fue de 3.6, que podría calificarse como bajo, en tanto que Alexa ubica al sitio en la posición mundial número 692842. La siguiente figura incluye el gráfico

lineal del resultado de las evaluaciones, donde el eje horizontal indica el evaluador y el vertical la evaluación otorgada por cada uno.

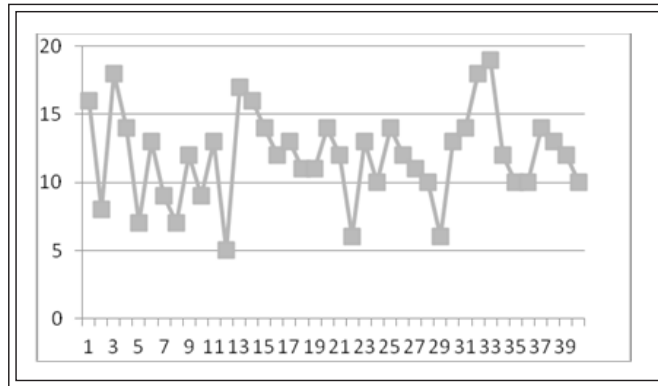


Fig. 5. Gráfico lineal de evaluación correspondiente al Portal gubernamental

- En el caso del sitio de compra y venta on-line se observa, según la figura 6, que la evaluación varía en el rango entre 15 y 20. El valor promedio obtenido de calidad fue 19, evaluándose así como un sitio de calidad ideal según el modelo de calidad propuesto en este artículo. Usando Nibbler el valor obtenido fue de 5.1, considerándose un puntaje medio, en tanto que Alexa lo posiciona en el puesto global número 2257.

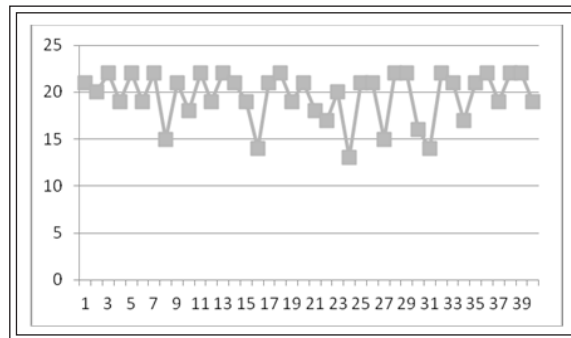


Fig. 6. Gráfico lineal de evaluación del Sitio de compra y venta on-line

- Los resultados obtenidos para el sitio de venta de entradas, según la figura 7, muestran que la evaluación se promedia en el rango entre 13 y 18. Efectivamente el valor promedio obtenido de calidad fue 16, un sitio de calidad muy buena. En el caso de Nibbler el valor final obtenido fue de 3.6, es decir un puntaje bajo igual al obtenido por el Portal gubernamental. Alexa lo ubica globalmente en la posición 225044, mejor que el portal gubernamental.

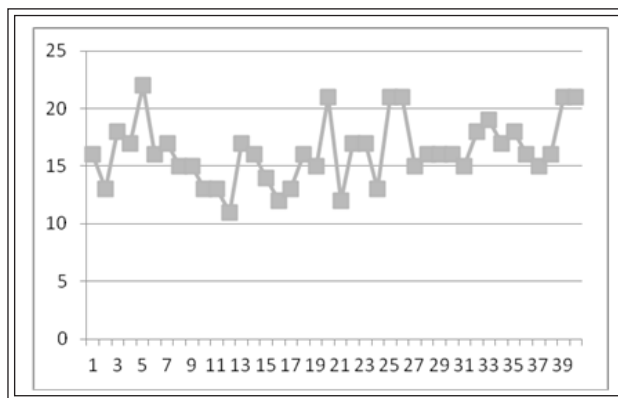


Fig. 7. Gráfico lineal de evaluación para Sitio de venta de entradas

Ante esta aparente disparidad de resultados se procedió a evaluar dos nuevos sitios, ubicados entre los mejor evaluados por Nibbler, para analizar los mismos con mayor detalle. Se procedió, entonces, a evaluar un sitio de servicios legales y otro vinculado con el turismo.

- En el primer caso, según la figura 8, el valor promedio obtenido de calidad fue 17, valorándose, entonces, como un sitio de calidad media, en tanto que para Nibbler el resultado fue de 9.4, considerado alto. Alexa ubica al sitio, en la posición mundial número 437715.

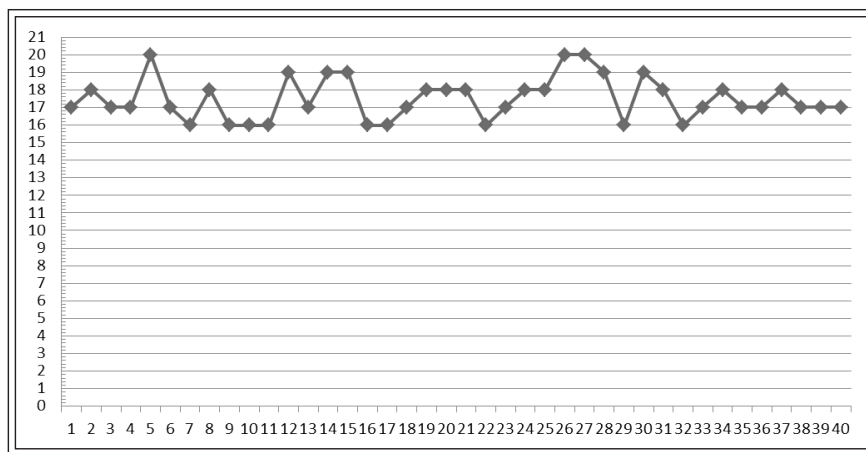


Fig. 8. Gráfico lineal de evaluación para sitio de servicios legales

- En el segundo caso, de acuerdo a la figura 11, el valor promedio obtenido de calidad fue 19, valorándose, entonces, como un sitio de calidad alta, coincidentemente con la valuación de Nibbler, 9.6. Alexa ubica al sitio, en la posición mundial número 23439.



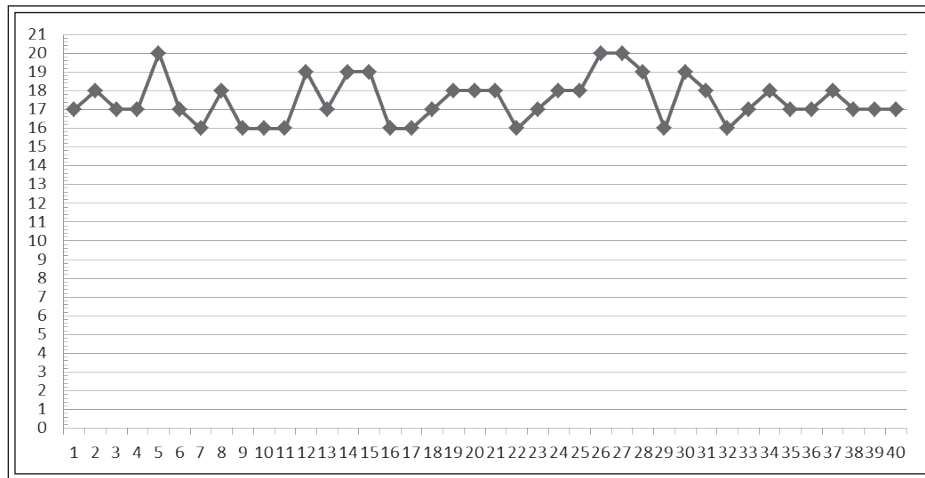


Fig. 9. Gráfico lineal de evaluación para sitio de turismo

## Conclusiones y Trabajos Futuros

Teniendo en cuenta los resultados expuestos y analizados con mayor detalle los criterios de evaluación de Nibbler y Alexa se ha concluido que, en el caso de Alexa, la evaluación final del sitio web se relaciona únicamente con la cantidad de usuarios que acceden y el tiempo que transcurren en sus diferentes páginas, lo cual no siempre puede asociarse con la calidad del mismo. Respecto a Nibbler, es posible verificar que al incluir en los aspectos evaluados los concernientes a proceso de desarrollo y tecnología, se ubica fuertemente del lado del desarrollador, no del usuario. QUOCO2, por su parte, busca reflejar la opinión que tienen los usuarios al utilizar una aplicación de software, lo cual explica las diferencias con Nibbler.

Asimismo, y a diferencia de las demás aplicaciones, se pudo comprobar que QUOCO2 representa una herramienta integral que obtiene su valor final de evaluación considerando un conjunto de métricas definidas en un modelo de calidad, en este caso el WQM, y no centrándose en criterios aislados. Se destaca asimismo que al ser una aplicación open-source facilita su implementación y uso en cualquier ámbito.

Como trabajos futuros se propone continuar con el desarrollo del framework, en primer lugar incluyendo las métricas faltantes (Mantenibilidad, Seguridad, Disponibilidad y Escalabilidad) al modelo de calidad y a la herramienta de software; de acuerdo a las necesidades que presentan las aplicaciones web. Además, se pretende agregar al framework, nuevas herramientas que permitan el procesamiento estadístico de la información generada por las evaluaciones realizadas. Ello permitirá ampliar los procesos de validación, integrando estas cuestiones e incrementando la muestra del caso de estudio.

## Referencias

- Alexa. (1996). *Software Alexa*. Recuperado de <http://www.alexa.com>
- Covella, G.J. (2005). *Medición y evaluación de calidad en uso de aplicaciones web*. Tesis de Maestría Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata.
- Cuenca Pletsch, L., Acuña, C., Pinto, N., Ibañez, M., Estayno, M., Almirón, E. (2012). *Evaluación de Calidad de Aplicaciones Web*. Artículo publicado en CADI 2012. ISBN 978-987-1312-46-7
- Dávila, N., Mejía, A. (2002). *Evaluación de la Calidad de Software en Sistemas de Información en Internet*. Tesis de maestría no publicada, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Departamento de Ingeniería Electrónica, Sección Computación.
- IEEE. (1990). *Standard 610. Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries*.
- ISO. (2001). *Sistemas de gestión de la calidad-Conceptos y vocabulario. Norma Internacional ISO 9000*.
- ISO. (2001). *ISO/IEC 9126-1 – Software engineering–Product quality – Part 1: Quality Model*.
- ISO. (2003). *ISO/IEC 9126-2 – Software engineering– Product quality – Part 2: External Metrics*.
- ISO. (2003). *ISO/IEC 9126-3 – Software engineering– Product quality – Part 3: Internal Metrics*.
- ISO. (2003). *ISO/IEC 9126-4 – Software engineering– Product quality – Part 4: Quality in Use Metrics*.
- Load Impact AB. (2013). *Software LoadImpact*. Recuperado de <http://www.loadimpact.com>
- Mc Call, J.A., Richards, P.K., Walters, G.F.: Factors in Software Quality (1977). Vol. I, II, III: *Final Technical Report*, RADG-TR-77369. Rome Air Development Center, Air Force System Command, Griffith Air Force Base, Nueva York.
- Silktide. (2012). *Software Nibbler*. Recuperado de <http://www.nibbler.com>
- Pinto, N., Tortosa, N., Cuenca Pletsch, L., Acuña, C., Estayno, M. (2013). *QUCO2: Una herramienta para medir la calidad de aplicaciones Web*. Artículo publicado en WICC 2013. ISBN 978-987-28179-6-1.

- Sensio Labs. (2005). *Framework de Desarrollo Web Symfony*. Recuperado de <http://www.symfony-project.org>
- Twitter. (2011). *Proyecto Twitter Bootstrap V2*. Recuperado de <http://twitter.github.com/bootstrap>
- W3C. (2012). *Software Validador de CSS*. Recuperado de <http://jigsaw.w3.org/css-validator>
- W3C. (2012). *Software Validador de HTML*. Recuperado de <http://validator.w3.org>



# Cloud computing en la industria financiera

Gastón Bruno<sup>1</sup>

## Resumen

Cloud computing continúa en constante crecimiento durante los últimos años. Esto es consecuencia de los beneficios que brinda, principalmente en términos económicos y de administración para aquellas compañías que lo adopten. Debido a una de sus principales características de compartimiento de recursos para aprovechar al máximo todas las capacidades, el esquema de cloud computing es bastante extenso y permite distintas configuraciones. Esto permite que no se limite únicamente a grandes compañías, pudiendo ofrecer soluciones inclusive a pequeños consumidores. Pero esta característica de “hacer público lo privado” genera controversias principalmente en cuanto a los aspectos de seguridad y privacidad de la información. Es por esto, que si bien los pequeños consumidores se están acercando a este esquema mirando los beneficios que obtienen, las compañías de la industria financiera no logran todavía obtener un pleno convencimiento para implementar el esquema de cloud computing. Este trabajo comienza describiendo el modelo de cloud computing, lo que llevará a plantear sus beneficios y potenciales inconvenientes que puede generar bajo un modelo de adopción en la industria financiera. Finalmente se plantearán recomendaciones en base a lo desarrollado para establecer una guía de adopción.

**Palabras Clave:** Banca, Computación en la Nube, Sistemas de Información Distribuidos, Servicios en Línea, Arquitectura de Software.

---

Fecha de recepción: julio 2013 | Fecha de aceptación: octubre 2013

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad de Palermo.

## **Abstract**

In recent years, Cloud computing continues to grow steadily. This is mainly due to the economic and administrative benefits it provides companies with. Because one of the main characteristics of resource sharing to maximize all the capabilities, cloud computing scheme is quite extensive and allows various configurations. This allows offering solution not only to large companies, but also to small consumers. But this feature of “making public what is private” is controversial mainly in terms of data security and privacy. Because of this, while small consumers are approaching this scheme looking for benefits, the financial industry companies still fail to get a complete certainty to implement the cloud computing scheme. This paper begins by describing the cloud computing model, raising its benefits and potential drawbacks that may appear during an adoption model in the financial industry. Finally, we will present recommendations based on what was developed to establish an adoption guide.

**Keywords:** Banking, Cloud Computing, Distributed Information Systems, Online Services, Software Architecture.

## **Adopción de cloud computing**

Varias consultoras especializadas en estudios de mercado han analizado el movimiento creciente de servicios de cloud computing pronosticando para los próximos tres años un mercado del orden de cientos de miles de millones de dólares. (Gartner, 2010), (Gartner, 2008), (Gartner, 2009), (Gartner, 2010), (Gartner, 2011), (Analysys Mason, 2010), (IDC, 2010), (WinterGreen Research, 2010). Por ejemplo, Global Industry Analysts, Inc. indicó que el mercado de servicios de cloud computing alcanzará los USD 222.500 millones en el año 2015 (Global Industry Analysts, 2011).

En lo que respecta puntualmente a la industria financiera, existen estudios de mercado que reflejan su creciente tendencia de adopción manifestando que del 20% de estas empresas ya han implementado y están usando cloud computing (IDC, 2011). Además IDC demostró que esta industria está más adelantada en cuanto a la adopción de cloud computing en comparación con las demás (IDC, 2011).

Si bien es posible analizar varios aspectos de cloud computing, el más relevante en este trabajo es el relativo a la seguridad y sus riesgos. En relación a esto, resulta interesante observar dónde se ubica esta cuestión en el estudio anual de Gartner acerca del grado de adopción de cloud computing (Gartner, 2011).

En julio de 2011, Gartner indicó que “Cloud Security” se encuentra casi en el pico de su modelo “Hype Cycle” (Gartner, 2011), lo que indica que se está iniciando un proceso de generación de documentación al respecto, ya sea que luego se termine adoptando o no. En este sentido, Jay Heiser menciona que existen cuatro compañías que están generando modelos de trabajo estandarizados para que los consumidores de cloud computing evalúen a sus proveedores en los aspectos relativos a la seguridad. Se necesita un tiempo prudencial para que estas metodologías sean ejecutadas y evaluadas, por lo que llevará de cinco a diez años que esto tenga el peso suficiente como para ser tomado en cuenta como material que posea un valor considerable para su adopción.

## **Conceptos de cloud computing en relación con la industria financiera**

Cloud computing es una práctica que contempla el acceso en demanda a hardware, software y servicios de un tercero por medio de internet con el objetivo de reducir costos de infraestructura. Bajo una perspectiva global a nivel empresarial, las entidades financieras que adopten cloud computing no solo podrán reducir costos en el área de tecnología sino que, podrán además enfocar sus procesos y recursos en profundizar sus actividades de negocio orientados a maximizar la cartera de productos ofrecidos a sus clientes actuales (Potenciar Cross-Selling y Up-Selling

en instituciones bancarias (Salesforce.com, 2011), (Microsoft, 2011)) y además a captar otros nuevos. Tener una capacidad tecnológica ágil y flexible con capacidad de responder adecuadamente a las demandas del negocio favorecerá la alineación del área de tecnología informática (T.I.) con el negocio, generando una ventaja competitiva que acelere el aumento de rentabilidad.

El Instituto de Estándares y Tecnología (NIST) define cloud computing como un modelo para habilitar acceso ubicuo, conveniente y bajo demanda por medio de la red a un pool compartido de recursos computacionales configurables que pueden ser rápidamente provisionados y liberados con un esfuerzo mínimo de administración o de interacción del proveedor (NIST, 2011).

## Características esenciales

**Auto servicio bajo demanda.** Un consumidor puede proveer capacidades computacionales unilateralmente, automáticamente según se necesita y sin requerir interacción humana con cada proveedor de servicio.

**Amplio acceso de red.** Las capacidades están disponibles por medio de la red y son accedidas a través de mecanismos estándares que promueven el uso de plataformas heterogéneas de clientes delgados o gruesos.

**Agrupación de recursos.** Los recursos computacionales del proveedor se reúnen para servir a múltiples consumidores utilizando un modelo de múltiples niveles, con diferentes recursos físicos y virtuales asignados de forma dinámica y reasignados de acuerdo a la demanda del consumidor.

**Elasticidad rápida.** Las capacidades pueden ser rápida y elásticamente provisionadas, hasta en algunos casos automáticamente, para escalar horizontalmente y ser liberadas rápidamente para escalar verticalmente.

**Servicio medido.** Los sistemas de nube automáticamente controlan y optimizan el uso de recursos mediante el aprovechamiento de una capacidad de medición a un cierto nivel de abstracción adecuado para el tipo de servicio.

## Modelos de servicio

Con los diferentes tipos de oferta de cloud computing existen distintas opciones en cuanto a cuáles servicios se podrán llevar a la nube y cuáles otros permanecerán en sitio. Los puntos fuertes que influenciarán a las entidades financieras a tomar esta decisión son las prioridades y requerimientos de seguridad.

**Software as a Service (SaaS).** La capacidad provista al consumidor es la de usar las aplicaciones del proveedor ejecutándose en una infraestructura de cloud.

Es común para las entidades financieras que cuenten con una red de modelos



de negocio que se encuentren estrechamente conectados entre sí. Para esto, SaaS provee distintas opciones de entrega:

- Experiencia del usuario consistente.
- Arquitectura y modelo de datos común.
- Flexibilidad al poder satisfacer de manera simple los requerimientos complejos.
- Adaptabilidad al permitir cambios en cualquier punto del tiempo.

**Platform as a Service (PaaS).** La capacidad provista al consumidor es la de desplegar en la infraestructura de cloud aplicaciones creadas por el mismo consumidor o adquiridas, creadas usando un lenguaje de programación y herramientas soportadas por el proveedor.

Otra característica común en las compañías de la industria financiera es la de poseer sistemas propietarios y/o antiguos que las limitan en ciertas oportunidades en el momento de desarrollar nuevos proyectos. La arquitectura abierta de PaaS rompe con este tipo de limitaciones ya que soporta la integración con aplicaciones legacy a la vez que ofrece interoperabilidad con los sistemas que se encuentren en sitio.

**Infrastructure as a Service (IaaS).** La capacidad provista al consumidor es la de aprovisionar procesamiento, almacenamiento, redes y otros recursos computacionales fundamentales para los cuales el consumidor es capaz de desplegarlos y ejecutar arbitrariamente software, que puede incluir sistemas operativos y aplicaciones.

En cuanto a los costos, la ventaja que ofrece IaaS es la posibilidad de ajustar la granularidad de costos de infraestructura al máximo nivel ya que es un modelo de centro de datos en demanda que provee recursos computacionales basados en los recursos que se consumen. De esta manera se paga solamente por lo que se consume.

En cuanto a la disponibilidad, siendo que este esquema de cloud computing ofrece almacenamiento, redes y servidores como servicio; se entregan virtualmente recursos computacionales en las manos de hasta las entidades financieras más pequeñas para cumplir con sus picos de demanda. En este sentido, dichas entidades pueden reducir el time-to-market. Además esto reduce el TCO ya que bajo el modelo de alquiler, el costo total de la propiedad de la infraestructura no será asociada a los consumidores.

## Modelos de despliegue

**Cloud privado.** La infraestructura de cloud es operada únicamente para una organización.

**Cloud comunitario.** La infraestructura de cloud es compartida por varias

organizaciones y soporta una comunidad específica que contiene preocupaciones compartidas.

**Cloud público.** La infraestructura de cloud es puesta a disponibilidad del público en general o a un largo grupo industrial y es propiedad de una organización que vende servicios de cloud.

**Cloud híbrido.** La infraestructura de cloud es una composición de dos o más modelos de despliegue de cloud que permanecen como entidades únicas, pero son unidas entre sí por medio de una tecnología estandarizada o propietaria que permite portabilidad de datos y aplicación.

## **Implicancias positivas en la adopción de cloud computing para las entidades financieras**

Aquellas entidades financieras que se animen a aventurarse en los modelos de cloud computing tendrán la posibilidad de redefinir sus estrategias y en consecuencia, sus operatorias para llevarlas a cabo.

### **Crecimiento gradual**

La existencia de estos diferentes modelos genera una de las ventajas para las entidades financieras al permitir que éstas puedan incorporarse al esquema de cloud computing de manera gradual (IDC, 2010).

### **Aspectos económicos**

En lo que respecta al cloud privado, IDC ha clasificado las principales razones por las cuales las entidades financieras deberían adoptar este modelo (IDC, 2011).

**Claridad para establecer mediciones de costos.** La posibilidad de obtener un modelo más transparente para cobrar los servicios a los usuarios.

**Reducción de costos de infraestructura.** Se logra mediante el compartimiento de recursos a lo largo de diferentes áreas de negocios y la estandarización de procesos.

**Pago por uso.** IDC ha realizado también esta clasificación para el cloud público, resultando dentro de las principales razones los bajos montos de pago mensual y asociado a esto, la posibilidad de pagar solamente por lo que se requiere (IDC, 2011).

**De CAPEX hacia OPEX.** Adoptar un esquema de cloud computing permite generar una transición de un modelo de inversión de capital hacia el modelo gestión de administración operacional.

**Economías de escala.** Al ofrecer un sitio de infraestructura tecnológica centralizado, cloud computing aprovecha el concepto de economías de escala (Microsoft, 2010) para reducir los costos de los elementos de hardware, software y su administración.

**Eficiencia operativa.** IDC ha clasificado los beneficios económicos que resultan de la adopción de cloud computing, resultando dentro de los principales la reducción

del gasto total de hardware, software y mantenimiento (IDC, 2011). En este mismo estudio, IDC ha identificado otra ventaja en relación a la capacidad de maximizar la utilización de los recursos mediante esquemas de virtualización, ofreciendo un esquema eficiente en costos.

### **Agilidad**

Las soluciones de cloud computing basadas en internet permiten mayor flexibilidad, agilidad y capacidad de escalar hacia arriba o hacia abajo en la medida que la demanda del negocio lo disponga (IDC, 2011). Una encuesta realizada por Gartner indica que el 55% de las empresas encuestadas ve a la agilidad y velocidad como los principales impulsores para moverse hacia esquemas de cloud (Gartner, 2011).

### **Productividad**

La integración de aplicaciones en tiempo real permite a los agentes de marketing y ventas obtener la información que necesitan al instante, de manera de ofrecer los productos más adecuados para cada cliente aprovechando cada comunicación entre ellos (IDC, 2011).

### **Reducción del *go-to-market***

La disposición instantánea de recursos de infraestructura que soportan las nuevas ideas de marketing es un habilitador fundamental en la reducción de tiempos en nuevas campañas y/o servicios. Esto permite un diferenciamiento entre los competidores que resulta en otra ventaja competitiva (IDC, 2011).

### **Nuevas formas de generar negocios**

Según K. P. Shashidharan estos servicios emergentes de cloud computing apuntan a mejorar la productividad facilitando la colaboración en tiempo real, creando oportunidades de presencia institucional en cualquier lado (Shashidharan, 2011).

**Mejoras en el nivel de servicio hacia el cliente.** La estrecha relación de los servicios de cloud computing con las herramientas de relacionamiento social en auge permite a las entidades financieras a enfocarse y conocer aún mejor a sus clientes. Esto no solo redundará en poder ampliar la cantidad de productos vendidos a un mismo cliente, sino también en poder captar nuevos clientes.

**Banca móvil.** Otra característica que habilita cloud computing es la posibilidad de la implementación de un modelo de Mobile Banking (IDC, 2011). Esta implementación no solo actúa como un diferenciador en comparación con los otros bancos, sino que además aumenta la calidad de servicio a los clientes.

### **Integración**

Si bien cada entidad financiera se vale por sí misma para ofrecer sus productos y se intenta diferenciar de sus competidores para obtener una ventaja competitiva, en la capa más profunda del sistema financiero todas estas entidades se encuentran comunicadas. Cloud computing permite establecer una plataforma comunitaria en la cual las entidades financieras puedan compartir recursos de tecnología y servicios bajo un esquema de regulación, conectividad y administración común (IDC, 2011).

### ***Green IT***

La consolidación de infraestructura tecnológica en sitios de proveedores de cloud computing especialmente preparados para esto, permite un aprovechamiento eficiente de la energía, ya sea para alimentación o refrigeración.

### **Más foco en el negocio**

Cloud computing permite al departamento de T.I. pasar de un esquema de tareas operativas a otras del tipo tácticas. Liberándose las tareas de administración de parches, mantenimiento y otras de este estilo, el departamento de T.I. puede capitalizar ese tiempo ganado en colaborar con la alta dirección en la generación de nuevas estrategias de negocio que aporten valor a la institución.

## **Aspectos a tener en cuenta**

Si bien cloud computing ofrece varios beneficios, las entidades financieras verán que existen ciertos aspectos para los cuales se determina que quizás su adopción no es una solución que sea acorde para cada tipo de problema.

### **Seguridad**

Algunos de los puntos que detienen a ciertas instituciones financieras a implementar cloud computing engloban a la seguridad en primer lugar, seguido por la privacidad, confidencialidad, integridad de los datos, requerimientos de autenticación, ubicación de los datos, disponibilidad y recuperación (IDC, 2011), (IDC, 2011).

**Seguridad lógica.** En lo relativo a la seguridad, IDC clasifica los diferentes niveles de riesgo para cada modelo de cloud computing (IDC, 2010). Establece que bajo el modelo de IaaS la entidad financiera es la responsable del control de acceso, mientras que el proveedor de servicios de cloud computing es el encargado de proveer seguridad perimetral y encriptación de datos. Para el esquema de PaaS el esquema es similar, mientras que bajo SaaS el proveedor de servicios de cloud computing tiene una mayor responsabilidad al tener que separar y proteger los datos de las diferentes entidades financieras, proveyendo para esto herramientas de autenticación y cumpliendo con las regulaciones y políticas de cada entidad financiera.

Para el NIST las responsabilidades bajo el aspecto de seguridad bajo un esquema de cloud computing son compartidas entre el proveedor y la institución financiera que consume dichos servicios (NIST, 2011).

**Proliferación de los datos.** Christian Verstraete menciona en su trabajo acerca de los datos en el esquema de cloud computing tres aspectos a tener en cuenta en cuanto a la seguridad de los datos (Verstraete, 2011).

Para brindar tolerancia a fallos, los esquemas de cloud computing pueden duplicar la información en sitios distintos, generando una proliferación de la información de las entidades financieras. Estas compañías, que si bien son las

dueñas de la información, pierden el control. Por lo tanto, si este aspecto no se tiene en consideración con anticipación, puede que se violen algunas regulaciones gubernamentales y/o peor aún, se potencie el nivel de riesgo de la exposición de su información. Otras cuestiones relacionadas a esto surgen de evaluar las condiciones de respaldo de datos. Es posible que el proveedor de cloud computing utilice servicios de terceros para esto, lo que lleva a preguntarse por ejemplo: ¿A quién le pertenece en este caso la información en las cintas?, ¿Dónde guarda el proveedor de servicios de cloud computing las cintas?, ¿Si se borra la información en un sitio, se borra automáticamente en todos los demás sitios?

Asociado a esto último surge otro interrogante en cuanto a la eliminación de la información. Cuando se elimina información, ¿Se emplean técnicas de blanqueo del medio o es posible que el próximo usuario recupere la información del volumen de datos?

**Seguridad física.** El proveedor de servicios de cloud computing no solamente debe asegurarse de proveer herramientas de protección de acceso no autorizado a los datos a nivel de red, entre aplicaciones o instancias de sistema operativo; sino que además debe garantizar la protección física de los datos.

### **Privacidad**

Cada país tiene diferentes regulaciones en cuanto a dónde está permitido que resida información de sus ciudadanos. Por ejemplo, para aquellos que pertenecen a la Unión Europea se le prohíbe que se transmitan ciertos datos personales hacia otros países que no cumplan con los mismos niveles de protección de datos (Protection of personal data, 2011). El hecho de que cloud computing ofrezca un modelo computacional que atraviese fronteras puede llegar a ser un problema para ciertas instituciones financieras que se vean afectadas por regulaciones como éstas. Dónde reside la información debe ser un aspecto minuciosamente observado por las instituciones financieras en los contratos con los proveedores de cloud computing. La jurisdicción legal de los datos es definida por las leyes del país en donde residen los datos, lo que puede concluir en algunas implicancias legales.

### **Propiedad intelectual**

Existe en ciertos casos la disyuntiva acerca de si los datos le pertenecen al proveedor de cloud computing o a la entidad financiera que consuma sus servicios.

### **Regulaciones**

Para este mercado financiero, las regulaciones no solamente son importantes, sino que además se concentran bajo un contexto dinámico. Por esto, cualquier iniciativa que mueva a las entidades financieras a establecer un cambio en su modelo operativo, debe tener la flexibilidad necesaria para adaptarse a estas cambiantes regulaciones.

### **Auditoría**

Bajo el marco de la importancia de las regulaciones y la privacidad de la información resulta importante establecer políticas de auditoría que faciliten la resolución de problemas en el momento que sea necesario realizar investigaciones.

### **Modelos contractuales**

Las condiciones contractuales entre el proveedor de servicios de cloud computing y las entidades financieras presentan otro aspecto importante a tener en cuenta.

**Garantía de nivel de servicio.** Dentro de los contratos se denota la importancia de los niveles de servicio para los cuales el proveedor de servicios de cloud computing garantiza un determinado nivel de servicio, disponibilidad, tiempo de respuesta, capacidad de recursos, etc. Esta misma consideración se debe tener en cuenta con el proveedor del enlace de red.

**Flexibilidad en los contratos.** Resulta importante dejar en claro las pautas de terminación de contrato de manera que se pueda cambiar rápidamente y sin problemas de proveedor de servicios si así lo necesitara.

**Claridad en los contratos.** Algunos de los diferentes esquemas de servicio incluyen modelos basados en licencias por usuario, licencias compartidas, usos temporales o por períodos fijos, pago por uso y pago por suscripción.

### **Estándares**

Resulta indispensable que las diferentes plataformas que ofrecen los distintos proveedores de cloud computing estén basadas en estándares que garanticen la compatibilidad y la correcta integración de diferentes servicios de manera simple y rápida.

### **Disponibilidad**

Cloud computing no evita tener que planear adecuadamente las estrategias de recuperación de desastres y continuidad de servicio. El enlace de red y la energía son otros puntos importantes a tener en cuenta en este aspecto para que no resulten ser un único punto de falla.

### **Costos**

Puede suceder en ciertas ocasiones que los costos de adoptar un esquema de cloud computing no resulten tan atractivos para aquellas entidades financieras que lo comparen contra los esquemas informáticos tradicionales. La conjunción de los diferentes modelos computacionales y sus costos son los que determinarán si adoptar un modelo de cloud computing podría resultar económicamente mejor que mantener el esquema tradicional. Es necesario tener en cuenta además el costo del almacenamiento. Esto llevará a tomar en consideración además los costos de transferencia de los datos. Nuevamente, la conectividad y energía representan otros elementos importantes a ser evaluados en cuanto a costos.

## **Conclusiones**

Este trabajo ha tratado los principales aspectos tanto positivos como potencialmente negativos que podrían resultar de la adopción de cloud computing

para las entidades financieras. Uno de estos puntos es el de los marcos de trabajo y mejores prácticas que se encuentran en desarrollo. Se ha concluido que esta documentación no ha llegado aún a un proceso de maduración tal como para poder basarse en una guía estándar de adopción de cloud computing. Es necesario continuar actualizado en el estudio de estos conceptos de manera de llegar bien preparado a la etapa de maduración de normas y estándares que permitirán a las instituciones financieras abordar de una manera más simple y segura el proceso de adopción de cloud computing. Sin embargo, se presentarán a continuación recomendaciones en cuanto a la consideración de los aspectos más relevantes dentro del análisis de adopción.

#### **Análisis de costos y beneficios**

En primer lugar, es necesario que se realice una evaluación de costos que involucre todos los aspectos mencionados en este trabajo, de manera de conocer con anticipación las ganancias que se presentarán si así resultara.

#### **Análisis de regulaciones**

Se debe realizar un análisis exhaustivo en cuanto a las regulaciones del mercado financiero y legal de cada país en donde residen las entidades financieras.

#### **Selección del modelo de cloud computing**

Una vez que se ha definido que el proyecto es rentable y que cumple con las regulaciones, se debe definir el modelo de cloud computing a adoptar. Se sugiere comenzar con un modelo híbrido, de manera de poder alojar bajo un modelo de cloud privado aquellas aplicaciones más sensibles del negocio, ya sea por cuestiones de disponibilidad; pero lo que es aún más importante, por cuestiones de protección de la información. El modelo de cloud híbrido se completa incorporando a este cloud privado, un modelo de cloud público para alojar aquellos ambientes no productivos.

**Cloudbursting.** Es un habilitador para el traspaso de información entre el esquema de cloud privado hacia el cloud público. Las aplicaciones son originalmente desplegadas en el cloud privado y a medida que la demanda aumente y no se pueda manejar dentro ese tipo de cloud, se mueven hacia el cloud público. De esta manera las entidades financieras sólo pagarán por los servicios de cloud público cuando los picos de demanda lo requieran.

#### **Evaluación del proveedor**

Con el modelo de cloud necesario y las políticas de nivel de servicio requeridas definidas, las entidades financieras deben evaluar la cantidad de certificaciones que ofrece el proveedor de cloud computing porque éstas garantizarán una mejor integración, ya sea porque disponen de estándares o poseen APIs comunes.

#### **Incorporación de un Cloud Auditor**

Debido a la importancia de los estándares, pero bajo el punto de vista de las regulaciones, un tercer rol entra en juego entre la entidad financiera y su proveedor de cloud computing. El NIST define al auditor de cloud (NIST, 2011) como una

entidad que realiza exámenes independientes de los controles de servicio de cloud computing con la finalidad de expresar una opinión en base a lo observado. Las auditorías son realizadas para verificar la conformidad con los estándares mediante la revisión de evidencia objetiva.

### **Administración**

Por último y de igual manera que en los servicios T.I. tradicionales, no se debe descuidar el aspecto de la administración, tanto para la información, accesos de red y servicios.



## Referencias

- Analysys Mason. (2010). *Enterprise cloud services: worldwide forecast 2010–2015*.
- Gartner. (2008, 10 14). *Gartner Identifies the Top 10 Strategic Technologies for 2009*. Retrieved from Newsroom: <http://www.gartner.com/newsroom/id/777212>
- Gartner. (2009, 10 20). *Gartner Identifies the Top 10 Strategic Technologies for 2010*. Retrieved from Newsroom: <http://www.gartner.com/newsroom/id/1210613>
- Gartner. (2010). *Gartner Forecast: “Public Cloud Services, Worldwide and Regions, Industry Sectors, 2009-2014”*.
- Gartner. (2010, 10 19). *Gartner Identifies the Top 10 Strategic Technologies for 2011*. Retrieved from Newsroom: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1454221>
- Gartner. (2011, 10 18). *Gartner Identifies the Top 10 Strategic Technologies for 2012*. Retrieved from Newsroom: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1826214>
- Gartner. (2011). *Hype Cycle for Cloud Computing, 2011*.
- Gartner. (2011). *Hype Cycle for Cloud Security, 2011*.
- Gartner. (2011). *Private Cloud Computing: Driving a Strategy*.
- Global Industry Analysts. (2011). *Cloud Computing: A Global Market Report*.
- IDC. (2010). *Cloud Computing in the Insurance Industry*.
- IDC. (2010). *Worldwide and Regional Public IT Cloud Services 2010-2014 Forecast (IDC #223549)*.
- IDC. (2011). *Best Practices: Cloud Strategies in Practice — NYSE Financial Community Cloud*.
- IDC. (2011). *Best Practices: Software-as-a-Service Case Study — Santander Consumer USA Deploys Salesforce.com for Key Business Unit*.
- IDC. (2011). *Best Practices: Software-as-a-Service Case Study — Sun National Bank Deploys Mobile Banking in the Cloud*.
- IDC. (2011). *Business value of private clouds*.
- IDC. (2011). *Cloud's Beyond The Hype: Positioning for the New Era of Enterprise IT*.
- IDC. (2011). *Perspective: Cloud Computing in Capital Markets*.
- IDC. (2011). *US Financial Institutions and Cloud Adoption - January, 2011 Survey Results*.

Microsoft. (2010). *The Economics of the Cloud*.

Microsoft. (2011, 5 12). *Bank Boosts Cross-Selling by 20 Percent, Speeds Loan Approval, with CRM Solution*. Retrieved from Case Studies: [http://www.microsoft.com/casestudies/Case\\_Study\\_Detail.aspx?CaseStudyID=4000009941](http://www.microsoft.com/casestudies/Case_Study_Detail.aspx?CaseStudyID=4000009941)

NIST. (2011). *Cloud Computing Reference Architecture*.

NIST. (2011). *The NIST Definition of Cloud Computing (Draft)*.

*Protection of personal data*. (2011, 10 10). Retrieved from European Commission Justice: [http://ec.europa.eu/justice/data-protection/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/justice/data-protection/index_en.htm)

Salesforce.com. (2011, 10 10). *Commercial Banking*. Retrieved from Solutions: <http://www.salesforce.com/solutions/financial-services/commercial-banking.jsp>

Shashidharan, K. P. (2011, 9 25). *Cloud computing for banking*. Retrieved from The hindu business line: [http://www.thehindubusinessline.com/features/mentor/article2484918.ece?ref=wl\\_features](http://www.thehindubusinessline.com/features/mentor/article2484918.ece?ref=wl_features)

Verstraete, C. (2011). *Data and the Cloud*.

WinterGreen Research. (2010). *Cloud Computing Stack Layers – IaaS PaaS, SaaS Market Strategies, Shares, and Forecasts, Worldwide, 2010-2016*.

# Competencias genéricas en carreras de ingeniería

Adriana Isis Cerato y Monica Gallino<sup>1</sup>

## Resumen

El desarrollo de la educación por competencias con base en un enfoque sistémico y complejo es una necesidad impostergable en el desarrollo de la Educación Superior en general y en el caso del ingeniero en particular para los nuevos paradigmas y desafíos del Tercer Milenio con un enfoque de Desarrollo Humano Integral

Este trabajo aborda la educación en ingeniería con un enfoque complejo e indagando a partir de hechos claves acerca de la formación por competencias, una respuesta a necesidades en educación, donde es necesario superar la inteligencia fragmentada con visiones multidimensionales e integradas. En particular se analiza la visión de los docentes del primer año de ingeniería civil sobre competencias genéricas de alumnos ingresantes.

**Palabras Clave:** competencias, desarrollo humano, ingeniería, ingreso.

---

Fecha de recepción: julio 2013 | Fecha de aceptación: octubre 2013

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales

**Abstract**

The development of competency-based education under a systemic and complex focus is an urgent need for Higher Education development in general, and for engineers in particular, considering new Third Millennium paradigms and challenges with an Integral Human Development focus. This paper addresses engineering education with a complex approach and inquiring from key facts about skills training, a response to education needs, where is necessary to overcome the fragmented intelligence with multidimensional and integrated visions. In particular, it analyzes the vision of civil engineering first-year teachers about new students' generic skills.

**Keywords:** skills, human development, engineering, entry.

## 1. Introducción

Este trabajo pretende ser un aporte para mejorar la enseñanza, así como, ir introduciendo a los profesores de la carrera de Ingeniería Civil directamente en la temática de los estudios en base a competencias y motivar las modalidades y metodologías de estrategias de enseñanza que facilitan su desarrollo. La programación de las actividades didácticas a proponer a los estudiantes resulta de suma importancia para que estos logren asimilación e internalización de las competencias tendientes a fortalecer en forma integral su futuro desempeño laboral profesional, tanto en lo técnico como en valores y ética profesional.

El trabajo en la Ingeniería es muy diverso en cuanto a áreas de desempeño, y poco predecible. Los ingenieros pueden trabajar en proyectos y diseños muy variados construcciones de distintos tipos y envergaduras, gestión, operaciones, desarrollo, etc. Por esta razón, clarificar competencias e implementar procesos de enseñanza que las desarrollen en forma temprana es básico para enfrentar un contexto laboral amplio y cambiante.

## 2. Campo teórico y conceptual

El concepto de competencia es diverso, según el ángulo del cual se mire o el énfasis que se le otorgue a uno u otro elemento, pero el más generalizado y aceptado es el de saber hacer en un contexto.

Por competencias se entiende el conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes que se integran a las características personales como capacidades, rasgos, motivos y valores y experiencias personales.

Las competencias en la educación pueden definirse como “...*competencias, genéricas y específicas, entendidas como el conjunto de conocimientos, capacidades, destrezas, aptitudes y actitudes más adecuados para alcanzar unos objetivos sociales de largo recorrido.*” (Suárez Arroyo, B 2005, pp. 6).

Otra forma de entender las Competencias es movilizándolo el conjunto de saberes: el saber (disponer de un conjunto de conocimientos para realizar una tarea), el saber hacer (poseer habilidades para aplicar y utilizar los conocimientos), y el saber estar o saber ser (referido a las actitudes y valores) (Delors, 1996).

Edgar Morín (1999) enuncia los siguientes aspectos:

- Tener en cuenta las limitaciones del conocimiento humano
- Adquirir un conocimiento global y contextualizado de los temas
- Conocer las características de la condición humana
- Saber vivir en un mundo globalizado, interrelacionado, cambiante.

- Aprender a afrontar las incertidumbres y que la solución de unos problemas genera otros.

- Ser comprensivo ante los demás seres humanos, en este mundo que conlleva muchos más contactos con personas de diversa condición.

- Disponer de una formación ética, que deberá obtenerse mediante un ejercicio constante de reflexión y práctica democrática.

- Pensamiento Complejo, el estudio de un fenómeno se puede hacer desde la dependencia de dos perspectivas: holística y reduccionista. La primera, se refiere a un estudio desde el todo o todo múltiple; y la segunda, a un estudio desde las partes

Tobon (2004) define a las competencias, como procesos complejos de desempeño con idoneidad en determinados contextos, integrando diferentes saberes (saber ser, saber hacer, saber conocer y saber convivir).

Todo esto para realizar actividades y/o resolver problemas con sentido de reto, motivación, flexibilidad, creatividad, comprensión y emprendimiento, dentro de una perspectiva de procesamiento metacognitivo, mejoramiento continuo y compromiso ético.

Siendo la meta contribuir al desarrollo personal, la construcción y afianzamiento del tejido social, la búsqueda continua del desarrollo económico-empresarial sostenible, y el cuidado y protección del ambiente y de las especies vivas.

Las competencias desde la perspectiva compleja se posicionan en la categoría general del desarrollo humano consistiendo la misma en el conjunto de características biopsicosociales propias de cada persona en la búsqueda del bienestar y la autorrealización de acuerdo a condiciones personales y del contexto en que se encuentra inserto.

Según Suarez y Arroyo(2005) *“Todo parece indicar que en una visión moderna de las profesiones y de la educación, la formación en competencias en su versión más trascendente a lo largo de la vida, la experiencia en el trabajo y la madurez personal y profesional deberían ser los factores que faciliten a los titulados de hoy crecer y progresar en unas competencias profesionales cambiantes día a día y cada vez más complejas; esta es una cuestión fundamental para construir una sociedad de ciudadanos más justa donde el bienestar sea un elemento clave en el desarrollo de la vida cotidiana”* (pp.4).

Entre los distintos conceptos y lo planteado por Morín se encuentran dos premisas de políticas educativas con distintas definiciones: competencias para el Desarrollo de Capital Humano o competencias para el Desarrollo Humano.

El Desarrollo de Capital Humano relaciona a las competencias con la capacidad de las personas en el desempeño de las actividades o funciones de su puesto de trabajo.

En cambio, si el objetivo es el Desarrollo Humano se necesitan competencias que fortalezcan en forma integral a las personas y su inserción en la sociedad.

Por ello, es vital la vigencia o la creación, si no las hubiere, de políticas de Estado que tengan como meta el desarrollo humano.

Dado todo lo mencionado previamente, la incorporación del desarrollo de

competencias en la enseñanza de la ingeniería requiere un trabajo previo de análisis y discusión. Esto implica, por un lado, un trabajo de puesta en común de los cambios u objetivos buscados, con los docentes y, por otro, un programa institucional de formación y capacitación para todos los involucrados. Un sistema de apoyo y seguimiento que debe operar previo y durante la implementación de forma de asegurar una transformación real en el cumplimiento de los objetivos buscados.

De lo contrario se corre el riesgo de caer en una visión simplista que termine en el mejor de los casos, en una tabla que relacione contenidos con competencias y una suma de nuevas actividades a las tradicionalmente realizadas, sin lograr el fin buscado.

Según Cesar Coll (2007): *“tal vez el riesgo principal del enfoque basado en competencias sea similar al que han tenido que afrontar en el pasado otros enfoques, con éxito casi siempre más bien escaso o moderado: el de presentarse y ser presentado como una solución a los males, problemas e incertidumbres que aquejan la educación escolar en la actualidad. Las aportaciones de los enfoques basados en competencias son muy valiosas, pero definitivamente tampoco son un remedio milagroso”* (pp.39).

La formación basada en competencias requiere asumir una nueva racionalidad que trascienda la parcelación y la fragmentación, con el fin de abordar la realidad en su multidimensionalidad (Morín, 2000): *“La inteligencia parcelada, compartimentada, mecanicista, disyuntiva, reduccionista rompe lo complejo del mundo en fragmentos separados, fracciona los problemas, separa lo que está unido, unidimensionaliza lo multidimensional. Es una inteligencia miope que termina normalmente por enceguerse...incapaz de proyectar el contexto y el complejo planetario, la inteligencia ciega se vuelve inconsciente e irresponsable”* (pp.34).

Desarrollar el pensamiento complejo, implica que el estudio de un fenómeno, se puede hacer desde dos perspectivas: holística y reduccionista. La primera, se refiere a un estudio desde el todo múltiple, y la segunda a un estudio desde las partes.

Los desafíos en la educación son los dirigidos a aplicar modos y metodologías de estrategias de enseñanza, que tiendan a una educación transdisciplinaria, desarrollo de habilidades metacognitivas, más que acumulaciones de conocimientos de hechos. Saber qué hacer con lo que se sabe, formación de pensamiento esencialmente científico, apertura al pensamiento intuitivo, creatividad, formación de valores, dar respuesta a las necesidades de diversos agentes sociales, etc. En síntesis desarrollar competencias para el Desarrollo Humano Integral.

### **3. Visión de profesores de ingeniería civil de primer año respecto a competencias genéricas de alumnos ingresantes.**

En el presente trabajo se presentan en forma sintética algunas de los análisis y conclusiones a las que se arribaron en una investigación de mayor alcance que

involucro una metodología de la investigación con un enfoque cuali-cuantitativo que permitió realizar un estudio exploratorio correlacional de competencias genéricas y estrategias de enseñanza aplicadas a la enseñanza de la ingeniería civil en la UNC por parte del conjunto de profesores de las materias del primer año. Con respecto a las competencias genéricas se utilizaron las acordadas en el proyecto Alfa Tuning (2007).

El proyecto Alfa Tuning (2007) define competencia como las *“capacidades que todo ser humano necesita para resolver, de manera eficaz y autónoma, las situaciones de vida. Se fundamentan en un saber profundo, no sólo saber qué y saber cómo, sino saber ser persona en un mundo complejo cambiante y competitivo.”*(pp.35).

Establece que sobre las competencias genéricas, se busca identificar aquellos atributos compartidos que pudieran generarse en cualquier titulación y que son considerados importantes por la sociedad además de ser comunes a todas o casi todas las titulaciones. Las competencias específicas son las que se relacionan con cada área temática, y tienen una gran importancia para cualquier titulación al estar específicamente relacionadas con un conocimiento concreto.

Las competencias genéricas del estudio de referencia son:

1. Capacidad de abstracción, análisis y síntesis
2. Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica
3. Capacidad para organizar y planificar el tiempo
4. Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión
5. Responsabilidad social y compromiso ciudadano
6. Capacidad de comunicación oral y escrita
7. Capacidad de comunicación en un segundo idioma
8. Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación
9. Capacidad de investigación
10. Capacidad de aprender y actualizarse permanente
11. Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas
12. Capacidad crítica y autocrítica
13. Capacidad para actuar en nuevas situaciones
14. Capacidad creativa
15. Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas
16. Capacidad para tomar decisiones
17. Capacidad de trabajo en equipo
18. Habilidades interpersonales
19. Capacidad de motivar y conducir hacia metas comunes
20. Compromiso con la preservación del medio ambiente
21. Compromiso con su medio socio-cultural



22. Valoración y respeto por la diversidad y multiculturalidad
23. Habilidad para trabajar en contextos internacionales
24. Habilidad para trabajar en forma autónoma
25. Capacidad para formular y gestionar proyectos
26. Compromiso ético
27. Compromiso con la calidad

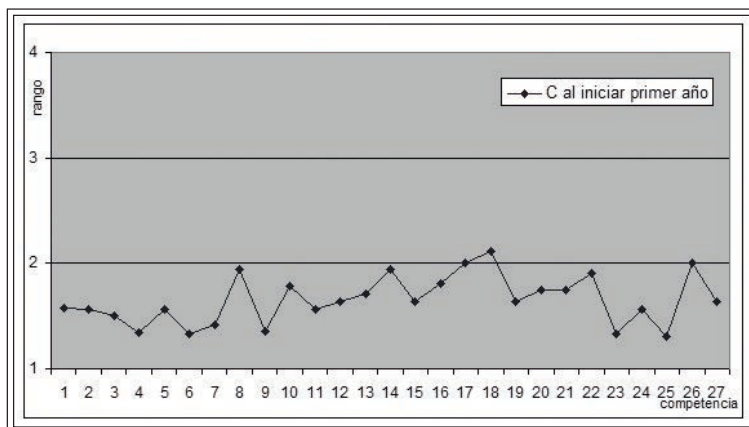
### Competencias genéricas caso alumno ingresante

Los alumnos de primer año en general provienen directamente del nivel medio de educación, con un inicio en sus estudios universitarios con el ciclo de nivelación de solo dos meses, por lo cual se puede inferir que las capacidades con que afrontan sus estudios universitarios provienen de los procesos formativos desarrollados en niveles educativos anteriores.

En ese aspecto, es necesario determinar para el análisis cual es la percepción de los profesores de primer año en cuanto al desafío para iniciar la formación universitaria en ingeniería en función de clarificar el perfil del nuevo estudiante universitario de acuerdo a las competencias genéricas con las que ingresa.

Sobre las 27 competencias ya enumeradas, se interrogó a los profesores sobre el grado de desarrollo de las mismas de los alumnos de primer año. Se consideraron cuatro categorías desde un mínimo de ningún desarrollo (1ª categoría) con intervalos de baja (2ª categoría), bastante (3ª categoría) a mucho (4ª categoría).

En este aspecto todas se encuentran entre el rango 1 y 2, salvo la competencia de habilidades interpersonales que supera aunque en muy poca medida el valor de poco desarrollo (Figura 1).



**Figura 1** Curva de desarrollo de competencias genéricas en alumnos ingresantes

Fuente: Elaboración Propia | Escala 1 nada 2 poco 3 bastante 4 mucho

A partir del análisis precedente se puede concluir que en lo que respecta a competencias genéricas, según la percepción de los profesores universitarios de primer año, los aportes de niveles educativos anteriores son muy bajos, lo que dificulta los procesos de formación en la universidad y un gran esfuerzo de los cursos al inicio de la carrera.

## Las competencias genéricas en el ingreso y el CONFEDI

El Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) de la República Argentina y otras instituciones afines tales como: Asociación Universitaria de Educación Superior Universitaria (AUDEAS), Consejo Nacional de Decanos de Veterinaria (CONADEV), Consejo Universitario de Ciencias Exactas y Naturales (CUCEN), Ente coordinador de Unidades Académicas de Farmacia y Bioquímica (ECUAFyB), Foro de Decanos de las Facultades de Química (FODEQUI) y Red de Universidades con carreras en Informática (RED UNCI), desarrollan una propuesta sobre las competencias necesarias de acceso de un estudiante de nivel medio que desea continuar estudios superiores en el área.

En dicho documento (CONFEDI 2009) se expresa:

*“Las características de la Educación Superior requieren que quien inicia una carrera universitaria deba poseer el dominio de una serie de competencias básicas entre las cuales cumple un papel muy importante el manejo de las formas más complejas del lenguaje. Asimismo el aprendizaje constituye un proceso complejo que se compone de competencias diferentes que convergen en el resultado final formativo. Tal como lo plantean los documentos que organizan y definen las competencias para los egresados de la escuela secundaria, las capacidades creativas y de resolución de problemas, así como el pensamiento complejo, están dados por operaciones mentales mediadas y transmitidas culturalmente por el lenguaje en sus diferentes concepciones.*

*La formación de los estudiantes en el nivel medio, debe desarrollar competencias generales como: creatividad, interés por aprender, pensamiento crítico (capacidad de pensar con juicio propio) habilidad comunicacional, capacidad para resolver situaciones problemáticas, tomar decisiones, adaptarse a los cambios y trabajar en equipo, poseer pensamiento lógico y formal.*

Estas competencias deben ser desarrolladas en la escuela secundaria y durante la instancia universitaria continuar con su desarrollo y consolidación” (pp.1).

En este documento también se definen las competencias de Acceso que se visualizan en Figura N° 2.

Se dividen en tres grupos:

**Competencias Básicas** están referidas a los conocimientos, procedimientos, destrezas y actitudes fundamentales para el desarrollo de otros aprendizajes

**Competencias Transversales** están referidas a la capacidad para regular sus propios aprendizajes, aprender solos y en grupo, y resolver las dificultades a que se ven enfrentados durante el transcurso del proceso de aprendizaje

**Competencias Específicas** Referidas a un conjunto de capacidades relacionadas entre sí, que permiten desempeños satisfactorios en el estudio de las carreras

Competencias Básicas	Competencias Transversales	Competencias Específicas
Aluden a capacidades complejas y generales necesarias para cualquier tipo de actividad intelectual.	Aluden a capacidades claves para los estudios superiores.	Remiten a un conjunto de capacidades relacionadas entre sí, que permiten desempeños satisfactorios en el estudio de las carreras.
1. Comprensión lectora 2. Producción de textos 3. Resolución de problemas	1. Autonomía en el aprendizaje 2. Destrezas cognitivas generales	1. Análisis de una función o un fenómeno físico y/o químico sencillo a partir de su representación gráfica y/o a partir de sus ecuaciones matemáticas. 2. Reconocimiento y utilización de conceptos en matemática, física, química y biología 3. Reconocimiento y análisis de propiedades físicas y/o químicas de la materia en ejemplos cotidianos. 4. Transferencia del conocimiento científico de física, química, matemática y biología a situaciones problemáticas variadas 5. Utilización de la computadora aplicando lógica procedimental en la utilización del Sistema Operativo y diversas aplicaciones como: Procesador de textos, Internet y Correo Electrónico

**Figura 2** Competencias de acceso a estudios Universitarios | Fuente: Documento sobre Competencias requeridas para el Ingreso a los Estudios Universitarios CONFEDI (2009)

En el citado documento se establece que el nivel esperado de las competencias de acceso definidas a estudios superiores sea entre intermedio y alto.

A continuación se indican de acuerdo a grupos y subgrupos cuales son los niveles esperados de desarrollo de competencias de acceso en un ingresante:

### **I. Competencias básicas**

1. Comprensión lectora: Intermedio
2. Producción de textos: Intermedio
3. Resolución de problemas: Intermedio

## II- Competencias transversales

1. Autonomía en el aprendizaje. : Intermedio Alto
2. Destrezas cognitivas generales: Intermedio
3. Relaciones interpersonales: Intermedio

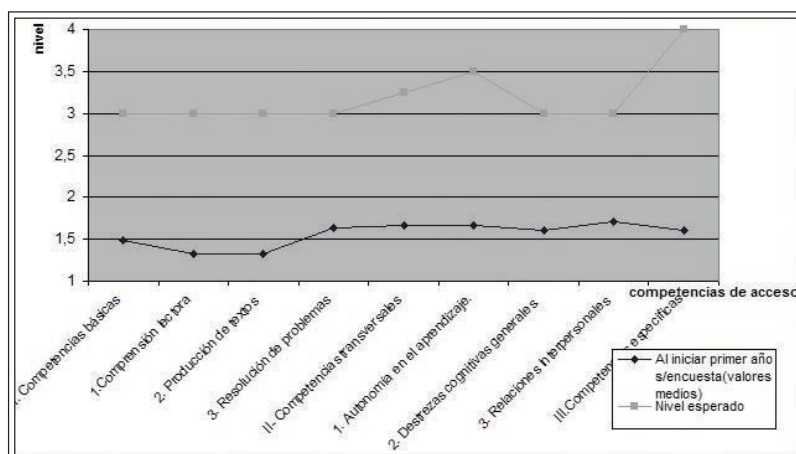
## III. Competencias específicas: Alto

En base a los resultados de los niveles de desarrollo de competencias genéricas de los estudiantes al ingresar, según la percepción de los profesores de primer año, se realizó una correlación con las Competencias de acceso establecidas por CONFEDI, en base a la correspondencia las competencias genéricas enumeradas en el punto 3, con el fin de extraer conclusiones respecto a la situación de un novel estudiante al acceder a estudios de Educación Superior. Se aclara que respecto al grupo de competencias específicas la correlación está limitada solo a competencias genéricas, no a conocimiento sobre contenidos específicos (matemática, física, etc.) que no estaban dentro del alcance de la investigación.

El nivel de desarrollo un ingresante, de acuerdo a la percepción de los profesores de primer año, de las Competencias de Acceso se ubica en las escalas más bajas entre niveles por debajo de poco conocimiento.

Si realizamos una correlación entre los niveles necesarios o deseados de las Competencias de Acceso establecidas por CONFEDI se llega a que están muy lejos de las efectivas de un estudiante que proviene del nivel medio de educación (Figura 3).

El salto cualitativo entre lo real (según la percepción de los profesores de primer año) y lo deseado es muy alto, lo que trae como consecuencias un fuerte trabajo de los profesores de primer año para que los alumnos superen las falencias de niveles educativos anteriores, así como produce desgranamiento y deserción de estudiantes por falta de capacidades mínimas para el desarrollo de estudios superiores.



**Figura 3** Correlación de niveles de Competencias de acceso deseadas y reales

Fuente: Elaboración Propia | Escala 1 nada 2 poco 3 bastante 4 mucho

#### 4. Conclusiones

La distancia entre el deseo y la realidad se hacen patentes en la necesidad de posibilitar el desarrollo de habilidades básicas y específicas, que en primer año se presenta como una ardua tarea. Es allí donde se observa además un mayor requerimiento de estrategias de enseñanza que favorezcan buenos aprendizajes desde la generación de procesos cognitivos y saberes prácticos, en donde no basta revalorizar el contenido sino el conocimiento didáctico del contenido.

De las visiones del desarrollo de competencias, desde el punto de vista de la percepción de los profesores de primer año, que ya trae el ingresante de otros niveles educativos se desprende que el salto cuantitativo y cualitativo que se debe dar en Educación Superior y específicamente en el caso de un futuro ingeniero civil es de gran magnitud.

Si bien en este artículo se presenta solo una parte de la investigación de mucho mayor alcance para evaluar el marco conceptual se trata de expresar los puntos de partida para desarrollar pensamiento complejo en estudios universitarios.

Por ello es necesario profundizar políticas de articulación del nivel medio con Educación Superior. Además de impulsar la sensibilización del cuerpo docente de perfeccionar cada vez más sus estudiantes para que egresen con la calidad requerida, de las necesidades y la constante competencia que el mundo de hoy exige.

El desarrollo de la educación por competencias, con base en un enfoque sistémico y complejo es necesaria como aporte en el desarrollo de la Educación Superior en general y en el caso del ingeniero en particular, para enfrentar nuevos paradigmas y desafíos

## Bibliografía

Autor (2012) “Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (2009) *Documento sobre Competencias requeridas para el Ingreso a los Estudios Universitarios* Disponible en URL <http://confedi.org.ar/documentos/competencias-de-ingreso> [consulta 3 de noviembre de 2011]

Coll , C (2007) *Las competencias en la educación escolar: algo más que una moda y mucho menos que un remedio* Revista Aula de Innovación Educativa. Núm. 161 Editorial Grao pp39

Delors, J (1996) “*La educación encierra un tesoro*” Editorial Santillana Ediciones Unesco

Morín, E-(1999) *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Ediciones UNESCO Francia

Morín, E. (2000). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional´.

Proyecto Alfa Tunig (2007) *Informe Final Reflexiones y Perspectivas de la Educación Superior en América Latina*, Editor Universidad de Deusto España.

Suarez y Arroyo, B (2005) *La formación en competencias: un desafío para la educación superior del futuro*, Universidad Politécnica de Cataluña Barcelona

Tobón, S (2004) *Formación basada en competencias. Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica*. Colombia. Esfera Editores.

# **Sistema de Transporte, Metrópolis y Territorio**

## **El caso del Área Metropolitana Córdoba – R. Argentina**

Pablo Luis Bracamonte<sup>1</sup>, Marcelo Maldonado<sup>1</sup>, Natalia Benito<sup>1</sup>,  
Juan Pablo Bracamonte<sup>1</sup> y Patricia Maldonado<sup>1</sup>

### **Resumen**

El análisis y planificación de la infraestructura en general y en particular la del transporte y de comunicaciones no puede considerarse de manera aislada, sino que este proceso debe ser parte de otro mayor que involucra el sistema territorial, derivado de las fuertes relaciones existentes entre el transporte y el uso del suelo a distintas escalas y por el carácter estructurante de la infraestructura sobre la organización del territorio. Se desarrolla una síntesis de la infraestructura de transporte del Área Metropolitana de Córdoba (AMCor), bajo un enfoque sistémico a partir de sus componentes más significativos considerando su marco territorial y su inserción en la escala nacional.

***Palabras Clave:*** infraestructura, transporte, territorio .

---

Fecha de recepción: julio 2013 | Fecha de aceptación: octubre 2013

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales

## **Abstract**

The analysis and planning of infrastructure in general and transport and communications in particular cannot be considered in isolation. This process must be part of a larger one involving the territorial system derived from the strong relationship between transportation and land use at different scales, and by the infrastructure structuring character of territory organization. A transport infrastructure synthesis of Córdoba Metropolitan Area (Amcor) is developed under a systemic approach from its most significant components, considering its territorial framework and integration into the national scale.

***Keywords:*** infrastructure, transportation, territory.



El análisis y programación de la infraestructura de transporte y comunicaciones no puede abordarse sin considerar la alta correlación con el análisis del sistema territorial y el uso del suelo. Este confiere a la infraestructura de transporte el carácter de estructurante en la organización del territorio en todas las escalas y niveles. Por otra parte de dicha infraestructura dependerá en mayor medida la resolución de la funcionalidad, vía conectividad de actividades y el uso del suelo localizado, de las ciudades y las economías regionales.

De allí que transporte y comunicaciones sean partes fundamentales del desarrollo local y regional, el que también requiere de un territorio ordenado e integrado.

La significación de los temas mencionados los hace motivo de una política de estado orientadora de planes y programas así como de una gestión eficiente bajo control estatal.

En este artículo se aborda, con enfoque sistémico, el caso del sistema de transporte del Área Metropolitana Córdoba (AMCor), esto es, su oferta (disponibilidad de infraestructura), su demanda (requerimientos en dicho sentido) y la gestión (modelo jurídico-institucional de regulación).

El AMCor, como todas las metrópolis argentinas, tiene un serio problema de gobernabilidad en virtud de no existir constitucionalmente la posibilidad de contar con gobierno propio y así depender de acuerdos intergubernamentales y esto debe asumirse como una restricción importante para coordinar un sistema de transporte.

## **1. El Área Metropolitana Córdoba, su orden territorial**

Los asentamientos humanos contemporáneos tienden a configurarse en metrópolis, concentración de un grupo numeroso de ciudades en el entorno de un espacio altamente polarizado por una ciudad importante que difunde su poder urbanizador hacia una periferia satelital hasta conformar un núcleo de gran significación regional y nacional, cuando no internacional. Este fenómeno es propio de toda urbe significativa en todo el planeta y de su buena resolución dependerá el desarrollo local, regional y nacional.

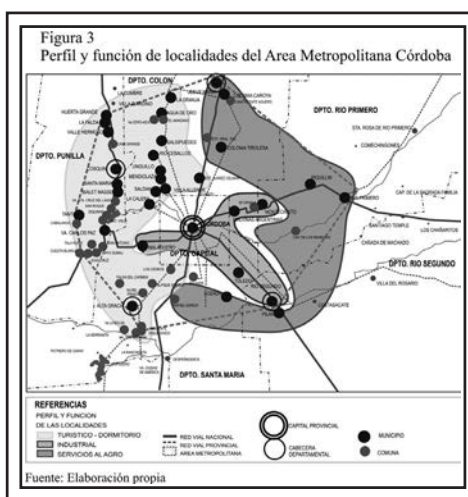
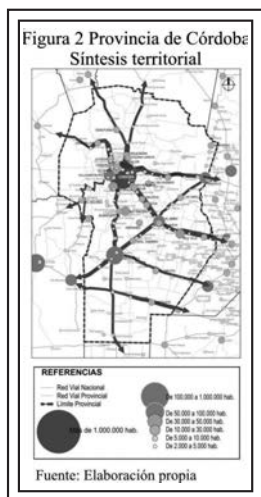
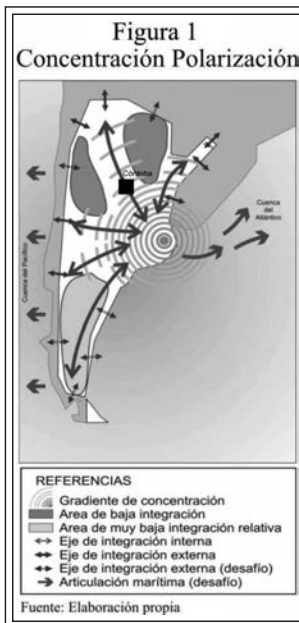
En el sistema urbano del orden territorial argentino existe, en principio, una gran metrópolis de primer orden, el Área Metropolitana Buenos Aires (AMBA), secundada por las Áreas Metropolitanas de Córdoba (AMCor) y Rosario y luego un grupo de conjuntos y conurbaciones de variado peso regional, Santa Fe, Mendoza, Bahía Blanca, Tucumán, entre otras. En este sistema de ciudades, se puede observar el alto grado de concentración y la organización radioconcéntrica en el contexto de los fuertes desequilibrios regionales heredados de nuestra historia geoeconómica de dependencia (Figura 1). Este modelo espacial se ve reproducido en casi todos los territorios provinciales, en particular en el de Córdoba.

El sistema urbano cordobés se concentra y centraliza en la Ciudad de Córdoba y el AMCor, seguido por tres ciudades de mucha menor jerarquía y dimensiones que son Río Cuarto, Villa María y San Francisco (Figura 2).

El AMCor, con sus 1,8 millones de habitantes, está integrado por un conjunto de localidades ubicadas en un área de influencia de la ciudad de Córdoba con quien mantienen fuertes relaciones funcionales. Su sistema vial constituye un componente infraestructural de conexión que, más allá de su escaso rango de suficiencia, dada su posición central, comunica la ciudad polo con el resto del país. Este territorio ha experimentado un proceso dinámico en los últimos años a partir de las transformaciones en el sistema de relaciones analizables a partir del estudio de distintos indicadores referidos al crecimiento poblacional y de las características particulares de desarrollo urbano de las localidades que lo integran

Un indicador importante de destacar es la densidad poblacional que para el Departamento Capital registra un valor del orden de 2400 hab/km<sup>2</sup> mientras que el promedio provincial es de 20 hab/km<sup>2</sup> y para el AMCor se estima en el orden de los 500 hab/km<sup>2</sup>.

Además de sus altas densidades demográficas y de actividades económicas constituye el principal polo del interior del país En estos procesos la infraestructura de transporte cumple un rol fundamental por su valor estructurante y de fuerte incidencia en el crecimiento económico y el desarrollo social. (Figura 3).



## 2. Infraestructura de transporte AMCor

Bajo este título se realiza una descripción de los recursos físicos del sistema de transporte que estructura el AMCor. Sin desconocer la importancia de una resolución multimodal, acá se describe en primer lugar el sistema de vialidad y tránsito, en cuya extensión se asume la alta significación relativa y la dominancia del modo carretero. El subsistema ferroviario que debió ser de gran peso en la geografía cordobesa especialmente por su centralidad geográfica, tiene las décadas de atraso que le impusieron las políticas sectoriales.

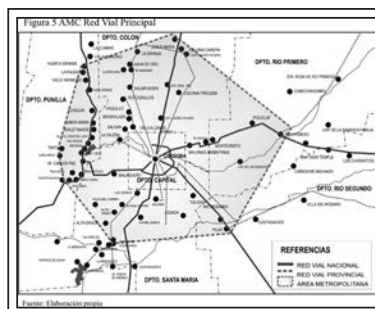
Finalmente se describen las facilidades para el transporte aéreo con su orientación centralista y su escasa vocación de cubrir la extensa geografía argentina.

### 2.1 Vialidad y Tránsito

La red vial interurbana del país se compone de rutas de jurisdicción nacional y Provincial totalizando una extensión superior a los 200.000 kilómetros, a los cuales se les suman unos 400.000 km. de caminos de la red terciaria o caminos rurales. En general el trazado acompañó al de la infraestructura ferroviaria consolidando el modelo radial, con caminos que mayoritariamente se construyeron paralelos a las vías del ferrocarril, situación que también se repite en el territorio de la provincia de Córdoba (Figura 4).

Dentro del AMCor, las rutas principales que la atraviesan adquieren gran importancia desde el punto de vista económico y de integración regional al formar parte de importantes corredores turísticos así como de corredores bioceánicos de integración del continente.

La Red vial principal dentro del AMCor está conformada por un sistema radial que conecta la ciudad polo con las localidades periféricas y que tiene continuidad con la red vial principal que vincula la provincia de Córdoba con el resto del país (Figura 5).



Este sistema radial se complementa con corredores que vinculan distintos sectores del área metropolitana sin pasar por la ciudad capital destinados a la conexión e integración de zonas turísticas, que representan un elemento esencial dentro de la economía de la región y de la provincia.

El sistema de la Red de Acceso a Córdoba (RAC), está conformado por los principales corredores que conectan con la ciudad de Córdoba y se desarrollan dentro de la región metropolitana. Las principales rutas de este sistema fueron concesionadas a fines de la década del 90 a la empresa Camino de las Sierras S.A. con el objeto de ampliar, rehabilitar, mejorar y conservar la red de accesos principales que involucra rutas tanto de jurisdicción provincial como nacional, a través de un sistema de peajes en algunos corredores. A partir del 2010 la concesión paso al estado provincial..

Desde el punto de vista de la demanda atendida, estos corredores, además de conectar la ciudad capital con las localidades satélites del área metropolitana, poseen funciones predominantes en relación con la actividad económica de la zona (Tabla 1). Así se pueden diferenciar rutas con una mayor demanda derivada de la actividad turística que conectan la ciudad con los distintos valles y otras rutas con una función mayoritariamente comercial con viajes de media a larga distancia y que forman parte de los principales corredores de vinculación del AMCor con el resto del país y países limítrofes.

Tabla 1 Estructura y función principal de los corredores de la RAC

<b>Función Predominante</b>	<b>Región – Conexión</b>	<b>Corredor Principal</b>
Turística	Norte (Sierras Chicas)	Ruta Provincial E-53
	Oeste (Valle de Punilla)	Ruta Nacional N°20/28 – Ruta Provincial E-55
	Sur (Valle de Paravachasca – Calamuchita)	Ruta Provincial N°5
Comercial	Norte	Ruta Nacional N°9 Norte
	Este - Litoral	Ruta Nacional N°19
	Rosario – Buenos Aires	Ruta Nacional N°9 Sur – Autopista a Rosario
	Sur	Ruta Nacional N°36

Fuente: Elaboración propia

### **Corredores Turísticos**

Conexión al Norte con Valle de Sierras Chicas

La Ruta Provincial N° E-53 constituye la principal conexión de la Ciudad de Córdoba con el sector turístico de las denominadas Sierras Chicas.

Durante el año 2011 se completó la obra de transformación en autovía del corredor conectando la ciudad capital con las localidades de Salsipuedes y Río Ceballos, incluyendo conexión con el Valle de Punilla.

En cuanto a las características del tránsito del corredor, se destaca una función

turística con alta participación del tránsito metropolitano por el impacto generado por el desarrollo de urbanizaciones tanto en el corredor como en las localidades de Villa Allende, Unquillo y Mendiolaza, conectadas a través de la Ruta Provincial Av. Luchesse y E-57.

De acuerdo a datos de la estación de peaje la ruta presenta un TMDA del orden de los 26000 vehículos.

Por la importancia del corredor y la conexión con el aeropuerto internacional, dentro del tramo urbano de la ciudad de Córdoba se completó en 2012 la ampliación del corredor a tres carriles por sentido incluyendo intercambiadores en las principales intersecciones.

#### Conexión al Oeste (Valle de Punilla)

Los principales corredores de esta conexión son la Ruta Nacional N°20, Ruta Nacional N°38 y Ruta Provincial E-55.

Dentro de la RAC se incluye el tramo parcial de las antes mencionadas rutas nacionales en el tramo Autopista Córdoba-Carlos Paz con un desarrollo de unos 25 km al cual se incorporan los tramos urbanos de las ciudades conectadas.

Además se incluye un tramo de doble calzada de vinculación con la Av. de Circunvalación y la variante que conecta la R.N. N° 38 en proximidades del acceso a la ciudad de Carlos Paz con la R. P. E 55 en la zona del Dique San Roque. Es un corredor con una función principalmente turística relacionada con el Valle de Punilla, mas allá que se puede observar en los últimos tiempos una transformación por el exponencial crecimiento de urbanizaciones residenciales a la vera de la autopista. De acuerdo a datos del peaje, la ruta presenta la mayor concentración de tránsito en la RAC con un TMDA del orden de los 38.000 vehículos por día.

En cuanto a la Ruta Provincial N°E-55, es un corredor que se desarrolla entre las ciudades de Córdoba, La Calera y Bialet Masse. La ruta posee un TMDA del orden de los 18.000 vehículos por día entre Córdoba y La Calera, siendo el tercer corredor de mayor tránsito dentro de la concesión. Luego de pasar la zona urbana de La Calera, la ruta recorre un tramo de montaña el Dique San Roque y desde allí a Bialet Massé. En estos tramos el TMDA se estima de los 6000-8000 vehículos diarios.

#### Conexión al Sur con Valle de Paravachasca – Calamuchita

El principal corredor de esta conexión es la Ruta Provincial N°5 Se trata de un corredor de tipo turístico que conecta la ciudad de Córdoba con los Valles de Paravachasca y Calamuchita con una orientación N-S. Dentro del área metropolitana presenta un importante flujo de intercambio entre la Capital y la ciudad de Alta Gracia y algunas localidades y urbanizaciones ubicadas en el tramo. Registra un TMDA del orden de los 11.000 vehículos por día con participación de tránsito pesado del 10%.

## **Corredores Comerciales**

### *- Conexión con Región Norte*

La principal conexión con la región norte es la Ruta Nacional N° 9 que en su recorrido total es el principal eje de vinculación entre Buenos Aires y el Norte del País. Dentro del AMCor se identifica como Ruta 9 Norte al tramo con orientación N-S que vincula las ciudades de Córdoba y Jesús María, la cual se complementa con la Variante Juárez Celman que constituye una nueva traza del corredor paralela a la actual. En su recorrido atraviesa los sectores urbanos correspondientes a la ciudad de Córdoba y las localidades de Guiñazú, Juárez Celman, General Paz y Jesús María y Colonia Caroya. Registra un TMDA de más de 10000 vehículos con una participación de tránsito pesado del 27%.

En cuanto a la denominada Variante Juárez Celman, se trata de una vía rápida de aproximadamente 9,0 km. de longitud, con perfil de calzada única bidireccional y con reserva de la zona de camino para construir una segunda calzada como previsión de la futura autopista prevista por la DNV entre Córdoba y Totoral. Deriva el tránsito de larga distancia evitando el paso de la RNN°9 por sectores urbanizados. Respecto a su demanda, presenta un perfil de uso comercial con volúmenes en el orden de los 6500 vehículos de T.M.D.A. y porcentajes de vehículos comerciales cercanos al 30%.

### *- Conexión con Región Centro – MERCOSUR*

Esta conexión se da principalmente a través de la Ruta Nacional N°19 que es el principal corredor de conexión de la región con la zona portuaria del Paraná y los países limítrofes de Uruguay y Brasil. Dentro del AMCor se desarrolla en los departamentos Capital y Río Primero. Su demanda se caracteriza por un flujo mayoritariamente de tipo comercial que se manifiesta en la alta participación de camiones que representan cerca del 25% del total del tránsito, siendo el TMDA del orden de 6900 vehículos medido.

### *- Conexión con Rosario – Buenos Aires*

El corredor principal corresponde a la Ruta 9, conformada por la Autopista Córdoba – Rosario y la traza original de la Ruta Nacional N°9 Sur.

Este corredor se ubica en la región SE. Dentro del AMCor abarca el tramo de 42 km entre Córdoba y la localidad de Pilar. La primera de las mencionadas posee perfil de autopista en tanto que la Ruta 9 Sur mantiene un perfil de calzada única bidireccional, las localidades de Toledo, Río Segundo y Pilar. De acuerdo a datos del peaje, la autopista presenta dentro del tramo un TMDA del orden de los 13.500 vehículos por día con una participación de tránsito pesado del 24%, en tanto en la Ruta 9 Sur el TMDA es de 3.900 vehículos con una participación de tránsito pesado del 21%.

La denominada Autopista Córdoba – Rosario presentó un alto crecimiento del tránsito, tanto por derivación como por generación de viajes, a partir del completamiento de los distintos tramos en los que se dividió para construir. Como referencia de esto, en la última década el tránsito dentro de la RAC tuvo un incremento superior al 100%

*- Conexión con Región Sur*

Esta conexión se resuelve a través de la Ruta Nacional N° 36, la cual se desarrolla en forma paralela con la Ruta Provincial 5.

Excepto en la zona urbana de Córdoba, la ruta presenta un perfil calzada única bidireccional y en la actualidad se encuentra en ejecución la denominada autovía Córdoba- Río Cuarto, obra considerada estratégica ya que facilita la comunicación ágil y segura entre la primer y segunda ciudad de importancia de la provincia.

Dentro de la RAC registra un TMDA del orden de los 9.500 vehículos por día con una participación de tránsito pesado del 24%.

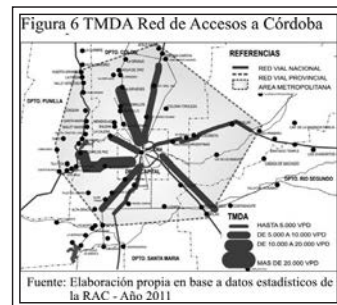
**Demanda de Tránsito de la RAC**

Analizando la demanda del sistema, en lo que respecta a la RAC, el TMDA del año 2012 medido en sus estaciones de peaje, es algo superior a 140.000 vehículos diarios. De su distribución por corredor, se observa que los corredores que concentran la mayor parte del tránsito interurbano del área metropolitana son el de la RN 20/38 que concentra casi el 28% del tránsito y le siguen en importancia las rutas E-53 y E-55(Tabla 2 y Figura 6).

Tabla 2 TMDA Red de Accesos a Córdoba

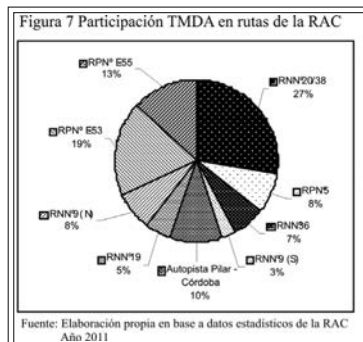
Ruta	TMDA		
	2010	2011	2012
Ruta Nacional N° 20/38	35005	37330	37812
Ruta Provincial N° 5	10216	11034	8576
Ruta Nacional N° 36	8149	9013	12153
Ruta Nacional N° 9 (S)	3917	3864	3897
Autopista Pilar - Córdoba	11744	13702	13670
Ruta Nacional N° 19	6314	6842	6903
Ruta Nacional N° 9 (N)	9507	10773	10977
Ruta Provincial N° E -53	23941	25580	27747
Ruta Provincial N° E -55	16384	17734	18500
<b>TOTAL</b>	<b>125177</b>	<b>135872</b>	<b>140236</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos estadísticos de la RAC - Año 2011



Fuente: Elaboración propia en base a datos estadísticos de la RAC - Año 2011

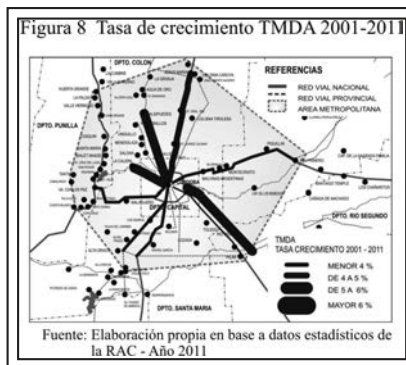
La participación de cada ruta en el tránsito total se muestra en la Figura 7. Vale aclarar que debido a la construcción de la autovía, los datos de TMDA de las rutas 5 y 36 presentan distorsión para el período 2011-2012 debido a la derivación del tránsito habitual de la RPN°5 hacia la RNN°36 como alternativa.



Fuente: Elaboración propia en base a datos estadísticos de la RAC Año 2011

En cuanto a la evolución de la demanda, muestra un incremento mayor al 8% en el período 2010-2011 y una marcada desaceleración para el período 2011-2012 en donde el crecimiento fue del orden del 3%.

Por otra parte, la información disponible sobre el TMDA de cada uno de los corredores con peaje desde el inicio de la concesión, permite evaluar el comportamiento de cada uno de ellos respecto a la dinámica de la demanda. De acuerdo a lo observado, el crecimiento de en el período 2001-2012 es algo superior al 75% excepto en los corredores de la Autopista entre Córdoba y Pilar y la Ruta Provincial E53 en donde la demanda se ha más que duplicado. En el primer caso, las



altas tasas de crecimiento se deben a la mayor derivación de tránsito de larga distancia en el corredor a medida que se fueron habilitando los nuevos tramos de la autopista a Rosario, en tanto que en la Ruta Provincial E-53 los altos crecimientos se relacionan con la fuerte expansión urbanística que se manifestó en la zona NO del área metropolitana lo cual se refleja en las altas tasas de crecimiento registradas en localidades tales como Villa Allende, Mendiolaza, Unquillo y Río Ceballos. En un rango algo menor la otra ruta que presentó un crecimiento más sostenido es la RPE-55 que vincula con la localidad de La Calera en donde también se ha manifestado una expansión urbanística. Lo anterior queda reflejado en la Figura 8 en donde se grafican rangos de tasas de crecimiento medio anual en el período 2001-2011. (No se incluye el 2012 por la distorsión que representa la existencia de rutas en construcción como la RP5).

## 2.2 Ferrocarril

El trazado ferroviario nacional tuvo su mayor desarrollo en principios del siglo pasado, conformando un esquema radial con dependencia de la zona portuaria de Buenos Aires y zonas de influencia, fruto de un modelo de ordenamiento territorial con marcada concentración de la economía en la región Pampeana, obedeciendo a un esquema agroexportador-importador con Buenos Aires como punto de transferencia (Figura 9).

Políticas erróneas y la falta de planificación y continuidad en las medidas adoptadas llevaron al deterioro de este sistema de transportes lo cual se fue reflejando en su





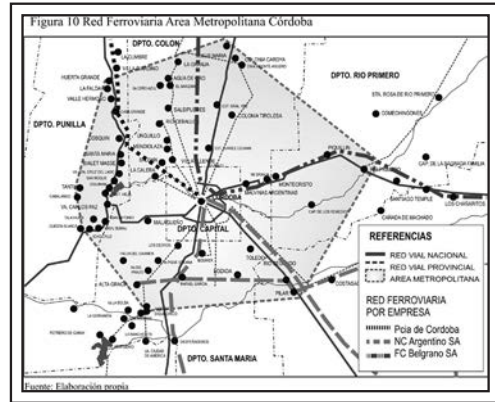
desaprovechamiento y la pérdida de participación a nivel nacional.

Los principales ramales ferroviarios que atraviesan el AMCor forman parte de las redes concesionadas por el Estado Nacional para transporte de cargas. También se encuentra el ramal del ex ferrocarril Belgrano que une las ciudades de Córdoba y Cruz del Eje transferida a la provincia y en el cual se presta el servicio turístico denominado Tren de las Sierras.

Además se cuenta con servicios de pasajeros interurbanos Córdoba – Villa María y Córdoba – Buenos Aires (Figura 10).

Dentro del área metropolitana existen algunos servicios de pasajeros prestados por la empresa Ferrocarril SA, empresa constituida por Nuevo Central Argentino (NCA), concesionario de los servicios ferroviarios de carga del ex Ferrocarril Mitre, y por Ferrovías, concesionario del servicio de pasajeros del ex Ferrocarril Belgrano Norte.

- Servicio interurbano de pasajeros Córdoba – Villa María: -
- Servicio interurbano de pasajeros Córdoba – Buenos Aires:.
- Servicio turístico de pasajeros Tren de las Sierras: El servicio es prestado desde Córdoba La Calera y Casquín



### 2.3 Infraestructura Aérea

Este sistema de transporte comprende las instalaciones aeroportuarias y los servicios prestados por las aeronaves

La extensión territorial de nuestro país favoreció la expansión de este medio de transporte. La red de aeropuertos, cuya creación comenzó en 1946, comprende estaciones para vuelos nacionales e internacionales. En general la red de transporte aéreo no escapa al esquema radial de las redes terrestres, desde la Ciudad de Buenos Aires se abren en abanico hacia los distintos puntos de país. El Sistema Nacional de Aeropuertos se encuentra regulado por el Organismo Regulador del Sistema Nacional de



Aeropuertos (ORSNA) que funciona bajo la órbita del Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos - Secretaria de Transporte. Actualmente este Sistema Nacional está formado por 54 Aeropuertos, de los cuales 37 han sido concesionados y unos 370 pistas y aeródromos privados (Figura 11).

El AMCor cuenta con un aeropuerto internacional y una serie de aeródromos y pistas (Figura 12).

El aeropuerto internacional de Córdoba se encuentra concesionado a la empresa Aeropuertos Argentina 2000 SA y es uno de los más importantes de Argentina sirviendo no solo a la región metropolitana sino a gran parte del centro del país.

Además de operar con varios destinos domésticos, tiene vuelos a países limítrofes y también a Lima, Panamá y Madrid. Alrededor de 1.4 millones de pasajeros lo transitaron en 2010.

El aeropuerto, cuyo nombre oficial es Aeropuerto Internacional Ingeniero Ambrosio Taravella se encuentra ubicado a 9 km. del centro de la ciudad y cuenta con una terminal de pasajeros de 2,400 m<sup>2</sup> aprox. de superficie. Cuenta con dos pistas: una de 3200 m x 45 m. de Hormigón y otra de 2200 m x 45 m. de Asfalto.

Existen además una serie de aeródromos y pistas algunas de las cuales se encuentran bajo la órbita de la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC)

Aeródromo Coronel Olmedo: se encuentra al sur de la Ciudad de Córdoba. Posee una pista de 1200m de largo por 50m de ancho de tierra/pasto denominada 04/22 y se elevación es de 1425 pies sobre el nivel del mar.

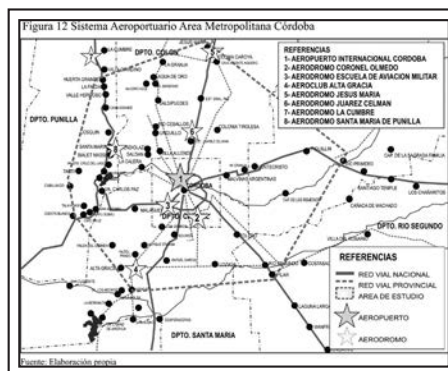
Aeródromo Escuela de Aviación Militar: se encuentra al Oeste de la Ciudad de Córdoba. De categoría militar posee dos pistas de 1680 por 45 m de ancho de pavimento asfáltico y otra de 1565 m de largo por 45m de ancho de tierra.

Aeroclub Alta Gracia ubicado a unos 2 km de la ciudad en el departamento de Santa María. La altura del aeródromo en relación al nivel medio del mar es de 1748 pies y posee una pista de tierra de 1063 metros de largo por 40 metros de ancho.

Aeródromo Jesús María: ubicado próximo a la ciudad en el departamento Colón. Actualmente se encuentra clausurado para operaciones, a excepción de las aeronaves de lucha contra el fuego.

Aeródromo Juárez Celman: ubicado a unos 20 km al NO de la ciudad de Córdoba en el Departamento Colón. La altura del aeródromo en relación al nivel medio del mar es de 1623 pies y posee una pista de pasto de 1350 metros de largo por 45 metros de ancho.

Aeródromo La Cumbre con acceso s pavimentado de 2 Km desde la RNN°38,



data de fines de 1945 y tiene una pista consolidada de 1250 metros de longitud

Aeródromo Santa María de Punilla: Ubicado unos 700 metros al Este de la RNN°38 sobre el acceso principal a la localidad, utilizado actualmente para eventos recreacionales.

### 3. Conclusiones

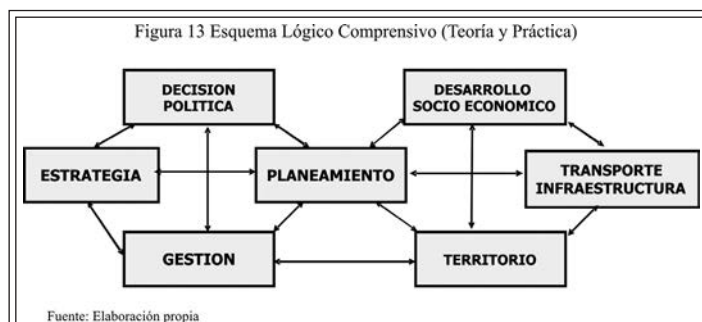
Uno de los primeros aspectos que surge de los datos presentados es la heterogeneidad y diversidad del espacio metropolitano debido a marcadas diferencias en los procesos de urbanización que en él coexisten y de crecimiento demográficos muy diferenciados. Esto reconoce múltiples causas: potencialidad económica, niveles de servicio, calidad paisajística y ambiental, costos de la tierra, accesibilidad, entre otros. En estos procesos la conectividad o la oferta de transporte es un factor determinante en los rumbos urbanizadores de los distintos lugares y esto es el principal condicionante de la funcionalidad metropolitana. Todo evidencia la alta correlación que existe entre la disponibilidad de infraestructura de transporte y los procesos de metropolización.

Recordando el sesgo monomodal y la restricción de gobernabilidad no unificada, se puede decir de un gran crecimiento del volumen de viajes de la RAC que refleja un incremento de relaciones funcionales entre el polo capitalino y su área de influencia que ha impactado en el crecimiento urbano de los centros periféricos y su demanda de mas infraestructura de vinculación.

Por su jerarquía, dinámica y el rol que cumple en la organización territorial del país, el AMCor constituye una metrópolis nacional que tiene incidencia en una región que excede los límites del territorio provincial y forma parte de la extensión del corredor de desarrollo más importante del país que une a las áreas metropolitanas de Rosario y Buenos Aires

Por ello deben existir políticas de Estado que orienten ese crecimiento hacia un desarrollo armónico vía planes programas y proyectos.

A fin de entender el sistema de correlaciones con el que se debe abordar una temática de la complejidad de las Áreas Metropolitanas se pone a disposición de los



lectores un esquema lógico de articulación de acciones y contenidos (Figura 13).

Gobierno, Territorio, Desarrollo Socioeconómico. Infraestructura y Transporte son materias pendientes de atención y resolución: por un lado la cuestión del gobierno de áreas metropolitanas y por otro, la situación derivada de graves errores en la concepción y resolución de la ocupación del territorio y los servicios de infraestructura y sistemas de transporte. El abordaje desde el Análisis y la Planificación Territorial resulta fundamental para tratar esta problemática.

## **Bibliografía**

Borja, J. – Castells, M. (1997). *Local y global. La gestión de las ciudades en la era de la información*. España, Ed. Santillana S.A. Taurus.

Friedman, J. (1991), *Planificación en el ámbito público*. Madrid, Ed. Ministerio para las Administraciones Públicas. Instituto Nacional de Administración Pública.

Ramos, J.L. (1985) *Planificación Urbana y Regional*. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba.

Roccatagliata, J.A. Coordinador (2008), *Argentina. Una visión actual y prospectiva desde la dimensión territorial*. Buenos Aires, Emecé Editores S.A. 1ª Ed.

# **Vigilancia Tecnológica: directriz para el éxito organizacional**

## **Descripción y contribuciones de una disciplina orientada a la eficiencia de las organizaciones de base tecnológica**

José Humberto Robin<sup>1</sup>, Rosana Hadad Salomón<sup>1</sup>, Celeste Quiroga Hamoud<sup>1</sup> y Soledad Rasgido<sup>1</sup>

### **Resumen**

La Vigilancia Tecnológica es parte de una disciplina que actualmente tiene protagonismo y una gran repercusión dentro de cualquier organización con enfoque de innovación, expansión y permanencia a través del tiempo. Abarca un conjunto de metodologías, herramientas y procedimientos con los cuales se identifican y reúnen datos de forma sistemática y organizada, que son analizados y transformados en información y conocimientos relevantes sobre las condiciones tanto del entorno de la organización como del ambiente interno, llegando a las personas correspondientes para definir y establecer decisiones estratégicas dentro de la organización.

**Palabras Clave:** Vigilancia Tecnológica - Conocimiento Industrial.

## **Abstract**

Technology Surveillance is part of a discipline that currently outstands and has a great impact in any organization focused on innovation, expansion and continuity. It encompasses a set of methodologies, tools and procedures which identify and collect data in a systematic and organized manner. Data is analysed and transformed into relevant information and knowledge of both environment and organization's internal environment conditions, reaching the appropriate people to define and establish strategic decisions within the organization.

**Keywords:** Technology Surveillance - Industrial Knowledge.

## Introducción

La Vigilancia Tecnológica (en adelante VT) se constituye en uno de los esfuerzos más importantes por parte de las organizaciones para captar, analizar y tomar decisiones con base en la información que éstas pueden adquirir proveniente del exterior, sustentados en la calidad, pertinencia y utilidad de la misma. Su uso, de manera similar a la Gestión del Conocimiento, ha sido adoptado por grandes organizaciones con miras a no ser sorprendidas tecnológicamente por sus competidores (Rodríguez, 1999).

La VT aparece como una de las funciones clave para la gestión de la tecnología por cuanto, para mantener en vanguardia una cartera tecnológica, es esencial la detección de los cambios y las nuevas tecnologías con la suficiente antelación para poder evaluarlas y prepararse, bien sea para su adopción y explotación o para entender las dinámicas del conocimiento en un área determinada (León López, A.; Castellanos Domínguez, O.; Montañez Franco, V., 2008). Se debe inspeccionar permanentemente el cuerpo de conocimientos científicos existentes; es necesario vigilar antes de emprender cualquier proyecto de innovación, con el objeto de no duplicar esfuerzos en hacer o lograr algo que ya existe y se encuentra disponible para su utilización.

La VT es una función continuada en el tiempo y muy ligada a los aspectos estratégicos de la empresa, es un estado permanente de atención y toma de decisiones ante oportunidades y amenazas del entorno. Conlleva labores de inteligencia por cuanto la información que se capte debe estar sustentada en las metas fijadas por los directivos de una organización, para que ésta se constituya, posteriormente, en el valor agregado de toda estrategia corporativa destinada a alcanzar el éxito.

## El Ciclo de la Vigilancia Tecnológica

La puesta en marcha de procesos de Vigilancia Tecnológica consiste en la implementación de un sistema en el que a través de un conjunto de métodos, procedimientos y recursos, la información es sistemáticamente captada, analizada y difundida como inteligencia a los directivos de una organización, quienes pueden actuar a partir de ella. Este proceso se da gracias a la implementación del Ciclo de trabajo de la VT (figura 1), el cual tiene las siguientes características (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, 2008):

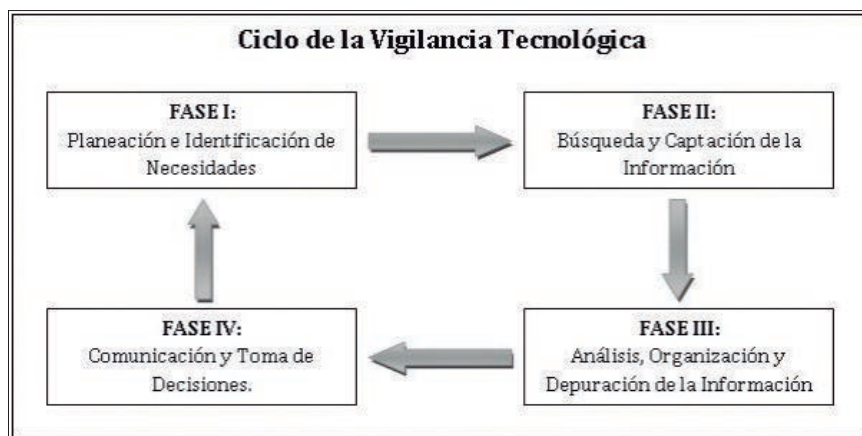


Figura 1. Ciclo de la Vigilancia Tecnológica y sus fases constitutivas.

**A.** Un ciclo fundamentalmente está compuesto por una serie de fases sucesivas entre sí: las dos primeras fases son de captación y organización de la información. Las dos últimas son de “inteligencia” para la toma de decisiones.

Esta sutil pero vital diferenciación lleva detrás un concepto fundamental: la cadena de transformación de la información. Es decir, en las primeras fases de captación se tienen los datos e incluso información con sentido general, mientras que en las segundas fases la información tiene un valor añadido que la convierte en conocimiento y que al ser utilizado para la toma de decisiones se convierte en Inteligencia.

**B.** Cada una de las fases del Ciclo de VT, a pesar de su secuencialidad, debe retroalimentar, interactuar y validar cada uno de sus resultados con el entorno y con los expertos.

**C.** En la primera fase de Planeación se identifican los Factores Críticos de la Vigilancia Tecnológica (en adelante FCVT), es decir, temáticas en las cuales se concentrará el trabajo. Los FCVT permiten dar al Ciclo las características de continuidad y focalización: continuidad en la medida en que los FCVT o las necesidades de hoy, no son obligatoriamente las necesidades del mañana y por ello se tiene un circuito de retroalimentación; y focalización porque es determinante realizar el monitoreo de riesgos y oportunidades estratégicas para garantizar la supervivencia de la organización.

**D.** El Ciclo de VT puede llevarse a cabo iterativa e infinitamente. Sin embargo, si este no tiene como objetivo incidir en el futuro de la organización y en la definición de sus estrategias, no tiene sentido realizar ninguna de las fases del ciclo.

**E.** Una vez que el Ciclo de VT se lleva a cabo por completo, es imprescindible iniciar con la etapa de comunicación. Los hallazgos no tienen sentido si no se difunden en la organización. Por lo tanto, es necesario identificar los canales de comunicación y la forma como se toman las decisiones en el interior de la organización.



## **La Vigilancia Tecnológica y las Herramientas de Software**

Reconociendo que la Vigilancia Tecnológica es un valioso recurso para las organizaciones que contribuye a obtener información útil y siempre actualizada en el ámbito de su incumbencia, también debemos reconocer que para llevar a cabo el proceso vinculado a esta disciplina, resulta imprescindible contar con herramientas de software que cooperen, en la medida en que se precise, con las etapas constitutivas del Ciclo de VT. Es inevitable la conjunción de la VT con aplicaciones informáticas ya que combinadas y orientadas hacia un objetivo común cobran una singular trascendencia que logra condensarse en un complemento capaz de apoyar la toma de decisiones en una estructura organizacional.

Es importante mencionar que la Vigilancia Tecnológica no insta a “acumular” herramientas de software por montón. Una organización jamás debe encaminarse en la búsqueda compulsiva de aplicaciones informáticas sin contar con un claro criterio de selección de las mismas de acuerdo a los objetivos planteados y considerando el alcance que tendrá el proceso de VT que se quiera llevar a cabo.

Por el contrario, la VT promueve la indagación y adquisición de aquellas herramientas que sirvan a los propósitos de la organización como medio a través del cual se ejecuten las fases de su Ciclo. La VT y las herramientas de software se encuentran íntimamente vinculadas, combinándose ambas y articulándose en conjunto para servir a las metas de captación e identificación de oportunidades y potenciales amenazas en el plano tecnológico, de manera de capitalizar esa información en decisiones inteligentes. Un buscador especializado, una base de datos inteligente, un gestor de datos para análisis estadísticos, son aplicaciones de gran utilidad que pueden aportar invaluable contribuciones que posteriormente se traduzcan en altos niveles de eficiencia, eficacia y rentabilidad.

## **Sistema de VT: Prototipo de Vigilancia Tecnológica**

En la actualidad, las empresas pierden importantes cantidades de dinero al invertir en proyectos cuyo resultado ya se encuentra patentado. En la mayoría de los casos, el motivo del desconocimiento es debido a la situación provocada por el gran volumen de información existente, quedando de manifiesto la imperiosa necesidad de conocer y disponer de aquella información adecuada en el momento oportuno para una correcta toma de decisiones. En este contexto, estamos convencidos que un Sistema de Vigilancia Tecnológica se erige como una respuesta confiable y eficiente.

Si bien son pocas las empresas que tienen el privilegio de ofertar sus productos sin competencia, existe una gran dependencia del entorno en el que se encuentran (competidores, proveedores, clientes) y la organización debe estar informada de los cambios y sus posibles repercusiones, por lo que el conocimiento del entorno pasa a ser una actividad crítica para su buen desempeño (Villanueva, M., 2010).

Sabemos que en la actividad de VT, la obtención de la información se realiza a través de fuentes formales, como ser los medios de comunicación, libros, revistas, bases de datos, y de fuentes informales como competidores, clientes, proveedores, personal interno, congresos, ferias, y demás. La información obtenida se ha de analizar, procesar y distribuir a las personas adecuadas. Por lo tanto, como Equipo avocado al estudio de la disciplina de VT, hemos considerado sumamente oportuno y necesario diseñar y desarrollar un Sistema de VT, cuyo objetivo troncal es brindar alertas con respecto a cambios que se estimen importantes para la organización y colaborar en la búsqueda de información útil que implique una valiosa contribución para el proceso de toma de decisiones.

Es difícil o casi imposible estar informado de todo permanentemente, por lo tanto, la empresa debe definir sus requerimientos de información. Los aspectos determinantes para la continuidad de la empresa se denominan “*factores críticos*” y se definen varios ámbitos: mercado, tecnología, proveedores y competidores. Este es el motor impulsor que nos motivó a desarrollar un prototipo de un Sistema de VT en el ámbito de la Universidad Tecnológica Nacional- Facultad Regional Tucumán.

El Sistema de VT se invierte de trascendental relevancia ya que contribuye a optimizar la planificación estratégica, permite aumentar el conocimiento del entorno, detectar oportunidades y amenazas, afianzando los criterios que intervienen siempre en toda toma de decisiones. Nuestro desarrollo nos permitió identificar y abordar las cuestiones fundamentales de todo proceso de vigilancia, obteniendo de ello la definición de las siguientes características con las que hemos dotado al Sistema de VT:

- Detectar cambios y anticiparse en aspectos como nuevas tecnologías, nuevos productos, nuevos competidores, nuevos bienes de equipo.
- Mejorar el conocimiento de la propia UTN - FRT (capacidades tecnológicas, relaciones de dependencia entre tecnologías / normas / productos, debilidades y fortalezas con respecto a clientes, proveedores).
- Obtener información sobre nuevas amenazas para reducir riesgos, que pueden venir en forma de nuevas patentes, nuevas reglamentaciones, alianzas estratégicas, entre otros.
- Permitir identificar a posibles socios para cooperar, detectar nuevos productos o desarrollos de interés, redes de colaboración y demás.

Es necesario mencionar que nuestro Sistema de VT actualmente se encuentra en fase de prueba dentro del ámbito de la comunidad de la UTN - FRT, siendo por el momento un prototipo funcional que está en un constante proceso de

retroalimentación que nos permite poner ojo clínico en detalles que consideramos importantes, para que en un futuro cercano se convierta en un poderoso recurso de software capaz de aplicarse en cualquier organización. Sin embargo, estamos en condiciones de aseverar que nuestro sistema contribuye a la obtención de los siguientes beneficios:

- Mejora el proceso de innovación.
- Mejora las condiciones necesarias para encarar un proceso de cambio.
- Permite tomar decisiones en base a consideraciones objetivas de innovación.
- Mejora en la estructura curricular de las materias, mediante un constante proceso de vigilancia.
- Permite ampliar el espectro de visión sobre las tendencias tecnológicas.

Insistimos nuevamente y hacemos puntual hincapié en la necesidad de contar con un Sistema de VT ya que, a nivel tecnológico, las innovaciones se disparan constantemente y esto representa cierta dificultad para estar informado de las últimas novedades y conocer hacia dónde se decantan las mejores soluciones. La globalización ha supuesto un desbordamiento en el volumen de información disponible, siendo frecuente identificar numerosas empresas que realizan inversiones en desarrollos para los cuales ya existe una solución, lo que implica grandes pérdidas económicas. Y contar con un software que lleve a cabo una profunda tarea de vigilancia teniendo en cuenta las necesidades de la organización que la aplique, se interpreta como una herramienta vinculada directamente con la Gestión del Conocimiento en cuanto a las áreas de I + D + i se refiere; un sistema capaz de identificar, capturar y plasmar aquella información considerada crítica y vital para la supervivencia y éxito de toda organización comprometida con la innovación.

## Conclusión

La Vigilancia Tecnológica revela que existen pocas capacidades de investigación y desarrollo que fortalezcan las competencias e innovaciones, es por ello que se hace imperativo buscar mecanismos que permitan el fortalecimiento de éstas capacidades que puede darse por las siguientes vías:

- Formación de investigadores en países líderes en investigación y desarrollo.
- Seguimiento de tecnologías de procesos y productos desarrollados.

La VT es un mecanismo esencial para facilitar las decisiones estratégicas de una organización, que pueden incluir perfectamente la creación de una línea de I + D + i dentro de la empresa para investigar sobre cierta tecnología.

Las fuentes de información son esenciales en la VT. Ésta, consiste en captar información del entorno, seleccionar la que se considere relevante para el negocio, hacer un seguimiento de la evolución de las tecnologías claves de cada sector y

difundir toda esa información en la empresa para su utilización como herramienta para la toma de decisiones, de manera que podamos anticiparnos a los cambios que se van a producir.

En definitiva, la VT es un proceso muy útil para filtrar y sintetizar el aluvión de información bruta que caracteriza la era de Internet. Las empresas tienen necesidad de conocer lo que se está haciendo en cada campo de su interés y por otro lado se ven saturadas de información (relevante e irrelevante) que debe ser organizada.

A lo largo de la presente ponencia, pusimos énfasis en manifestar que la VT y las herramientas de software se encuentran unidas por un fuerte lazo que logra amalgamarlas en un eficaz complemento que lo transforman en un binomio irreducible. Un Sistema de VT tiene la finalidad de servir como elemento facilitador en el proceso de Vigilancia Tecnológica, reduciendo complicaciones innecesarias y dotando a la organización que lo implemente de dinamismo y versatilidad. Esto se traduce en beneficios económicos que significan un ahorro que las empresas realizan al tomar la información existente y no producirla en forma redundante.

## Referencias

Palop, F.; Vicente, J. M. (1999). *Vigilancia Tecnológica e Inteligencia competitiva. Su potencial para la empresa española*. COTEC, Madrid.

Escorsa, P.; Maspons, R. (2001) *De la vigilancia tecnológica a la inteligencia competitiva*. Prentice Hall, Madrid.

León López, A.; Castellanos Domínguez, O.; Montañez Franco, V. (2008). *Tendencias actuales en el entendimiento de la Vigilancia Tecnológica como instrumento de inteligencia en la organización*. COTEC, Madrid.

Colombia, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2008). *Estudios de Vigilancia Tecnológica aplicados a cadenas productivas del sector agropecuario colombiano*. Giro Editores Ltda., Bogotá.

Villanueva, Martín (2010). *Herramienta clave para Estructuras de Apoyo al desarrollo de Procesos Emprendedores: Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva*. Ponencia presentada en el 8th World Congress of Engineering Education, Buenos Aires, Argentina.

# Evaluación agroindustrial de tres variedades pre comerciales de trigo

Marlene Vázquez Mendoza<sup>1</sup>

## Resumen

El propósito de evaluar 3 variedades pre comercial de trigo BS16, Norteña y Josecha, consiste en identificar a través de los análisis, las propiedades físicas y mecánicas, análisis proximal, reológicos y evaluación sensorial empleando métodos físicos como peso hectolítrico, estimación tanto de la calidad física del grano, como de la calidad molinera, método de dureza molienda en molino experimental Bulher automático para la obtención de harina fina, análisis proximal empleando el método de Goldfisch para la determinación de extracto etéreo, método de digestión acida y alcalina para la determinación de fibra, método Kjeldhal para nitrógeno, método Farinógrafo de Brabender utilizando un equipo Micro-Farinógrafo Brabender Mod-No. 8 110, determinación de propiedades dinámicas de la masa utilizando el alveógrafo de Chopin donde la masa se extiende bidimensionalmente formando un alveolo, por efecto de la fuerza debida a la presión del aire que se insufla por debajo de una lámina de masa obtenida en condiciones normalizadas, método 10-10 AACC 1962 para la evaluación de panificación y sensorial que determinaron el potencial de las variedades de trigo para su aprovechamiento industrial. Los materiales antes mencionados fueron cultivados en la región de Mixquiahuala de Juárez Hidalgo, obteniendo que la variedad óptima es BS16, que cumple con los parámetros para su industrialización. Los análisis para determinar la calidad panadera de la harina de trigo se realizaron en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de la zona centro sur (CEVAMEX).

**Palabras Clave:** Trigo, variedades de trigo, calidad panadera.

---

Fecha de recepción: julio 2013 | Fecha de aceptación: octubre 2013

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo (ITSOEH), México.

## **Abstract**

The purpose of evaluating three pre-commercial wheat varieties -BS16, Norteña y Josecha- is identified the physical and mechanical properties, proximate analysis, rheological and sensory evaluation using physical methods such as hectolitre weight, grain physical quality estimation, milling quality, hardness determination at automatic Bulher experimental mill for obtaining fine flour, proximate analysis: ether extract determination by Goldfish method , acid and alkaline digestion to fibre determination Kjeldahl method for nitrogen quantification, Brabender Farinograph using a Brabender Micro-Farinograph Mod-No . 8110. Calculation of dough dynamic properties using Chopin alveograph where dough is dimensionally extended forming a alveolus due to the force of air pressure blown under a dough sheet obtained under standard conditions. The 10-10 AACC 1962 method was applied for sensory evaluation and baking, determining the potential of wheat varieties for industrial use. The above materials were grown in Hidalgo Juarez Mixquiahuala, and BS16 variety is the optimal one, since it meets industrialization parameters. The analysis to determine wheat flour baking quality was performed at the National Institute for Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP) south central area (CEVAMEX).

**Keywords:** Wheat, wheat varieties, bread quality.

## Introducción

El campo experimental del Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo, cuenta con un área destinada a la producción de cultivos como alfalfa, maíz, cebada, sorgo y trigo. El trigo es un grano que se ha cultivado en este campo experimental en donde las variedades producidas fueron acopladas bajo condiciones de cultivo a cielo abierto, irrigación con aguas negras y suelos mínimamente fertilizados con el objetivo de obtener un grano de calidad apto para su industrialización, mismo que fue analizado minuciosamente aplicando las técnicas químicas y físicas específicas, evaluación de propiedades mecánicas y dinámicas del grano y se determinó la calidad en la harina para industrialización en cada variedad.

Por esta razón una de las instituciones de apoyo fundamental en la realización de esta investigación fue el INIFAP-CEVAMEX, ya que cuenta con las instalaciones y laboratorios con equipos especializados para la aplicación de las técnicas que permiten identificar y caracterizar la harina de trigo para su industrialización.

La fabricación de harina a partir del trigo requiere de un proceso complejo en el cual intervienen muchas etapas, de molienda y tamizado. La eficiencia de la molienda del trigo depende de la efectividad del acondicionamiento o templado del trigo y también del flujo adecuado de materiales a través del molino. Cuando se muele trigo que se ha acondicionado de forma adecuada, el grano endurecido y el germen se desprenden en trozos relativamente grandes y las partículas molidas de endospermo pueden separarse con facilidad de ellos. En general el 72% del grano de trigo se recupera como harina y el 28% restante como subproductos (Desrosier, 1999). La harina contiene entre un 65 y un 70% de almidones, pero su valor nutritivo fundamental está en su contenido, ya que tiene del 9 al 14% de proteínas; siendo las más importantes la gliadina y la glutenina, además de contener otros componentes como celulosa, grasas y azúcar. (Desrosier, 1999).

### Materiales y métodos

En los meses de mayo – junio de 2012, se realizaron los primeros análisis proximales y en el mes de julio las propiedades físicas y mecánicas, calidad panadera y sensorial. Los cuadros No.1 y No.2 muestran el listado de materiales y equipos que se utilizaron en la realización de los análisis, acondicionamiento del trigo, las propiedades físicas y mecánicas, bromatológicos, reológicos y la evaluación sensorial, respectivamente.

### Cuadro No.1 Listado de materiales que se utilizaron en la realización de los Análisis Físicoquímicos y Bromatológicos

No.	Materiales	Cantidad/volumen
1.	Vaso de precipitado	100, 250 y 1000 ml
2.	Pipeta graduada	5 y 10 ml
3.	Probeta graduada	50, 250 y 1000 ml
4.	Vasos de Berzelius y vasos de Borde Esmerilado	600 ml y 200 ml
5.	Tubos recolectores	6 piezas
6.	Agitador de vidrio, porta dedales, anillos de sujeción y espátulas	Un lote
7.	Crisol y cápsula de porcelana	9
8.	Pinzas para crisol	2
9.	Mechero bunsen	4
10.	Desecador	3
11.	Tripie, triángulos de porcelana y lámina de asbesto.	4
12.	Extensión y eliminador de corriente eléctrica	2

### Cuadro No.2 Listado de equipos que se utilizaron en la realización de los análisis físicoquímicos, bromatológicos y reológicos.

No.	Equipos	Características generales
1.	Balanza analítica:	Marca Ohaus, con precisión en la lectura de sus pesos realizados con sensibilidad de 0,1 mg.
2.	Mufla	Se alcanzan elevadas temperaturas de 500 °C hasta de 1100°C.
3.	Aparato Digestor-dispositivo de destilación Kjeldhal	Es un método para determinar el contenido de proteína y nitrógeno de sustancias orgánicas e inorgánicas, usa frascos KNA de 300 ml y pueden manejar tamaños de muestras desde 0.5 hasta aproximadamente 5.0 gramos.
4.	Aparato de extracción de extracto etéreo Goldfish	Aparato de extracción de extracto etéreo Goldfish
5.	Aparato de digestión de fibra	Se utiliza en la determinación de fibra cruda, alimentos y otros productos agrícolas.
6.	Molino de disco de piedra.	Este equipo se utiliza para conocer la dureza del trigo, para 600 gramos.
7.	Balanza Winchester Bushel Meter u Oahu's	Se utiliza para conocer el peso hectolítrico de una muestra de trigo.
8.	Molino Experimental Bulher Automático	Se utiliza para moler trigos duros, (800 y 500 gramos). Modelo MLU202.Molino de Rodillo Liso.
9.	Alveógrafo de Chopin	Aparato Reológico para conocer los parámetros más importantes de la calidad panadera de un trigo.
10.	Farinógrafo de Brabender	Aparato reológico que mide la absorción de agua y comportamiento del amasado.



El muestreo se llevó a cabo a partir de sacos de trigo que fueron tomados al azar de los cuales se obtuvieron 2 kilogramos de grano de trigo de cada variedad pre comercial; Josecha, BS16 y Norteña.

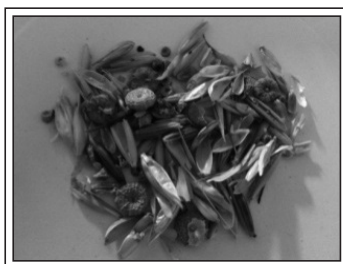
### **Acondicionamiento del trigo**

#### **Análisis Físico**

Esta etapa se llevo a cabo en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), se analizan 3 variedades de trigo, mediante muestras representativas en las que se obtuvieron resultados en cada una de los métodos físicos que a continuación se describen.

#### **Limpieza del grano**

En esta etapa se retira la mayor parte de las impurezas del grano, presentes en el mismo como son: Todo lo que no sea trigo, trigo dañado, trigo helado, trigo oreado, trigo germinado, trigo chupado, trigo verde o inmaduro. Imagen No.1 Impurezas presentes en las diferentes variedades a evaluar.



**Imagen No.1** Impurezas presentes en las diferentes variedades a evaluar.

**Peso Hectolítrico:** Es importante porque cuanto más sano sea (menor cantidad de impurezas, granos dañados o quebrados, picados, o con presencia de cualquier enfermedad), mayor será la proporción de almidón en el grano y mejor será la separación del endospermo del resto del grano. Por lo tanto, cuanto más sano, mayor extracción de harina. A su vez, es una medida de la homogeneidad de la partida de trigo, factor clave en el proceso industrial. Por consiguiente, el peso hectolítrico es una buena estimación tanto de la calidad física del grano, como de la calidad molinera.

**Dureza:** La dureza del grano, es el método que define que tan duro o blando es el endospermo de la variedad de grano analizado. Por lo que se manifiesta la resistencia que opone al ser fracturado o a la energía requerida para reducir significativamente en la molienda el endospermo a harina o semolina.

#### **Procedimiento**

Paso 1: Acondicionamiento del grano en esta etapa se separa el grano de la impureza que pueda presentar, como lo es retirar materia extraña que en su

momento afecta el tratamiento del grano (tierra, piedras), estas impurezas provocan contaminación y destrucción de la muestra a analizar.

Paso 2: Fricción del grano se lleva a cabo en el molino disco de piedra, en el que se raspa el grano y de esta manera obtener muestra perlada (reducción del endospermo para la obtención de harina o semolinas).

**Nota:** Por diferencia de pesos se obtiene la dureza del endospermo (peso inicial - final).

### **Hidratación del grano**

El objetivo del acondicionamiento (agregado de agua) o humectación es que las distintas partes del grano adquieran distintas propiedades físicas para facilitar una mejor separación entre ellas.

Con el acondicionamiento se obtiene:

1. Un germen plástico (como la plastilina) que se deforme pero mantenga su tamaño y que no se rompa.
2. Un pericarpio correoso y flexible, que no se pulverice, que se desprenda como tiritas lo más grande posible, para que no contamine la harina.
3. Un endospermo que se pulverice, fácilmente quebradizo.

El proceso de acondicionamiento, del grano es sometido a hidratación en dos tiempos:

**1ra Hidratación;** con 30 ml de agua por cada 800 gramos de muestra en un tiempo no mayor a 24 horas, para cada variedad.

**2da Hidratación;** transcurridas las 24 horas de reposo de la muestra con la primera hidratación, la muestra es sometida nuevamente a hidratación hasta alcanzar humedad de 14% para una mejor fragmentación y obtención de harina fina para las pruebas reológicas.

### **Molienda en molino experimental Bulher automático**

Para la obtención de harina fina, se somete el grano a dos etapas de molienda

#### **Etapas 1**

Molienda de trigo duro.

#### **Procedimiento**

Paso 1: Pesar la muestra

Paso 2: Introducir la muestra al equipo de molienda para grano duro.

Paso 3: Prender el equipo y esperar tiempo de fragmentación del grano.

Paso 4: Apagar el equipo y sacar la muestra previamente molida.

**Etapas 2** Para esta etapa se someten las muestras a un segundo procedimiento mecánico, en el que para obtener una muestra fina, es necesario del molino de rodillo lizo con capacidad de 800 gramos.

Paso 5: Pasar la muestra al equipo de molienda para obtención de muestra fina.

Paso 6: Prender el equipo y someter la muestra pre-molida hasta obtener harina fina para las pruebas reológicas.

### **Análisis proximal**

#### **Determinación de Humedad**

Este análisis se determino mediante la cuantificación de materia seca, que permanece en el grano de trigo después de la eliminación del agua, conociéndose como sólidos totales. Este valor analítico es un factor de calidad importante para la conservación y manipulación del grano que en etapa posterior será manipulado para la obtención de harina. Se entiende como harina de trigo, al producto que se obtiene por molienda y tamizado de granos de trigo (BS16, Norteña y Josecha), sanos, limpios, enteros o quebrados así como sin cascara.

Se calcula el contenido de humedad, expresado como peso perdido de la muestra durante el secado siguiendo la fórmula:

$$\% \text{ de humedad: } \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

#### **Determinación de Extracto Etéreo**

En este análisis se obtuvo por el método de extracción de grasa Goldfish, determinando la cantidad de extracto etéreo presente en muestra molida y tamizada de harina de trigo de cada variedad, utilizando la siguiente fórmula se calcula el % de extracto etéreo.

$$\% \text{ de extracto etéreo: } \frac{P_f - P_o}{M} \times 100$$

#### **Determinación de Fibra**

Este análisis se basa en el método de digestión ácida y alcalina de la muestra obteniéndose residuo de fibra cruda y sales que con calcinación posterior se determinara la fibra cruda, presente en la muestra analizada. Se calcula el % con la siguiente expresión.

$$\% \text{ FIBRA: } \frac{(P_s - P_c) - (P_c - P_{cp})}{M} \times 100$$

#### **Determinación de Proteína**

Este análisis se determina por el método Kjeldhal (Cantidad de nitrógeno presente en muestra de trigo molida y tamizada), este es un método indirecto, realmente lo que se determina es la cantidad de nitrógeno presente en la muestra.

Una vez conocido este al multiplicar la cantidad de nitrógeno obtenida por el factor, se obtiene la cantidad de proteína cruda del producto.

El análisis para determinar el contenido de nitrógeno de la muestra consta de tres fases:

- 1.- Digestión u oxidación de la materia orgánica.
  - 2.- Destilación de la materia orgánica para desprender el amoníaco que se condensa en una solución ácida.
  - 3.- Titulación de esta solución para determinar el contenido de nitrógeno.
- Se calcula el % de proteína bruta con la siguiente expresión.

$$\text{Proteína bruta \%} = \frac{(V \times f - V1 \times f1) 0,014 \times F \times 100}{P}$$

### **Determinación de Cenizas**

Este método gravimétrico está constituido por el residuo inorgánico que se obtiene quedando después de que la materia orgánica se ha calcinado (quemado en su totalidad). Las cenizas obtenidas no tienen la misma composición que la materia mineral presente en el alimento original.

Se determina el % de ceniza contenida en cada muestra en estudio a través del cálculo de porcentaje.

$$\text{\% de ceniza: } \frac{(M_1 - M_2) 100}{M}$$

### **Análisis Reológicos**

#### **Método Farinógrafo de Brabender**

Se realiza en equipo Micro-Farinógrafo Brabender Mod-No. 8 110, se midieron las propiedades dinámicas de la masa a través de la resistencia que ésta le opone al amasado mecánico en condiciones controladas, como las siguientes:

- 1.- Tiempo de homogenización de la muestra.
- 2.- Volumen de agua necesario para el amasado
- 3.- Peso de la muestra sometida a amasado.
- 4.- Tiempo de amasado

### **Procedimiento**

Paso 1: Pesar la cantidad de acuerdo a la humedad presente en la muestra, analizada en el cuadro estándar para el procedimiento (Micro-Farinógrafo Brabender).

Paso 2: Incorporar a la amasadora la harina a analizar en estado seco, solo para homogenizar completamente.

Paso 3: Acomodar el papel regla en la lectura del farinograma partiendo de 0

por 1 minuto de amasado en seco (para obtener el tiempo óptimo de amasado).

Paso 4: Pasado el minuto de tiempo de amasado en seco, se realiza la descarga de agua destilada sobre la amasadora hasta hidratar por completo la muestra.

Paso 5: Retirar la muestra amasada de las paredes de la amasadora sin tocar sus aspas (Si se tocan se disparará el valor y este resultara erróneo).

Paso 6: Una vez que se llega a las curva en donde se encuentran las 500 unidades Brabender se deja trabajar por 12 minutos.

Del papel regla se obtiene un farinograma del que se extrae la siguiente Información para la interpretación de resultados:

1.- % de absorción de agua de la harina hasta alcanzar una determinada consistencia (depende de la cantidad y calidad de gluten y la dureza de endospermo, y se relaciona con la cantidad de pan a obtener por kg de harina).

2.- Tiempo de desarrollo de la masa (minutos necesarios para alcanzar la máxima consistencia).

3.- Tiempo de estabilidad o tolerancia al amasado (minutos durante los cuales la masa mantiene la máxima consistencia).

La absorción de agua se define como el porcentaje de agua respecto al peso de harina que es necesario añadir para obtener una masa de consistencia determinada.

$$\text{Absorción de agua \%} = \frac{V + P - 300}{3}$$

Donde:

V = volumen en ml de agua añadida para obtener una masa con una consistencia máxima de 500 U.B.

P = peso en g de harina utilizada, equivalente a 300 g con el 15% de humedad.

### **Alveógrafo de Chopin**

La masa se extiende formando un alveolo, por efecto de la fuerza debida a la presión del aire que se insufla por debajo de una lámina de masa obtenida en condiciones normalizadas. Con este ensayo se imita a gran escala la formación de alveolos en el seno de la masa por el anhídrido carbónico producido por las levaduras durante la fermentación. Las dimensiones y la forma de las curvas obtenidas y el volumen del alveolo en el momento de la rotura son una guía de las características de panificación de la harina.

El procedimiento para la realización de este análisis es el siguiente:

1. Se pesan 60 gramos de harina de cada variedad.
2. Añadir la muestra en la cubeta de amasado.
3. Poner en marcha la amasadora y dejar por 1 minuto la muestra amasando, después adicionar Solución Salina durante 15 segundos. Parar amasadora y homogenizar manualmente la mezcla, con ayuda de una espátula plástica sin tocar las paredes de esta.

4. Continuar el amasado en la amasadora, durante 8 minutos.
5. Apagar la amasadora y pasar la muestra a las placas de laminado.
6. Lubricar con aceite de vaselina las placas de laminado, posteriormente formar los pastones.
7. Formación de las galletas, para dejar en la cámara de reposo durante 20 minutos y posteriormente pasar al Alveógrafo.
8. Embonar perfectamente el Alveógrafo, insuflar aire y hacer la lectura.

Cálculos:

$$W = 132 \times G^2 \times S / L$$

Donde:

L= Longitud de la curva.

S= Área de la Curva.

G= Índice de Inflamamiento.

W= Trabajo de Deformación.

### **Panificación**

Una harina panificable se puede considerar una mezcla de: almidón, electrolitos, agua, gluten. Las propiedades panificadoras dependen de la capacidad de embeber agua del hidrogel, en esto influyen la forma de maduración del trigo y el acondicionamiento de la harina. A la que se añaden levaduras, esto provoca la fermentación de los azúcares formándose CO<sub>2</sub> que hace que la masa sea esponjosa. Esta masa esponjosa debe tener otra cualidad: elástica. La elasticidad depende: del número de partículas coloidales del gluten/unidad de masa y de la capacidad de hinchamiento del gluten.

Para llevar a cabo la panificación se realizaron los siguientes pasos:

1. Pesar los ingredientes secos (harina, leche y manteca).
2. Preparar soluciones (levadura y sal-azúcar).
3. Mezclar los ingredientes sólidos y líquidos hasta tener una consistencia suave (que la masa haga hebra y al estirla sea elástica y flexible).
4. Se pasa la masa al molde de fermentación y se deja reposar en el gabinete de fermentación durante una hora 20 minutos.
5. Se hace el primer fresado (10 movimientos suaves con las palmas de las manos y empujando hacia dentro la masa con los dedos). Se deja reposar 45 minutos en el fermentador.
6. Se hace el segundo fresado (misma operación) y se deja reposar 25 minutos en el fermentador.
7. La masa se moldea mecánicamente (pasa por una prensa dos veces, se enrolla la masa en tres rodillos) y se pasa a moldes dejando reposar la masa 55 minutos en el gabinete de fermentación.
8. Se mete al horno a cocción durante 25 minutos.

Este procedimiento está basado en el Método 10-10 AACC 1962 de la Asociación Americana de Química del Cereal, el cual se obtuvo en INIFAP.

### **Evaluación Sensorial**

Es considera simplemente como: el análisis de las propiedades sensoriales, se refiere a la medición y cuantificación de los productos alimenticios o materias primas evaluados por medio de los cinco sentidos. Para obtener los resultados e interpretaciones, la evaluación sensorial se apoya en otras disciplinas como la química, las matemáticas, la psicología y la fisiología entre otras.

### **Obtención de datos**

1. Al término de su cocción se pesan y se dejan enfriar.
2. Se mide volumen y se guardan para el día siguiente.
3. Se cortan en dos y se evalúan sensorialmente.

Evaluación sensorial (Aptitud panadera)

Corteza excelente	2.0
Volumen mayor que 820 cc	2.0
Color crema	2.0
Textura excelente	2.0
Porosidad excelente	2.0
Aptitud panadera excelente	2.0
	10.0

### **Análisis y discusión de resultados**

En este apartado se expondrán los resultados obtenidos, realizados en el laboratorio de trigo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y laboratorio de Análisis de los alimentos en el Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo (ITSOEH), respectivamente.

**Cuadro No.3** Resultados obtenidos de las propiedades físicas y mecánica de las variedades evaluadas.

Variedad	Propiedad	
	Física Peso Hectolítrico	Mecánica Dureza
Josecha	73.6 kg/hl	36
Norteña	75.4 kg/hl	36
Bs16	74.4 kg/hl	31

#### Cuadro No.4 Resultados obtenidos de los Análisis Bromatológicos, realizados en ITSOEH.

Análisis	Variedad		
	Josecha	Norteña	BS16
Humedad %	14.15	14.27	15.61
Extracto Etéreo %	2.51	2.13	2.53
Fibra %	1.6	1.5	1.9
Proteína %	17.87	17.34	19.35
Ceniza %	1.8	1.76	1.8

#### Alveogramas

Las expresión de los alveogramas, es calculado por medio de dos curvas obtenidas en el que la expresión máxima es dada por una media de las ordenadas obtenidas en la misma imagen de la hoja de análisis alveografico (véase Anexo III la línea indicada con color rojo, en cada una de las imágenes 2 , 3 y 4. Las curvas de medida de presión en función del tiempo se caracterizan principalmente por los siguientes parámetros: P<sub>máx</sub>, L, G, W, P/L, Ie.

-P<sub>máx</sub> (mm de H<sub>2</sub>O): presión correspondiente a la resistencia máxima de la probeta a la deformación. P<sub>máx</sub> depende de la consistencia, de la tenacidad de la masa y del potencial de hidratación de la harina.

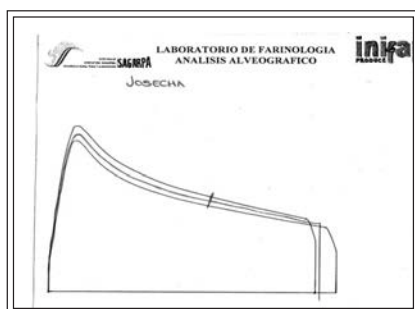
-L (mm) y G: extensibilidad de la masa hasta su ruptura.

-G: índice de hinchamiento, es igual a la raíz cuadrada del volumen de aire en cm<sup>3</sup> necesario para el desarrollo de la burbuja.

-W (10-4 J): trabajo de deformación, expresa la fuerza de la harina o su valor panadero.

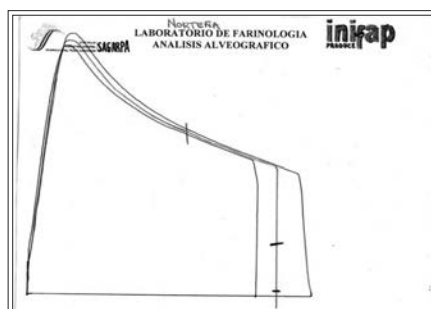
- P/L: relación de configuración, característica de utilización de la harina.

- Ie (%) o P200/A más: P200 es la presión medida en el interior de la burbuja después de haber insuflado 200 ml de aire bajo la probeta, está en relación con la resistencia elástica de la masa.



**Imagen No.2**

Alveograma de la Variedad Josecha.



**Imagen No.3**

Alveograma de la Variedad Norteña.



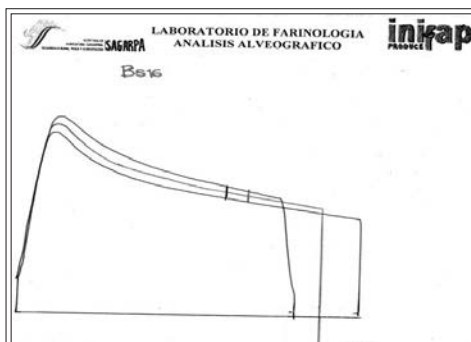


Imagen No. 4 Alveograma de la Variedad BS16.

Las variedades de trigo Josecha y BS16, presentaron características de gluten muy similares entre sí; con valores promedio de: fuerza general  $444 \times 10^{-4}$  Joules, índice P/G 4.0 e índice T/L 0.8, que corresponde a harinas de trigo con gluten fuerte balanceado. La fuerza general indica que pueden ser utilizados en la industria de la panificación mecanizada.

Por otra parte, la variedad Norteña presentó una fuerza general muy elevada  $640 \times 10^{-4}$  Joules, aunque con índices P/G y T/L (5.8 y 1.1) que indican la existencia de un gluten balanceado. Dada la gran fuerza del gluten de este trigo, debe considerarse la mezcla de la harina obtenida de la variedad Norteña, con la harina de un trigo de gluten débil balanceado en proporción adecuada, para reducir la fuerza del gluten a niveles adecuados para la industria.

**Cuadro No. 5** Resultados obtenidos en Alveógrafo de Chopin, de las tres variedades evaluadas.

Alveograma	Parámetro		
	Josecha	Norteña	BS16
Tenacidad (T) mm	87	130	91
Sobrepresión máxima P= TX1.1	95.7	143	100.1
Extensibilidad (L) mm	126	121	119
Expansión o Índice de Hinchamiento (G)	24.9	24.4	24.2
Constante de dilatación (C)	744	714.2	702.6
Superficie (cm <sup>2</sup> ) S	66.1	98.7	70.8

En lo que respecta a los análisis farinográficas, el comportamiento de las 3 variedades estudiadas, fue relativamente diferente en cuanto al porcentaje de absorción de agua, tiempo óptimo de amasado y estabilidad de la masa.

Josecha: Presentó un menor porcentaje de absorción de agua, seguida por BS16 y Norteña; estos resultados presentan una relación positiva con la fuerza del gluten. Este comportamiento se debe al hecho de que conforme la fuerza del gluten aumenta, la masa de trigo requiere de una mayor cantidad de agua adicionada, a fin de obtener una fuerza estándar de 500 UB en la prueba farinográficas.

El tiempo óptimo de amasado fue diferente para las 3 variedades estudiadas, con diferencias de hasta 3.5 min entre variedades. A pesar de que las variedades Josecha y BS16 presentaron fuerzas de gluten similares, el tiempo óptimo de amasado fue diferente entre ellas (6 y 9.5 min), mientras que la variedad Norteña tuvo un tiempo óptimo de amasado de 8 min. Esta variable no presentó relación con la fuerza del gluten determinada en la prueba alveográfica, lo cual indica que independientemente de la fuerza del gluten, la velocidad del arreglo de las moléculas de proteína en el gluten durante el amasado fue diferente en cada una de las variedades estudiadas.

La estabilidad de la masa fue considerablemente mayor (>5 a 6 min) para las masas de las variedades Josecha y BS16, condición muy favorable para su uso en la industria mecanizada; en la que las masas son sometidas a un gran esfuerzo mecánico en las amasadoras industriales de gran escala. Por esta razón se demandan harinas cuyas masas resistan el amasado durante un lapso relativamente largo; sin perder fuerza, a fin de que las masas conserven su capacidad de retener gases durante la fermentación, sin perder la estructura del gluten formado durante el amasado.

Al respecto, las masas que conservan su estabilidad por más de 12 min se consideran de alta calidad industrial. La masa que presentó la mayor tolerancia al mezclado fue la de la variedad BS16, pues fue la que mostró una menor reducción de la fuerza de la masa, al cabo de un mezclado estandarizado por un tiempo determinado. Este resultado es consistente con el mayor tiempo óptimo de mezclado observado para la misma variedad.

A pesar de este comportamiento, las 3 variedades estudiadas presentaron buena tolerancia al mezclado.

#### **Cuadro No.6 Resultados de Farinógrafo Brabender, de las tres variedades evaluadas.**

Farinograma	Parámetro		
	Josecha	Norteña	BS16
Absorción de Agua %	57.5	59.1	58.6
Tiempo óptimo de amasado min	6	8	9.5
Estabilidad de la masa min	14	9	15
Índice de Tolerancia UB	80	80 UB	70 UB

### Cuadro No.7 Resultados obtenidos de la Evaluación Sensorial, de las variedades evaluadas

Variedad	Evaluación Sensorial (Aptitud panadera)						
	Corteza excelente	Volumen mayor que 820 cc	Color crema	Textura excelente	Porosidad excelente	Aptitud panadera excelente	Total
Josecha	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	9
Norteña	1	1	1	1	1	1	6
BS16	2	2	2	2	2	2	10

### Conclusiones

Se realizó la evaluación agroindustrial de 3 variedades pre comerciales de trigo (BS16, Norteña y Josecha) cultivadas en la Región de Cinta Larga – Mixquiahuala, Hgo. En donde la variedad Norteña presentó el mayor rendimiento con 3.770 toneladas por hectárea cultivada.

En el análisis del manejo del grano se obtuvo que la variedad JOSECHA presentó un porcentaje de grano sano del 89%.

Norteña por su parte presentó el mayor peso hectolítrico (75.4 kg/hl) y la variedad BS16 el menor índice de perlado, es decir la mayor dureza (31).

Uno de los parámetros más importantes en el análisis bromatológico es la proteína presente en el grano de trigo, la variedad que presentó el mayor porcentaje de este componente fue la variedad BS16 con 19.35 %.

En los análisis reológicos realizados a las tres variedades de trigo se concluye que la variedad NORTEÑA presentó una masa con gluten considerablemente más fuerte y tenaz que las variedades JOSECHA y BS16; por lo que estas dos últimas variedades presentan mejor calidad para su uso en panificación. Por lo anterior, se sugiere para que la harina de la variedad NORTEÑA pueda ser utilizada adecuadamente en la panificación, se mezcle con harina de un trigo de gluten débil extensible, para obtener un mejor comportamiento panadero. La absorción de agua que la harina de trigo requiere para el mezclado y formación de la masa la variedad BS16 arrojó el mejor porcentaje que fue de 58.6%, por lo que su rendimiento panadero en peso será mayor.

En la evaluación sensorial la variedad que obtuvo el mayor puntaje de 10; que corresponde a una calificación de excelente fue la variedad BS16 con las mejores características sensoriales.

Finalmente se determina que la variedad BS16 es la más apta para la industrialización, ya que los parámetros óptimos fueron obtenidos en esta variedad.

## Referencias Bibliográficas

Desrosier, 1999

David. Dendy Cereales y productos derivados (Química y Tecnología),. Phd, Bodgan J.Dobraszczyk, Phd Editorial Acribia, S.A. Zaragoza (España).

Composición y Análisis de Alimentos, Pearson. Ronald S. Kirk, Ronald Sawyer., Harold Egan. Séptima Reimpresión, México 2005.

Complementos de Bromatología, Departamento de Química Orgánica - Área Bromatología. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

Industrias de Cereales y Derivados. María de Jesús Callejo González. Primera Edición Año 2002, AMV Ediciones. Mundi Prensa.

Manual de Prácticas de Bromatología, Universidad Nacional Autónoma de México. Escuela Nacional de Estudios Profesionales. Zaragoza.

Tecnología de los Cereales. Introducción para Estudiantes de Ciencias de los Alimentos y Agricultura. Editorial Acribia, S.A. N.L. Kent. Impreso en España.

NMX-F-007-1982. Alimento Para Humanos. Harina De Trigo. Foods For Humans. Wheat Flour. Normas Mexicanas. Dirección General De Normas.

NMX-F-089-S-1978. Determinación De Extracto Etéreo (Método Soxhlet) En Alimentos. Foodstuff-Determination Of Ether Extract (Soxhlet). Normas Mexicanas. Dirección General De Normas.

NMX-F-066-S-1978. Determinación De Cenizas En Alimentos. Foodstuff Determination Of Ashes. Normas Mexicanas. Dirección General De Normas.

NMX-F-068-S-1980. Alimentos. Determinación De Proteínas. Foods. Determination Of Proteins. Normas Mexicanas. Dirección General De Normas.

## **Importancia de desarrollar competencias profesionales en ingeniería: caso UPIITA**

Julie Aideé Segovia Orozco<sup>1</sup>, Mirna Salmerón Guzmán<sup>2</sup> y Blanca Tovar Corona<sup>2</sup>

### **Resumen**

Los mapas curriculares de los Planes de Estudio de las carreras de ingeniería, de forma tradicional han incluido competencias específicas en las asignaturas que los conforman. Sin embargo, los cambios debidos al proceso de globalización en los mercados laborales, obliga a que se incluyan las competencias genéricas tanto en su perfil de egreso como en sus mapas curriculares. Esto ha dado lugar al surgimiento de las competencias profesionales, las cuales conjuntan a los dos tipos de competencias antes mencionadas. En este documento se presenta la experiencia particular de la Unidad Profesional en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas del Instituto Politécnico Nacional (UPIITA, IPN), mostrando el proceso de evolución de un plan de estudios que no consideraba las competencias genéricas a un nuevo plan de estudios que si las incluye en su estructura curricular. Se muestran los avances y se comentan los próximos pasos a seguir.

**Palabras Clave:** competencias genéricas, competencias específicas, competencias profesionales, UPIITA.

---

Fecha de recepción: julio 2013 | Fecha de aceptación: octubre 2013

<sup>1</sup> Consultora Educativa Independiente.

<sup>2</sup> Instituto Politécnico Nacional, México.

## **Abstract**

Curriculum maps of engineering careers Study Schedule have traditionally included specific skills in their subjects. However, the changes due to globalization on labour markets, requires the inclusion of generic skills both in graduate profile and in their curriculum maps. This has led to professional skill emergence, which conjoined the two types of skills mentioned above. This paper presents the particular experience of the Unidad Profesional en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas del Instituto Politécnico Nacional (UPIITA, IPN), showing the evolution process of a curriculum plan that did not consider generic skills to a new curriculum including them. Progress is shown and next steps are discussed.

**Keywords:** generic skills, specific skills, competencies, UPIITA.

## Introducción

Las competencias profesionales se encuentran conformadas por las competencias específicas y las competencias genéricas; las cuales dan sustento a la formación del estudiante y se integran en el perfil de egreso en conjunto con su campo del quehacer laboral (Ruiz, 2010).

El enfoque de las competencias específicas se ha derivado de las competencias laborales requeridas en nuestro país, desde esta perspectiva lo específico se relaciona con toda una etapa de formación académica y de preparación para que el egresado se adapte con éxito en un mercado laboral sea cual sea la profesión. Las competencias específicas son diferentes para cada profesión y nivel académico, es decir, la educación media superior tiene un nivel y requerimientos diferentes a una carrera técnica, y a su vez, los requerimientos difieren para cada una de las estas carreras técnicas. A nivel superior también encontramos competencias específicas para cada carrera profesional. En cambio, las competencias genéricas las encontramos compartidas desde la educación media superior hasta el nivel superior, incluyendo las carreras técnicas. Estas competencias forman parte de la preparación en el estudiante de las multihabilidades requeridas para que opere en un contexto laboral. Por lo tanto, estas competencias ya se encuentran establecidas en el perfil de egreso.

Es preciso siempre considerar el binomio de las competencias profesionales que son: las competencias específicas y también las competencias genéricas, o clave, que así se consideran desde el perfil de egreso del bachiller: Ambas competencias son indispensables para iniciar y/o continuar el proceso de formar las nuevas generaciones con este enfoque en el modelo educativo por competencias.

Cuando se habla de competencias profesionales en un marco institucional de nivel educativo superior, se refiere al proceso de formar profesionales competentes no solo por los conocimientos y las habilidades para desempeñar sus funciones profesionales y laborales sino también por su proceso de desarrollo personal y social. El enfoque de competencias inicial era funcionalista pero el nuevo enfoque implica además de esos desempeños propios para las funciones, considerar la participación de un profesional que construye e integra sus capacidades conceptuales, procedimentales y actitudinales en una actuación profesional eficiente en escenarios laborales heterogéneos y cambiantes. Es decir, el enfoque es más constructivista.

En este documento se describe el proceso particular de la UPIITA, al migrar su programa de estudios tradicional a un programa de estudios basado en competencias.

## Competencias profesionales

Las competencias específicas y las genéricas se enmarcan en el concepto de competencia derivada del documento de Proyecto Tuning en América Latina (Beneitone, Esquetini, González, 2007), ésta indica: “las competencias representan una combinación dinámica del conocimiento, comprensión, capacidades y habilidades. Fomentar las competencias es el objeto de los programas educativos. Las competencias se forman en varias unidades del curso y son evaluadas en diferentes etapas. Pueden estar divididas en competencias relacionadas con el área de conocimiento (específicas de un campo de estudio) y competencias genéricas (comunes para diferentes cursos)”.

Las competencias específicas se derivan de un campo de estudio particular, se requiere establecer o seguir lineamientos para seleccionarlas y describirlas en los programas de estudio conforme a cada asignatura que en su conjunto, conforman el plan de estudios.

Las competencias genéricas se aplican a cualquier profesión y están compuestas principalmente por los desempeños relacionados con las dimensiones interpersonales e intrapersonales. En la primera dimensión se establece el conjunto de saberes para desempeñarse adecuadamente en un medio de interacción profesional. La segunda dimensión abarca los procesos de adquisición de conocimientos y el desarrollo personal que impactan en los desempeños profesionales.

El proyecto Tuning en Europa y para América Latina entre sus propósitos considera la unificación de criterios y apoya la flexibilidad en los programas de estudios, para facilitar la movilidad entre instituciones educativas de educación superior a nivel mundial. En este proyecto se proporciona una lista de 30 competencias genéricas las cuales pueden ser consideradas por cada Institución de Educación Superior para su diseño curricular.

Cada Institución de Educación Superior (IES), tiene como posibilidad la selección de las competencias genéricas con base en su filosofía institucional, su modelo educativo, las experiencias de aprendizaje que han recopilado los docentes durante la vigencia del plan de estudios y las opiniones que expresan los empleadores de egresados.

Tanto las competencias específicas como las genéricas son importantes en el desarrollo de los estudiantes como se expresa a nivel curricular, en sus mapas y perfiles de egreso, y también para abordarlas en los procesos didácticos. Esto implica que tienen que expresarse formalmente en las planeaciones, en las estrategias didácticas y en la evaluación. Se ha de considerar, además del valor de los conocimientos y habilidades propias de la profesión, el valor de los desempeños derivados de las dimensiones interpersonales e intrapersonales.



## **Competencias profesionales y mapas curriculares**

La importancia que tiene el definir de forma correcta las competencias profesionales (genéricas y específicas), radica en que de ello dependerá la estructura del mapa curricular. Cada una de las materias, asignaturas, o bien unidades de aprendizaje deberán incluir las competencias genéricas y específicas que deberá acreditar el estudiante con el propósito de garantizar su educación integral.

En ingeniería, las competencias genéricas en el mapa curricular han tomado una importancia trascendental, ya que al darse el proceso de globalización, el egresado se enfrenta a problemas no solo técnicos, si no que requiere de habilidades adicionales para insertarse en el mercado laboral. Entre éstas se encuentran:

1) Comunicación oral: le permitirá expresarse de forma clara y precisa con otros colegas o personal de otras áreas;

2) Comunicación escrita: le permitirá elaborar reportes técnicos o bien propuestas de proyectos;

3) Dominio de un segundo idioma: en un mundo globalizado esto le permitirá comunicarse con colegas de otros países;

4) Trabajo en equipo: la mayoría de los empleos, dada la complejidad, requieren que el personal se desempeñe bajo este esquema de trabajo.

Las competencias específicas son más especializadas y están establecidas desde la creación de la carrera universitaria o profesional con base a ciertos criterios de las instancias que acrediten los estudios en un sistema educativo.

En el Proyecto Tuning para América Latina (Beneitone, Esquetini, González, 2007) solo están definidas la competencias genéricas para ingeniería Civil, no se proporciona hasta el momento una lista de éstas para las demás ingenierías, ya que han encontrado que en los diferentes países participantes no todos manejan el mismo nombre ni las mismas competencias para una determinada carrera, sin embargo se continúa con esfuerzos al respecto como lo indican en sus reportes de avance (Universidad Deusto, 2013).

## **Impacto de las competencias docentes en el desarrollo de las competencias profesionales**

Es conveniente tratar la educación de un ingeniero considerando todos los elementos del proceso, es decir, a los alumnos, a los docentes, a los mapas curriculares, al proceso educativo, así como los lineamientos de operación del modelo educativo. Lo anterior obedece a que si no se consideran las competencias del docente, y estas no se encuentran alineadas con la formación del alumno, se pueden incurrir en errores tales como que el docente enseñe sobre el área de

investigación ya que solo se ha desempeñado éste campo. Sobrevila (2000) indica que si en las escuelas de educación superior, la formación de los ingenieros se confía a los científicos, saldrá un científico en vez de un ingeniero. Lo harán a su imagen y semejanza por el hecho de que nunca vivieron la dinámica de un ingeniero profesional, peor aún, en muchos casos la menosprecian. Por ejemplo: “Existe una gran diferencia entre investigar los campos eléctricos y magnéticos de una línea de alta tensión a extra alta tensión para publicar un artículo, que se encargarse de la producción seriada del mismo, atender plazos de entrega, conseguir créditos bancarios, encargarse de los insumos y materiales, hacer el control de calidad”.

### Experiencia del enfoque de competencias profesionales en la UPIITA

En la Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas (UPIITA), del Instituto Politécnico Nacional (IPN) se imparten las carreras de Ingeniería Biónica, Ingeniería Mecatrónica e Ingeniería Telemática.

En enero del 2008 ingresó la última generación con el Plan de Estudios 1998 el cual tiene un enfoque tradicional (centrado en la enseñanza), éste consta de 5 semestres de tronco común y cinco de especialidad. La distribución de las áreas de conocimiento para los cinco primeros semestres se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1.** Porcentaje para cada una de las áreas de conocimiento acorde a los Planes de Estudio 1998 (salientes), del 1er al 5º semestre en UPIITA.

Semestre	Matemáticas/ Física	Sociales	Ingeniería
1º.	50%	13.3%	36.7%
2º	50%	13.3%	36.7%
3º	50%	13.3%	36.7%
4º	0%	13.3%	86.7%
5º	0%	13.3%	86.7%

Como se aprecia en la tabla 1, a partir del cuarto semestre se tenía una mayor cantidad de materias de ingeniería; en éste semestre los alumnos adquirían los conceptos básicos de las materias fundamentales en su área de especialidad. Para quinto semestre tenían las habilidades técnicas mínimas necesarias para realizar proyectos de ingeniería, por tal motivo los docentes de éste semestre de las asignaturas de Electrónica Analógica, Sensores y Actuadores, Circuitos Lógicos y Sistemas Neurodifusos decidieron trabajar de manera colegiada para que los alumnos entregaran un proyecto interdisciplinario en las asignaturas

antes mencionadas. La metodología de trabajo de los estudiantes y docentes se encuentra documentada en (Salmerón, González, Domínguez, 2007). Al respecto es conveniente indicar que los docentes solo consideraban, tanto en la metodología de trabajo como en su evaluación, las capacidades y habilidades técnicas del alumno.

Cuando se mencionó que es importante considerar a todos los actores del proceso enseñanza – aprendizaje, los autores se refieren a que es conveniente tomar en cuenta los comentarios y sugerencias que proporcionan los alumnos al evaluar al docente o bien a la estrategia de enseñanza y sobre todo al método de evaluación utilizado. Esto se logró durante el desarrollo del proyecto de la Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP) del IPN No. 20082889 “Seguimiento y análisis del método de proyectos en la ingeniería para determinar el impacto en el desempeño del alumno”. En (Salmerón, Duque, Galindo, 2008), se muestran los comentarios de los alumnos sobre los resultados que obtuvieron con el proyecto interdisciplinario. Los estudiantes manifestaron que en los esquemas de evaluación, los docentes no consideraron las habilidades que desarrollaban con este proyecto como trabajo en equipo, comunicación oral y escrita, relaciones interpersonales, etc.

En el rediseño de los Planes y Programas de Estudio 2009 de las carreras que se imparten en UPIITA, además de considerar las aportaciones de los alumnos antes mencionadas, se tomaron en cuenta referentes nacionales, internacionales, opiniones de los egresados, así como los comentarios de los empleadores de los ex alumnos de la UPIITA para conformar tanto el perfil de egreso de las carreras, como sus correspondientes mapas curriculares. La metodología utilizada para los trabajos antes mencionados se encuentra documentada en (Salmerón, Serrano, Carvallo, 2010), la puesta en operación del Plan de Estudios 2009 se dio a partir de Agosto del mismo año.

Es importante destacar que la necesidad de integrar las competencias genéricas a los perfiles de egreso en la UPIITA, se da como un proceso no solo derivado de políticas institucionales, nacionales o internacionales si no en parte como una propuesta del alumnado. Al respecto los alumnos coinciden con las competencias genéricas propuestas en el proyecto Tuning en: a) trabajo en equipo, b) comunicación oral y escrita, c) gestión de la información, d) solución de problemas. Estas competencias, además de otras al analizar los demás referentes, se integran con las específicas para conformar los perfiles de egreso de cada una de las carreras; ver <http://www.upiita.ipn.mx>.

Es conveniente indicar que aún cuando se tienen los perfiles de las carreras, el 95% del mapa curricular terminado y las trayectorias de estudio sugeridas a los estudiantes, aún quedan trabajos pendientes, ya que la migración de un modelo educativo tradicional a uno con enfoque en competencias implican actividades docentes más allá de las citadas con anterioridad; entre éstas se encuentra el establecer las políticas de implementación y evaluación de las competencias

genéricas, desarrollo de estrategias de aprendizaje que permita integrar ambos tipos de competencias en el estudiante, etc.

Lo citado en el párrafo anterior no implica que nunca se hayan realizado evaluaciones de competencias en ingeniería en la UPIITA, se han dado como un proceso natural pero solo de las competencias específicas. El alumno que se titula no puede llamarse ingeniero si no logra desarrollar un prototipo o sistema que demuestre la aplicación de sus conocimientos en el área de su competencia (Biónica, Telemática o Mecatrónica). Sin embargo, la implementación y evaluación de competencias genéricas y específicas de forma simultánea es un concepto nuevo en los esquemas de enseñanza y evaluación de la UPIITA. Para ello se ha pedido el apoyo de expertos en el área de Pedagogía, a través de cursos de capacitación, que apoyen a los docentes (en su mayoría ingenieros), a establecer una metodología que les permita implementar y evaluar en el aula ambos tipos de competencias.

En este momento, las autoridades y un equipo de docentes de UPIITA de diferentes áreas de especialidad, se encuentran trabajando con el objetivo final de lograr esa integración de ambas competencias. Como primer paso, la primera autora de este artículo (experta en Pedagogía), sugirió que los docentes llegaran al acuerdo de la definición operativa de cada una de las competencias genéricas que integran los perfiles de cada una de las carreras que se imparten. El siguiente paso será integrar estas competencias en los diferentes niveles del mapa curricular y generar los instrumentos de evaluación correspondientes para implementarlas en el aula.

## Conclusiones

El modelo educativo basado en competencias implica que el docente trabaje de forma colegiada y participativa para lograr que los alumnos adquieran competencias genéricas y específicas, en particular las genéricas por su naturaleza de transversalidad en el mapa curricular.

Los académicos a través de trabajo colegiado deben de llegar a acuerdos de cómo identificar si el alumno logró o no una competencia, así como establecer metodologías de evaluación que les permita identificar el grado de desarrollo, de cada una de las competencias que un estudiante logro adquirir durante su trayectoria curricular en la Institución de Educación Superior. Esto también implica que el estudiante esté consciente que se necesitan dichas competencias en el mercado laboral y sentir la confianza de que lleva la preparación necesaria o de lo contrario, él por su parte tendrá que hacer algo al respecto.

La integración de las competencias profesionales en la trayectoria curricular es más que plasmarlo en un papel, se deben generar acciones congruentes con el perfil del egresado y llevarse a cabo en los procesos didácticos. Para el caso de

las ingenierías que no solamente se enfoquen a los desempeños específicos sino a los genéricos conforme a una selección precisa y acorde a los requerimientos de su profesión para que tengan un impacto significativo en el desarrollo profesional de los estudiantes.

Los procesos didácticos se centran en las planeaciones acordes a los desempeños específicos y genéricos a desarrollar en ese ciclo escolar pero de manera concreta y acorde a los tiempos, con estrategias puntuales para evaluar las competencias en su conjunto.

A su vez, cabe mencionar que es importante que los docentes de la Ingeniería se encuentren también participando en un proceso personal y colegiado de desarrollo de sus propias competencias, especialmente las genéricas, porque solamente de esta manera tendría sentido el modelaje en el aula.

## Referencias

Beritone, P., Esquetini, C., González, J., Maleta, M. M., Siufi, G., Wagenaar, R. (2007). *Reflexiones y Perspectivas de la Educación Superior en América Latina*. Informe final Proyecto Tunning 2004-2007. España, Bilbao.

Ruiz I. M. (2010). *El concepto de competencias desde la complejidad*. Editorial trillas. 2da. Edición. México.

Salmerón G. M., Duque B. O. G., Galindo M. L. O. (2008). *Percepción de los alumnos de 5º semestre del impacto que ha tenido en ellos trabajar con la estrategia de proyectos para el desarrollo del proyecto interdisciplinario* presentado en el III Congreso Internacional de Innovación Educativa. Jalapa, Veracruz. México.

Salmerón, G. M., González G. A., Domínguez, G. I. González G. (2007) *Metodología, Experiencias y Desarrollo de Proyectos en Ingeniería en la Academia de Básicas de Ingeniería de la UPIITA como Estrategia de Enseñanza* presentado en el IX Simposium Internacional “Aportaciones de las universidades a la docencia, la investigación, la tecnología y el desarrollo”. México, D. F.

Salmerón G. M., Serrano F. M., Carvallo D. A. R. (2010). *Metodología utilizada para el rediseño de los programas académicos en la Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas (UPIITA)* presentado en el V Congreso Internacional de Innovación Educativa “Modelo basado en Competencias: Innovar en Educación”. Mérida, Yucatán. México.

Sobrevila M. A. (2000). *La formación del ingeniero profesional para el tiempo actual*. Tesis de las ingenierías de base. Publicaciones Serie de Estudios. ISBN 987-9145-12-7. Buenos Aires, Argentina.

Universidad Deusto, Bilbao. (2013). *Proyecto Tuning América Latina. CLAR Crédito Latinoamericano de Referencia*. España Bilbao.

# Modelado y Control de un Sistema Híbrido de Generación de Energía Eléctrica

Omar Aguilar<sup>1</sup>

## Resumen

Con la creciente preocupación en materia de energía, el desarrollo de fuentes de energía renovables es cada vez más atractivo. Este trabajo presenta la regulación de la potencia de salida de un sistema de generación eólica basado en un generador síncrono de imanes permanentes. La sincronización a la red eléctrica es un punto fundamental para lograr la interconexión de sistemas híbridos utilizando dispositivos basados en electrónica de potencia. En este trabajo se propone un esquema de control PID para el seguidor de fase, con el objetivo de mantener la frecuencia de la corriente generada igual a la del sistema eléctrico convencional. Las corrientes de la fuente inversora de voltaje son controladas en un marco de referencia ortogonal dqo usando un compensador por retroalimentación en adelanto. Las simulaciones realizadas en MATLAB / Simulink, demuestran que los controladores presentan un excelente desempeño en estado transitorio, así como en estado estacionario.

**Palabras Clave:** Control de corriente, generación distribuida, fuente inversora de voltaje.

**Abstract**

Due to energy growing concerns, the development of renewable energy sources is becoming more appealing. This paper presents the power output regulation of a wind power generation system based on a permanent magnet synchronous generator. Synchronization to the mains supply is fundamental to achieve interconnection of hybrid systems using devices based on power electronics. This paper proposes a PID control scheme for the phase tracker in order to maintain the generated current frequency equal to the conventional power system. Currents of voltage source inverter are controlled in a COD orthogonal reference frame, using a feedback compensator in advance. Simulations performed in MATLAB / Simulink show that the controllers have an excellent performance in the transient state and steady state.

**Keywords:** Current control, distributed generation, voltage source inverter.



## Introducción

En los últimos años, la energía eólica se considera como la fuente de energía renovable más importante para la generación de energía eléctrica (Master, 2004). La cantidad de energía eólica capturada depende principalmente de las condiciones meteorológicas de cada lugar en específico. El costo de producción de la energía eléctrica es fijo una vez que la planta de generación es construida (Munteanu, Bratcu, Cutululis and Ceanga, 2008). En las últimas décadas, el desarrollo de esta tecnología ha tenido un gran avance, debido principalmente al incremento en el precio de los combustibles fósiles, las bajas reservas existentes, y al impacto adverso sobre el medio ambiente (Master, Munteanu et al. y Wu, Lang, Zargari y Kouro, 2011).

En la actualidad existen diversas configuraciones de turbinas eólicas. Los generadores eólicos se diferencian por el tipo de generador eléctrico, el esquema para obtener la máxima potencia del viento y la técnica de disparo de los dispositivos basados en electrónica de potencia (Munteanu et al.).

La turbina eólica es el dispositivo encargado de extraer la energía disponible en el viento (Hau, 2006). Existen diversos tipos de generadores eléctricos que pueden ser acoplados a turbinas eólicas. En este trabajo se elige un Generador Síncrono de Imanes Permanentes (GSIP) porque es una excelente opción para los sistemas de generación de baja potencia. La máquina síncrona posee alta eficiencia, es libre de mantenimiento y el acoplamiento a la red eléctrica es fácil y económico (Ion Boldea, 2006).

Recientemente se ha incrementado el interés en la teoría de control no lineal en los sistemas eléctricos y electrónicos, particularmente para interconectar sistemas de generación distribuidos a la red eléctrica (Yazdani e Iravani, 2010). Las técnicas no lineales aumentan la robustez de los controladores, mejorando el comportamiento dinámico del sistema. Sin embargo, poseen una estructura compleja que dificultan su implementación, comparada con los controladores basados en modelos linealizados. Además, se requiere la estimación de parámetros del sistema para cancelar las no linealidades inherentes, incrementando la complejidad en el análisis de estabilidad. Con el avance en tecnología de estado sólido y dispositivos inteligentes es posible superar parte de las desventajas mencionadas anteriormente (Esrám, 2007 y Bialasiewicz, 2008).

En este trabajo se emplean técnicas de control lineal y no lineal (Utkin, Guldner y Shi, 2009), para regular las diferentes etapas del sistema, y satisfacer los requerimientos de potencia activa y reactiva de la red eléctrica. El sistema de generación distribuido está compuesto por una turbina eólica, un GSIP, un rectificador CA-CD, un convertidor de CD-CD elevador, un seguidor de fase y una fuente inversora de voltaje, como se muestra en la Figura 1.

### Energía Eólica

La estimación de la velocidad del viento por medio un modelo matemático, permite obtener diferentes secuencias de velocidades, ya sea con características deseadas o aproximadas a las mediciones en la región de estudio. El modelo empleado en este trabajo, considera la suma de cuatro componentes (Ackerman, 2005): a) valor promedio,  $v_{wa}$ , b) componente en rampa, representando un incremento estable en la velocidad,  $v_{wr}(t)$ , c) elemento ráfaga,  $v_{wg}(t)$ , y d) componente de turbulencia,  $v_{wt}(t)$ . La representación general de la velocidad del viento y sus componentes, se muestra en (1):

$$v_w(t) = v_{wa} + v_{wr}(t) + v_{wg}(t) + v_{wt}(t) \tag{1}$$

#### Velocidad promedio del viento

El valor promedio de la velocidad del viento (2), se obtiene a partir de la sumatoria de los valores de velocidad del viento, multiplicados por la probabilidad de presentarse, como sigue:

$$v_{wa} = \int_0^{\infty} v f(v) dv \tag{2}$$

donde  $f(v)$  es la función de densidad de probabilidad de Weibull (3) y  $v$  es la velocidad del viento en m/s. La función de densidad de probabilidad, proporciona la posibilidad de que cierta velocidad del viento se presente en la región (Wu, et al.).

$$f(v) = \begin{cases} \frac{k}{c^k} \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} & v \geq 0 \\ 0 & v < 0 \end{cases} \tag{3}$$

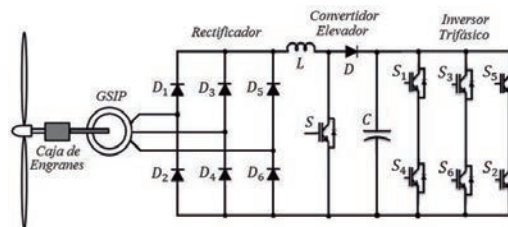


Fig. 1 Sistema de generación distribuido

#### Componente Rampa del Viento

La componente rampa del viento (4), representa un incremento o decremento estable de la velocidad. Está definida por tres parámetros, la amplitud de la rampa en m/s; el tiempo de inicio de la rampa  $T_{sr}$  y el tiempo de término de la rampa  $T_{er}$ , ambos expresados en segundos.

### Componente Rampa del Viento

La componente rampa del viento (4), representa un incremento o decremento estable de la velocidad. Está definida por tres parámetros, la amplitud de la rampa  $\hat{A}_r$  en m/s; el tiempo de inicio de la rampa  $T_{sr}$  y el tiempo de término de la rampa  $T_{er}$ , ambos expresados en segundos.

$$v_{Wr}(t) = \begin{cases} t < T_{sr} & v_{Wr} = 0 \\ T_{sr} \leq t \leq T_{er} & v_{Wr} = \hat{A}_r \frac{(t - T_{sr})}{(T_{er} - T_{sr})} \\ T_{er} < t & v_{Wr} = \hat{A}_r \end{cases} \quad (4)$$

### Componente Ráfaga del Viento

La componente ráfaga del viento, proporciona un incremento rápido con variación significativa entre el pico y la parte estable de la curva. Se caracteriza por tres parámetros, la amplitud de la ráfaga  $\hat{A}_g$  en m/s, el tiempo de inicio de la ráfaga  $T_{sg}$  y el tiempo de término  $T_{eg}$  en segundos.

$$v_{Wg}(t) = \begin{cases} t < T_{sg} & v_{Wg} = 0 \\ T_{sg} \leq t \leq T_{eg} & v_{Wg} = \hat{A}_g \left\{ 1 - \cos \left[ 2\pi \left( \frac{t - T_{sg}}{T_{eg} - T_{sg}} \right) \right] \right\} \\ T_{eg} < t & v_{Wg} = 0 \end{cases} \quad (5)$$

### Turbulencia del Viento

En este trabajo se utiliza el modelo espectral de Kaimal (Ackermann, 2005) por su mejor comportamiento en para estimar el efecto de turbulencia atmosférica. La turbulencia del viento, presenta un comportamiento aleatorio, para obtenerla se utiliza la densidad espectral de potencia  $S_{wt}(f)$  (7).

$$v_{wt}(t) = \sum_{i=1}^n \sqrt{S_{wt}(f) \Delta f} \cos(2\pi ft + \varphi_i) \quad (6)$$

$$\frac{f S_{wt}(f)}{\sigma^2} = \frac{4 f L_t / v_{wa}}{(1 + 6 f L_t / v_{wa})^{5/3}} \quad (7)$$

## Sistema de Generación Distribuido

A continuación se describen las ecuaciones dinámicas, de cada uno de los elementos que componen al sistema de generación distribuida

### Aerodinámica de la Turbina Eólica

La potencia mecánica captada por la turbina eólica se puede calcular como sigue

$$P_{wt} = 0.5 \rho A v_w^3 C_P(\lambda) \quad (8)$$

el par de la turbina eólica (9), se obtiene entre la relación de potencia extraída y la velocidad angular del rotor ( $\omega_r$ ).

$$\Gamma_{wt} = \frac{P_{wt}}{\omega_r} = \frac{1}{2} \pi \rho v^2 R^3 C_T(\lambda) \quad (9)$$

el coeficiente  $C_T(\lambda)$  (10), representa el par de salida de la turbina eólica, expresado por

$$C_T(\lambda) = a_0 + a_1 \lambda + a_2 \lambda^2 \quad (10)$$

donde  $a_i = 0, 1, 2$ , son determinados por tablas y  $\lambda$  es la velocidad punta de la turbina eólica.

### Modelo Dinámico del GSIP

Se emplea el modelo dinámico del GSIP presentado en (Boldea, 2006)

$$v_d = -R_s^j d - L_d \frac{di_d}{dt} + L_q^j q \omega_s \quad (11)$$

$$v_q = -R_s^j q - L_q \frac{di_q}{dt} + (L_d^j d - \psi_m) \omega_s \quad (12)$$

donde  $R_s$  es la resistencia del estator en ohms;  $L_d$  y  $L_q$  son las inductancias del eje  $d$  y el eje  $q$  respectivamente en henrios;  $\Psi_m$  enlaces de flujo del imán permanente en webers y  $\omega_s$  es la velocidad angular del estator en rad/s. La dinámica del sistema mecánico del GSIP (13), se puede expresar como sigue

$$v_d = -R_s^j d - L_d \frac{di_d}{dt} + L_q^j q \omega_s \quad (13)$$

$$v_q = -R_s^j q - L_q \frac{di_q}{dt} + (L_d^j d - \psi_m) \omega_s \quad (14)$$

donde  $\Gamma_{wt}$  es el par del viento en Nm (10);  $\Gamma_g$  es el par electromagnético en Nm (14) y  $J_{eq}$  es la inercia rotacional del generador en  $kg \cdot m^2$ .

*Rectificador Trifásico no Controlado*

El rectificador trifásico no controlado se muestra en la Fig. 2. El arreglo de diodos convierte una señal de corriente alterna, que proviene del GSIP en una señal de corriente continua. El voltaje rectificado es igual a la diferencia entre el máximo de la fase A y el mínimo de la fase B (Nehrir y Wang, 2009).

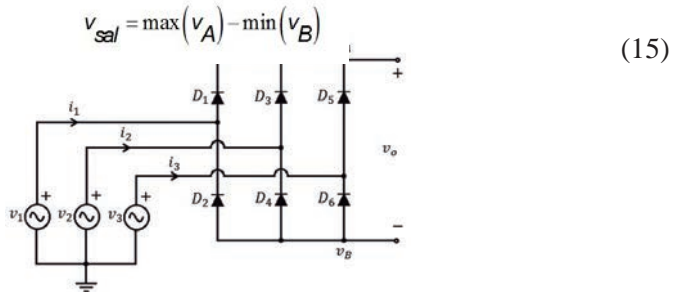


Fig. 2 Diagrama esquemático del rectificador trifásico

*Convertidor de CD-CD Elevador*

El convertidor CD-CD elevador, tiene la función de entregar un voltaje mayor al voltaje de entrada. En la Fig. 3 se muestra el diagrama esquemático del convertidor elevador. Su modelo dinámico (Pejovic, 2007) se obtiene realizando un análisis con interruptor abierto y cerrado, obteniendo (16) y (17)

$$\frac{di_L}{dt} = -\frac{(1-d)}{L} i_L + \frac{v_{ent}}{L} \tag{16}$$

$$\frac{dv_{sal}}{dt} = \frac{(1-d)}{C} v_{sal} - \frac{i_L}{RC} \tag{17}$$

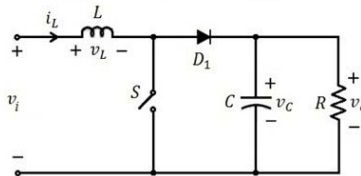


Fig. 3 Diagrama esquemático del convertidor de CD-CD elevador

*Fuente inversora de voltaje*

El modelo matemático derivado del análisis de cada una de las mallas del circuito mostrado en la Fig. 4, se obtiene (18-20) (Utkin et al., 2009).

$$L \frac{di_a}{dt} + R i_a + v_{as} = H_1 v_{dc} - v_n \tag{18}$$

$$L \frac{di_b}{dt} + R i_b + v_{bs} = H_3 v_{dc} - v_n \tag{19}$$

$$L \frac{di_c}{dt} + R i_c + v_{cs} = H_5 v_{dc} - v_n \tag{20}$$

donde  $R$  es la resistencia de carga en ohms;  $L$  es la inductancia del filtro en henrios;  $v_{dc}$  es el voltaje de entrada en volts;  $v_{is}$  es el voltaje de la red eléctrica;  $H_1$ ,  $H_3$  y  $H_5$  son las señales de control de los dispositivos de conmutación y  $v_n$  es el voltaje en el neutro. El voltaje  $v_n$  se obtiene por (21).

$$v_n = \frac{v_{dc}}{3} (H_1 + H_3 + H_5) \quad (21)$$

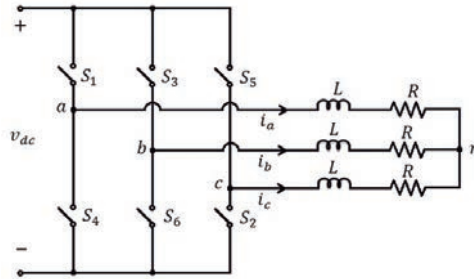


Fig. 4 Esquema de la fuente inversora de voltaje

Se puede observar que el modelo (18-21) es no lineal. Para facilitar el diseño del esquema de control, se transforma a un sistema rotatorio ortogonal síncrono empleando  $w$  y la transformada de Park (Yazdani, 2010). El modelo dinámico (22-23) en marco de referencia dqo a partir de (18-21) es

$$L \frac{d i_d}{dt} = -R i_d + L \omega i_q + d_d v_{dc} - v_d \quad (22)$$

$$L \frac{d i_q}{dt} = -R i_q + L \omega i_d + d_q v_{dc} - v_q \quad (23)$$

$$\frac{d v_{dc}}{dt} = -\frac{d}{C} i_d - \frac{d_q}{C} i_q + \frac{i_l}{C} \quad (24)$$

### Diseño del Esquema de Control

Para suministrar a la carga una señal de voltaje dentro de parámetros especificados en los códigos de red. Por lo tanto, se requieren de diferentes algoritmos de control, que obliguen a cada subsistema a entregar los valores deseados en cada etapa del sistema.

#### Control del convertidor de CD-CD elevador

Partiendo del modelo no lineal del convertidor elevador (16) y (17) se le induce un controlador no lineal por modos deslizantes (Yazdani, 2010). La corriente deseada  $i_{Ld}$  (25) se obtiene a partir de un voltaje de salida ( $v_{sal}$ ), la función de conmutación ( $s$ ) (26), es la diferencia entre la corriente de salida y la deseada. La señal de conmutación (27), permite obtener la señal de control ( $d$ ), que proporciona los pulsos de disparo del IGBT del convertidor.

$$i_{Ld} = \frac{v_{sald}^2}{Rv_{ent}} \quad (25)$$

$$s = i_L - i_{Ld} \quad (26)$$

$$d = \frac{1}{2}(1 - \text{sign}(s)) \quad (27)$$

### Control de potencia activa y reactiva

Para suministrar la potencia activa y reactiva que requiere la carga, se emplea un esquema de control de corriente para la fuente inversora de oltaje (FIV) empleando un técnica de compensación en adelanto (Yazdani, 2010). Se miden voltajes y corrientes de la red eléctrica para calcular las potencias deseadas. De la misma forma se miden las corrientes a la salida de la FIV para generar la señal de error que entra al controlador. Todos los voltajes y corrientes se transforman al marco de  $\alpha\beta$  al ángulo  $\theta$  (28), que se requiere para realizar la transformación  $dq0$ .

$$\theta = \angle(\alpha + j\beta) \quad (28)$$

Se diseña un controlador PI para la corriente en eje  $d$  y otro para la corriente en eje  $q$ . Debido a la presencia de  $Lwi_q$  y  $Lwi_d$  en (22-23), la dinámica de  $i_d$  e  $i_q$  están acopladas. Para desacoplar la dinámica, se determina las señales moduladoras  $m_d$  y  $m_q$  como:

$$m_d = \frac{2}{v_{dc}}(u_d - L\omega_0 i_q + v_d) \quad (29)$$

$$m_q = \frac{2}{v_{dc}}(u_q - L\omega_0 i_d + v_q) \quad (30)$$

donde  $u_d$  y  $u_q$  son las señales de control. Para comparar las señales moduladoras con la portadora triangular de alta frecuencia, se hace una transformación  $dq0-abc$ , para obtener  $m_a$ ,  $m_b$ ,  $m_c$ . Para determinar el valor de  $\omega_0$  se diseñará un seguidor de fase mediante un controlador PID.

En la Fig. 5 se observa el diagrama a bloques del esquema de control de potencia, donde se aprecia cómo se obtiene las señales moduladoras  $m_d$  y  $m_q$ . Las señales de control son transformadas a coordenadas  $abc$  para obtener los pulsos SPWM. Las mediciones de corriente y voltaje de la red eléctrica se transforman al marco de referencia  $dq0$  mediante el ángulo ( $\rho$ ) que entrega el seguidor de fase.

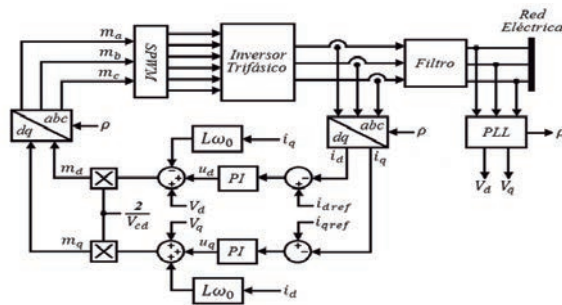


Fig. 5 Diagrama a bloques del sistema de control de potencia

*Seguidor de Fase (Phase-Locked Loop PLL)*

En la Fig. 6 se puede apreciar el diagrama a bloques del PLL con la estructura de control propuesta. En el diagrama se aprecia un filtro identificado por  $H(s)$  y el control PID  $D(s)$ . En general, los seguidores de fase consisten de tres bloques funcionales: un oscilador controlado por voltaje, un detector de fase y un filtro. Para mantener la sincronización, el detector de fase realiza una comparación entre la señal de referencia y la salida del oscilador controlado. La señal de error generando se procesa por el filtro para el control del oscilador para obtener el mínimo error de fase. Un incremento en el error de fase produce un cambio de fase y frecuencia en la salida del oscilador controlable reduciendo el error.

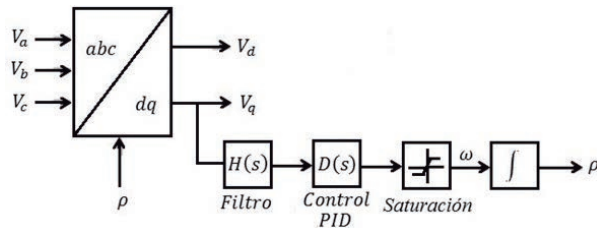


Fig. 6 Diagrama a bloques del PLL con control PID.

El control PID pretende que el sistema tenga un margen de fase de aproximadamente  $MF_d=60^\circ$ . Por lo tanto, el sistema tendrá una respuesta más rápida pero presentará mayores oscilaciones. Para eliminar la respuesta no deseada se implementa la acción derivativa. Para calcular los parámetros del controlador PID, se grafica el diagrama de bode de la función de transferencia del filtro  $H(s)$ , Fig. 7. Con ayuda del diagrama Bode obtienen los parámetros del controlador PI.

En la gráfica se puede observar que el sistema en lazo abierto tiene una frecuencia de transición de  $\omega_{0db}=393 \text{ rad/s}$  y un margen de fase de  $MF_0=35^\circ$ . Posteriormente se agrega la acción derivativa siguiendo el procedimiento propuesto en Golnaraghi, F. &



Kuo, B. C. (2010). La frecuencia de transición deseada se obtiene a partir del ángulo de la respuesta en la frecuencia de  $H(s)$  más un ángulo de remanente de fase  $\theta=8^\circ$ .

$$\angle G(j\omega) = -180^\circ + MF_d + \theta = -180^\circ + 60^\circ + 8^\circ = -112^\circ \quad (31)$$

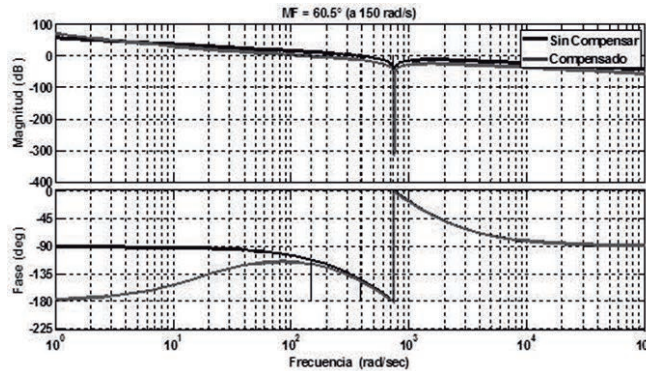


Fig. 7 Comparación entre el diagrama de bode del PLL sin compensar y compensado.

La frecuencia de transición  $\omega'_{0db}$ , se encuentra en los  $-112^\circ$  de la curva de fase del sistema sin compensar. La la frecuencia de transición  $\omega'_{0db} = 149 \text{ rad/s}$ , a dicha frecuencia el sistema tiene una ganancia de  $|G(j\omega'_{0db})| = 12.6 \text{ dB}$ .

En la Fig. 7 se puede observar la comparación del diagrama de bode del sistema sin compensar y del sistema compensado, es posible observar que en el sistema compensado el margen de fase tiene un valor  $MF_d = 60.5^\circ$ , muy aproximado al valor deseado.

### Simulaciones y Resultados

Los modelos presentados se implementaron en Matlab/Simulink para su simulación, donde se puede observar el comportamiento del sistema ante diferentes condiciones operativas.

Tabla I Parámetros de la turbina eólica

Turbina eólica	
Densidad del aire	1.25 kg/m <sup>3</sup>
Largo de las aspas	2.5 m
Velocidad del viento	10 m/s
Resistencia del estator	3.3 $\Omega$
Inductancia del eje d y eje q	41.56 mH
Flujo de los imanes permanentes	0.4382 Wb
No. de pares de polos	3 pares
Inercia equivalente	0.0552 Kg m <sup>2</sup>

Tabla II Parámetros del sistema de potencia

Convertidor CD – CD	
Inductancia	15.91 mH
Capacitor	4.7 $\mu$ F
Voltaje de salida deseado	650 v
Inversor Trifásico	
Inductancia	25 mH
Resistencia	20 $\Omega$
Voltaje en la red	220 v

Para obtener la simulación de la turbina eólica se utilizan los datos de la Tabla I y II. En la Fig. 8 se observa una secuencia de la velocidad del viento considerando las cuatro componentes (1-7).

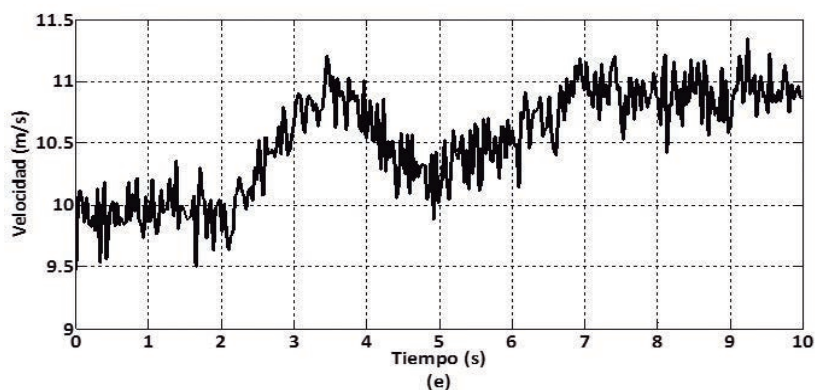


Fig. 8 Velocidad aproximada del viento

En la Fig. 9 se muestra el voltaje en las terminales del GSIP, cuando la turbina eólica transfiere un par mecánico al rotor del generador a través de una transmisión rígida ( $i=7$ ).

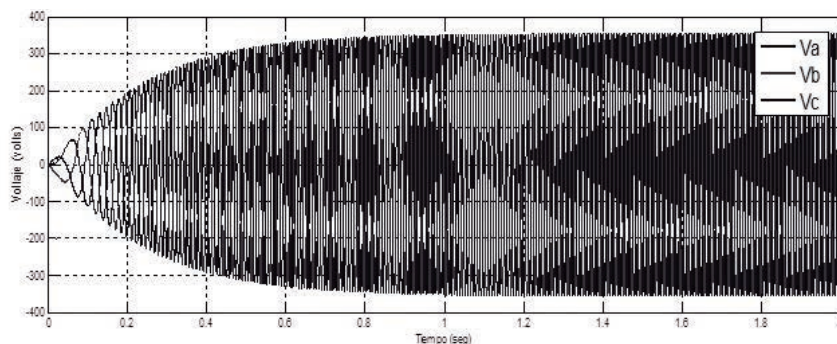
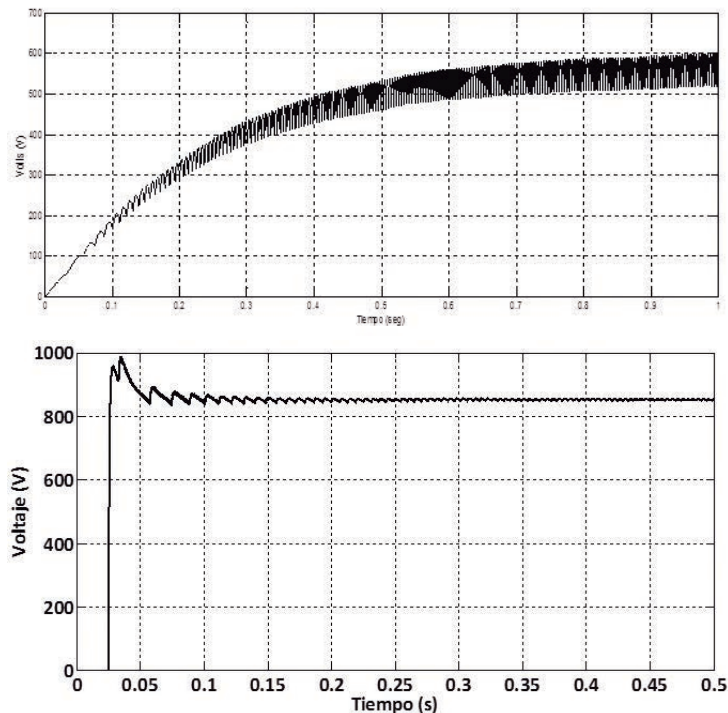


Fig. 9 Simulación de la turbina eólica con velocidad del viento constante de 10 m/s.

Para la simulación del sistema de potencia se usan los parámetros de la Tabla II. En la Fig. 10(a) se muestra el voltaje de salida del rectificador no controlado, la Fig. 10(b) muestra el voltaje de salida del convertidor elevador. En Fig. 10(a) se puede notar que el voltaje de salida rectificado oscila entre un rango de 500 y 600 volts, este voltaje entra al convertidor CD-CD para elevarlo y mantenerlo constante en 650 volts.



**Fig. 10** Voltajes de salida de la etapa de rectificación y regulación. (a) Rectificador trifásico no controlado. (b) Voltaje de salida del convertidor de CD-CD elevador.

La Fig. 11 muestra la respuesta del esquema de control propuesto, durante el proceso de arranque y cuando existen variaciones de potencia en la red eléctrica. La principal tarea del controlador, en este trabajo, es mantener un voltaje constante.

El sistema está sujeto a la siguiente secuencia de eventos: antes de  $t = 0.10$  seg, el controlador no funciona y se bloquean las compuertas de disparo de los IGBT. Esto permite al GSIP alcanzar su régimen en estado estable. Cuando de  $t = 0.10$  seg, las compuertas se desbloquean y el controlador funciona, mientras  $P_{ref} = 1$  Kw y  $Q_{ref} = 0$ . A  $t = 0.20$  seg,  $P_{ref}$  cambia de forma abrupta de 1 kw a 2 kw con  $Q_{ref} = 0$ . Después de  $t = 0.40$  seg,  $P_{ref}$  cambia de forma abrupta de 2 kw a 0.100 kw con  $Q_{ref} = 0$ , como se muestra en Fig. 11(a) y 11(b).

La Fig. 11 y 12 muestran el desempeño y el tiempo de respuesta de la fuente inversora de voltaje durante el proceso de arranque y ante perturbaciones externas.

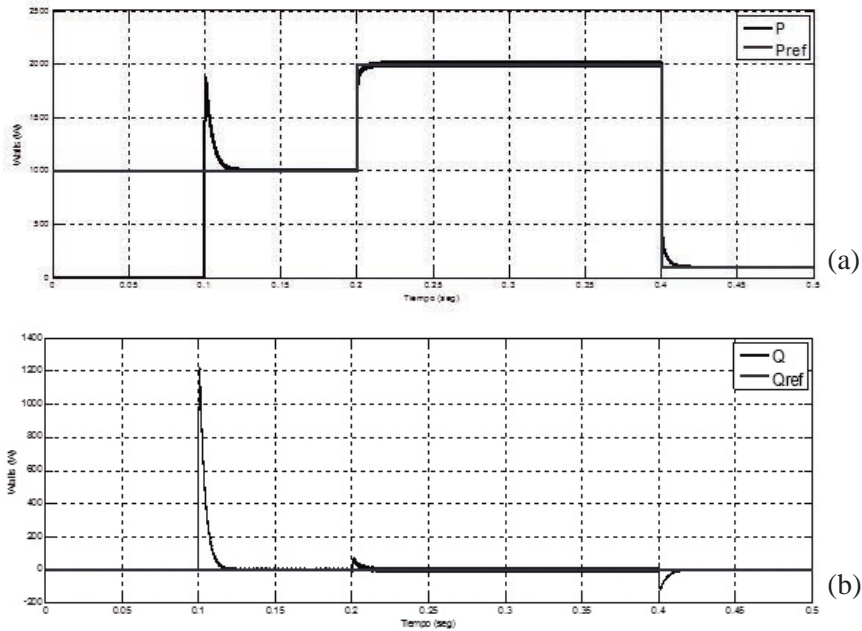
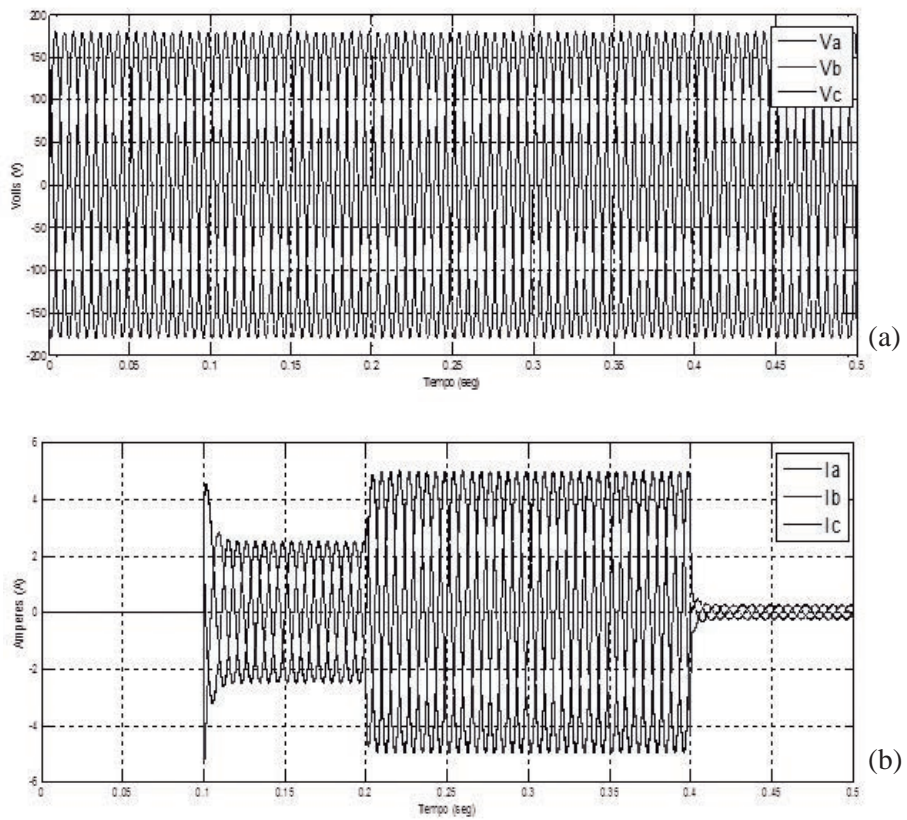


Fig. 11 Respuesta dinámica de la potencia real y reactiva, (a) Potencia real, (b) Potencia reactiva

La Fig. 11 muestra el comportamiento de las potencias activas y reactivas, se puede observar que alcanzan rápidamente el valor deseado. La Fig. 12 muestra la dinámica de la señal de corriente y voltaje durante las variaciones de potencia.

## Conclusiones

El sistema de generación de energía eléctrica presentado en este trabajo, presenta un comportamiento de acuerdo a los resultados esperados, ya que entrega una señal de corriente y de voltaje que pueden ser utilizados para alimentar una carga independiente o conectarse a la red eléctrica. Es importante señalar que el algoritmo de control que se aplica al sistema, tiene un comportamiento aceptable en estado estable y en estado transitorio, porque el tiempo en alcanzar su régimen en estado estable es relativamente rápido, ante la presencia de alguna perturbación o cambio de condición de operación.



**Fig. 12** Respuesta dinámica del voltaje y corriente ante variaciones de la carga.  
**(a)** Voltaje. **(b)** Corriente.

## Referencias

- Ackermann, T. (2005). *Wind Power in Power Systems*. England, John Wiley & Sons, Ltd.
- Bialasiewicz, J. T. (2008). Renewable energy systems with photovoltaic power generators: operation and modeling, *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, 55(7), 2752-2758.
- Boldea, I. (2006). *Variable Speed Generators*, USA, CRC Press.
- Esrām, T. & Chapman, P. L. (2007). Comparison of photovoltaic array maximum power point tracking techniques, *IEEE Trans. on Energy Conversion*, 22(2), 439-449.
- Golnaraghi, F. & Kuo, B. C. (2010). *Automatic Control Systems*, Ed. Wiley, New Jersey, USA.
- Hau, E. (2006). *Wind Turbines, Fundamentals, Technologies, Applications, Economics*, Berlin, Germany, Springer.
- Master, G. (2004). *Renewable and Efficient Electric Power System*, New Jersey, USA, Wiley-Interscience.
- Munteanu, I., Bratcu, I., Cutululis, N. & Ceanga, E. (2008). *Optimal Control of Wind Energy Systems*, London, Springer.
- Nehrir, M. H. & Wang, C. (2009). *Modeling and Control of Fuel Cell, Distributed Generation Applications*, New Jersey, USA, John Wiley & Sons, Inc.
- Pejovic, P. (2007). *Three-Phase Diode Rectifiers with Low Harmonics*, New York, USA.
- Utkin, V., Guldner, J. & Shi, J. (2009). *Sliding Mode Control in Electro-Mechanical Systems*, USA, CRC Press.
- Wu, B., Lang, Y., Zargari, N., & Kouro, S. (2011). *Power Conversion and Control of Wind Energy Systems*, New Jersey, USA, John Wiley & Sons.
- Yazdani, A. & Iravani, R. (2010). *Voltage-Sourced Converters in Power Systems, Modeling, Control and Applications*, New Jersey, USA, John Wiley & Sons, Inc.

# Reflexiones en torno a las problemáticas asociadas al cambio conceptual en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ingenierías

Omar Oscar Civale <sup>1</sup>

## Resumen

La problemática asociada a la enseñanza de disciplinas tecnológicas está frecuentemente asociada a la predominancia de enfoques que hacen de la abstracción del contenido, una práctica áulica permanente.

El resultado que se observa de ello es el de un aprendizaje abstracto; es decir, sin un sustento ó anclaje que le permita poner en acto aquello que desde la sola enunciación es pura potencia.

Algunos indicadores típicos de ello son:

1. La imposibilidad manifiesta, en innumerables casos, de lograr sobrepasar el “status de ejercicio” asociado a cualquier tipo de “situación problemática”.
2. La predominancia de la dimensión cuantitativa por sobre la cualitativa en toda situación de análisis de objetos de estudio.
3. La dificultad en lograr verdaderas y adecuadas transcontextualizaciones entre dominios asociados directa o indirectamente al objeto de estudio en cuestión.
4. La descontextualización del objeto de estudio, lo cual deviene en que el alumno en situación de aprendizaje tiende a establecer “anclajes formales” (ligados a la modelización y la formulación matemática) pero no “anclajes reales” (propios del contexto tecnológico cotidiano).

Bajo esta perspectiva, la definición de los enfoques instruccionales más adecuados resulta de suma utilidad a la hora de proponer “actividades auténticas”.

**Palabras Clave:** Aprendizaje por inmersión; autonomía; cambio conceptual; cogniciones distribuidas; transcontextualización.

---

Fecha de recepción: julio 2013 | Fecha de aceptación: octubre 2013

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica Nacional, Instituto nacional de Educación Técnica (INET), Universidad Argentina John F. Kennedy (UJFK).

## Abstract

Problems related with technological discipline teaching are often associated with the predominance of approaches that make content abstraction, an on-going classroom practice.

The result is an abstract learning, i.e. without an anchor or support that allows putting into practice that which from the very enunciation is pure power.

Some typical indicators are:

1. The clear impossibility, in many cases, of surpassing the “exercise status” associated with any kind of “problematic situation.”
2. The predominance of quantitative over qualitative dimension in every study object analysis situation.
3. The difficulty in achieving adequate and real trans-contextualisation between domains directly or indirectly associated to the study subject in question.
4. The study object decontextualisation , which makes students in a learning situation to establish “formal anchors” (linked to modelling and mathematical formulation) but not “real anchors” (related to daily technological context).

From this perspective, the definition of the most appropriate instructional approaches is extremely useful when proposing “authentic activities.”

**Keywords:** Immersion learning, autonomy, conceptual change, distributed cognitions, trans-contextualisation.



## 1. Introducción

El presente artículo tiene por finalidad explícita la de proponer un conjunto de reflexiones que tiendan a permitir continuar el debate académico basado en cuestiones implícitas y explícitas relacionadas a la praxis áulica.

Es dable alertar, también, que no tiene pretensión alguna de transformarse en una receta fuertemente prescriptiva que pueda ser aplicada sin más...

En gran parte del colectivo docente, subyace activamente la creencia de que enseñar ciencia ó tecnología no tiene puntos de contacto reales ni concretos con los enunciados y conceptos desarrollados por las Ciencias de la Educación.

Sin embargo, es imposible no considerar los mismos a modo de elementos que subyacen a todo proceso de enseñanza y aprendizaje.

Antes bien, debemos tratar de esforzarnos para lograr establecer un escenario de intersección entre ambos dominios disciplinares...

El desarrollo de los siguientes temas y contenidos se esfuerza en establecer intersecciones valederas entre dichos dominios disciplinares con el objeto de reflexionar sobre algunas problemáticas de peso.

## 2. Algunas consideraciones iniciales

### 2.1. Conocimiento intuitivo

El ser humano es capaz de desarrollar conocimiento propio en aras de adaptarse a nuevas situaciones en su vida cotidiana, haciéndolo ello sin solución de continuidad.

Percibe el entorno, lo interpreta y, bajo ciertas condiciones, es capaz de explicarlo y fundamentarlo.

A partir de ello, el individuo desarrolla el denominado conocimiento intuitivo; es decir, un conjunto de explicaciones y/o ideas que construye al estar sumergido en una determinada realidad cotidiana.

Este tipo de conocimiento es eminentemente procedimental; la funcionalidad de éste es la de ser aplicado y los individuos lo emplean pero tienen escasa consciencia del conocimiento declarativo que subyace al mismo (en otras palabras, no son capaces de explicarlo...); lo construyen en función de la necesidad que surge al tratar de resolver alguna actividad en la cual se halla inmerso.

Hace su aparición aquí el contexto cotidiano, el cual opera a modo de generador de conocimiento intuitivo, estando éste fuertemente reforzado por el uso (puesta en acto del conocimiento) a través del devenir diario, el cual requiere a su vez de una activación permanente del mismo. Dicha asiduidad redundante en el acortamiento de la distancia conceptual del objeto de conocimiento, lo cual permite que el individuo lo sepa (es decir, lo incorpore entre sus saberes).

Claramente, a mayor riqueza del contexto donde se halle sumergido el individuo (aprendizaje por inmersión), mayor probabilidad respecto a la cantidad y calidad de conocimiento intuitivo construido (ejemplo para reflexionar: el conocimiento operativo que tienen los chicos en situación de calle, y no escolarizados, en lo concerniente al manejo del dinero...).

Podríamos caracterizar a este aprendizaje como del tipo natural donde el individuo aprendiente se relaciona con el nuevo objeto de conocimiento mediado por un conjunto de instrumentos culturales, determinando un contexto específico de ocurrencia del proceso de aprendizaje.

La configuración de éste determina en grado sumo la riqueza de la construcción...

A modo de caracterización de este tipo de conocimiento, podemos hacer mención a: el carácter subjetivo; la persistencia en el tiempo; la sensación de legalidad instaurada que le permite explicar la realidad y generarle un cierto sentido de seguridad, autosuficiencia y autonomía en sus juicios.

Es muy importante considerar que el conocimiento intuitivo opera a modo de umbral en lo que respecta a la adquisición de nuevos conocimientos, lo cual impone de alguna manera una base cualitativa a partir de la cual estos conocimientos habrán de ser construidos.

Al ingresar a la etapa de escolarización, el individuo es introducido a un nuevo contexto: el educativo formal, teniendo por finalidad el mismo operar a modo de generador de conocimiento científico.

La problemática frecuentemente observada es la de verificar que las explicaciones que el individuo ha construido desde su propio conocimiento intuitivo no son tenidas en cuenta a nivel áulico; por otra parte, las elaboradas dentro del contexto educativo no les son fácilmente aplicables en el contexto cotidiano.

Se establece, de esta forma, una incomunicación manifiesta entre ambos contextos (denominada impermeabilidad contextual) que no le permite al sujeto interconectarlos ni realizar acciones de transferencia que determinen el fortalecimiento de las ideas científicas en desmedro de las intuitivas. Al coexistir ambas, entonces, no se logra debilitar a estas últimas. Se trata, en definitiva, de acercar ambos contextos...

A modo de ejemplo habitual de coexistencia, el enunciado por Aparicio y Rodríguez Moneo (2000) en cuanto a la percepción de los novatos respecto de que la flotación de los objetos está en función del peso; ergo, los objetos pesados se hundían y los livianos flotan... a lo que se contrapone la pregunta viva: ¿y entonces los barcos transatlánticos...?

## **2.2. Caracterización del cambio conceptual**

Propiciar el desarrollo cognitivo – intelectual del individuo implica lograr que el alumno sea capaz de modificar, cambiar y evolucionar su pensamiento partiendo de sus concepciones alternativas de base.

A este proceso es al que denominamos cambio conceptual.

Si bien existen varios modelos de cambio conceptual a partir de los cuales se intenta establecer una cierta taxonomía, así como caracterizaciones específicas para explicitar en que consiste el mismo, el presente artículo centra gran parte de su análisis asumiendo el modelo situado ó experiencial partiendo del convencimiento de que es el que más se acerca a la problemática relacionada con la enseñanza y el aprendizaje de temáticas relacionadas con las ingenierías.

Ortega (2000) menciona que este modelo general concede una gran importancia al contexto como elemento explicativo de la adquisición y el uso del conocimiento; la cuestión fundamental radica, entonces, en que toda cognición está ubicada o situada en un contexto y que éste la determina.

### **3. El cambio conceptual en el marco de la enseñanza de las ingenierías**

En función de lo explicitado anteriormente, la preocupación principal e interrogante de base se traduce en tratar de conocer cuáles son los cambios cognitivos a nivel del conocimiento adquirido (intuitivo y académico pre-existente) que deben tender a producirse en nuestros alumnos para que puedan utilizar eficazmente en el campo los conocimientos científicos e ingenieriles que se tratan de enseñar.

Es claro que partimos de un conjunto de ideas implícitas de los alumnos que, a la altura de cursar las correspondientes carreras universitarias, han adquirido el status de representaciones estables (aunque no necesariamente explícitas); sin embargo, resulta fundamental considerar la explicitación de Pozo (1999) en cuanto a que "... también los propios profesores tienen representaciones estables que, sin embargo, no llegan a explicitar sino en sus aspectos más superficiales" (p.516).

Esta doble consideración se da en cualquier tipo de dominio disciplinar, estableciendo el umbral a partir del cual se deberá trabajar para lograr establecer redescripciones representacionales - de los modelos aprendidos anteriormente - en nuevos lenguajes ó formatos que caractericen específicamente al dominio en cuestión (cada uno de ellos tienen sus propias formas de expresión).

Considerando la enseñanza ingenieril (y en cierto grado de concordancia con la científica) la necesidad per se de ayudar a desarrollar en el alumno conocimiento explicitable y explicable nos llevaría a pensar en impartir una enseñanza basada en modelos (científicos, tecnológicos). Inducir al alumno a contrastar modelos, así como a argumentar principios y validez de los mismos, le permitirá también asociar los mismos, ó desarrollar nuevos, en función de los requerimientos específicos planteados por diferentes tareas ó situaciones problemáticas propias del dominio.

El modelo pasa a constituirse en la mínima unidad de análisis del proceso, mientras que las redescripciones resultantes serían fruto de la integración resultante de la relación dialéctica entre los anteriores; el conocimiento obtenido, entonces, responde a un claro proceso de construcción cognitiva gradual y consciente, establecido en un contexto específico de ocurrencia que dota de significatividad y sentido al mismo.

Se requiere, a su vez, del mantenimiento de cierta continuidad en cuanto al proceso descrito de forma tal de lograr reforzar paulatinamente el conjunto de reglas y relaciones acordes al modelo.

Este metaproceso de construcción y reconstrucción sistemática de objetos de conocimiento propende, asimismo, a facilitar la transcontextualización; es decir, la capacidad por parte del alumno de poder migrar de un dominio de análisis a otro con cierta facilidad manteniendo y/o estableciendo relaciones de validez entre los mismos.

La capacidad de transcontextualización es un principio fundamental en todo proceso de aprendizaje y, en el estado del arte de la ingeniería actual, de predominancia absoluta dado el alto grado de integración e interrelación existentes entre las distintas especializaciones.

### **3.1. La gradualidad**

Es importante considerar que la característica constructiva del conocimiento no se caracteriza necesariamente por la ocurrencia de una determinada linealidad secuencial (respecto de conocimientos anteriores) ni por la generación espontánea de una estructura que adolezca de cualquier tipo de conectividad cognitiva con representaciones anteriores.

Por lo tanto, lo que subyace es que la construcción del nuevo conocimiento responde a un modo gradual que genera ideas híbridas (es decir, situadas entre las propias del sentido común y las propias del campo científico) que han de requerir de un tiempo de maduración caracterizado por un cierto devenir entre los extremos indicados. Algo así como un proceso de acomodación ó ajuste a partir de aproximaciones sucesivas.

Ese estadio intermedio es sobre el cual hay que concentrar la atención desde la perspectiva del proceso de enseñanza, dado que la distancia que separa a ambos extremos y el necesario acortamiento de ella estará íntimamente ligado las estrategias didácticas propuestas a tal efecto.

No es adecuado suponer que la mera explicación de un conjunto de leyes y principios que definen a un determinado objeto, basten para dotar a éste de significatividad y – principalmente - sentido y capacidad de uso.

(La interpretación, por ejemplo, de las Leyes de Kirchoff puede quedar limitada a la mirada matemática de las mismas e, incluso, ser adecuadamente resueltos ejercicios en los cuales se haga uso expreso de ellas...).

La gradualidad indicada requiere generar acciones docentes que tiendan a acompañar las especulaciones conceptuales del alumno; para ello, consideramos fundamental el aproximarse al concepto puesto a discusión mediante explicitaciones de corte cualitativo apoyadas en el relato.

(El alumno debe poder aproximarse cualitativamente a los nuevos conocimientos, antes de encarar cualquier tipo de análisis cuantitativo; ello le habrá de permitir desarrollar cierto carácter anticipatorio respecto de la funcionalidad del objeto y medir –desde el punto de vista de la determinación de cierto grado de validez - el resultado cuantitativo obtenido; esta situación es la que le permitirá asumir cierta actitud crítica y establecer conclusiones valederas).

Demás está decir que es innegable e indiscutible el lugar ocupado por el lenguaje matemático en la enseñanza de las ciencias.

Sin embargo, la utilización indiscriminada de éste, no siempre reporta beneficios por fuera del mismo. Muchas veces la comprensión de un determinado concepto o la resolución de alguna problemática puntual, son visualizadas por el alumno únicamente desde una perspectiva matemática; de hecho, y aun habiendo obtenido un resultado cuantitativamente adecuado, frecuentemente no es capaz de encontrar el significado del mismo al intentar transferir el concepto al campo específico de aplicación.

Mayor dificultad aún se le presenta al tratar de transcontextualizarlo a otro dominio ú especificidad.

Un ejemplo concreto de ello podemos apreciarlo frecuentemente en la asignatura Teoría de Control cuando, ante el análisis de la condición de error en la respuesta del mismo y el correspondiente cálculo cuantitativo, encontramos marcadas dificultades en el alumno al intentar contextualizar adecuadamente el resultado infinito del sistema puesto en acción en el campo real.

Ante la pregunta de rigor: “¿qué representa un error infinito en el campo?”, la respuesta es, en el mejor de los casos, dubitativa...

Situaciones análogas podemos encontrarlas al proponer transferir resoluciones lógicas puras implementadas mediante un PLC a una situación de campo específica y concreta.

En definitiva, y al no poder satisfacer acciones de transferencia y transcontextualización, el conocimiento adquirido por el alumno carecerá de sentido de uso y aplicabilidad, por lo que se encapsula transformándose en una entidad aislada; será recuperada simplemente para poder rendir un examen y a posteriori rápidamente olvidada (esta situación forma alumnos que desarrollan estrategias específicas para resolver ejercicios...).

Considero que estas situaciones se caracterizan por la falta de maduración del proceso de construcción del nuevo conocimiento, manifestadas por un desnivel significativo entre el nivel intuitivo propio del pensamiento inicial del alumno y el nivel teórico y explicativo de las nuevas ideas que le son presentadas en el ámbito académico. (Oliva, 1999).

### **3.2. La potencialidad del relato**

Bajo esta perspectiva, reitero el convencimiento en cuanto a la potencialidad del uso del relato (en general, soslayado a nivel de la explicación teórica de las ciencias) a modo de herramienta mediadora que permite poner en palabras del docente y del propio alumno las finalidades, objetivos, reglas, regularidades, observaciones, comparaciones y relaciones que le permitan estructurar una red lógica de interconexión y diferenciación de conceptos.

Dicha red será, en definitiva, aquella que dote de visibilidad significativa al objeto de conocimiento en situación de aprendizaje.

Lemke (1997) sostiene que hablar ciencia significa hacer ciencia a través del lenguaje. Significa observar, describir, comparar, clasificar, analizar, discutir, hipotetizar, teorizar, cuestionar, desafiar, argumentar, diseñar experimentos, seguir procedimientos, juzgar, evaluar, decidir, concluir, generalizar, informar, escribir, leer y enseñar en y a través del lenguaje de la ciencia. Y agrega que el énfasis en el lenguaje se debe a que éste no es sólo vocabulario y gramática: el lenguaje es un sistema de recursos para construir significados. Los recursos semánticos del lenguaje constituyen, entonces, los fundamentos de todos nuestros esfuerzos por comunicar la ciencia y otras materias. Para comprender cómo funciona la comunicación, y qué es lo que la hace triunfar o fracasar, necesitamos analizar cómo utilizamos el lenguaje para significar algo. La comunicación siempre es un proceso social; es siempre una creación de la comunidad.

En definitiva, considero que la incorporación del relato como elemento que sustenta en gran parte la dimensión cualitativa del objeto de aprendizaje, tiene por finalidad que el alumno logre sobrepasar el hecho artificioso de resolver el ejercicio matemático (en desmedro de la resolución de problema) y logre comprender elementos del mundo científico – tecnológico en función de un contexto determinado.

### **3.3. El rol de las analogías**

Tener capacidad para transcontextualizar implica poder trasladar habilidades de razonamiento de un contexto a otro.

Para un estudiante de ingeniería, es menester desarrollar esta capacidad.

Piénsese, por ejemplo, en un alumno de la carrera de ingeniería es Sistemas de la Información puesto en situación de diseñar sistemas para el área de de Psicología de un centro de salud y, posteriormente, para el área de kits didácticos para la enseñanza de la electrónica.

La capacidad de conmutar contextos puede ser potenciada durante el proceso de enseñanza, mediante la utilización de herramientas que propendan a familiarizar al alumno con aquellos conceptos y elementos que no les sean conceptualmente cercanos.

De ellas, la analogía es un recurso que puede facilitar este acercamiento inducido permitiendo el aprendizaje de un contenido desconocido a partir de un conjunto de

proyecciones (estructurales o funcionales) que se establecen desde un contenido conocido –el análogo–. Sin embargo, el uso de este mecanismo puede traer aparejados ciertos inconvenientes respecto de establecer generalizaciones erróneas; es por esta razón por la cual se recomienda utilizarlo cuando el conocimiento previo tiene ciertas características cercanas al nuevo conocimiento a aprender.

### 3.4. El aprendizaje situado

Para considerar la incidencia de este ítem, parto del enfoque socio-cultural que insta el principio de que el conocimiento *es situado*: forma parte y es producto de la actividad, el contexto y la cultura predominante.

La problemática asociada a la enseñanza de disciplinas tecnológicas (por ejemplo, Electrónica), está frecuentemente asociada a la predominancia de enfoques que hacen de la abstracción del contenido una práctica áulica permanente.

El resultado que se observa de ello es el de un aprendizaje, también, abstracto; es decir, sin un sustento ó anclaje que le permita poner en acto aquello que desde la sola enunciación es pura potencia.

Esta falta de *conectividad*, de continuidad conceptual, está definida a mi criterio por la descontextualización (y por ende, la atomización) de los contenidos puestos en situación de ser aprendidos.

Coincido plenamente en cuanto a la condición de sistema que subyace en el paradigma de la cognición situada en cuanto a considerar al conocimiento como parte de un conjunto de dimensiones que lo contienen e incluyen, a saber: la producción como resultado de una determinada actividad, el contexto en el cual se da y el aspecto cultural (que valida y lo dota de sentido, significatividad y aplicabilidad plena...).

Resulta de sumo interés reflexionar respecto de la capacidad de aprendizaje de un aprendiz informal en, por ejemplo, una tornería, un servicio de reparación de electrodomésticos, un taller mecánico ó cualquier otro tipo de ámbito de enseñanza y/o aprendizaje informal.

Lo que caracteriza a cualquiera de los casos mencionados es que el aprendiz está inmerso en un contexto específico, participando del intercambio social propio de la cultura imperante (*comunidad de referencia*); el aprendizaje resultante, entonces, está íntimamente ligado al mismo.

El contexto genera, entonces, un marco referencial donde los contenidos *son*; es decir, tienen entidad real y concreta.

Cuando reflexionamos respecto de situaciones asociadas al aprendizaje formal, sin embargo, solemos encontrarnos con un panorama distinto.

El alumno no está sumergido en contexto alguno, salvo aquellos que puedan estarlo indirectamente a través de sus actividades laborales ó vocacionales cotidianas.

Este hecho condiciona significativamente tanto al proceso de enseñanza como

al de aprendizaje, generándose una tensión entre ambos debido a la necesidad de imponer la legalidad del contenido a explicar por parte del docente, por un lado, y al esfuerzo por lograr aprehenderlo con cierto nivel de sentido y significatividad por parte de los alumnos.

A modo de ejemplo, podemos pensar en un alumno cursando ingeniería electrónica al que se le solicita calcular la polarización de un determinado componente que nunca vio, nunca manipuló, no conoce sus posibles aplicaciones ni la incidencia del mismo en dispositivos que permitan embeberlo, no sabe cómo encontrarlo en su mundo cotidiano...A pesar de ello, sin ninguna duda, los alumnos serán capaces de realizar los cálculos solicitados en función del aprendizaje de las estructuras inherentes al Análisis Matemático. Sin embargo, sin la adecuada contextualización, la supuesta situación problemática se transformó en un *ejercicio*...

Contenidos tales como transconductancia, punto Q, capacidad interelectrónica, etc., tienen únicamente sentido dentro del ejercicio, por lo que las prácticas educativas – al decir de Díaz Barriga Arceo (2003, p. 3) - “...se transforman en sucedáneas ó artificiales, donde el conocimiento se trata como si fuera neutral, ajeno, autosuficiente e independiente de las situaciones de la vida real o de la cultura a la que se pertenece...”.

El conocimiento, para serlo, debe ser situado; ello lo vuelve significativo, aplicable, posible de ser transferido y generalizado a posteriori por el individuo.

### **3.5. La transferencia a modo de indicador de validez**

Es evidente que la institución educativa y el mundo real (si bien insertos uno en el otro), deben establecer una relación dialéctica permanente que permita validar cuestiones; es decir, establecer puentes con el objetivo de acotar distancias entre lo emanado per se por la primera y lo vivido u observado cotidianamente por los sujetos.

Lograr una ida y vuelta a través del mismo (que no es otra cosa que potenciar la relación dialéctica anteriormente citada) dotará de significatividad y sentido al objeto de estudio en cuestión.

Si, por el contrario, este puente no logra establecerse adecuadamente, el objeto corre el riesgo de quedar aislado y será difícil lograr que pase a formar parte del bagaje conceptual del sujeto.

La aislación resultante requerirá de esfuerzos memorísticos puros importantes para mantener al objeto de conocimiento activo, con la lógica consecuencia de no poder ser sostenido adecuadamente a lo largo del tiempo...

El puente al que hago referencia, no es otra cosa que el proceso denominado transferencia.

Ésta representa un mecanismo fundamental a considerar ya que mediante el mismo, el individuo logra hacer uso y generar aplicabilidad manifiesta del objeto



de conocimiento sobre el campo concreto; en definitiva, le permite al mismo operar la realidad (aquello que pone en continuidad real al saber que con el saber cómo).

### **3.6. Incidencia real de las actividades**

Por múltiples consideraciones (entre otras: horarios y días de cursada, organización de las carreras, dedicaciones docentes, desempeño laboral de los alumnos), al ámbito de enseñanza ingenieril formal no le resulta sencillo flexibilizar su propuesta en cuanto a la generación de contextos adecuados; esfuerzos institucionales generados en dicho sentido los representan las PPS (Prácticas Profesionales Supervisadas), las actividades desarrolladas en los Laboratorios y aulas taller, más algunas charlas extracurriculares generadas a nivel de Departamentos.

Necesariamente, entonces, con el objeto de evitar el encapsulamiento y aislamiento del contenido, el análisis, la elección y el diseño de las actividades propuestas a nivel áulico adquieren un peso didáctico y estratégico fundamental.

Para ello, considero de sumo interés y validez la propuesta de los denominados enfoques instruccionales destinados a establecer una adecuada propuesta del planteo de materiales de estudio y experiencias educativas.

Dichos enfoques devienen de considerar dos dimensiones al momento del diseño de la actividad ó selección del material: por un lado, la Relevancia Cultural (empleo de ejemplos, ilustraciones, analogías, discusiones, etc., que sean relevantes a la cultura a la cual pertenecen o esperan pertenecer los estudiantes); por el otro, la Actividad Social (planteo de actividades que puedan ser tutoradas, colaborativas, con mediadores activos tales como discusiones, debates, descubrimiento guiado, etc.).

La intersección a nivel de coordenadas de ambas dimensiones permite definir un sistema coordinado, cuyos cuadrantes quedan definidos por los pares Actividad Social Alta – Relevancia Cultural Alta (I); Actividad Social Alta – Relevancia Cultural Baja (II); Actividad Social Baja – Relevancia Cultural Baja (III); Actividad Social Baja – Relevancia Cultural Alta (IV).

Sin ánimo de profundizar la temática, y al solo efecto de ejemplificar, podemos decir que:

- Las PPS son actividades, a priori, que pertenecen al cuadrante I (busca desarrollar habilidades y conocimientos propios de la profesión, además de participar en la solución de problemas sociales o de la comunidad de referencia).
- La configuración en laboratorio de equipos de networking (ej.: router), también pertenece al cuadrante I, aunque su grado de relevancia es menor al ítem anterior.
- La resolución del comportamiento de un sistema de control basado en un diagrama de bloques cuantificados, pertenece al cuadrante III (ejemplo que carece de relevancia cultural dado que está asociado a fórmulas y procedimientos encapsulados).

La estructura propuesta resulta de suma utilidad a la hora de proponer actividades prácticas auténticas que propendan a lograr establecer una continuidad lógico - conceptual – procedimental entre el saber que es y el saber cómo hacer (este último, el que permite generar acciones de transferencia, de generalización, a partir de la reflexión en la acción).

### **3.7. Sistema de actividad: las cogniciones distribuidas**

Un tema muy interesante y pertinente en cuanto a las problemáticas relacionadas a la enseñanza y aprendizaje de las ingenierías, es el enunciado por la teoría de las *cogniciones distribuidas*.

Representan éstas un enfoque en cuanto al análisis de las relaciones existentes entre el sujeto en condición de aprendizaje, el instrumento mediador (una actividad, un texto, un instrumento, un docente, etc.) y el objeto de conocimiento (el contenido en situación de ser aprendido); considerando, a su vez, a todos estos actores como componentes de un único sistema.

Referenciando ello, Cole y Engestrom (2001) sostienen firmemente que las cogniciones distribuidas no se dan en un único lugar dentro del individuo: están formando parte de su propia estructura cognitiva y se reúnen en un sistema conformado por éste y sus pares, docentes o herramientas suministradas por la cultura.

or ejemplo, cuando un alumno está realizando una medición de campo mediante la utilización de un analizador de tráfico de red, el instrumento le proporciona al sujeto una guía que le permite llevar a cabo la tarea emprendida.

Durante la misma, las cogniciones propias del individuo (representaciones, ideas, fuentes) interactúan con un conjunto de cogniciones distribuidas a nivel del sistema conformado; esto es: el propio individuo, el analizador de tráfico a modo de herramienta y una determinada actividad a modo de mediador.

Visto desde una perspectiva monolítica (es decir, sin considerar a los componentes del sistema desde su propia individualidad), el sentido de la acción pareciera quedar resumido en el aprendizaje del uso e interpretación del trazador de tráfico y su parámetros y contingencias asociados (el individuo opera sobre el instrumento)

Desde una mirada sistémica, en cambio, se pueden analizar las interacciones que se juegan entre cada elemento; la propia actividad desarrollada sobre el instrumento, propicia en el individuo cambios en lo que respecta a la comprensión del proceso de las comunicaciones en sí mismas dada la necesidad de integrar y conceptualizar los parámetros intervinientes en la configuración (protocolos de diferentes capas, tasas de error, disponibilidad porcentual, MTU, etc.), en un *todo* (una sesión de chat) que se relaciona mediante una determinada sinergia. Es éste un proceso de ida y vuelta que adquiere características claramente espiraladas.

Podríamos hablar, entonces, de una determinada *devolución cognitiva* resuelta en el sentido instrumento – individuo (el instrumento opera sobre el individuo).

Esta devolución que podríamos calificar como oculta, forma parte de aquello que denominamos resabio cognitivo que, a su vez e independientemente, es transferible a otro entorno de aprendizaje.

La riqueza del resabio, sin embargo, queda fuertemente asociada al diseño de la actividad mediadora: debe realizarse el esfuerzo de diseñarla de manera tal que den oportunidades para formar los residuos cognitivos convenientes y no limitarlos.

Por otra parte, Solomon (1993) plantea claramente la relación existente entre actividades de construcción de modelos, el empleo de herramientas y las actividades "... se integran en las actividades de aprendizaje cotidianas, se las percibe como socialmente importantes y significativas y, por tanto, las destrezas que se desarrollan mediante esas actividades distribuidas pueden volverse mucho más generales e ingresar de ese modo en una gama más amplia de acciones compartidas" (p. 173).

### **3.8. Potencial didáctico del contenido: concepto de tópico generativo**

Establecida la necesidad de abordar un objeto de conocimiento en función de su significatividad, se hace necesario enmarcar el mismo de forma tal de que pueda llegar a ser comprendido fehacientemente.

Un aspecto fundamental para ello radica en la manera en que se lo aborda, así como la forma en que se trata de relacionarlo (transferirlo) a otros contenidos.

En el primero de los casos, se hace mención a los denominados *puntos de acceso*, mientras que en el segundo a los *puntos de egreso*.

Antes de poder determinar los mismos, se recomienda analizar el potencial cognoscitivo del objeto de conocimiento, al cual Sullivan (2002, p. 48) define como "tópico generativo".

Éste término hace referencia a la potencialidad didáctica del contenido, siendo el status que lo caracteriza, el siguiente: debe ser importante para una disciplina, debe ser de interés el contar con él, debe ser asequible por diversos recursos, debe ser rico en interconexiones conceptuales con otros tópicos y conceptos.

Un alto potencial didáctico de un contenido, entonces, permite acceder al mismo mediante múltiples recursos, lo cual habilita al docente en cuanto a proponer variados puntos de acceso al mismo.

Los puntos de acceso definidos son: Narrativo, Lógico cuantitativo; Fundacional, Estético, Experiencial y Social cooperativo.

La importancia que tiene el trabajar con múltiples puntos de acceso radica en la capacidad de fortalecer el concepto mediante diversas y distintas miradas que, a su vez, permiten que los alumnos puedan involucrarse a partir de sus respectivos perfiles de inteligencia así como de sus intereses y experiencias particulares. (Gardner, 2006).

Las diferentes estrategias y actividades relacionadas a la transferencia del conocimiento adquirido al abordar el tópico generativo, definen los puntos de egreso del mismo.

Algunos ejemplos de ello pueden ser: un proyecto de aplicación, una presentación destinada a una determinada audiencia, la organización de una muestra, la escritura de un artículo, la generación de una guía didáctica, etc..

Un ejemplo aplicativo de lo enunciado:

Un contenido normalmente difuso en la etapa de formación de los técnicos en electrónica, es el principio de funcionamiento de un transistor.

Para este caso, habitualmente, se utiliza un abordaje matemático para explicitar el mismo.

Dicha elección suma a la natural complejidad del tema, la necesidad de que el alumno comprenda y domine con cierto grado de autonomía, la lógica matemática.

En esta disciplina, el transistor puede ser caracterizado claramente como un tópico generativo y de gran *peso didáctico* en cuanto a la riqueza conceptual que tiene el dispositivo.

Puntos de acceso (y secuencialidad) propuestos:

**1. Narrativo**, con el objeto de contextualizar al dispositivo respecto de la evolución tecnológica histórica y los requerimientos socio – culturales que incidieron en la necesidad del desarrollo del mismo. A partir de ello, la evolución tecnológica aportada por éste.

**2. Experiencial**, con el objeto de que los alumnos visualicen y experimenten la respuesta del transistor y el fenómeno natural que conlleva la utilización del mismo: la amplificación. Asimismo, les ha de permitir tomar contacto físico con el dispositivo, tener idea de sus dimensiones y el espacio que ocupa, reconocer las siglas que lo identifican, etc. Este punto de acceso aporta importantes aspectos relacionados a la usabilidad.

**3. Colaborativo**, con el objeto de encontrar en el contexto cotidiano escenarios de aplicación del dispositivo.

**4. Cuantitativo**, con el objeto de fundamentar la respuesta básica del dispositivo a partir de las leyes propias del dominio electrónico. Para ello, se hará uso del lenguaje lógico – matemático.

Respecto de la valoración de los puntos de acceso propuestos, estimo que la principal fortaleza radica en evitar caer en el estereotipo matemático por excelencia, lo cual conlleva el prejuicio extendido de que “...*hablar de transistores es hablar de matemáticas...*”.

Cuando se parte desde los puntos de acceso Lógico y/o Cuantitativo y se permanece en dichos planos durante la totalidad del proceso de enseñanza del transistor, los alumnos pierden de vista al elemento físico y concreto y se quedan con la modelización utilizada en el desarrollo numérico.

De allí que, al tratar de pasar a una fase procedimental, existan innumerables inconvenientes para poder implementarlas comprensivamente.

#### **4. Conclusiones**

Un viejo y siempre vigente interrogante, plantea: “¿Qué cambios cognitivos deben producirse en los estudiantes de ingeniería para que puedan utilizar eficazmente los conocimientos científicos y tecnológicos que, a veces, con tan poco éxito se les enseñan...?”. La reflexión en la acción de nuestra propia praxis docente enmarcada en los aportes producidos por las investigaciones educativas, será la que nos permita construir las adecuadas didácticas específicas a partir de las cuales generar las respuestas transitorias...

## Referencias

Aparicio, J.J., y Rodríguez Moneo, M. (2000). Los estudios sobre el cambio conceptual y las aportaciones de la Psicología del Aprendizaje. *Tarbiya, Revista de Investigación e Innovación Educativa*, “Monográfico Cambio Conceptual y Educación”, 26, 13-30.

Cole, M. y Engestrom, Y. (2001). Enfoque histórico-cultural de la cognición distribuida. En Salomon, G. (Comp.) *Cogniciones distribuidas. Consideraciones psicológicas y educativas*. Buenos Aires, Argentina: Amorrortu.

Díaz Barriga, F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 5 (2). Consultado el día 20 de Marzo de 2013 en: <http://redie.ens.uabc.mx/vol5no2/contenido-arceo.html>

Gardner, Howard (2006). Múltiples lentes sobre la mente. *Revista Electrónica Sinectica*, 28, Separata, 1-12.

Lemke, Jay. (1997). *Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona, España: Paidós Ibérica.

Martín Ortega, Elena. (2000). ¿Puede ayudar la teoría del cambio conceptual a los docentes? *Tarbiya: Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 26, 31-50

Oliva Martínez, José. (1999). Enseñanza de las ciencias; algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 17 (1), 93-107.

Pozo, José. (1999). Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 17 (3), 513-520.

Solomon, Gavriel. (1993). *Cogniciones distribuidas. Consideraciones psicológicas y educativas*. Buenos Aires, Argentina: Amorrortu.

Sullivan, Amy. (2002). Puntos de entrada para la comprensión. En Hetland y Veenema (Comp.) *The Project Zero Classroom: views on understanding* (pp. 47-56). Cambridge Mass, EE.UU: Harvard University Graduate School of Education.

## **El conocimiento informático en Ingeniería Industrial. Una visión desde las evaluaciones de la CONEAU**

Alejandro Héctor Molina<sup>1</sup>, Ricardo Gutierrez<sup>2</sup>, Fernando Buffone<sup>1</sup>,  
Victoriano Molinari<sup>1</sup> y Facundo Molina<sup>2</sup>

### **Resumen**

La necesidad del manejo de las herramientas informáticas en las ingenierías, requiere de mayores y mejores niveles de desarrollo de competencias informáticas, tal como propone el documento del CONFEDI sobre competencias genéricas del Ingeniero. Una de las carreras en las cuales la utilización de esas herramientas se hace particularmente sensible, es la Ingeniería Industrial, tanto por la evolución de los sistemas de Información en áreas como Logística, Modelización, Estrategia y Calidad y de los sistemas informatizados para control de procesos. La forma en que se cubre esta necesidad es analizada en función de evaluaciones que realizó la CONEAU en carreras de Ingeniería Industrial en Argentina en el Período 1992-2012. También se contrasta los contenidos de esos planes, respecto de los contenidos de materias pertenecientes a carreras específicas de Sistemas y Computación en Argentina y finalmente, respecto de distintos planes de universidades de EEUU.

**Palabras Clave:** informática, competencias, TIC, acreditación, ingeniería.

---

Fecha de recepción: julio 2013 | Fecha de aceptación: septiembre 2013

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Bahía Blanca.

<sup>2</sup> Universidad Nacional del Sur

**Abstract**

The need for management of IT tools in engineering requires a greater and better computer skills development, as proposed by CONFEDI paper on Engineer generic skills. One of the careers in which the use of such tools is particularly sensitive is Industrial Engineering, due to information system evolution in areas such as Logistics, Modeling, Strategy and Quality and computerized systems for process control. The way to meet this need is analyzed in terms of evaluations conducted by the CONEAU on Industrial Engineering careers in Argentina during 1992-2012. The contents of these plans are contrasted regarding subjects specific to Systems and Computing in Argentina and finally, for different U.S. universities plans.

**Keywords:** IT, skills, ICT, accreditation, engineering.



## **Introducción. La alfabetización informática como esencia del conocimiento informático**

El término *alfabetización* se interpreta de distintas maneras. En inglés, se utiliza la palabra *literacy*, para expresar el dominio de una serie de competencias y habilidades de otros campos, utilizándose por ejemplo, *media literacy*, *digital literacy*, *information literacy* o *technological literacy*, como forma de referirse a estas nuevas “alfabetizaciones” necesarias en la sociedad de la información. Estas nuevas alfabetizaciones relacionadas con el uso de la información lo son para la nueva sociedad, una red de la actualidad. Su objetivo, su *para qué*, es lograr que los individuos, a través de un proceso de aprendizaje a lo largo de la vida, sean capaces de encontrar, evaluar y usar información de cualquier fuente que, de manera eficaz les permita resolver sus problemas, construir conocimiento y tomar decisiones, además de dominar las herramientas que auxilian las tareas específicas de cada profesional.

En los comienzos, el proceso de alfabetización se orientó al uso de bibliotecas y sus recursos, en los años 50 la biblioteca era el eje alrededor del cual giraban todas las actividades de la universidad (Wilson y Tauber, 1956; Shores, 1970). Posteriormente surge la necesidad de introducir a los estudiantes en la biblioteca como parte integral de la curricula universitaria (Knapp, 1956; Knapp, 1958). En los 80, se distingue entre instrucción en el uso de la biblioteca y la instrucción bibliográfica (Association of College and Research Libraries. Information Literacy And Acrl, 2002); la educación de usuarios toma auge, insertándose en la curricula cursos sobre fuentes de información o técnica bibliográfica (Fjalbrant y Malley, 1984). Esa orientación fue criticada porque el estudiante no tenía que resolver problema alguno, y no se da el aprendizaje. Surge el concepto de alfabetización en información (ALFIN) en un artículo de Zurkowski quien definió: “... los que están adiestrados en la aplicación de recursos de información a su trabajo puede decirse que están alfabetizados en información” (Zurkowski, 1974). Burchinal completa esta idea: “Para ser un alfabeto en información se requieren una serie de nuevas habilidades que incluyen cómo localizar y usar información para la solución de problemas y la toma de decisiones de manera eficiente y efectiva” (Burchinal, 1976).

Por ello se acepta que la capacidad para usar la información tiene relación con el éxito en los estudios, mediante un acercamiento a esta, partiendo de palabras clave, descriptores o términos de búsqueda. Bernhard señala que dichos términos se agrupan en dominios relativos al uso de la información y a aquellos asociados (Bernhard, 2002). En el primero se incluyen los siguientes: uso de la información, competencia en el uso de la información, alfabetización en información, cultura informacional, cultura de la información, alfabetización en el uso de la biblioteca, el proceso de búsqueda de información, la búsqueda documental, recuperación de información, metodología documental. Asimismo comprende la formación en el uso de la

información, formación documental e instrucción bibliográfica. En el segundo grupo aparecen los que se indican a continuación: formación en tecnologías, competencia en el uso de las tecnologías, alfabetización en el uso de redes informáticas, competencia informática, alfabetización en el uso de medios, educación visual, pensamiento crítico, pensamiento conceptual, métodos del trabajo intelectual, métodos de estudio y, habilidades para el estudio. Esta metodología puede encontrarse en los trabajos de Behrens, Bober, Johnson, O'Sullivan, Rader y Ridgeway (Behrens, 1994; Bober et al, 1995; Johnson, 2001; O'Sullivan, 2002; Rader, 2000; Ridgeway, 1991).

La necesidad de utilizar no solo información, sino las tecnologías asociadas y establecer relaciones de las capacidades de uso de la tecnología y la información sugirió en la visión de Shapiro y Hughes sobre alfabetización tecnológica e informacional y proponen un programa de alfabetización informática basado en siete dimensiones que dan lugar al desarrollo de otras competencias: uso de herramientas informáticas, uso de recursos de información, desarrollo de aptitudes socio-culturales, desarrollo de capacidad investigadora; uso de medios de comunicación, uso de las innovaciones tecnológicas (Association of College and Research Libraries, 1999). Paralelamente, algunos autores destacan la existencia de una brecha digital, por la desigualdad en el acceso a las tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC) que dificulta la ALFIN en las comunidades y países poco desarrollados.

En cuanto a las competencias que se incluyen en la ALFIN, existen muchos modelos con similitudes y diferencias, como son los propuestos por: el ACRL (Association of College and Research Libraries, , 2000a; Association for College and Research Libraries, 2000b; Association for College and Research Libraries, 2001). También se desarrollaron indicadores de evaluación de las distintas competencias (Association for College and Research Libraries, 2002). Estas competencias han sido compiladas (Bernhard, 2000) en las siguientes categorías: Identificación de la necesidad de información, Creación y organización de la información, Estrategias de búsqueda de información, Habilidades tecnológicas e informáticas, Evaluación y tratamiento de la información, Utilización y comunicación de la información, Aspectos éticos y sociales, Actitud activa de cara al aprendizaje para toda la vida, Crítica a los medios de comunicación y Autoevaluación (Bernhard, 2000).

## **2. La Educación Superior en la Sociedad de la Información**

En las universidades, las TIC se han extendiendo por toda la comunidad y se han integrado a la mayoría de las actividades académicas y extra-académicas. Sin embargo, suele confundirse la mera alfabetización tecnológica instrumental con la capacidad de evaluación y aplicación de la información más allá de las estrategias de transcripción de textos u otras actividades. La Declaración Mundial sobre la Educación Superior de

UNESCO (1998) indicó que era necesario un nuevo modelo de educación superior centrado en el estudiante, al que se le debe formar con espíritu crítico para analizar los problemas de la sociedad, buscar soluciones, aplicar éstas y asumir responsabilidades sociales. Asimismo, plantea el surgimiento de una de las piezas clave del siglo XXI: el aprendizaje a lo largo de toda la vida que va más allá de una educación tradicional, inicial o continúa. En el mismo sentido, la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos: OECD, 1996), señala que la economía basada en el conocimiento se caracteriza por la continua necesidad de aprender tanto información codificada como las competencias para usarla, sin embargo, como el acceso a la información se facilita cada vez más, a un menor costo, las habilidades y las competencias relacionadas con la selección y uso eficiente de la información se convierten en cruciales.

### **3. Objetivos de la Educación Superior en la Sociedad de la Información**

La ALFIN supone la adquisición consecutiva de competencias relacionadas con el proceso de documentarse y de producir nueva información. Una persona que está apta en el acceso y uso de la información, que es capaz de reconocer cuándo necesita información y tiene la habilidad para localizarla, evaluarla y utilizarla eficazmente, domina las siguientes competencias:

- Es capaz de determinar la naturaleza y nivel de la necesidad de información.
- Accede a la información requerida de manera eficiente y eficaz
- Evalúa la información y sus fuentes de forma crítica e incorpora la información seleccionada en el propio cuerpo de conocimientos y el sistema personal de valores.
- Utiliza la información eficazmente para cumplir un propósito específico, individualmente o como miembro de un grupo.
- Comprende muchos de los problemas y cuestiones económicas, legales y sociales que se relacionan con el uso de la información, y accede y utiliza la información de forma ética y legal.

### **4. Las TIC en las carreras de ingeniería en Argentina**

El consejo federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) produjo en 1996 la publicación titulada “Unificación Curricular en la Enseñanza de las Ingenierías en la República Argentina”, conocido como “Libro Azul”, en 2000, generó la “Propuesta de Acreditación de Carreras de Grado de Ingeniería en la República Argentina”, llamado “Libro Verde”. Estos fueron la base de las posteriores Resoluciones del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, para establecer los estándares en la

enseñanza de la ingeniería en la Argentina. En 2001, la CONEAU los utilizó como base para los procesos de acreditación de carreras de ingeniería en Argentina. En 2004, el CONFEDI propuso un “Proyecto Estratégico de Reforma Curricular de las Ingenierías”, base de varios documentos,, entre ellos el llamado “Documento de Santa Fe” (2007), donde se avanzó en áreas generales, pero no se varió sustancialmente la propuesta original del “Libro Azul” de 1996, en lo referente a las propuestas curriculares que constituyen el eje de la alfabetización informática.

Este punto es crucial, para entender cómo se piensa la enseñanza de los temas relacionados con el proceso de alfabetización informática en las carreras de ingeniería, ya que mediante el proceso de acreditación de las carreras de ingeniería realizado por la CONEAU, siguiendo las resoluciones del ministerio de Educación: RM N° 1232/01, para Ingeniero Aeronáutico, Ingeniero en Alimentos, Ingeniero Ambiental, Ingeniero Civil, Ingeniero Electricista, Ingeniero Electromecánico, Ingeniero Electrónico, Ingeniero en Materiales, Ingeniero Mecánico, Ingeniero en Minas, Ingeniero Nuclear, Ingeniero en Petróleo, Ingeniero Químico; RM N° 1054/02, para Ingeniero Industrial e Ingeniero Agrimensor; y RM N° 013/03, para Ingeniero Hidráulico e Ingeniero en Recursos Hídricos, se establecen las pautas del diseño curricular de las materias de la distintas carreras de ingeniería. Cuyo detalle puede observarse en la tabla 1

**TABLA 1. Carga Horaria de los ejes de Formación General y Básica**

Eje de Formación	Área del Conocimiento	Sub área del Conocimiento	Horas	Horas
Formación General Subtotales mínimos del eje 150 horas 8,5 créditos		Lenguas no maternas	Extracurricular	
		Comunicación Oral y Escrita	25	2
		Ética	25	1,5
		Sistemas de Representación	50	2,5
		Informática	50	2,5
Formación Básica Subtotales mínimos del eje 675 horas 53,5 créditos	Ciencias Básicas Comunes Subtotales del Área 600 horas 48 créditos	Matemática	350	28
		Estadística	50	4
		Física	200	16
	Ciencias Básicas Específicas Subtotales del Área 50 horas 3,5 créditos	Química	50	3,5
		Geología		
		Matemáticas Especiales		
		Ecología		
	Ciencias Sociales Subtotales del Área 25 horas 2 créditos	Fundamentos de Economía, Política y Sociología	Biología	25

Fuente **CONFEDI 5.**

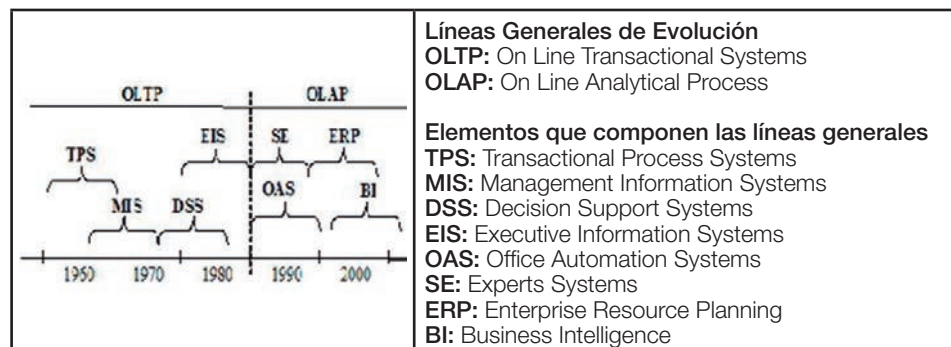
## 5. Análisis de la curricula de informática en carreras de ingeniería.

En el año 1996 se sentaron las bases para determinar la carga horaria de las materias, una primera aproximación puede hacerse desde dos puntos de vista: el primero desde el análisis de la carga horaria relativa de las materias de informática y el segundo desde los contenidos de dichas materias.

Analizando la carga horaria de las materias de informática, vemos que esta se establece en 50 horas para informática afrente a las 825 horas del total correspondiente a las materias de formación básicas y general, siendo su carga horaria un 6% de la carga total del área general y básica. Suele integrarse con informática las materias de sistemas de representación, algo que podría objetarse, pero aún así, ambas constituyen el 12% de la carga horaria total. La CONEAU, integra en las resoluciones antes mencionadas ambas áreas en el apartado 4.

Respecto de los contenidos, debe indicarse que desde 1996 se han producido cambios notables, un ejemplo de ello es la evolución que han tenido los sistemas de información durante los últimos 20 años, como puede verse en el Diagrama 1. Desde 1996, donde se fijan estos contenidos se han desarrollado 5 nuevas versiones del Sistema Operativo más frecuentemente utilizado (de la versión 95 del Sistema Operativo Windows, hasta la versión 7), se han desarrollado 4 nuevas versiones de la suite de utilidades Office (desde la versión 95 hasta la versión 2010), el programa Autocad, de la firma Autodesk, ha presentado 5 nuevas versiones y la mayoría de los programas que constituyen la base del software más frecuentemente utilizado, han realizado cambios significativos y presentado no menos de 4 nuevas versiones. Los procesadores que se utilizaban en 1996 han aumentado su velocidad en más de 10 veces, la capacidad de almacenamiento de información se ha multiplicado por 100, la velocidad de comunicación de redes se multiplicó por 10 y la velocidad de acceso a internet en 50 veces. En síntesis, la velocidad de innovación que tienen las TIC obliga a generar mecanismos curriculares que consideren las importancia relativa que están han adquirido recientemente y que alteran el horizonte de la alfabetización informática provista en las carreras de ingeniería.

**DIAGRAMA 1.** Evolución de los Sistemas de Información



Adicionalmente los temas que se incluyen para tratarse en materias de informática, como se aprecia en la Tabla II, alternan sin coherencia aspectos básicos de los conocimientos informáticos con aspectos relativos a programas de aplicación, sin considerar que para muchos programas de aplicación es necesario contar con conocimientos básicos que hacen a los requerimientos de una verdadera alfabetización informática que permita mantener un nivel creciente de aptitudes frente a las constantes innovaciones del sector de las Tics.

**TABLA II. Contenidos Temáticos de las áreas de Informática**

<b>Informática</b>	Manejar recursos informáticos (interfaz gráfica, procesador de textos, planilla de cálculo, base de datos, servicios de internet) como herramientas auxiliares para la resolución de problemas específicos. Elaborar estrategias lógicas (programas) para resolver problemas.	Elementos fundamentales de la interface gráfica: ventanas, íconos, uso de menús, herramientas. Procesador de textos. Planilla de cálculo. Base de datos. Servicios de internet. Técnicas de programación. Lenguaje de programación.
<b>Sistemas de representación</b>	Representar y visualizar objetos mediante el uso de sistemas de representación gráfica manual. Utilizar software básico de diseño asistido por computadora para solucionar problemas simples.	Vocabulario técnico de sistemas de representación. Normas. Sistemas de representación. Proyecciones geométricas. Vistas. Normas de acotación. Escalas. Perspectivas. Técnicas de visualización. Programas de diseño asistido por computadora.

Fuente: CONFEDI

Al hacer un análisis conjunto de los anteriores aspectos: tiempo y contenidos, vemos que la introducción de elementos de informática en materias más avanzadas de la carrera, genera una brecha de conocimientos, que lleva a una subutilización de las herramientas informáticas disponibles dejando al futuro ingeniero como usuario medio de herramientas fundamentales en la aplicación de sus conocimientos.

## 6. Análisis de carreras de Ingeniería Industrial evaluadas por la CONEAU

El análisis de la carrera de Ingeniería Industrial, presenta es un caso ilustrativo del análisis anterior. En particular las competencias que se establecen en forma genérica para los ingenieros industriales requieren de una profunda alfabetización

informática en los términos que se indico anteriormente en el punto 1. En particular la informática acompaña como herramienta fundamental más del 50% de las competencias de un ingeniero industrial. Para el actual estudio se analizaron los casos de 31 carreras de Ingeniería Industrial acreditadas por la CONEAU, de modo de tener una muestra que cumplía los estándares de las Resolución Ministerial N° 1054/02, que requiere una horaria mostrada en la Tabla III

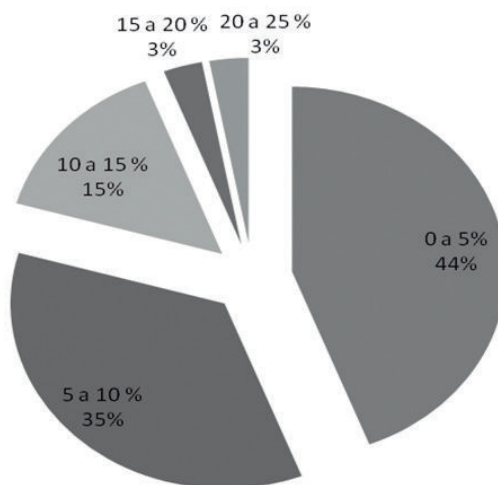
**TABLA III. Cargas Horarias Mínimas**

Ciencias Básicas	Carga horaria mínima según Resolución 1054/02
Matemática	400 horas
Física	225 horas
Química	50 horas
Sist. Representación y Fund. de Informática	75 horas
Total	750 horas

Fuente; **CONEAU**

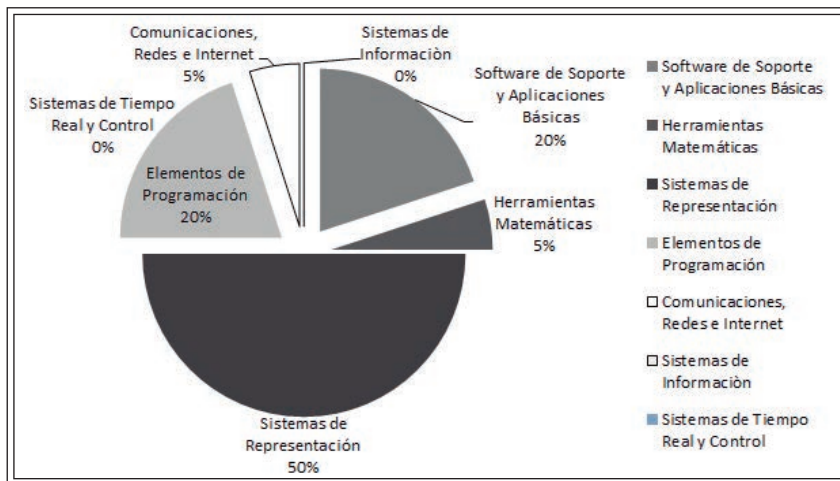
Se verificó que ninguna de las carreras acreditadas, contenía una carga menor a la propuesta por el CONFEDI (Tabla I), que resulta en 25 horas más de las requeridas en la Resolución 1054/02 (Tabla III). Se realizó un análisis de corte transversal con la carga horaria de las materias de informática en relación a la carga horaria total, su resultado puede apreciarse en el Grafico 1

**GRAFICO 1. Cantidad porcentual de carga horaria relativa a la carga horaria tota**



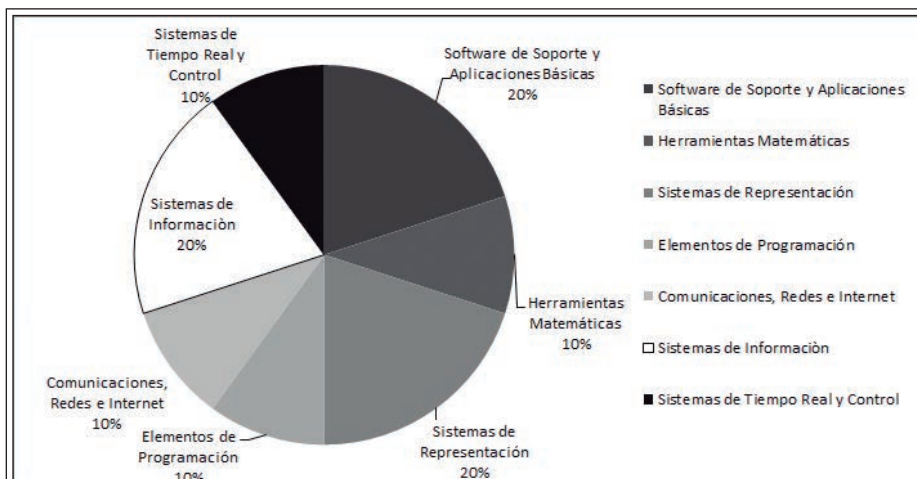
Respecto de los contenidos, se analizó la dedicación promedio estimada, de las áreas generales de conocimientos, la que se resume en el Gráfico 2,

**GRAFICO 2.** Distribución porcentual de la carga horaria según distintas áreas, en las carreras acreditadas por la CONEAU



A efectos de establecer un parámetro comparativo, se utilizó una combinación entre los contenidos de las carreras de informática como Licenciaturas en Ciencias de la Computación e Ingeniería en Sistemas y carreras de Ingeniería de EEUU como el MIT y el CALTECH, el resultado ponderado se resume en el gráfico 3

**GRAFICO 3.** Distribución ponderada de los porcentajes de la carga horaria, según carreras de informática y universidades de EEUU





## 7. Conclusiones

El conocimiento informático implica el desarrollo de habilidades básicas que permitan no solo la autoeducación continua del futuro ingeniero sino destrezas que exceden el marco de las competencias específicas del ingeniero, pero que son esenciales para que este cumpla su rol la sociedad de la información en que vivimos, hoy esa competencia debe adquirirla fuera de la currícula universitaria, con el consabido costo individual o social. En este contexto, la formación de los ingenieros para lograr este proceso no cuenta con los elementos de formación básica que aseguren una adecuada alfabetización informática en los términos en que esta se requiere, dada la velocidad de la innovación que tienen las Tics, el caso de la carrera de Ingeniería Industrial, analizada es una prueba de ello. Por ello es necesario replantear la enseñanza de la informática en las carreras de ingeniería, no como complemento práctico de materias de especialización técnica, sino desde la formación de aptitudes que permitan la evolución del conocimiento mediante la aplicación del mismo en las materias de especialización y la actualización del mismo la ritmo que impone el desarrollo de la tecnología de la información.

## Bibliografía

ASSOCIATION OF COLLEGE AND RESEARCH LIBRARIES (1999), Normas y directrices de la ACRL/ALA sobre servicios bibliotecarios en universidades e instituciones de educación superior, *III. Normas para bibliotecas de centros universitarios de pregrado*. Disponible: <http://www.aab.es/033trad.htm>.

ASSOCIATION OF COLLEGE AND RESEARCH LIBRARIES.(2000A). "Information Literacy Competency Standards For Higher Education". Disponible: <http://www.ala.org/acrl/ilintro.html>.

ASSOCIATION FOR COLLEGE AND RESEARCH LIBRARIES.(2000B). "Information Literacy Competency Standards For Higher Education: Standards, Performance Indicators, and Outcome's". Disponible en: [htt://www.ala.org/acrl/ilstandardlo.html](http://www.ala.org/acrl/ilstandardlo.html).

ASSOCIATION FOR COLLEGE AND RESEARCH LIBRARIES (2000C). "Normas Sobre Aptitudes Para el Acceso y uso de la Información en la Enseñanza Superior". Disponible en: [http://www.ala.org/acrl/ilintro\\_span.html](http://www.ala.org/acrl/ilintro_span.html).

ASSOCIATION OF COLLEGE AND RESEARCH LIBRARIES. (2001). Objectives For Information Literacy Instruction: A Model Statement For Academic Librarians. Disponible en : <http://www.ala.org/acrl/guides/objinfolit.html>, 2001.

ASSOCIATION OF COLLEGE AND RESEARCH LIBRARIES. (2002). Information Literacy And Acrl. Disponible en : <http://www.ala.org/acrl/il/acrl/report.htm>.

BEHRENS, S. (1994). Conceptual Analysis and Historical Overview Of Information 15 Literacy. College And Research Libraries, Vol. 55, 309-322.

BERNHARD, P. (1998) Apprendre À Maîtriser L'information: Des Habilités Indispensables Dans Une Société Du Savoir. Education et Francophonie, Disponible: <http://mapageweb.umontreal.ca/bernh/aaafd.97/aafd.html>.

BERNHARD, P. (2002). "La Formación En El Uso De La Información: Una Ventaja En La Enseñanza Superior. Situación Actual". *Anales de Documentación*, Vol 13.

BOBER C., POULIN, S Y VILENO, L. (1995). "Evaluating Library Instruction In Academic Libraries: A Critical Review Of The Literature, 1980-1993". *Reference Librarian* Vol.15.

BRETELLE-DESMAZIERES, D. (1998). Aperçu Des Caractéristiques Des Formations À L'usage De L'information Dans L'enseignement Supérieur Français. Education Et Francophonie. Disponible en: <http://www.acelf.ca/revue/xxvi-1/articles/11-bretelle.html>.

BURCHINAL, L. (1976). "The Future Of Organizing Knowledge". *Centennial Academic Assembly, Texas A&M University*.

CONEAU (1999) Ordenanzas N° 005-Coneau-99.

CONEAU (2002) Ordenanzas N° 032-Coneau-02.

CONEAU (2004) Resolución N° 028/04.

CONEAU (2004) Resolución N° 123/04.

CONEAU (2005) Resolución N° 071/05.

CONEAU (2005) Resolución N° 072/05.

CONEAU (2005) Resolución N° 412/05.

CONEAU, (2002-2012) Resoluciones Sobre Acreditación De Carreras De Ingeniería Industrial

CONFEDI (1996) "Unificación Curricular en la Enseñanza de las Ingenierías en la República Argentina", Libro Azul.

CONFEDI (2000) “Propuesta de Acreditación de Carreras de Grado de Ingeniería en la República Argentina”, Libro Verde.

CONFEDI (2007) “Proyecto Estratégico De Reforma Curricular De Las Ingenierías 2005 – 2007”, *Documento De Santa Fe*.

COUNCIL OF AUSTRALIAN UNIVERSITY LIBRARARIANS. (2001) “Information Literacy Standards”, Ed. Canberra

FJALBRANT, N. Y MALLEY, I. (1984) “User Education In Libraries”.(2nd Ed.)  
*Ed.: Clive Bingley. London.*

GILSTER, P. (1997), “Digital Literacy”, *Ed. Wiley. New York, 1997.*

GÓMEZ HERNÁNDEZ, J. (2000), “La Alfabetización Informacional y la Biblioteca Universitaria. Organización de Programas para Enseñar el Acceso y Uso de la Información”. Ed. Murcia.

GRASSIAN, E. Y KAPLOWITZ, J (2001) “Information Literacy Instruction”.  
*Ed. Neal-Schuman Publishers, New York,.*

JOHNSON, A., (2001) “Library Instruction and Information Literacy – 2000w”.  
*Reference Services Review Vol. 19.*

KNAPP, P. (1956) “A Suggested Program Of College Instruction In The Use Of The Library” *Library Quarterly.*

KNAPP, P. (1958) “College Teaching And The Library”. *Ed. Illinois Libraries.*

LEY NACIONAL N° 24.521 y Decretos Reglamentarios N° 173/96, N° 705/97 Y N° 499/95, (1994)

MCMAHON, C. Y BRUCE, C. (2002), “Information Literacy Needs Of Local Staff In Crosscultural Development Projects”. *Journal Of International Development, VOL. 14.*

MINISTERIO DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TÉCNICA, Resolución MECYT N° 1054/02,

OBERMAN, C. (2002) “What The Acri Institute For Information Literacy Best Practices Initiative Tells Us About The Librarian As A Teacher”. *Ifla. General Conference, Glasgow.*

OKER-BLOM, T. (1998), “Integration Of Information Skills In Problem -Based Curricula”. *Ifla General Conference.*

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y DESARROLLO ECONÓMICOS. (1996) “The Knowledgebased Economy”. *Paris: OECD; 1996.*

O'SULLIVAN, C. (2002), "Is Information Literacy Relevant In The Real World?" *Reference Services Review*, Vol.21.

RADER, H. (1999). "La Colaboración Entre El Personal Docente E Investigador Y Los Bibliotecarios A La Hora De Elaborar Planes De Estudio Para El Próximo Milenio. La Experiencia En Los Estados Unidos". *64th IFLA General Conference*.

STEIN, L. Y LAMB, J. (1998), "Not Just Another Bi: Faculty-Librarian Collaboration To Guide Students Through The Research Process". *Research Strategies*, Vol. 16.

RADER, H. B. (2000). "A SILVER ANNIVERSARY: 25 YEARS OF REVIEWING THE LITERATURE RELATED TO USER INSTRUCTION". *Reference Services Review*.

RIDGEWAY, T. (1991), "Information Literacy: An Introductory List". Disponible en: [www.educause.edu/pub/er/review/reviewarticles/31231.html](http://www.educause.edu/pub/er/review/reviewarticles/31231.html).

SHORES, L. (1970). "Library-College Usa: Essays On A Prototype For An American Higher Education". Tallahassee, South Pass Press. pp. 159.

UNESCO. (1996). "Education: The Necessary Utopia: [The Delors Report]". Disponible en: <http://unesco.org/delors/utopia.htm>.

UNESCO. (1998), "Declaración Mundial sobre la Educación Superior en el Siglo XXI: Visión, Acción y Marco de Acción Prioritaria para el Cambio y el Desarrollo de la Educación Superior". Disponible en : <http://www.crue.org/dfunesco.htm>.

WILSON, L y TAUBER, M. (1956). "The University Library: The Organization, Administration, And Functions Of Academic Libraries.", *Columbia University*.

ZURKOWSKI, P. (1974) "The Information Service Environment Relationships and Priori Ties", National Commission On Libraries And Information Science, Washington, D.F.

## **Blended Learning 2.0 con Mundos Virtuales**

Calixto Alejandro Maldonado<sup>1</sup> y Patricia Etcheverry<sup>1</sup>

### **Resumen**

El presente artículo contiene una propuesta de aplicación de Mundos Virtuales (MV) basada en las teorías más actuales sobre aprendizaje y aportes de la didáctica situada y en contexto, y todo ello asociado a estrategias que utilicen TICs, como es el caso de Blended Learning (BL). Proponemos, aplicando prácticas de Ingeniería de Software, agregarle a BL otro componente tecnológico, como es el de MV junto a los recaudos antes mencionados, a fin de promover aprendizaje amigable y significativo en los estudiantes, mayoritariamente nativos digitales y además direccionar hacia aquellos con discapacidad motora a fin de que les sea posible completar la etapa presencial del BL de base. A esta estrategia de mejora representada en una nueva versión del modelo BL ahora vinculada a MV la denominamos “Blended Learning 2.0”.

**Palabras Clave:** Mundos Virtuales; Aprendizaje Colaborativo; Blended Learning; Requerimientos de Software.

## **Abstract**

This paper contains a proposal of Virtual World (VW) application based on current theories about learning and contributions to situated and context teaching, and all associated with strategies using ICT, such as Blended Learning (BL). We propose, applying Software Engineering practices, to add BL another technological component, as VW with the abovementioned precautions, to promote friendly and meaningful learning in students, mainly digital natives, and also address to those with disabilities so that they can complete BL in-person class. This improvement strategy represented in a remake of the BL model now linked to VW is called “Blended Learning 2.0.”

**Keywords:** Virtual Worlds, Collaborative Learning, Blended Learning, Software Requirements.

## 1. Introducción.

La propuesta se vincula con la práctica de Ingeniería de Software que permita crear una aplicación con componentes visuales dentro de un Mundo Virtual (MV), y simultáneamente que soporte actividades didácticas para mejorar el aprendizaje de estudiantes de las carreras de Informática.

La implementación de un estudio sistemático (Pérez Cota, 2012) realizado sobre la factibilidad de alternativas didácticas, ha permitido definir los requerimientos que mejor sustentan las estrategias en las actividades con software y hardware de Mundos Virtuales.

Los requerimientos didácticos han sido relevados a partir de trabajos de investigación cualitativa en dos Universidades y en cinco Colegios de Nivel Medio de Argentina. A lo que se suma un estudio del software Second Life (SL), que evidenció su funcionamiento en coordinación con MOODLE, es decir en asociación con un sistema de administración de aprendizaje o LMS -por sus siglas en inglés de Learning Management Systems - que implica procedimientos de integración entre estas dos plataformas, a la que se denomina SLOODLE. Asimismo se presenta una propuesta integradora con un ejemplo de actividad pedagógica situada realizada en el entorno de MV. En este caso se analizaron los lenguajes de programación LSL de SL y PHP para Moodle.

## 2. Marco teórico y Requerimientos Didácticos.

El escenario socio-cultural que inaugura la Era Digital produce nuevos hábitos, valores y costumbres que en este artículo son tomados en cuenta a fin de definir requerimientos de la didáctica actual en asociación con la aplicación de herramientas TICs en el área de educación. El propósito es atender eficazmente la oportunidad de aplicación de TICs en los procesos de Enseñanza y Aprendizaje de los estudiantes que asisten a la Universidad en carreras vinculadas a la informática.

La didáctica actual viene enunciando el Paradigma Constructivista (Carretero, 2009) como la llave de una genuina apropiación de conocimiento. O dicho de otro modo, la internalización de los contenidos de la enseñanza con posibilidad de evocación y efectiva recordación. En este sentido la Didáctica actual se reconoce a través de la construcción teórica de autores pilares de esta línea de pensamiento.

### 2.1 Fundamento Teórico del Paradigma Constructivista

La teoría formulada por Jean Piaget acerca de la relación entre alcance madurativo y procesos cognitivos marca el surgimiento del Paradigma Constructivista del Conocimiento, línea de investigación seguida por especialistas en la materia como Ausubel, Bruner, Vigotsky, Carretero, Litwin y Souto (1999), entre otros.

En su afán por explicar esta lógica recursiva y abarcativa, Piaget desarrolló los conceptos de asimilación, acomodación y equilibrio como actividades activas del sujeto, en donde la sucesión, inclusión y re significación de las etapas sucesivas, culminarían en la mejor adaptación y ubicación intelectual del sujeto en relación al medio y su influencia. En este sentido, Piaget sostiene un constructivismo basado en la actividad adaptativa y operatoria de la inteligencia de naturaleza auto estructurante, es decir frente al conflicto cognitivo por efecto del medio el sujeto se transforma, Línea teórica que entre otras cosas refuta el acto del conocer como mera copia – o mecanicismo - de la realidad.

Desde una posición más actual del constructivismo, Jerome Bruner plantea en “La educación puerta de la cultura” (Bruner, 1997) el plus que aporta a la estrategia didáctica el aprendizaje por descubrimiento, junto con el aporte fundamental de la influencia de la imagen y la narrativa icónica, en el acto mismo de conocer.

En cuanto a la imagen, los estudios de Bruner acuerdan en que el ícono gráfico repercute de un modo singular en la mente del estudiante –además de resultar amigable y atractivo- impidiendo el juicio crítico, y en consecuencia incorporando el contenido por sugestión, con lo cual la imagen se ubica como soporte y nuevo lenguaje de código propio.

En otra línea, David Ausubel (1983) sostiene la importancia de conocer la estructura cognitiva del estudiante en términos de conocimientos previos y el modo singular en que se organiza. Este autor ofrece el marco para el diseño de herramientas meta cognitivas que permitirían conocer semántica y formalmente las organizaciones singulares de los estudiantes, posibilitando de este modo una mejor orientación en la labor educativa. Ausubel resume este hecho en el epígrafe de su obra de la siguiente manera: “Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría este: el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente” (Ausubel, 1983).

Desde esta posición puede interpretarse que el profesor respecto de su grupo clase puede enfrentarse con, por lo menos, dos cuestiones. Por un lado y en cuanto al contenido, la incertidumbre acerca de los saberes previos de su grupo, es decir, aquellos saberes ya internalizados en sus estudiantes que le permitirían a modo de anclaje sostener aquellos que vendrán vehiculizados a través de actividades didácticas y situaciones de aprendizaje nuevas. La segunda cuestión se refiere a la incertidumbre acerca del nivel cognitivo-madurativo alcanzado por los estudiantes que, de aclararse permitiría la toma de decisión y puesta en práctica de líneas de acción didácticas bien precisas y funcionales al grupo y así ajustar acertadamente la didáctica aplicada a fin de promover verdadero conocimiento.

Esta posibilidad diagnóstica posibilitaría la construcción de “organizadores previos” en función de garantizar código compartido y activar esquemas relacionales



que garanticen la significatividad de los contenidos impartidos y al mismo tiempo el pasaje hacia la retención de los conceptos.

Por su parte, el aporte de Lev Semiónovich Vigotsky, el autor de Zona de Desarrollo Próximo (1988), se centra básicamente en la influencia social en la construcción de conocimiento. Para este autor, los Procesos Psicológicos Superiores, con fundamento en la interacción, la apropiación y la internalización de los contenidos de enseñanza se presentan siempre mediatizados desde un contexto social e histórico determinado. La teoría Socio-cultural de Vigotsky refiere a que el conocimiento provendría de lo “inter-subjetivo” o contextual –el medio social–, siempre mediatizado por actividades que posibilitaría la apropiación de la cultura, y desde allí migrar hacia lo “intra-subjetivo” o psicológico. Jerarquizando de ese modo las actividades en el marco del desenvolvimiento social y la colaboración entre pares. Es decir, entre todos se aprende más y mejor.

En el contexto de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) el aprendizaje colaborativo, ha tomado protagonismo, en la medida de la existencia de flujos de significación en retroalimentación continua y permanente, potenciado justamente por las Nuevas Tecnologías. Es decir, en el marco de la Sociedad del Conocimiento y el Conocimiento Compartido, el aprendizaje colaborativo con apoyo en las TICs refuerza un sistema de comunicación abierto y horizontal creando claramente nuevas situaciones de aprendizaje.

## **2.2 Evidencia en las Nuevas Competencias de los Estudiantes**

En la actualidad existen acuerdos respecto del diferencial asignado a las aptitudes de los Nativos Digitales (Prensky, 2006) y (Piscitelli, 2009) reconociendo en ellos a los estudiantes actuales y a los futuros.

Marc Prensky basa sus presunciones en la estructura mental de los jóvenes educados en un mundo digital, y sostiene que la misma es diferente a la de los educados en décadas anteriores. Describe que los jóvenes han pasado más horas frente a la televisión y los juegos que las que han dedicado a la lectura y esto, junto con la afirmación acerca de que la experiencia influye en la estructura mental, deriva necesariamente en el postulado acerca de que a estructuras mentales de topología diferente, le corresponderían diferentes canales de comunicación a fin de interesarlos como sujetos de aprendizaje (Prensky, 2006).

Desde la simple observación resulta obvia la excelente motivación e interés de los jóvenes frente a los juegos interactivos.

En definitiva, se plantea la posibilidad de aprovechar esta atracción a los juegos interactivos a fin de sumar valor a las situaciones de enseñanza y aprendizaje que de por sí deben ser consideradas en función de los requerimientos didácticos y a la vez facilitar el acceso a personas que por impedimentos físicos puedan participar de actividades originalmente previstas para ser físicamente presenciales. Asimismo,

para los autores resulta de suma importancia el uso de MV en una instalación de acceso público como por ejemplo, Second Life para funcionar en la elaboración de actividades que resulten claramente significativas para el aprendizaje.

### 3. Requerimientos didácticos asociados al software de MV

La influencia del Paradigma Constructivista en el Desarrollo del Blended Learning 2.0 (con MV) determina los siguientes requerimientos:

Sobre la creación de una actividad lúdica que contenga el tema próximo a estudiar:

- Es prioridad seleccionar un contenido curricular del prescripto, una unidad conceptual con corte temático, que posibilite la construcción con lógica interna, de una actividad con un formato de juego grupal del tipo por ejemplo, de una competencia que posibilite la detección diagnóstica de los saberes previos y el estadio cognitivo de los estudiantes a fin de permitirle al docente el armado de los organizadores previos, es decir, el constructo de puentes cognitivos.

Sobre la estructura de la actividad:

- Las actividades en MV, ya sean inmersivas o de juego interactivo, sería óptimo que contemplen una fase introductoria a modo de ejemplo corto, siempre visual, gráfico o animado, a fin de inducir sugestivamente y de modo amigable y motivador al estudiante.
- El modelo de juego interactivo debiera contener situaciones problemáticas o dilemáticas promoviendo de este modo conflicto cognitivo y desequilibrio provocando así nuevas acomodaciones adaptativas y avance cualitativo del pensamiento, es decir, generar aprendizaje
- La actividad dentro del mundo virtual debiera permitir usar una aplicación de chat, permitiendo así el aprendizaje colaborativo entre grupos de pares. Es decir, resulta esencial plantear actividades colaborativas que garanticen resultados positivos de internalización y apropiación de conocimiento. Por ejemplo, registrar vía chat los distintos niveles de los contenidos trabajados en la elaboración discursiva de la actividad. En el caso de un juego con postas o desafíos a modo de diálogo construir colaborativamente la síntesis del trabajo. Permitiendo el chequeo en espiral dialéctico y el ajuste de las variaciones surgidas y su verificación entre todos los participantes, creando así un verdadero ambiente de aprendizaje

#### 3.1 Aspectos Técnicos del software de MV

Second Life es un sitio web y servidor de MV lanzado el 23 de junio de 2003, desarrollado por Linden Lab, accesible de modo gratuito para transitar por él. Es pago si se renta una porción de terreno donde instalar los activos,

en forma de construcciones de diversas texturas, anuncios, habitaciones, salones, auditorios, etc. Los usuarios que abonan por su “tierra”, conocidos como residentes, guardan los objetos que encuentran en este mundo virtual dentro de un “inventario” que reúne todo de lo que puede disponer y utilizar (Second life, 2013).

Los usuarios ejecutan en sus equipos un programa de interfaz llamado viewer o visor. Con este visor, el mundo virtual envía la visualización del entorno y también el usuario remite la información de sus movimientos, a fin de que la visualización los refleje. Este mecanismo permite transitar por el MV e interactuar con otros usuarios mediante un avatar (Campazzo, 2011). Es una plataforma que puede ser utilizada para numerosas actividades entre las que se destaca una importante comunidad de Juegos de Roles.

SL tiene dos características que lo diferencian del resto de mundos virtuales, la primera es ofrecer absoluta libertad a sus residentes para lo que puedan realizar, es decir, que no existen instrucciones ni consignas a seguir como sí en los juegos de roles dentro de SL. La segunda característica distintiva es la posibilidad de tener rentados lugares para construir, habitar y recibir visitas de otros avatares pagando una licencia de acceso con un canon fijo anual o mensual.

Para agregar interactividad y comportamientos a los avatares y dispositivos creados en SL, se utiliza un lenguaje de Scripting llamado LSL por Linden Scripting Language. (LSL, 2013).

Los entornos virtuales de multi usuarios con acceso masivo (MMVEs sigla en inglés de Massively Multi User Virtual Environments), que se caracterizan por atender a muchos usuarios interactuando en gran escala: miles de los usuarios se interconectan entre sí, en tiempo real, de a pares o en grupos. La escala de MMVEs afecta en gran medida la capacidad de respuesta y la consistencia del mundo de juego percibida por los jugadores. Cuantos más usuarios y más acciones sean generadas por el usuario y compartidas, más difícil será para el servidor apoyar las interacciones, y justamente la dificultad radica en que esto no aumenta en forma lineal sino cuadráticamente respecto del número de usuarios. Por todo lo anterior, los MMVEs son diseñados utilizando todo tipo de optimizaciones. Estas optimizaciones obstaculizan la escalabilidad y tolerancia a fallos, convirtiéndolos en equipos difíciles de mantener y evolucionar. En general, ha habido pocas recomendaciones de características de configuración de arquitecturas MMVE que puedan generalizarse, lo que hace que cada aplicación termine siendo específicamente diseñado para sus necesidades únicas. Sin embargo se ha analizado bibliografía que orienta hacia una arquitectura basada en REST que podría soportar los niveles de carga de trabajo que generarían miles de usuarios que interactúen entre sí (Lopes, 2012).

## 4. Blended Learning 2.0 con Mundos Virtuales

### 4.1. Características de Blended Learning (BL).

La Revista Ibero Americana de Educación define al BL con las siguientes características:

“Es una combinación eficiente de diferentes métodos de enseñanza a través del uso de un entorno virtual de aprendizaje y sesiones presenciales. Esta estrategia permite alcanzar resultados relevantes gracias a algunos aspectos destacables:

- Desarrolla habilidades de disciplina, autocontrol y aprendizaje autónomo.
- Promueve la adquisición de competencias en el uso de aulas virtuales.
- Promueve la interacción con profesores y otros estudiantes.
- Utiliza nuevos modos de interacción tales como chats, foros, etc.
- Optimiza los tiempos y desplazamientos, dejando lo presencial solo para temas y actividades que así que lo requieran.
- Facilita que el aprendizaje se realice al ritmo personal de cada uno.
- Proporciona la bibliografía y materiales de forma dinámica con antelación a las fases presenciales.” (La Fuente, 2012)

El término Blended Learning con su traducción al español nos indica que es “Aprendizaje mixto”, definiendo dos partes de un todo, una parte que tiene una forma de enseñanza asincrónica (realizada independientemente por cada participante, no simultáneamente) que está soportado por un LMS para acceder al material de lectura, videos, cuestionarios con algún grado de interactividad y una parte sincrónica (resuelta entre todos los participantes en un mismo momento) y otra presencial, una clase cada cierto tiempo, en donde se encuentran cara a cara los participantes y el profesor del curso.

### 4.2. Uso de Mundos Virtuales en Blended Learning 2.0.

La propuesta de este artículo es mejorar BL con MV como soporte de los encuentros sincrónicos, es decir, realizar las sesiones presenciales utilizando el software de MV a fin de que la totalidad de los participantes desde su ubicación, a la misma hora, asistan virtualmente al encuentro llevado a cabo en el servidor de MV, SL en este caso).

Este uso de un MV como un entorno inmersivo permitiría la visualización y comunicación a todos los participantes del curso, estudiantes y profesores, representados cada uno con un avatar, pudiendo a través de la voz o de un chat interno, interactuar, hacer preguntas, realizar actividades, observar animaciones, visitar escenarios realizados y compartidos por el profesor para experimentar, como lugares famosos, maquetas de procesos industriales, fisiológicos, químicos, físicos, realización de actividades simulando un programa de concursos televisivos y lo que pueda construirse como para ser observado en un MV, buscando lograr

experiencia sin necesidad de trasladarse al lugar real, permitiendo a personas verdaderamente distantes o con impedimentos físicos también tener la posibilidad de asistir virtualmente a las sesiones presenciales.

Por ejemplo, la actividad a desarrollarse en un MV podría ser una simulación de un concurso televisivo con gradas, pantalla gigante, donde podrían proyectarse preguntas con opciones múltiples sobre el tema que comenzaría a dictarse, para que los participantes pulsen en un control asignado a cada uno de ellos la letra de la respuesta que respondería a las preguntas sobre el nuevo tema que iría apareciendo. Sobre un tablero de control se confirma que cada participante ha respondido y si efectivamente la respuesta es la correcta. La información sobre las respuestas de cada uno de los participantes es registrada y permitiría al profesor contar con la información diagnóstica del grupo-clase en cuanto a saberes previos.

#### **4.3. Otras herramientas de MV disponibles.**

Existe software de licencia abierta como para construir un MV propio y las diversas herramientas de software que permitan construir objetos como los pulsadores para responder, utilizados en el ejemplo anterior. Luego de una selección se considera apta la tecnología ofrecida en Licencia Pública del originalmente llamado Project DarkStar y su última versión Project RedDwarf (RedDwarf, 2012). Esta es una solución de middleware de código abierto para el desarrollo del lado del servidor. En la actualidad se puede descargar el código fuente e iniciar un desarrollo independiente debiendo seguir con la licencia Open Source.

#### **4.5. Uso de Moodle como complemento del MV.**

En conjunto con las actividades a realizar en la plataforma de MV, se prevé usar Moodle como LMS para soportar la información de los asistentes, su usuario, contraseña, privilegios de acceso a los contenidos, provisión de material de estudio, seguimiento de actividades, resultado de las evaluaciones diagnósticas individuales, realización de actividades colaborativas convencionales, resultados individuales de los test que soporta Moodle.

La gestión de las actividades a realizar en cumplimiento de los requerimientos, acciones y recomendaciones, podrá ser soportada con un modelo de datos propio con tablas creadas conjuntamente con las tablas de Moodle, distinguida con una sigla al inicio del nombre de cada una, PTA. Esto requiere la construcción de formularios de acuerdo a las plantillas provistas por Moodle, para registrar el diagnóstico del grupo clase ya que deberá llevarse registro de los datos de conformación del grupo, los integrantes de los mismos, las observaciones hechas y los resultados de las actividades realizadas por cada uno de los integrantes, como en la del ejemplo del concurso de preguntas y respuestas para obtener los conocimientos previos.

Se necesitarán también tablas que almacenen la información de perfil de los participantes, las respuestas de cada estudiante con la opción elegida y las respuestas redactadas que las complementan, con la posibilidad de que el estudiante pueda acceder a todas sus respuestas pasadas y así poder corregir, mejorando los resultados del aprendizaje soportado por esta metodología.

También se coleccionará información adicional en tablas que ayuden a soportar la información de un perfil de desempeño, que permita analizar el rendimiento académico logrando así estimaciones previas (Pérez Cota, 2011). Estas estimaciones permitirán al docente actuar preventivamente conociendo las características del grupo-clase, realizando tareas de ajuste, administrando contenidos opcionales y extra, y otras estrategias que permitan mejorar los resultados de las actividades de enseñanza y aprendizaje con el soporte de la plataforma LMS y MV.

## 5. Experiencia en Terreno

Para la prueba inicial del concepto vinculado a complementar una clase presencial con una actividad en SL se llevó a cabo en Junio de 2009 durante la escuela de verano de la University of Applied Sciences of Mikkeli en Finlandia, una actividad en una clase del curso Human Interface Design dictada por el Dr. Manuel Pérez Cota de la Universidad de Vigo (España). El curso estaba conformado por estudiantes de diversos orígenes, de Alemania, China, España, Finlandia y Rusia. El instructor virtual estaba en Córdoba, Argentina y los guiaría por un lugar a partir del cual se cumplirían algunas actividades, como por ejemplo ver un video tutorial acerca de cómo realizar los primeros movimientos en SL.

La consigna fue que entraran al sitio [www.temuestrocomo.com.ar](http://www.temuestrocomo.com.ar) (tmc, 2009) y desde el aula virtual de ese sitio, basada en Moodle, ingresaran a un curso. Allí se encontrarían con una lectura breve de instrucciones en Inglés y con un link a Second Life, al cual ingresarían con una identificación creada ad-hoc. Incluso se mencionó la posibilidad de que si alguno tuviera ya un usuario que lo aplicase y luego se trasladara al lugar del encuentro.

Durante el desarrollo de la actividad, se observó que de los quince estudiantes cinco poseían una cuenta en SL lo que hablaba de familiaridad con el recurso a introducir en la clase y con sus avatares aportaron colaborativamente algunas habilidades del entorno y de su mundo, como artículos de su inventario que compartieron con los compañeros, y en tomar la iniciativa en el uso del chat, compartiendo algunas instrucciones para realizar vuelos o movimientos especiales.

El profesor a cargo del curso presencial evaluó la actividad con los siguientes comentarios:

El único aspecto negativo de la experiencia es que hubo problemas con la

conexión en momentos, congelando la acción de todos los participantes, atribuibles al comienzo al tráfico generado con la interacción de 15 estudiantes y el profesor en el aula de Mikkeli, usando la misma conexión a Internet, compartida con toda la Universidad.

Los aspectos positivos de la experiencia fueron los siguientes:

- Permitted una interacción desconocida hasta el momento por los estudiantes para un curso presencial.
- Les permitió ver que es posible, a distancia, llevar a cabo clases de temas simples y complejos.
- Les permitió ver que es posible, con los avatares, entender el funcionamiento de un aula virtual.
- Les permitió ver la importancia del buen diseño de un interfaz
- Les permitió ver que la investigación va, incluso, por delante de lo que pueden ver en la televisión
- Les permitió interactuar y trabajar con personas que son de ambientes culturales, idiomáticos, ambientales, completamente diferentes a los suyos

El instructor remoto, ubicado en Córdoba, Argentina, pudo ver otros aspectos adicionales, como que el profesor en Finlandia tuvo una actuación espontánea de observación y control de los asistentes, mientras que el instructor remoto hacía las veces de anfitrión en el mundo virtual.

Esta experiencia fue tomada como base para el diseño de actividades más significativas para la comprensión de materias corrientes de las carreras universitarias. Para esto fueron tomados en cuenta los requerimientos didácticos estudiados para poder crear una actividad que permitiera determinar los conocimientos previos (Ausubel, 1983).

La idea base para esta nueva actividad fue motivar a los asistentes a la materia a que formulen sin vergüenza ni timidez, lo que saben, poco o mucho, sobre el tema a dictarse, estimulando a que respondan a preguntas en la actividad descrita en el punto 4.2.

A esta combinación de didáctica y entretenimiento, la tecnología tiene mucho que aportar con desarrollo de software, diseño de interfaz y potencia de infraestructura para soportar muchos asistentes virtuales a la actividad con la mayor continuidad de servicio.

## 6. Conclusiones

La convergencia de Estrategias didácticas de avanzada como las actividades adaptativas de Piaget, el aprendizaje como descubrimiento de Bruner, determinar los conocimientos previos de Ausubel, el medio social de Vigotsky reunidos en una experiencia novedosa de Blended Learning como marco de trabajo, y el

aporte de la Ingeniería de Software para el desarrollo de aplicaciones con normas de calidad y testeo permitirá un avance significativo en el logro del aprendizaje de los estudiantes, los nativos digitales de Prensky que pueblan las Escuelas y Universidades en la actualidad.

El desarrollo tecnológico para esta experiencia está en el servidor [www.temuestrocomo.com.ar](http://www.temuestrocomo.com.ar) que permitió dar las instrucciones y hacer llegar a los participantes a un lugar específico de SL, con unos usuarios preparados y en el sitio de SL que es una infraestructura compleja con un gran despliegue en sus servidores dedicados para ofrecer la experiencia de inmersión en un software de MV.

Se plantea así la posibilidad de vincular Blended Learning con Mundos Virtuales para soportar encuentros sincrónicos, con la riqueza de recursos disponibles a fin de desarrollar actividades de aprendizaje significativo en un entorno similar a un video juego, sumando valor y se sugiere que sea bajo el término “Blended Learning 2.0”.



## Bibliografía

Ausubel, David et al (1983) “Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo” México, 1983. Ed. TRILLAS.

Bruner, Jerome. (1997) “La educación puerta de la cultura” Madrid, 1997. Ed. Visor. Colección Aprendizaje nº 125.

Campazzo E. Et al (2011) - DE LA PRESENCIALIDAD A LA INTERACCION VIRTUAL 3D - Revista Calidad en la Educación Superior -Universidad Estatal a Distancia ISSN 1659-4703 Costa Rica.

Carretero, Mario (2009) “Constructivismo y Educación” – 1 Edición. Buenos Aires: Paidós. Pag. 24

La Fuente, J V, et al (2012) “Entorno Virtual de Aprendizaje Evalpa” Revista Ibero Americana de educación Monografico.60 Septiembre-Diciembre 2012 [www.rieoei.org/rie60.pdf](http://www.rieoei.org/rie60.pdf) - “Entornos virtuales de aprendizaje en Iberoamérica” – Edit Centro de Estudios Universitarios CAEU Org. Estados Iberoamericanos para la educación, ciencia y cultura (OEI) ISSN 1022-6508 - visitado en abril 2013.

Lopes, C. V., Debeauvais, T., & Valadares, A. (2012, September). RESTful Massively Multi-User Virtual Environments: A Feasibility Study. In Games Innovation Conference (IGIC), 2012 IEEE International (pp. 1-4). IEEE.

LSL, Linden Scripting Language, (2013) [http://wiki.secondlife.com/wiki/LSL\\_Tutoriales](http://wiki.secondlife.com/wiki/LSL_Tutoriales) visitado en Julio del 2013

Open Wonderland <http://openwonderland.org/> visitado en Abril del 2012.

Pérez Cota, Manuel et al (2012). Requerimientos de la didáctica para una estrategia de aplicación de mundos virtuales para educación. In XIV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.

Pérez Cota, Manuel et al (2011) “Utilizando Perfiles de Desempeño Para Prever el Rendimiento Académico” Capitulo de “La Tecnología Educativa al Servicio de la Educación Tecnológica” Buenos Aires, 2010. Ed. edUTecNe. Paginas 172 a 200

Piscitelli, A. (2009). Nativos digitales. Buenos Aires: Santillana.

Prensky, Marc (2006) “Mom don’t bother me, I’m learning” <http://www.marcprensky.com/> visitado en enero 2012

RedDwarf (2012) [http://en.wikipedia.org/wiki/RedDwarf\\_Server](http://en.wikipedia.org/wiki/RedDwarf_Server) Visitado Febrero 2012

Second Life (2013) <http://secondlife.com/whatis/faq.php#02>. – visitado en Febrero 2013

Souto, Marta (1999) Grupos y dispositivos de formación. Colección Formación de Formadores. Buenos Aires. Ediciones Novedades Educativas y Facultad de Filosofía y Letras, UBA.

Tmc (2009) <http://www.temuestrocomo.com.ar/joomla/index.php?limitstart=5> vínculo donde se describe los datos del encuentro con los estudiantes del curso Efst - Human Interface Design Course de la Universidad de Mikkeli

Vigotsky, Lev (1988) “El desarrollo de los procesos psicológicos superiores” México Editorial Crítica Grupo Editorial Grijalbo.

# Formación de habilidades de investigación en estudiantes de ingeniería como parte del Servicio Social

Danice Deyanira Cano Barrón<sup>1</sup> y Humberto José Centurión Cardeña<sup>1</sup>

## Resumen

La necesidad actual de desarrollar tecnología en las universidades es un reto que poco a poco ha empezado a encararse siguiendo diversas estrategias, la experiencia que aquí se comparte es un mecanismo diseñado para responder de manera conjunta a dos elementos distintivos: desarrollar en los estudiantes el gusto por la investigación y fortalecer las actividades del programa institucional de Servicio Social. Se describe el proceso de elaboración de una propuesta de desarrollo tecnológico para un congreso por parte de los estudiantes, así como los resultados obtenidos y la evaluación por parte de los participantes. En términos generales los estudiantes encontraron la experiencia innovadora y gratificante, que aporta un elemento diferenciador a su perfil profesional y los motiva a continuar desarrollando este tipo de actividades.

**Palabras Clave:** Investigación, Servicio Social, Desarrollo Tecnológico, Educación Superior, Habilidades profesionales.

---

Fecha de recepción: julio 2013 | Fecha de aceptación: octubre 2013

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior de Motul, Depto. de Ingeniería en Sistemas Computacionales, México.

## **Abstract**

The current need to develop technology in universities is a challenge that has slowly started to be addressed following different strategies. The experience shared here is a mechanism designed to jointly respond to two distinct elements: encourage students to research and strengthen the activities of the Social Service institutional program. It describes the process of technological development for a conference by students, as well as the results obtained and evaluation by the participants. Generally, students found the experience as innovative and rewarding, providing a differentiator to their professional profile and encouraging them to continue developing these activities.

**Keywords:** Research, Social Service, Technological Development, Higher Education, Professional Skills.

La sociedad actual demanda de las universidades no solo servicios educativos y culturales, sino también la producción de conocimiento nuevo que satisfaga las necesidades de gestión y transferencia tecnológica que contribuyan a la solución de los problemas de la sociedad (Monroy, 2007). Educación, producción y transferencia tecnológica, progreso de la sociedad son conceptos que debidamente alineados y utilizados de manera efectiva son factores que impactan directamente en el desarrollo económico de cualquier país. La educación enfocada a la producción de tecnología permite generar nuevos descubrimientos aplicados a áreas sentidas como pertinentes resultando en la mejora de las condiciones de vida de las personas y eventualmente si esa tecnología se patenta impacta en el crecimiento de un país.

Al momento actual, las universidades están más que conscientes de la nueva demanda que se hace de ellas y aunque algunas ya están atendiendo las tareas que la sociedad les ha encomendado cambiando su enfoque puramente científico a un enfoque de tecnología aplicada a las necesidades del entorno, son necesarios mayores esfuerzos financieros del gobierno y de los particulares que apoyen la investigación científica y la transferencia tecnológica

En México, en los últimos 10 años las principales universidades públicas sólo han generado alrededor de 80 patentes que benefician directamente a la sociedad. Durante ese periodo la UNAM patentó 43 proyectos; la Universidad Autónoma Metropolitana, 23, y el Instituto Politécnico Nacional 12 (Olivares, 2007). Si se considera que éstas son las Instituciones de mayor antigüedad y desarrollo del país, con el mejor equipamiento y la mayor capacidad de producción de tecnología, los productos no son los que se esperarían y demuestran el poco interés en generar tecnología vanguardista. Y es que si se analiza bien, UNAM ha generado poco más de 4 patentes al año, mientras que las dos Universidades restantes sólo han producido 2 y 1, respectivamente, esto habla de la necesidad de transformar la visión de los científicos a capitalizar sus investigaciones en patentes que reditúen y mejoren la vida de sus compatriotas.

En este mismo sentido se ha observado que de los 4.5 millones de empresas que hay en el país, sólo 20 han generado patentes (Olivares, 2007), quedando de manifiesto que la visión empresarial se enfoca en el consumo de la tecnología más que en la producción de ella. Por lo que analizando las dos principales fuentes potenciales de patentes y por consecuencia de tecnología, se observa que México tiene la necesidad de poner en marcha programas y estímulos que motiven, favorezcan y fortalezcan la producción de propiedad intelectual ayudando a la vinculación empresa – universidades y a la producción de avances que mejoren los productos y servicios que se ofertan mejorando e innovando la tecnología que subyace en ellos.

Es pertinente destacar que existen indicios que este fenómeno es de tipo cultural, ya que hay evidencia del trabajo de las universidades relacionadas con múltiples creaciones e innovaciones tecnológicas y científicas, pero poco interés por patentar esos

productos (Loera & Carrillo, 2004), por lo que una buena estrategia para incrementar estos indicadores consistiría en concientizar a los investigadores de la necesidad de generar dichos registros y las ganancias asociadas, ya que la dinámica de parrear el trabajo de investigación formal con las necesidades percibidas de las industrias, marcan las pautas a seguir con sus necesidades y la forma de resolverlas dan lugar a una innovación tecnológica que puede resultar en un nuevo producto o servicio.

### **Instituto Tecnológico Superior de Motul (ITS Motul) y el programa de Servicio Social**

El ITS Motul es un organismo público descentralizado del Gobierno del Estado de Yucatán, México; cuya creación responde a la necesidad de formar jóvenes en las poblaciones mayas circunvecinas a la ciudad de la que toma el nombre. El Instituto tiene como finalidad, formar profesionales para sostener la planta productiva del país, así como impulsar y desarrollar modelos de aplicación relativos a las ingenierías y tecnologías en las áreas agropecuarias, industrial y de servicios. Es una institución de educación superior relativamente joven con apenas 11 años de creación y en vías de desarrollo.

Actualmente cuenta con 672 alumnos y 39 catedráticos, distribuidos en cinco carreras de Ingeniería: Industrial, Electromecánica, Sistemas Computacionales, Electrónica y Energías Renovables, esta última de reciente creación.

Debido a que la Institución, sus profesores y administración son aún muy jóvenes, las actividades de profesores y estudiantes se orientan todavía en gran parte a la formación y desarrollo de habilidades profesionales. Sin embargo, siguiendo las políticas Estatales y Nacionales se considera como pertinente la generación de conocimiento tecnológico aplicado, tanto de parte de los profesores pero más aún se busca empezar a involucrar a los estudiantes en actividades de investigación que les permita vincularse de manera más completa y propositiva al sector productivo y promover esta habilidad como una actitud sello de los egresados.

En términos generales se entiende por Servicio Social el trabajo de carácter temporal y obligatorio, que institucionalmente presten y ejecuten los estudiantes en beneficio de la sociedad (Dirección General de Educación Superior Tecnológica, 2013), y que todos los estudiantes requieren realizar por al menos 480 horas o 6 meses (lo que ocurra primero) en alguna dependencia de gobierno para cubrir con este requisito de titulación y egreso.

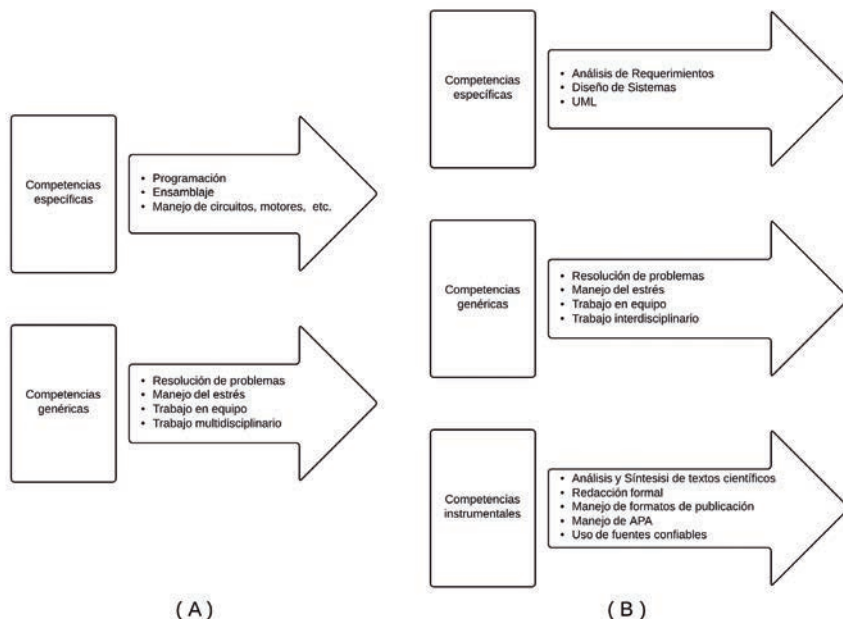
En particular el Servicio Social dentro del sistema tecnológico tiene por objeto: convertir esta prestación en un acto de reciprocidad para con la sociedad a través de los planes y programas del sector público y contribuir a la formación académica y capacitación profesional del prestador del Servicio Social (Dirección General de Educación Superior Tecnológica, 2013). Se fortaleció de manera directa y simultánea la formación académica y profesional de los estudiantes a través del

desarrollo de proyectos que requieran del uso de los conocimientos y habilidades en actividades relacionadas con el desarrollo de aplicaciones que pudieran ser consideradas como innovadoras y ser presentadas en algún congreso especializado.

Generalmente los estudiantes realizan sus actividades en diversos departamentos de dependencias gubernamentales (escuelas, ayuntamientos, bibliotecas públicas, etc.) en su mayoría realizando actividades administrativas poco relacionadas con el desarrollo de su perfil profesional, por lo que dichas asignaciones cumplen con la mitad del enfoque del servicio social ya que aunque sí cubren con la parte de apoyar el desarrollo de planes y programas del sector público no se percibe el desarrollo de habilidades relacionadas con el perfil profesional.

## Proyecto de Servicio Social e Investigación

Se decidió trabajar de manera multidisciplinaria incluyendo a estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas y de Electromecánica, trabajando alrededor de dos actividades substanciales, la primera era el Concurso Nacional de Robótica del Sureste como medio para desarrollar habilidades de programación tanto desde el punto de vista de los sistemas computacionales como desde la robótica y el segundo un proyecto de desarrollo de una aplicación relacionado directamente con su carrera y que sería diseñado y delimitado en conjunto por profesor y estudiantes.



**Figura 1.** Competencias a desarrollar en los estudiantes a través de los proyectos (a) Concurso Nacional de Robótica del Sureste y (b) Ponencia en un congreso del área

En la Figura 1 se pueden observar las competencias a desarrollar con cada una de los proyectos. Para el concurso de robótica se consideraron únicamente competencias específicas y genéricas ya que el énfasis estaría en el trabajo multidisciplinario. Mientras que para la ponencia se consideraron además competencias instrumentales relacionadas con la redacción de textos científicos. Cabe destacar que las actividades se planearon para las 480 horas que dura tradicionalmente un proyecto de servicio social, a una razón de 4 horas diarias durante el semestre Enero - Julio 2013.

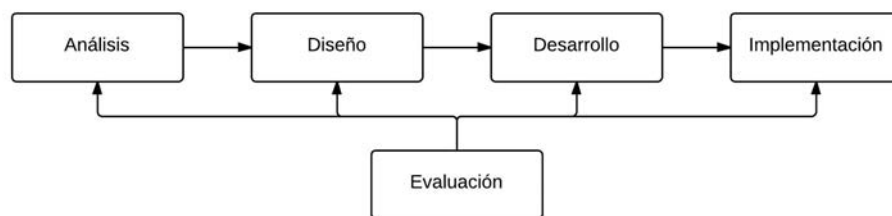


Figura 2. Fases del modelo ADDIE

## Actividades

Los actividades se organizaron de acuerdo con el modelo ADDIE (Yukavetsky, 2003), que se eligió para el diseño de las mismas y se comentan de acuerdo con el análisis que se realizó en cada uno de los momentos de la experiencia. En la Figura 2 se pueden observar las fases y las relaciones del modelo.

## Análisis

La principal meta que se estableció fue desarrollar habilidades complementarias a la formación profesional, llevando a cabo actividades de investigación. Para esto se propuso a los estudiantes el participar en un congreso de talla nacional con una propuesta formal redactada siguiendo el formato de presentación establecido, así como el concurso en el evento de robótica en la categoría de Legos.

Los estudiantes que fueron invitados a participar se encontraban terminando el 5° semestre de las carreras de Ingeniería en Sistemas Computacionales (ISC) y Electromecánica (IEM) que se caracterizan por su participación y responsabilidad. Debido a lo temprano de su formación, se determinó trabajar con habilidades básicas de su perfil profesional hasta el momento en el que se encontraban. De esta manera se determinó que los estudiantes de ISC diseñaran funcionalmente un sistema de gestión del conocimiento y el estudiante de IEM el diseño e implementación de un cargador de batería para los equipos de Lego recién adquiridos por la escuela.



## Diseño

Se establecieron las actividades a desarrollar implicando de manera transversal la habilidad de autogestión por parte de los estudiantes y motivando el sentido de la responsabilidad y la actitud al logro, por lo que se enfocó al trabajo autónomo y revisando de manera paulatina y sistemática los avances de cada uno de los proyectos, considerando que los estudiantes marcarían el ritmo de avance de sus actividades planteando un calendario de entrega.

Se consensuaron las estrategias de trabajo y se establecieron períodos en los que los estudiantes recibirían formación formal relacionada con redacción y formatos de publicación, así como períodos en los que se trabajaría con la identificación y ajuste de los robots a utilizar durante el concurso.

## Desarrollo

A modo de ejemplo en la Tabla 1 se puede observar la programación de las actividades establecidas por el grupo de ISC, en ella consta la fecha en la que se entregaría el producto de diseño (requerimientos o diagramas) y la entrega del documento a presentarse en el congreso. En cada una de las entregas los estudiantes consideraron que en la semana posterior el profesor haría una revisión de lo entregado por lo que deberían de realizar correcciones a la par de avanzar con los diagramas que seguían en el calendario.

**Tabla 1.** Esquema de trabajo propuesto por los estudiantes de Ingeniería en Sistemas para el desarrollo de las actividades de su proyecto

Actividad	Revisión
Requerimientos	28-feb-2013
Diagrama E/R	07-mar-2013
Diagrama de casos de uso	14-mar-2013
Diagrama de secuencia	21-mar-2013
Agregar otros puntos	28-mar-2013
Estructurar y dar formato al doc.	4-abril-2013

Si bien las actividades del Servicio Social deberían de abarcar el semestre lectivo 2013 – A (enero - julio), debieron ajustarse al calendario de actividades del congreso, ya que éste tendría lugar en el mes de Abril, y las propuestas iniciales se enviarían con fecha 28 de Febrero y las propuestas en extenso a más tardar el día 8 de Abril. Con base en estas limitantes, se estableció en conjunto con los estudiantes que los

ISC modelarían la aplicación mientras que el IEM llegaría a la parte experimental produciendo un primer prototipo del cargador de batería en cuestión.

## **Implementación**

Durante el tiempo que se designó a las actividades, los estudiantes realizaron un levantamiento de los equipos Legos disponibles en la institución, probaron su correcto funcionamiento y sintetizaron la información disponible sobre su manejo como parte de su estudio, de esta manera conocían no sólo técnicamente con lo que se contaba sino la forma de organizar las partes más eficientemente. Realizaron las pruebas a las que han sido sometidos los estudiantes participantes en ediciones previas del concurso y realizaron mediciones relacionadas con el armado de los robots para la competencia.

En cuanto a sus actividades relacionadas con los proyectos, los estudiantes llevaron a cabo las actividades propias del trabajo a presentarse y en la misma medida se fueron documentando los resultados en el formato del congreso y se revisaron aspectos de redacción y uso de citas y elaboración de referencias, así como algunas recomendaciones del manejo automático de esos elementos en un procesador de texto para que la revisión fuera más dinámica.

Como resultado de los trabajos, ambas propuestas fueron aceptadas para su presentación en el Congreso Nacional de Ingeniería Eléctrica y Electrónica del Mayab. El formato de presentación fue en carteles que describían los puntos más interesantes de cada proyecto, y los estudiantes fueron requeridos para una magna presentación conjunta.

Como parte del registro anecdótico, los estudiantes se retrasaron en algunas entregas debido a sus actividades escolares, por lo que tuvieron que terminar y detallar sus propuestas en un momento en el que no habían actividades escolares y trabajando en línea para llegar a consenso y avanzar en el detalle de los proyectos. El estudiante encargado de diseñar e implementar el cargador de batería debió inclusive asistir a la escuela para hacer uso de las instalaciones y equipo especializado para las mediciones que requería.

Después de realizar las actividades propuestas, los estudiantes participaron con dos ponencias, una denominada Diseño de un Sistema Gestor del Conocimiento aplicados a la Educación Superior y otra denominada Diseño técnico e implementación de un cargador de batería polímero de litio para Lego NTX 9841.

Las actividades de los estudiantes se llevaron a cabo con base en el cronograma aunque con algunos atrasos debido a la calendarización de exámenes y otras actividades extracurriculares en la que participan los estudiantes.

## **Evaluación de los resultados**

Se determinó llevar a cabo un grupo de enfoque debido a que su uso responde directamente a la necesidad de resolver cuestiones prácticas, suscitadas en el transcurso de la aplicación de herramientas convencionales de investigación social y de mercados (Llopis, 2004). Es una forma de reunir a los participantes de una investigación y obtener de manera directa su perspectiva sobre lo ocurrido durante el desarrollo de las actividades.

Para poder estudiar los resultados del grupo de enfoque se lleva a cabo un proceso de análisis del discurso del estudiante plasmado en sus proposiciones ya que facilita comprender los procesos cognitivos potenciados en el aula y cómo el estudiante construye sus propias representaciones del conocimiento científico (Campos y Gaspar, 2008). Tomando esto en cuenta, se les preguntó su perspectiva acerca de lo conseguido y lo que implicó para ellos el participar en esta experiencia diferente y su impacto en su perfil profesional.

La guía de entrevista se enfocó en cuatro aspectos fundamentales de la experiencia: implicaciones de lo que es el servicio social, la forma en la que se desarrollaron las actividades que se realizaron, los aprendizajes que les dejó la experiencia y una evaluación general del proceso (véase Figura 3).



Figura 3. Aspectos de la experiencia que fueron discutidos en el grupo de enfoque

### Implicaciones del servicio social

Uno de los primeros constructos que se trabajaron con los estudiantes fue el Servicio Social, en el que se les preguntó sobre lo qué es y las actividades que se realizan y si consideran que consiguieron cubrir con los aspectos que se trabajan en él.

Los estudiantes reconocen que el principal objetivo del servicio social es el de retribuir a la sociedad algo de lo que ha aportado a su formación profesional, pero en ninguno de los casos se hizo referencia a la aportación a su perfil profesional que debería tener dicho proceso. Considerando este escenario, se necesita reforzar en los estudiantes la idea de que el servicio social no se debe de limitar a buscar una dependencia pública sino a buscar proyectos en los que se pueda desarrollar algún tipo de trabajo relacionado con su área de estudio realizando actividades propias de su perfil.

## Actividades Realizadas

Las actividades que los estudiantes consideraron como más importantes fueron el desarrollo del proyecto para el concurso en la que trabajaron con Legos para mostrar algunos conceptos básicos de programación.

Los principales retos a los que se enfrentaron fueron el aprendizaje por bloques en el caso de los Legos y el desarrollo escrito de la propuesta del proyecto tanto de forma técnica como de forma general. En este sentido debieron refinar sus habilidades de redacción, programación y diagramación; inclusive uno de los estudiantes mencionó que ahora al leer los trabajos escolares de sus compañeros puede darse cuenta que su habilidad se encuentra más desarrollada y puede indicarles sus errores.

## Aprendizajes personales y académicos

Otro de los puntos focales de su aprendizaje resultó ser el trabajo colaborativo, el llegar a acuerdos, escuchar las ideas de los demás y formas de incorporar nuevas ideas, así como el trabajo multidisciplinario ya que al ser de diferentes carreras al momento de trabajar sobre un mismo proyecto cada quien aportaba su visión a la solución. Aprender a comunicarse mejor de forma sencilla y comprensible para personas de otra formación, ya que al tener una perspectiva diferente sobre la solución hacía que explicaran de forma más detallada sus procesos mentales.

De forma personal todos creen que fue un primer acercamiento al entorno laboral y comprendieron que no siempre colaborarán con personas que entienden sus tecnicismos y hacerlas comprenderlos es parte de un trabajo que garantiza el correcto desarrollo de las actividades.

Asistir al congreso no sólo reforzó su idea del proceso de investigación sino que les permitió ver los avances en diversas áreas y las tecnologías que se están utilizando actualmente y la forma en la que es implementada. Les permitió evaluar su propuesta con las demás que había en el lugar y llegaron a la conclusión de que aunque algunas eran mejores consideraron que otras no presentaban mayor complejidad.

En este sentido el estudiante de IEM consideró que asistir al congreso y participar en la sesión de carteles fortaleció su capacidad de expresarse, ya que como parte de una asignatura tuvo que presentar sus resultados ante sus compañeros y se sintió más confiando y seguro de lo que hacía, resultando en una felicitación por parte de su profesor en turno.

## **Evaluación general de la experiencia**

En cuanto a su evaluación general de la experiencia consideraron que el tiempo de desarrollo fue insuficiente, ya que además de hacer el servicio debieron realizar actividades escolares (tareas, proyectos, exámenes, etc.) que les robaban tiempo. De la misma manera consideraron que de haber tenido una mejor gestión del tiempo podrían haber enfrentado mejor las responsabilidades.

Los de la carrera de ISC consideraron que les hubiera gustado llegar a la fase de implementación del proyecto y ver en funcionamiento sus ideas, concretar todo lo diseñado y llevar a cabo la documentación correspondiente. Concluyeron que ahora que conocen que el proceso de creación de software puede ser muy complejo aun para una idea muy pequeña, pueden ser más asertivos al momento de planear.

En todos los casos los estudiantes consideraron que pueden idear propuestas innovadoras de desarrollo en los campos disciplinares correspondientes, pero reconocen que sus habilidades aun no les permiten concretar las ideas, al mismo tiempo perciben que son capaces de hacer una investigación que enmarque su proyecto y que pueda ser presentada en algún foro especializado.

En cuanto a su motivación al logro todos coincidieron en que se sienten más seguros de sus conocimientos y de sus habilidades, que reconocen sus capacidades y que se sienten motivados a conseguir más cosas, no limitarse a considerar únicamente actividades escolares sino al desarrollo de aplicaciones más complejas. En definitiva, consideraron la experiencia como positiva y como una actividad que les gustaría repetir de forma constante y permanente.

## **Conclusiones**

El principal objetivo de esta experiencia fue el ofrecer a los estudiantes del ITS Motul la oportunidad de desarrollar habilidades profesionales y de investigación como parte del Servicio Social que es requisito de titulación de su carrera, debido a que en muchas ocasiones las actividades que realizan no se relacionan con su perfil de formación.

En el caso de la Institución, al estar en proceso de certificar sus programas por organismos externos el promover este tipo de estrategias en los procesos académicos, vinculando a los estudiantes con metodologías formales de investigación permitirá incubar, fortalecer y motivar en los estudiantes la cultura de la investigación, el desarrollo y la innovación, una necesidad específica del subsistema de educación tecnológica que exige de los estudiantes el ser capaces de desarrollar y modificar tecnologías de vanguardia.

En este sentido las actividades fueron cuidadas para que los participantes desarrollaran alguna tarea relacionada con el perfil profesional que se espera de ellos

y cuyos resultados fueran presentados en un congreso nacional especializado del área.

Al finalizar las actividades se preguntó a los estudiantes sobre su experiencia y lo que les aportó, encontrando que todos coincidían que no sólo fortaleció sus habilidades profesionales sino que además les permitió participar en actividades complementarias que desarrollaron en ellos gusto por la investigación y el desarrollo de proyectos. Coincidieron que aunque han desarrollado proyectos a lo largo de su formación el proceso de formalización de los resultados en términos de un documento les resultó especialmente difícil porque requirió de un lenguaje profesional, pero que al final lo aprendido les redituó en una mayor seguridad al momento de presentarse en público y al momento de redactar un informe son capaces de identificar los errores más comunes en los trabajos.

## Referencias

Campos, M. y Gaspar S. (2008). *Condiciones fundamentales de la construcción de conocimiento*, en IX Seminario Internacional de Epistemología, Cognición y Enseñanza de las Ciencias. México: IISUE, UNAM.

Cárdenas, C. (noviembre, 2011). *Formación para la investigación: Puntos críticos*. Documento presentado en el XI Congreso Nacional de investigación Educativa, D.F., México.

Dirección General de Educación Superior Tecnológica. (2013). Servicio Social. Recuperado el 1 de julio de 2013, de <http://www.snit.mx/vinculacion/servicio-social-dp1>

Llopis, R. (2004). *El grupo de discusión: manual de aplicación a la investigación social, comercial y comunicativa*. Valencia: Editorial ESIC.

Loera, M., & Carrillo, L. (4 de Octubre de 2004). Con pocas patentes las universidades más importantes de México. *La Gaceta*, pág. 11.

Monroy, A. (noviembre, 2007). *Las patentes y la transferencia tecnológica en las Universidades*. Documento presentado en el IX Congreso Nacional de investigación Educativa, Mérida, México.

Olivares, E. (13 de Marzo de 2007). Las universidades públicas producen pocas patentes. *La Jornada*, pág. 55.

Rivera, E. (noviembre, 2011). *Habilidades en el aprendizaje de la Investigación de Estudiantes Universitarios*. Documento presentado en el XI Congreso Nacional de investigación Educativa, D.F., México.

Yukavetsky, G. (2003). *La elaboración de un módulo instruccional*. Recuperado el 23 de agosto de 2005, de Centro de Competencias de la Comunicación de la Universidad de Puerto Rico en Humacao: [http://www.ccc.uprh.edu/download/modulos/CCC\\_LEDUMI.pdf](http://www.ccc.uprh.edu/download/modulos/CCC_LEDUMI.pdf)





# Estudio comparativo de la aplicación de 6 modelos de inventarios para decidir la cantidad y el punto de reorden de un artículo

Juan Manuel Izar<sup>1</sup> y Héctor Méndez<sup>1</sup>

## Resumen

Este trabajo presenta la aplicación de 6 modelos de inventarios para obtener la cantidad de pedido y el punto de reorden para el caso de cubetas de pintura con demanda y tiempos de entrega discretos, aleatorios, independientes y conocidos, considerando descuentos en el precio de compra por adquirir mayores volúmenes.

Los modelos utilizados han sido el de la cantidad económica de pedido (EOQ), el de un solo lote (USL), el método Híbrido (MH), el algoritmo Silver-Meal (SM), el Wagner-Within (WW) y Simulación (S).

Los mejores resultados se han obtenido con Simulación y el método Híbrido, pues han resultado con los menores costos del inventario y llevan a la misma decisión: de pedir 301 cubetas de pintura.

El caso presentado es un buen ejemplo ilustrativo de la manera de administrar correctamente el inventario.

**Palabras Clave:** Cantidad de pedido, Punto de reorden, Descuentos por volumen, Costos del inventario, Existencias de seguridad.

## **Abstract**

This paper presents the application of six inventory models for order quantity and reorder point related to paint buckets with discreet demand and delivery times, random, independent and known, considering wholesale discounts.

The models used were: economic order quantity (EOQ), single batch (SB), hybrid method (HM), Silver-Meal algorithm (SM), Wagner-Within (WW) and Simulation (S).

The best results were obtained with the Simulation and Hybrid methods, since they had the lowest inventory costs and lead to the same decision: order 301 paint buckets.

This case is a good example illustrating properly inventory management.

**Keywords:** Order quantity, Reorder point, wholesale discounts, Inventory costs, Safety Stoc.

## Introducción

Este estudio tiene como fin comparar 6 modelos para definir la cantidad de pedido y el punto de reorden, evaluando los costos incurridos por el manejo del inventario, en el caso de un negocio de venta de pintura, con demanda discreta, independiente, aleatoria y conocida, bajo un sistema de revisión periódica, con un tiempo de entrega aleatorio, independiente y conocido, basado en datos estadísticos del pasado, con una escala de precios del proveedor que ofrece descuentos por comprar mayores volúmenes. Los costos que se consideran son: colocar nuevos pedidos, mantener el inventario, costo de faltantes y la compra misma de los artículos, que aun cuando no es un costo del inventario, al haber descuentos por adquirir pedidos de mayor volumen, se considera dentro del análisis económico, ya que el ahorro en la compra puede compensar el aumento en el costo de inventario.

### Revisión de la literatura

La eficiente administración de inventarios sigue siendo una actividad importante en las corporaciones de esta era, ya que cumple con varias funciones, entre las cuales se cuentan las siguientes (Chase et al., 2009):

- Mantener la independencia entre operaciones. Al tener inventario habrá flexibilidad en las operaciones, que en un momento requerido pueden retrasarse y la demanda se cubre con las existencias que haya.
- Cubrir la incertidumbre de la demanda. Al tener una demanda aleatoria, es mejor que ésta se cubra con lo que haya en inventario y que no se llegue a la situación de tener faltantes.
- Dar flexibilidad a la programación de la producción. En caso que hubiera fallas en la maquinaria, productos defectuosos o partes no disponibles, tener inventario daría la posibilidad de reprogramar la producción.
- Protección contra demoras en el tiempo de entrega del proveedor. Al haber inventario, éste puede permitir atender la demanda en caso que el proveedor se retrase en la entrega de un nuevo pedido.
- Aprovechar descuentos de parte del proveedor. Es una práctica habitual en los negocios que los proveedores ofrezcan descuento por pedir mayores volúmenes, los cuales pueden ser aprovechados por las empresas.

Hansen y Mowen (2009) agregan además la posibilidad de optimizar los costos del inventario y protegerse contra futuros incrementos de precios.

Los inventarios usualmente representan una partida importante del activo de las organizaciones, por lo que deben ser bien administrados, de modo que cumplan sus funciones a un costo mínimo, ya que un inventario muy pequeño daría lugar a eventuales faltantes, que ocasionen paros en la producción o pérdidas de ventas,

mientras que en el caso contrario, su costo se incrementará por su mantenimiento, que muchas veces requiere de instalaciones especiales, además del costo de oportunidad por tener capital ocioso y el riesgo por deterioro u obsolescencia, ya que en esta época el ciclo de vida de los productos es menor, debido a los avances de la tecnología.

La correcta administración del inventario implica tener en cuenta un gran número de factores, entre los cuales pueden citarse (Silver, 2008):

- El número de artículos que deben tenerse en inventario, que puede ir de cientos a millares.
- El patrón de demanda de los artículos, que puede ser determinístico o aleatorio, conocido o desconocido, dependiente o independiente.
- Las opciones de embarque de los artículos con que cuentan los proveedores.
- Si el almacenamiento se hace en un solo lugar o en varios.
- Los mecanismos de entrega al cliente.
- Restricciones, que pueden ser de presupuesto, de los proveedores, del nivel deseado de servicio, del mercado y otras.

El objetivo fundamental del inventario es absorber las diferencias que se presenten entre la oferta y la demanda de un artículo, es decir, que si un establecimiento no puede conocer de antemano la demanda de un artículo, las variaciones que haya serán absorbidas por el inventario, de modo que no haya faltantes.

La administración del inventario requiere tomar tres decisiones básicas (Silver, 2008): (1) ¿cuándo debe revisarse el sistema del inventario? (2) ¿cuánto debe pedirse al hacer un nuevo pedido? y (3) ¿cuándo es el momento de hacer el nuevo pedido?

La mayoría de los modelos de inventarios buscan varios objetivos, algunos de los cuales podrían contraponerse entre sí. Entre estos se cuentan los siguientes (Silver, 2008):

- Minimización de los costos incurridos en el manejo del inventario.
- Maximización de los beneficios económicos, incluyendo ahorros por descuentos.
- Maximización de la tasa interna de retorno de la inversión en inventarios.
- Determinar una solución factible para la administración del inventario.
- Asegurar la flexibilidad en el manejo de un futuro incierto.

De estos el más usual es el primero y es el que buscan la mayoría de los modelos de administración del inventario.

Hay numerosos estudios efectuados para determinar la cantidad y el momento de hacer un nuevo pedido, de los cuales se mencionan algunos de los que se consideran más relevantes.

Bustos-Flores y Chacón-Parra (2012) presentan la aplicación de varios modelos de inventarios para el caso de 2 artículos del departamento de publicaciones de la Universidad de los Andes en Venezuela. Los modelos aplicados han sido el de un solo lote, lote por lote, la cantidad económica de pedido (EOQ), el algoritmo de Wagner-Within, el algoritmo de Silver-Meal, el costo unitario mínimo y el modelo de balanceo

de periodo fragmentado para obtener el costo del inventario. Concluyen que el método usado, que es el de un solo lote, resulta con el costo más alto, lo cual es un claro indicio de que la política seguida para administrar el inventario no es la más apropiada. El algoritmo de Wagner-Within ha resultado con el costo mínimo del inventario.

Babai y colaboradores (2009) utilizan un modelo dinámico para obtener el punto de reorden considerando demanda no estacionaria y tiempo de adelanto incierto para un nivel de servicio dado. Al ser tanto la demanda como el tiempo de reorden variables, la tarea se complica. Encuentran que el desempeño del inventario para cumplir el nivel de servicio deseado, es similar con este modelo que el obtenido con un modelo estático, pero en lo que hay una mejora considerable es en el costo del inventario, el cual se ve disminuido, lo que hace al modelo propuesto una técnica útil para la correcta administración del inventario.

### *Costos del inventario*

La administración del inventario implica varios costos, entre los que figuran:

- 1. Adquirir los bienes.** La mayoría de los académicos coinciden que en este rubro se incluyan impuestos y costos del transporte. Otro aspecto a tener en cuenta son las condiciones de crédito del proveedor (Horngren et al., 2007).
- 2. Colocar nuevos pedidos.** Deben incluirse todas las actividades que se realizan al hacer un nuevo pedido, que inician con la preparación de la orden de compra y finalizan con recibir y colocar el pedido en el almacén. Entre las actividades usuales están la preparación y emisión de la orden de compra, timbres postales, llamadas telefónicas, rastreo del pedido, recepción de los artículos, inspección, revisión de la factura, realizar el pago y la contabilidad del proceso. En este trabajo se considera este costo constante en cada pedido.
- 3. Conservar los bienes en el inventario.** En este rubro deben incluirse todos los aspectos relacionados al almacenamiento del inventario, tales como espacios, obsolescencia, deterioro, pérdidas, mermas, refrigeración, iluminación, calefacción, protección contra el sol y la humedad, seguros y otros. También debe considerarse el costo de oportunidad por tener una inversión ociosa. Este rubro suele variar de 15 a 45% anual del valor del inventario.
- 4. Faltantes.** Es el costo más difícil de evaluar y aun cuando es un costo de oportunidad, por lo que se deja de ganar al no tener el bien disponible cuando lo pide el cliente, debe incluirse en el análisis económico. Algunos académicos sugieren agregar la pérdida potencial de ventas futuras, al no contar con la buena voluntad del cliente (Horngren et al., 2007). En este trabajo se considera que el costo de cada faltante es lo que se deja de ganar al no tener el bien en existencia.

Otros autores señalan que deben incluirse otros costos, pero en este estudio sólo se consideran los 4 antes mencionados.

## Modelos utilizados

Este trabajo calcula la cantidad de pedido y el punto de reorden con 6 modelos de inventarios: El de la cantidad económica de pedido (EOQ), el de un solo lote anual (USL), el método Híbrido (MH), el algoritmo Silver-Meal (SM), el Wagner-Within (WW) y Simulación (S).

Cada uno de ellos se describe brevemente y luego se aplica para calcular los costos del inventario para el caso de un artículo.

## Modelo de la Cantidad económica de pedido (EOQ)

Es el modelo tradicional de inventarios, ya que data de principios del siglo pasado. Considera los costos de colocar pedidos y conservar los artículos en el inventario, de modo que la cantidad de pedido sea aquella que minimiza la suma de ambas partidas, tal y como lo describe la ecuación de Wilson:

$$Q = \sqrt{\frac{2C_p D}{C_a M}} \quad (1)$$

Donde:

$C_p$  = Costo de colocar cada pedido, \$/pedido

$D$  = Demanda anual de artículos, unidades/año

$C_a$  = Costo de cada artículo, \$/unidad

$M$  = Fracción anual de conservación en el inventario

$Q$  = Cantidad económica de pedido, unidades/pedido

En esta ecuación no se consideran los descuentos en el costo unitario de cada bien, lo que en la realidad sucede, ya que los precios varían en función de la cantidad que se pida, de modo que si se hace un pedido mayor, el costo unitario de cada bien disminuye. Con esto el cálculo de  $Q$  se hace a prueba y error y se define con las opciones de precios existentes, ya que si los ahorros por comprar mayores volúmenes son de mayor cuantía que el incremento del costo del inventario, habrá que aprovecharlos. Otra consideración al aplicar este modelo es que el punto de reorden se ubica en su valor promedio resultante de la demanda en el tiempo de entrega.

El costo anual, incluyendo la compra de las mercancías, es:

$$C_r = C_p \left( \frac{D}{Q} \right) + C_a M \left( \frac{Q}{2} \right) + C_f N_f \left( \frac{D}{Q} \right) + C_a D \quad (2)$$

Donde:

$C_f$  = Costo de cada faltante, \$/faltante

$N_f$  = Número promedio de faltantes, Faltantes/pedido

En esta ecuación el primer término es el costo de hacer pedidos, el segundo incluye el mantenimiento del inventario, el tercero corresponde al costo de faltantes y el último es la compra de los artículos, todos referidos a una base anual.

El costo de cada faltante es lo que se deja de ganar por no contar con el bien.

Por su parte el número promedio de faltantes se obtiene con la estadística de la demanda del tiempo de entrega.

### Modelo de un solo lote (USL)

Este modelo es muy simple, ya que considera que se hace un solo pedido por el volumen anual, con lo cual la cantidad de pedido es  $D$  y el costo anual del inventario es:

$$C_t = C_p + CaM\left(\frac{Q}{2}\right) + CaQ \quad (3)$$

### Método Híbrido (MH)

Este método es una combinación que analiza para el caso de una demanda discreta y probabilística de artículos, las combinaciones de valores de  $Q$  y PRP, para seleccionar aquella que lleve al costo mínimo total de manejo del inventario (Izar et al., 2012). Este costo se calcula con la ecuación siguiente:

$$C_t = C_p\left(\frac{D}{Q}\right) + CaM\left(B + \frac{Q}{2}\right) + CfNf\left(\frac{D}{Q}\right) + CaD \quad (4)$$

La que es muy similar a la ecuación 2, incluyendo como variable adicional a  $B$ , que es el valor del stock de seguridad, el que se define variando el punto de reorden, de modo que se establezca en un valor que lleve al costo mínimo total.

### Algoritmo Silver-Meal (SM)

Es un método heurístico que define el tiempo y la cantidad de pedido en función del costo promedio del periodo, el que incluye los costos de hacer nuevos pedidos y mantener el inventario (Taha, 2004). El algoritmo no prevé el costo de faltantes, ni la inclusión de descuentos por comprar mayor volumen, hecho que en este trabajo sí se considera.

El costo promedio de hacer un pedido en el periodo  $m$  se obtiene con la ecuación siguiente:

$$\text{Costo}_m = \frac{1}{m} [Cp + Ca(D_1 + D_2 + \dots + D_m) + CaM(D_{m-1} + 2D_{m-2} + \dots + (m-1)D_1)] \quad (5)$$

Donde:

$\text{Costo}_m$  = Costo promedio del inventario en el periodo  $m$ , \$/periodo

$D_i$  = Demanda de artículos en el periodo  $i$ , artículos/periodo

Como puede verse en la ecuación, el costo incluye colocar pedidos, adquirir los artículos -ya que el costo unitario varía en función de la cantidad pedida- y mantener el inventario.

El algoritmo inicia calculando el costo del primer periodo y prosigue con los periodos siguientes, hasta que el costo promedio del último periodo sea superior al inmediato anterior, lo que indica que el costo del penúltimo periodo ha resultado el mínimo.

El costo anual será la suma de los costos de los periodos resultantes en el año.

### Algoritmo Wagner-Within (WW)

Esta es una metodología que utiliza la programación dinámica para llegar a la opción de menor costo del inventario.

Para cada periodo se evalúa el costo de colocar un nuevo pedido, sumado al costo de la mejor posibilidad del periodo anterior, la que se compara con las opciones restantes, que llegan hasta la de colocar un pedido por toda la demanda acumulada de bienes hasta el periodo actual. Una vez costeadas todas las opciones, se elige la de menor costo, la que se guarda para las etapas subsecuentes. Al llegar al último periodo, se define la estrategia de costo mínimo durante todo el lapso bajo análisis, que suele ser un año (Taha, 2004).

La ecuación para calcular el costo de cada opción en cada periodo es:

$$\text{Costo}_{m,i} = \text{Costo}_i^* + Cp + Ca(D_m + D_{m-1} + \dots + D_{i+1}) + CaM \sum_{k=i+1}^m (k-i-1)D_k \quad (6)$$

Dónde:

$\text{Costo}_{m,i}$  = Costo para el periodo  $m$  con la mejor opción del periodo  $i$

$\text{Costo}_i^*$  = Costo mínimo del periodo  $i$

Conforme a la programación dinámica, de las opciones para el periodo  $m$ , se guarda la que resulte con el costo mínimo para pasar entonces al periodo siguiente. Este proceso se continúa hasta llegar al periodo final, momento en que se tendrá la política de pedidos del costo mínimo.

Al igual que en el método anterior, en este estudio no se considera el costo de faltantes, pero sí el de compra de los artículos, a fin de incluir los descuentos por volumen.



## Simulación (S)

En este caso tanto la demanda como el tiempo de entrega se manejan de manera aleatoria y se hace una corrida de simulación bajo la metodología de Montecarlo, en hoja de cálculo, para obtener los valores de Q y PRP que minimicen el costo del inventario, el cual se estima con la ecuación 4.

Es el método que se aproxima más a la situación real, siempre y cuando la simulación se haga con un número suficiente de valores en su corrida.

A continuación se aplican estas metodologías a un caso ilustrativo

### *Aplicación al caso ilustrativo de un negocio de venta de pinturas*

Un negocio vende pinturas en cubetas de 20 litros con una demanda estacional mensual conforme a la siguiente distribución de probabilidad:

Tabla 1. Demanda mensual de cubetas de pintura.

Mes	Demanda
Enero	120
Febrero	136
Marzo	155
Abril	140
Mayo	180
Junio	230
Julio	250
Agosto	245
Septiembre	220
Octubre	180
Noviembre	165
Diciembre	144
Total Anual	2165

El proveedor ofrece la siguiente escala de precios:

Tabla 2. Precios ofertados por el proveedor.

Volumen de compra	Costo, \$/cubeta
1 – 180	740.00
181 – 300	720.00
> 300	705.00

Los tiempos de entrega del proveedor varían según la siguiente distribución de probabilidad:

**Tabla 3.** Tiempos de entrega del proveedor.

Tiempo de entrega, días	Probabilidad
5	0.22
6	0.56
7	0.22

El negocio vende la cubeta de pintura a \$1080, su costo de hacer un nuevo pedido es \$1500, independiente del tamaño de pedido y mantener en el inventario cuesta 1.4% mensual.

*Solución:*

Con esta información se hacen los cálculos del costo del inventario aplicando los 6 modelos antes mencionados: EOQ, USL, MH, SM, WW y S.

El costo de cada faltante, se toma en cuenta en los modelos EOQ, MH y S y es lo que se deja de ganar por no tener el bien disponible. En los 3 modelos restantes (USL, SM y WW) no se consideran faltantes.

*Modelo EOQ*

Para este caso se toma la cantidad de pedido obtenida con la ecuación de Wilson y que sea válida, es decir, que se haya calculado con el costo del artículo aplicable para el volumen de unidades pedidas, dicha Q resulta en 232 cubetas de pintura, para este valor el costo de cada faltante es \$360 y si el punto de reorden se ubica en el valor promedio de la demanda en el tiempo de entrega, que es 36.08 cubetas, el número de faltantes por ciclo es:

$$Nf = (7.92)(0.0833) + (9.92)(0.0833) + (12.92)(0.0833) + (13.92)(0.0833) = 3.722$$

Y el costo al aplicar la ecuación (2) es:

$$Ct = 1500 \left( \frac{2165}{232} \right) + (720)(0.014)(12) \left( \frac{232}{2} \right) + (360)(3.722) \left( \frac{2165}{232} \right) + (720)(2165) \\ = 1,599,333\$ / \text{año}$$

Esta opción debe compararse con la de colocar Q en su valor mínimo a partir del cual aplica el menor costo de la cubeta, que es 301 cubetas, cuyo costo total es:

$$Ct = 1500 \left( \frac{2165}{301} \right) + (705)(0.014)(12) \left( \frac{301}{2} \right) + (375)(3.722) \left( \frac{2165}{301} \right) + (705)(2165) \\ = 1,564,978\$ / \text{año}$$

Que al resultar menor, hace que se coloque la cantidad de pedido en 301 cubetas cuando el nivel del inventario baje a 36 unidades.

#### *Modelo USL*

En este método se considera un solo pedido anual y se estiman los costos incurridos en el inventario, sin considerar faltantes. Al aplicar la ecuación (3), el costo es:

$$Ct = 1500 + (705)(0.014)(12)\left(\frac{2165}{2}\right) + (705)(2165) = 1,656,036\$ / \text{año}$$

#### *Método Híbrido*

En el método MH se toma la mejor opción de las combinaciones de valores de PRP y Q, seleccionando la que resulte con el menor costo. Los valores de Q y PRP que minimizan el costo son 301 y 54 cubetas respectivamente, para los cuales las existencias de seguridad (B) son 17.92 cubetas. Al aplicar la ecuación (4), el costo es:

$$Ct = 1500\left(\frac{2165}{301}\right) + (705)(0.014)(12)\left(17.92 + \frac{301}{2}\right) + (375)(0.159)\left(\frac{2165}{301}\right) + (705)(2165) \\ = 1,557,491\$ / \text{año}$$

#### *Algoritmo Silver-Meal*

Para cada periodo se aplica el algoritmo de pedir para uno, dos o más periodos, deteniéndose al momento que el costo promedio del siguiente periodo se incremente, estableciéndose entonces hacer un pedido en el periodo para el cual el costo promedio haya sido menor.

Esto se ilustra para el caso del primer periodo, en el cual si se hace un pedido para satisfacer el primer mes por 120 unidades, a un costo unitario de \$740, el costo del periodo es:

$$C_1 = 1500 + (120)(740) = \$90,300$$

Si se hace el pedido para los dos primeros meses, por una cantidad de 256 cubetas, a un costo unitario de \$720, el costo promedio por periodo es:

$$C_2 = \frac{1}{2}[1500 + (256)(720) + (720)(0.014)(136)] = \$93,595$$

Que al ser mayor, se detienen los cálculos, debiendo hacer un pedido sólo para el primer mes.

Si se repiten estos cálculos para los meses siguientes, se obtienen los resultados de la tabla 4.

**Tabla 4.** Resultados para cada periodo de la aplicación del algoritmo.

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	...	12
Q <sub>1</sub>	120									
Ca	740									
Ct <sub>1</sub>	\$90,300									
Q <sub>2</sub>	256	136								
Ca	720	740								
Ct <sub>2</sub>	\$93,595	\$102,140								
Q <sub>3</sub>		291	155							
Ca		720	740							
Ct <sub>3</sub>		\$106,291	\$116,200							
Q <sub>4</sub>			295							
Ca			720							
Ct <sub>4</sub>			\$107,656							
Q <sub>5</sub>			475		180					
Ca			705		740					
Ct <sub>5</sub>			\$113,770		\$134,700					
Q <sub>6</sub>					410	230				
Ca					705	720				
Ct <sub>6</sub>					\$146,410	\$167,100				
Q <sub>7</sub>						480	250			
Ca						705	720			
Ct <sub>7</sub>						\$171,184	\$181,500			
Q <sub>8</sub>							495			
Ca							705			
Ct <sub>8</sub>							\$176,447			
Q <sub>9</sub>							715			
Ca							705			
Ct <sub>9</sub>							\$170,779			
Q <sub>10</sub>							895			
Ca							705			
Ct <sub>10</sub>							\$161,141			
Q <sub>10</sub>							1060			
Ca							705			
Ct <sub>11</sub>							\$153,481			
Q <sub>12</sub>							1204			
Ca							705			
Ct <sub>12</sub>							\$146,005			

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se muestran sombreadas las opciones resultantes de pedidos:

**Tabla 5.** Opciones de pedido resultantes.

Mes	Cantidad pedida	Costo de mantenimiento del inventario
1	120	\$622
2	136	\$704
3	295	\$2,974
5	180	\$932
6	230	\$1,159
7	1204	\$35,651
Totales	2165	\$42,042

Fuente: **Elaboración propia.**

Se hacen 6 pedidos durante el año, para un costo por este rubro de \$9,000 y la adquisición cuesta \$1,549,460, ya que algunos pedidos aprovechan el descuento por volumen, pero los que se han hecho sólo para un mes, como es el caso de los meses 1, 3 y 5, no lo hacen, razón por la cual este rubro se ha elevado. Esto lleva a un costo total de \$1,600,502 anuales.

#### *Algoritmo Wagner-Within*

Al aplicar esta metodología considerando los costos de los artículos, se producen los resultados de la tabla 3. A continuación se ilustra la manera de obtener dichos valores para el mes 3:

Para el mes 3 hay 3 posibilidades, que son: a) La mejor opción del mes 2, más pedir para el mes 3; b) La mejor opción del mes 1, más pedir para los meses 2 y 3; y c) Pedir para los 3 meses desde el inicio.

El costo de la primera opción es la suma de la mejor opción del mes 2, más el costo de hacer el pedido para el tercer mes por 155 cubetas, más el costo de compra de los artículos:

$$Costo_{3,2} = 187,191 + 1,500 + (155)(740) = \$303,391$$

El costo de la segunda opción es la suma de la mejor opción del mes 1, más colocar un pedido para los meses 2 y 3 por 291 cubetas, más la compra de los artículos y mantener en el inventario la demanda del tercer mes:

$$Costo_{3,1} = 90,300 + 1,500 + (291)(720) + (155)(0.014)(720) = \$302,882$$

Finalmente el costo de la tercera opción es la suma de colocar un pedido para los 3 meses por 411 cubetas, más la compra de las mismas y el mantenimiento en inventario de la demanda del mes 2 por un mes y la demanda del tercer mes durante 2 meses:

$$Costo_{3,0} = 1,500 + (411)(705) + (136)(0.014)(705) + (2)(155)(0.014)(705) = \$295,657$$

Que ha resultado ser la mejor opción y por tanto se guarda para los cálculos de las siguientes etapas como la mejor opción del tercer mes.

**Tabla 6. Resultados en cada periodo con el algoritmo WW.**

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Q	120	136	155	140	180	230	250	245	220	180	165	144
Ca	740	740	740	740	740	720	720	720	720	740	740	740
Mes 1	90.300,00	192.440,00	303.390,88	400.757,02	533.202,42	691.633,62	872.723,82	1.044.801,12	1.204.016,97	1.333.097,52	1.452.450,72	1.552.811,07
Q		256	291	295	320	410	480	495	465	400	345	309
Ca		720	720	720	705	705	705	705	705	705	705	705
Mes 2		187.190,88	302.882,40	402.502,08	524.533,62	691.322,52	866.901,12	1.044.116,97	1.198.397,52	1.329.393,57	1.444.751,07	1.549.617,00
Q			411	431	475	550	660	725	715	645	565	489
Ca			705	705	705	705	705	705	705	705	705	705
Mes 3			295.657,02	399.948,45	528.500,88	691.223,82	872.507,52	1.044.462,42	1.203.559,77	1.328.850,72	1.448.975,67	1.549.113,63
Q				551	611	705	800	905	945	895	810	709
Ca				705	705	705	705	705	705	705	705	705
Mes 4				398.502,42	532.178,25	697.461,18	874.876,32	1.052.486,97	1.206.076,62	1.335.789,57	1.450.061,37	1.554.759,51
Q					731	841	955	1045	1125	1125	1060	954
Ca					705	705	705	705	705	705	705	705
Mes 5					532.508,82	703.408,65	883.581,18	1.057.273,92	1.216.272,57	1.340.083,02	1.458.628,77	1.557.266,49
Q						961	1091	1200	1265	1305	1290	1204
Ca						705	705	705	705	705	705	705
Mes 6						706.009,32	891.996,15	1.068.396,93	1.223.230,92	1.352.055,57	1.464.550,77	1.567.255,17
Q							1211	1336	1420	1445	1470	1434
Ca							705	705	705	705	705	705
Mes 7							897.064,32	1.079.230,05	1.236.525,33	1.360.790,52	1.478.151,87	1.574.598,45
Q								1456	1556	1600	1610	1614
Ca								705	705	705	705	705
Mes 8								1.086.716,37	1.249.529,85	1.375.861,53	1.488.515,37	1.589.620,83
Q									1676	1736	1765	1754
Ca									705	705	705	705
Mes 9									1.259.187,57	1.390.642,65	1.505.214,93	1.601.405,61
Q										1856	1901	1909
Ca										705	705	705
Mes 10										1.402.076,97	1.521.624,60	1.619.526,45
Q											2021	2045
Ca											705	705
Mes 11											1.534.687,47	1.637.357,40
Q												2165
Ca												705
Mes 12												1.651.841,55
Minimo	90.300,00	187.190,88	295.657,02	398.502,42	524.533,62	691.223,82	866.901,12	1.044.116,97	1.198.397,52	1.328.850,72	1.444.751,07	1.549.113,63

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se muestran sombreadas las opciones de pedidos, que son:

**Tabla 7. Opciones de pedido resultantes.**

Mes	Cantidad pedida	Costo de mantener el inventario
1	411	\$6,085
4	320	\$3,158
6	480	\$4,738
8	465	\$4,590
10	489	\$7,239
Totales	2165	\$25,810

Fuente: Elaboración propia.

Cabe aclarar que los costos de la tercera columna, no coinciden con los obtenidos al aplicar el algoritmo, ya que en éste no se utilizan las cantidades promedio de bienes en inventario y eso ocasiona algunas diferencias.

El costo de colocar los 5 pedidos es \$7,500 y la compra de las cubetas es de \$1,526,325, ya que todas se adquieren a \$705, dadas las cantidades pedidas.

Con esto el costo total de esta opción sin incluir faltantes, es de \$1,559,635 anuales.

### *Simulación*

Finalmente con la simulación, se estiman los costos anuales del inventario, con la demanda y el tiempo de reorden aleatorios.

Tras hacer un número suficiente de corridas, los valores mínimos del costo se han obtenido con una Q de 301 cubetas y un PRP de 50 unidades, con lo cual los costos anuales de colocar pedidos son \$10,800, mantener los bienes en el inventario de \$19,376, un costo por faltantes de \$370 y un monto de \$1, 526,330 en la compra, lo que lleva a un total de \$1,556,876.

La tabla 8 presenta de manera sintetizada los resultados obtenidos con cada método:

**Tabla 8.** Costos anuales obtenidos con cada método.

Método	Costo de Pedidos	Costo de Mantenimiento	Costo de Compra	Costo de Faltantes	Costo Total
EOQ	10,789	17,825	1,526,325	10,039	1,564,978
USL	1,500	128,211	1,526,325	0	1,656,036
MH	10,789	19,948	1,526,325	429	1,557,491
SM	9,000	42,042	1,549,460	0	1,600,502
WW	7,500	25,810	1,526,325	0	1,559,635
S	10,800	19,376	1,526,330	370	1,556,876

De la tabla se observa que los menores costos totales suceden con los modelos S y MH, mientras que el modelo USL es el más costoso, ya que su costo de mantenimiento es muy alto; el algoritmo WW ha producido un mejor resultado que el SM y el EOQ.

## **Conclusiones**

Los modelos resultantes con menor costo han sido Simulación y el método Híbrido, que ambos ubican la cantidad de pedido en 301 cubetas, pero difieren en el punto de reorden.

Con tal decisión se aprovecha el descuento en el costo unitario que ofrece el proveedor y en ambos casos hay un costo mínimo por la eventual aparición de faltantes.

Cabe mencionar que esta decisión depende en buena medida de los costos

unitarios de pedidos, mantenimiento, faltantes y por supuesto, de los descuentos ofrecidos por el proveedor.

Se puede observar que la decisión más costosa es la de pedir un solo lote al inicio de cada año, ya que con ello se evitan faltantes y el costo de colocar pedidos va a su valor mínimo, pero el mantenimiento del inventario se eleva, de modo que el costo total es el máximo de los 6 modelos comparados en este estudio.

El resultado obtenido con el algoritmo WW ha dado un costo menor que el SM y el EOQ, lo que es usual al aplicar estos modelos.

En cuanto al método Híbrido y la Simulación, ésta tiene la ventaja de manejar el problema más apegado a la realidad.

## Referencias bibliográficas

Babai, M Z., Syntetos, A. A., Dallery, Y., y Nikolopoulos, K., (2009). Dynamic re-order point inventory control with lead-time uncertainty: Analysis and empirical investigation, *International Journal of Production Research*, 47(9), 2461-2483.

Bustos-Flores, C. E., y Chacón-Parra, G. B., (2012). Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente: Un estudio en Venezuela, *Contaduría y Administración*, 57(3), 239-258.

Chase, R. B., Jacobs, F. R., Aquilano, y N. J., (2009). *Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros*, 12ª Edición, China: Mc Graw Hill.

Hansen, D. R., y Mowen, M. M., (2009). *Administración de Costos, Contabilidad y Control*, 5ª Edición, México: Cengage Learning.

Horngren, C. T., Datar, S. M., y Foster, G., (2007). *Contabilidad de Costos, Un enfoque gerencial*, 12ª Edición, México: Pearson Prentice Hall.

Izar, J. M., Ynzunza, C. B., y Sarmiento, R., (2012). Determinación del costo del inventario con el método Híbrido, *Conciencia Tecnológica*, 44, 30-35.

Silver, E. A., (2008). Inventory management: An overview, Canadian publications, practical applications and suggestions for future research, *Information Systems and Operations Research*, 46(1), 15-28.

Taha, H., (2004). *Investigación de Operaciones*, 7ª Edición, México: Pearson Prentice Hall.



## **Tendencia en la enseñanza de la Ingeniería Mecatrónica y su campo disciplinar.**

Jose Antonio Aquino Robles<sup>1</sup>, Leonel Germán Corona<sup>2</sup> y Juan Carlos Trujillo C.<sup>3</sup>

### **Resumen**

En este trabajo se explican algunos elementos básicos que deben ser pormenorizados al observar la tendencia de la enseñanza de la Ingeniería Mecatrónica y su campo disciplinar. Lo anterior se realiza mediante un bosquejo de su evolución desde el punto de vista educativo. Recordando que la Mecatrónica como concepto surge en Japón a mediados de la década de los sesenta del siglo XX. Sin embargo fue concebida para ser enseñada como área de la ingeniería posteriormente. Después de un periodo en el que se construyó sus fundamentos en los que actualmente se cimientan sus saberes propios, como rama de la ingeniería moderna.

Desde su concepción, la Mecatrónica creó nuevos paradigmas tecnológicos, con una marcada diferencia a los esquemas tradicionales establecidos en aquellos momentos. En ese contexto la enseñanza de la Mecatrónica requiere de ser concebida de forma diferente a la enseñanza convencional de la ingeniería. Por lo cual, en este trabajo de investigación mostraremos una particular ilustración de su desarrollo, además de explicar también como se ha provocado dicha evolución. Así mismo de su campo disciplinar, juntamente con un incipiente modelo pedagógico. Todos estos temas en contexto a la naturaleza interdisciplinar de la Mecatrónica.

**Palabras Clave:** Enseñanza de la Mecatrónica, tendencias de la Mecatrónica, interdisciplinariedad, campo disciplinar, modelo pedagógico.

---

Fecha de recepción: julio 2013 | Fecha de aceptación: octubre 2013

<sup>1</sup> Instituto Politécnico Nacional, Universitat Politècnica de Catalunya.

<sup>2</sup> Instituto Politécnico Nacional, México.

<sup>3</sup> Instituto Tecnológico de Orizaba, México.

## Abstract

This paper explains some basic elements that should be detailed when observing the trend of Mechatronic Engineering education and its disciplinary field. This is done by an outline of its evolution from an educational standpoint, recalling that the Mechatronics as a concept emerged in Japan in the mid-sixties of the twentieth century. However, it was designed to be taught as engineering subject later after a period in which its foundations were built to be a branch of modern engineering.

Since its conception, Mechatronics created new technological paradigms, with a marked difference to the traditional schemes established at that time. In this context, Mechatronics teaching requires to be designed differently from conventional engineering teaching. Therefore, in this research we will show a special illustration of its development, and also explain this evolution origin. Likewise, we will explain its disciplinary field, together with an incipient pedagogical model -all these issues in context to the interdisciplinary nature of Mechatronics.

**Keywords:** Mechatronic Teaching, Mechatronic trends, interdisciplinary, disciplinary field, pedagogical model.

## Introducción

En la actualidad (2013), los conocimientos tecnológicos, científicos, las habilidades necesarias para que un ingeniero diseñe (modele) y construya: una máquina, o un componente de ella; como puede ser un dispositivo o todo un proceso productivo automatizado, lo llegue a optimizar en algún sentido. Son muy distintos de los necesarios hace apenas cuarenta años. Aun cuando los conocimientos científicos fundamentales en la formación de un ingeniero (la matemática, la física, y en su caso la química y la biología) son básicamente los mismos, estos deberán ya dosificarse de forma diferente en la enseñanza de la ingeniería en esta época y más aún en una rama de la ingeniería de las características de la Mecatrónica (Aquino, Corona, Fernández, 2012b).

La diferencia patente y subyacente respecto a las épocas, es la disponibilidad actual de dispositivos digitales como los ordenadores industriales, los cuales son empleados para controlar grandes máquinas; diseñar y/o controlar procesos automatizados o diseñar y construir dispositivos o componentes de estos complicados artefactos.

Una máquina automatizada diseñada hace cuarenta años, tendría complicadas articulaciones y levas las cuales definen la relación de movimiento coordinado entre las diversas estaciones ó etapas de la misma. En la actualidad, esas relaciones se realizan gracias a algún software de control, el cual permite la gestión por medio de un ordenador, o un autómeta, o un micro controlador o procesador digital de señales (hardware).

Un diseñador de un sistema electromecánico controlado por ordenador (Ingeniero Mecatrónico) no sólo necesita saber principios apropiados de diseño mecánico, sino también conocer el hardware y el software de control, además de los sensores adecuados a fin de medir variables de interés y también las tecnologías de accionamiento. (Hidráulico, neumático, eléctrico etc.) Asimismo también manejar las herramientas de diseño asistido por ordenador en todas estas áreas CAD<sup>4</sup>, juntamente con las herramientas de manufactura moderna CAM<sup>5</sup>, CAE<sup>6</sup> las cuales hacen posible que un Ingeniero Mecatrónico pueda diseñar la integración de todas las tecnologías necesarias, hasta el punto que pueda emplearlas efectivamente (Aquino, Corona, Fernández 2011).

Respecto a lo anterior se puede manifestar en una primera aproximación que la Mecatrónica es una nueva y singular rama de la ingeniería que se ha ido consolidando a partir de sinergias tecnológicas; las cuales por razones propias de

---

<sup>4</sup> CAD -Diseño asistido por ordenador del inglés (Computer-aided design)

<sup>5</sup> CAM Manufactura asistida por ordenador del inglés (Computer-aided manufacturing )

<sup>6</sup> CAE Ingeniería Asistida por ordenador del inglés (Computer Aided Engineering)

su origen estuvieron enfocadas hacia la innovación. En el siguiente segmento de esta investigación se discutirán algunas definiciones propuestas en la literatura técnica contemporánea.

Por antonomasia un Ingeniero Mecatrónico deberá ser un diseñador en la integración de sistemas (desde el punto de vista productivo-industrial). Es muy poco común en ésta época (desde la perspectiva de la integración de sistemas) el caso en el que todos los componentes de un sistema se diseñen desde cero para un proyecto productivo, industrial, científico e incluso académico.

Con mucha frecuencia, el Ingeniero Mecatrónico selecciona componentes y subsistemas, de manera paralela diseña en forma adecuada la integración del hardware y software según se necesite. A ese respecto es menester señalar que el diseño de dispositivos específicos con tecnología de vanguardia, se desarrolla en líneas de investigación científica o mejor aún de; investigación tecnológica en estudios de nivel graduado (postgrado). Por lo que a nivel pregrado (licenciatura), lo más trascendente desde el punto de vista educativo, en cuanto a la virtud en la habilitación y preparación del Ingeniero Mecatrónico es: la eficiente habilidad que tenga integrando y seleccionando componentes, subsistemas, dispositivos de la tecnología más apropiada para desarrollar máquinas y sistemas Mecatrónicos. De todo ello se hablará en el presente trabajo en el cual se analizará la tendencia en la enseñanza de ésta rama de la ingeniería moderna. (Calderón E., Forero G. C.A., Chio N 2011)

## **Análisis teórico**

Al iniciar en este segmento, es necesario manifestar que una de las definiciones de Mecatrónica consiste en la integración sinérgica de cuatro campos de la ingeniería tradicional para el proceso de diseño a nivel de sistema. Estos cuatro campos son:

- Ingeniería mecánica, (de donde se toma el prefijo “meca”)
- Ingeniería electrónica, (de donde se toma el sufijo “trónica”)
- Ingeniería de cómputo. (informática)
- Ingeniería de control.

Empero Álvarez, Neff, Moya Chagoyén, Machado (2012) citan algunas definiciones basadas en la siguiente frase:

*La Mecatrónica es la integración de la mecánica y la electrónica en una máquina o producto.*

Sin embargo, aún con lo simple que resulta la expresión anterior, es con el

transcurso del tiempo juntamente con la cultura organizacional que le dio origen, la que logra arraigar a la Mecatrónica como una nueva especialidad de la ingeniería, la cual incorpora otros elementos como: los sistemas informáticos, los desarrollos de la microelectrónica, la inteligencia artificial, la teoría de control y otros relacionados con tecnologías de vanguardia.

Al madurar primero como concepto y posteriormente como rama de la ingeniería, comenzó a dictarse cátedra de esta nueva especialidad, en un principio en las escuelas de ingeniería de nivel graduado y posteriormente a nivel pregrado en las principales universidades de los países más industrializados del mundo. Y como muchas veces sucede en el mundo tecnológico, después de surgir un concepto o un desarrollo tecnológico innovador y atrayente, llega posteriormente la ciencia tratando de pormenorizar dicho desarrollo, por lo que posterior a su surgimiento, emergen las siguientes definiciones tratando de explicar lo que es la Mecatrónica.

- La definición propuesta por: J.A. Rietdijk mencionada por Álvarez et al (2012): – *“Es la combinación sinérgica de la ingeniería mecánica de precisión, de la electrónica, del control automático y de los sistemas para el diseño de productos y procesos”*.

- Por su parte también Álvarez et al (2012) menciona la definición de Craig como: *“La integración sinérgica de sistemas físicos, electrónica, controles y ordenadores a través del proceso de diseño desde el mismo comienzo del tal”*.

Asimismo añade: La integración es el elemento clave y la complejidad ha sido transferida desde el mando de los sistemas mecánicos al dominio de los ordenadores, el software y la electrónica. Señala también que la Mecatrónica es producto de un desarrollo evolutivo del diseño que demanda una integración horizontal entre numerosas disciplinas de la ingeniería así como una integración vertical. Resumiendo Craig plantea que la Mecatrónica es la mejor práctica para la síntesis en ingeniería, respondiendo a las necesidades de la industria y de los seres humanos de ésta época.

A lo anterior podemos añadir lo que se manifestó: Aquino, Corona (pp 29-31, 2009a), al afirmar que la “Mecatrónica” significa un sinfín de cosas para mucha gente, pero cuando se le pide a algún discípulo de esta rama de la ingeniería que trate de dar una definición precisa, por lo general se refiere a un dibujo mostrado por Kevin Craig referido por Álvarez et al (2012) que consiste en cuatro círculos sobrepuestos mostrados en la Figura 1, en los cuales se aprecian los:

- Sistemas mecánicos,
- Sistemas electrónicos,
- sistemas de control, y la
- Informática.

En el centro, donde se traslapan todas las sinergias primigenias asociadas, se forma la sinergia global “Mecatrónica”. Sin embargo la Mecatrónica representa

más que la mecánica y electrónica interactuando. La Mecatrónica está implicada con casi todo proceso de diseño de cualquier sistema físico, donde se integran: sensores, controles, electrónica, y computadoras desde el mismo comienzo de dicho proceso (Aquino, Fernández, Cuervo 2010)

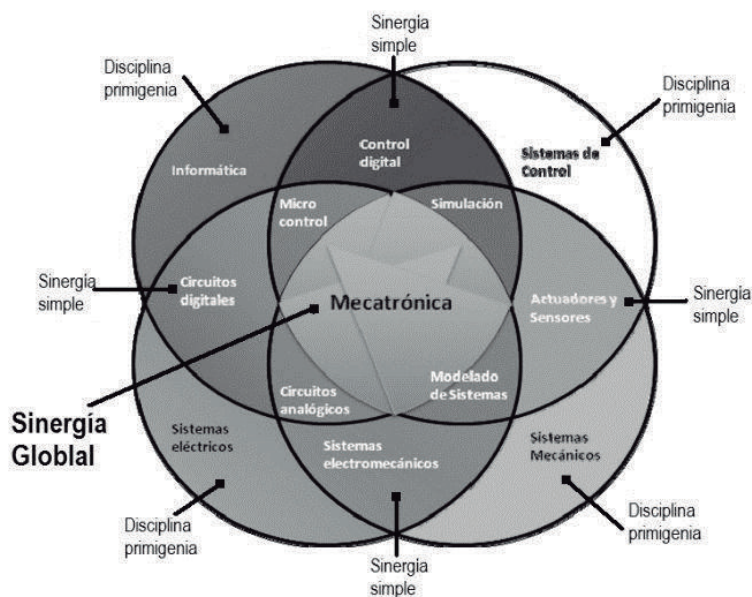


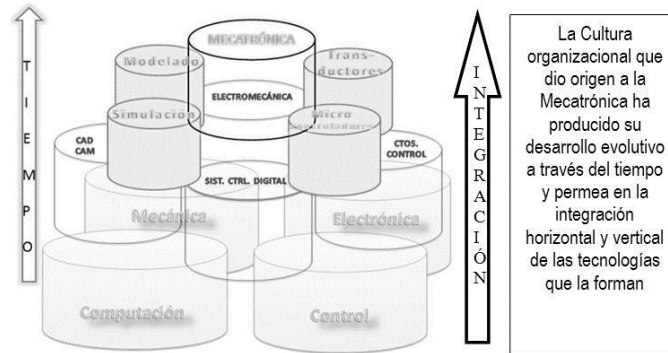
Figura 1. La conocida unión sinérgica de las áreas que conforman la ingeniería Mecatrónica. (Álvarez et al 2012)

Respecto a lo anterior es válida la siguiente aclaración, puesto que es común creer que el *Campo disciplinar*<sup>7</sup> de la Mecatrónica es la suma total de todas estas cuatro áreas de la ingeniería. Sí bien esta confusión podría ser producto de observar en un solo plano la figura 1, conocida por los estudiosos de la Mecatrónica, como la unión sinérgica de las cuatro áreas que la conforman. Existe sin embargo como elemento clave, **la integración**, siendo ésta tanto vertical como horizontal como menciona Craig.

Se señala también que la Mecatrónica implica **un desarrollo evolutivo** y un nuevo y definido campo disciplinar, empero este desarrollo evolutivo no ha surgido de forma espontánea, ni se da de manera azarosa, el tal es producto de la misma cultura organizacional que le dio origen a la Mecatrónica y además conlleva de forma implícita una singular filosofía de diseño ya muy bien definida en el espacio temporal.

<sup>7</sup> *Campo disciplinar*: Organización sistemática de una disciplina en particular para el logro del Perfil profesional y que se traduce en un plan de estudios.

Lo anterior puede explicarse mejor observando la Figura 2, en la cual se aprecia (añadiendo la dimensión temporal-espacial) su identidad como un cuerpo disciplinar autónomo; además de su evolución tecnológica sustentándose en las áreas que la han precedido en lo temporal y la respaldan mediante la integración de tecnologías tanto en lo vertical como en lo horizontal en un marco técnico-científico (Aquino, Corona Fernández, 2011)



**Figura 2.** Evolución de los campos disciplinares que dieron origen a la Mecatrónica. (Aquino et al 2011).

### **Surgimiento como tecnología**

Si nos remontamos al sitio de origen de la Mecatrónica podemos manifestar que ésta germina en una nación con una prestigiosa cultura basada en la innovación como Japón (Aquino et al pp 29-31, 2009a). Dicha cultura organizacional ha permeado de tal forma que se ha logrado una amplia interacción entre disciplinas (interdisciplinariedad), misma que ha resultado ser pilar del desarrollo tecnológico de la era digital (Aquino et al pp 29-31, 2009b).

### **Integración Horizontal**

Históricamente se sabe que de la sinergia entre las disciplinas primigenias surgió primeramente con **la Ingeniería de control** con el regulador de Watt en la máquina de Vapor; posteriormente **La Electromecánica**, surgida del enlace entre la ingeniería eléctrica y la mecánica, posteriormente, **la informática** y con ella los programas CAD y CAM, los sistemas de control digital, vea la Figura 3.

En algunos casos, estas sinergias han dado paso o son ya reconocidas áreas de la ingeniería, en otros casos son líneas de investigación y desarrollo tecnológico y en otros más, herramientas de ingeniería que surgieron anteriores en algunos casos a la de la sinergia global Mecatrónica (Aquino et al 2010).

Sí bien es cierto **la informática** surge inicialmente como medio o herramienta para hacer más rápido y con mayor precisión el cálculo en ingeniería, posteriormente se va descubriendo que ésta versátil herramienta puede mejorar en muchos aspectos,

el trabajo y la forma de vida humana. Y su vertiginoso crecimiento la posiciona como objeto de investigación y desarrollo tecnológico, hasta el punto en que se le consideró y empezó a enseñarse ya de forma autónoma (Ingeniería en sistemas computacionales).

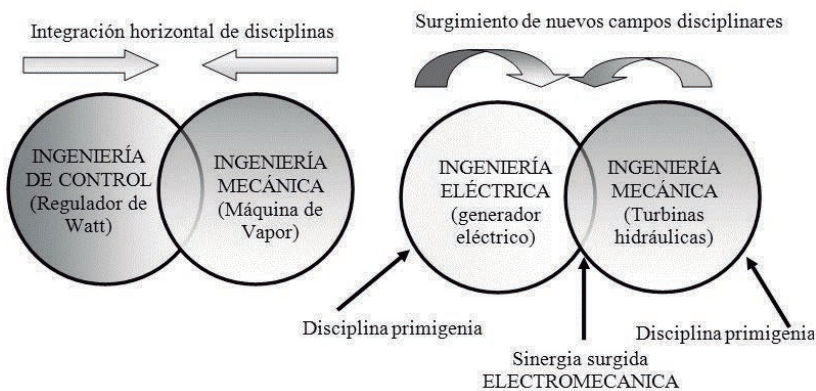


Figura 3. Integración horizontal de disciplinas de ingeniería

En el trabajo de Aquino, Cuervo, Corona, (pp 141-145, 2011) se menciona que la cultura organizacional japonesa, cuyo objetivo es la innovación mediante su singular forma de trabajo; produjo sinergias entre diversas ramas de la ingeniería y esta a su vez ha dejado tras de sí mayor interdisciplinariedad (enlace entre las disciplinas) y otras tantas más herramientas, (de ingeniería). Estas sinergias han ido trascendiendo más allá de su utilización original. Como ejemplo fehaciente está la necesidad de predecir el comportamiento de diferentes materiales a esfuerzos o sollicitaciones mecánicas de forma rápida e incluso sin tener que construir un prototipo o maquinar probetas y hacer con estas, costosas pruebas, de ahí el uso de los métodos numéricos, que gracias a los lenguajes y programas informáticos juntamente con poderosos procesadores digitales han hecho posible las tareas de análisis, dando como resultado una línea de investigación y herramienta de ingeniería llamada modelado y simulación de sistemas y/o procesos y también el software CAD mecánico de análisis y de diseño.

### Integración vertical

Antiguamente para el diseño de un proceso o máquina o dispositivo electromecánico se requería:

- Ingenieros que diseñarían los componentes mecánicos.
- Ingenieros que diseñarían los componentes eléctricos como actuadores, sensores y amplificadores, así como el diseño de la lógica y los algoritmos de control.
- Ingenieros que diseñarían la implementación del hardware y software de cómputo para controlar la producción en tiempo real.



Sin embargo en la actualidad y después del proceso evolutivo producto de la mencionada cultura organizacional que dio origen a la Mecatrónica. El trabajo de diseño mencionado anteriormente; mismo que desarrollaban ingenieros de diversas especialidades para lograr un objetivo en común. Ahora lo puede realizar un Ingeniero Mecatrónico con ayuda de las modernas tecnologías que se han desarrollado a través de la misma Ingeniería y de la creación de conocimiento organizacional. Siendo estas dos las que produjeron la evolución de la Mecatrónica. (Aquino, Corona, Fernández, 2011)

La Ingeniería Mecatrónica esquematiza en si misma esa forma de trabajo o cultura organizacional que ha producido sinergias a través del tiempo, pero más importante aún, las condensa en el trabajo estructurado que deberá demostrar un Ingeniero Mecatrónico en la práctica de la ingeniería en el sector productivo (Aquino, Corona, Fernández, 2010). Siendo esto uno de los aspectos más trascendentes y fundamentales al momento de desentrañar la tendencia en la enseñanza de la Mecatrónica. Ahora bien dentro de los elementos que podría servir para guiar ésta tendencia en la docencia de la Mecatrónica está sintetizado en contestar la siguiente pregunta:

*¿Cómo recrear la forma de trabajo que hizo evolucionar a la Mecatrónica a lo largo del plan de estudios?*

En contexto con la pregunta anterior, Álvarez et al (2012) manifiesta que en la actualidad existen numerosos desafíos para la enseñanza de la misma. Pero sí partimos de que la **Ingeniería** es la profesión en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se emplea con buen juicio a fin de desarrollar modos en que se puedan utilizar, de manera óptima los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad, en el contexto de restricciones éticas, físicas, económicas, ambientales, humanas, políticas, legales y culturales. Y que **la Práctica de la Ingeniería** comprende el estudio de factibilidad técnico económica, investigación, desarrollo e innovación, diseño, proyecto, modelación, construcción, pruebas, optimización, evaluación, gerenciamiento, dirección y operación de todo tipo de componentes, equipos, máquinas, instalaciones, sistemas y procesos (Aquino, Corona, Fernández, 2012a). Con ello podemos entender que la ingeniería tiene una finalidad muy bien definida, y por lo tanto el plan de estudios deberá tener también una finalidad de la misma naturaleza.

Empero para responder a la pregunta podemos manifestar que el plan de estudios puede organizarse, no sólo centrado en asignaturas, como ha sido costumbre, sino que puede planificarse alrededor de núcleos superadores de los límites de disciplinas, centrados en temas, casos, problemas y/o proyectos; que en el caso de la

ingeniería implicara la solución de estos vía proyectos integradores. Como variante de esta perspectiva se concibe el Currículum Holístico. La palabra holístico proviene del término griego “holos” que significa “totalidad”. Expresa lo que se toma entero con sus diferentes partes. La propiedad holística exhibida por los sistemas (modelo conceptual o lógico creado para representar a un objeto concreto) depende de la organización entre las partes, de un orden entre ellas. En dicho principio se argumenta que el holismo o sinergia es un paradigma de resurgimiento, basado en una rica tradición de muchas disciplinas. El holismo afirma la interdependencia inherente entre la teoría, la investigación y la práctica, en constante evolución. El holismo tiene sus raíces en la proposición de que el universo es una totalidad integrada y que todo está conectado. Esta proposición de integración y unidad está en oposición directa al paradigma de separación y fragmentación que predomina en el mundo contemporáneo (Castellanos Álvarez J., Lara Díaz L., Lapidó Rodríguez M., Iglesias León M., Balbis Coll E., Navales Coll M., Álvarez González A. 2003)

El objetivo del Currículum Holístico es preparar a los estudiantes para transitar en una carrera en la cual sus éxitos estén condicionados por el aprendizaje durante su vida, pensamiento crítico, toma de decisiones, trabajos en grupo, liderazgo y seguridad. La base del Currículum Holístico es la identificación de las cualidades deseadas para los graduados y la enseñanza de las habilidades a través de él, mismas que se han citado anteriormente.

Entre las características de un currículum Holístico, tenemos:

- El empleo de la estrategia basada en proyectos coordinados.
- El papel que desempeñan los profesores y posteriormente los estudiantes.
- Los estudiantes enseñan a otros los conceptos que dominan, por lo que estos aprenden unos de otros.
  - La introducción de las habilidades deseadas, para los egresados, desde el primer año y su desarrollo a través del currículum.
  - Dichas habilidades se refuerzan y retroalimentan para conocer su dominio
  - La interrelación entre los contenidos.
  - La asignación de problemas transdisciplinarios durante el currículum y por la discusión de sus soluciones a través de presentaciones orales y escritas.
  - El consumo de tiempo y la comunicación que se establece entre todos para lo que habrá de impartirse (contenidos).
  - La forma en que se realiza la evaluación.
  - La estrategia que se sigue en la elevación del nivel de complejidad de las tareas asignadas.
  - La manera en que los estudiantes aprenden a trabajar en equipo y a comunicarse.
  - La exigencia que se solicita al estudiante cuando rinde informe acerca de los diseños de proyectos coordinados.
  - Los procedimientos que utilizan los estudiantes al defender sus decisiones

en las clases u otras actividades.

- La estructura, el proceso de aprendizaje se da por lazos de retroalimentación.
- El conocimiento de los estudiantes de la razón del por qué ellos aprenden.
- La viabilidad de aprender los conceptos trabajando con los proyectos.
- La pertenencia de los estudiantes por el trabajo de la facultad.
- El dominio de los estudiantes de la mayoría de las habilidades que la industria desea.
- La integración de los contenidos desde los primeros años a partir de los proyectos.
- La presentación de los trabajos en público, lo que requiere de la presencia de estudiantes de diferentes años.
- El sistema de control y de retroalimentación, el cual posibilita que el contenido del curriculum pueda ser modificado basándose en la comparación entre la actual y lo deseado.
- La forma en que la facultad entera participa en la reorganización del curriculum, porque la idea de mejorar nace de dentro de ella misma y toda ella participa.

En el Curriculum Holístico las habilidades deseadas para los egresados se introducen desde el primer año y se desarrollan a lo largo de la carrera. Se posibilita que se refuercen continuamente a través de los diseños de proyectos que se ejecutan a nivel de años, grupos e individualmente. (Castellanos Álvarez J et al 2003).

Sin embargo después de ver estas recomendaciones en lo general cabe por preguntarse también lo siguiente pero ya en lo específico (para la ingeniería Mecatrónica):

*¿Cómo lograr un diseño adecuado del campo disciplinar para la enseñanza de la Mecatrónica?* y que por medio de él, se logre conjuntar los conocimientos de Ingeniería Mecánica, Electrónica, Informática y Control automático pero más importante aún debido al origen y modo de trabajo que se tiene en Mecatrónica, es necesario preguntarse *¿cómo dotar de las habilidades y el saber hacer (know how) para la Práctica de la Ingeniería Mecatrónica, y que esto satisfaga las crecientes demandas del desarrollo industrial y las habilidades que se requieren para dicho especialista?* (Aquino, Corona, Fernández 2012c).

Sí partimos de que un sistema Mecatrónico típico recoge datos del mundo con el que interactúa mediante sensores, los procesa y como salida, genera fuerzas y movimientos. Los subsistemas mecánicos son entonces los actuadores o extensiones de estos y a su vez están integrados con sensores, microprocesadores y controladores.

Los robots, las máquinas controladas digitalmente, los vehículos guiados automáticamente, las cámaras electrónicas, las máquinas de telefax y las fotocopiadoras pueden considerarse como productos Mecatrónicos en su caso.

En el sitio donde surgió la Mecatrónica al aplicar la forma de trabajo o cultura organizacional, cuyo medio fue la integración de tecnologías y cuyo fin fue la innovación; se obtuvieron ventajas importantes en el diseño de productos y sistemas, como son mayor

flexibilidad, versatilidad, nivel de inteligencia de los productos, seguridad y confiabilidad así como un bajo consumo de energía (Aquino, Corona, Fernández 2012d).

Estas ventajas se traducen en un producto con más orientación hacia el usuario y que puede producirse rápidamente a un costo reducido, vea Figura 4.

También de acuerdo Álvarez et al 2012 y a su clasificación de los productos Mecatrónicos:

*Clase I:*

Productos primariamente mecánicos con la electrónica incorporada para realzar o aumentar su funcionalidad, por ejemplo máquinas herramientas con control numérico, variadores de velocidad, etc.

*Clase II:*

Sistemas mecánicos tradicionales con dispositivos electrónicos internos actualizados incorporados a los mismos, por ejemplo las modernas máquinas de coser.

*Clase III:*

Los sistemas que conservan la funcionalidad del sistema mecánico tradicional, solamente los mecanismos internos son sustituidos por la electrónica. Un ejemplo clásico es el reloj digital.

*Clase IV:*

Los productos diseñados con tecnologías mecánicas y electrónicas integrados sinérgicamente. Los ejemplos incluyen las fotocopiadoras, las lavadoras y secadoras, ollas automáticas, etc. (En esta clasificación se observa que el nivel de integración en el diseño de estos productos va evolucionando, gracias precisamente a la forma de trabajo que dio origen a la Mecatrónica, misma que también ha ido evolucionando)

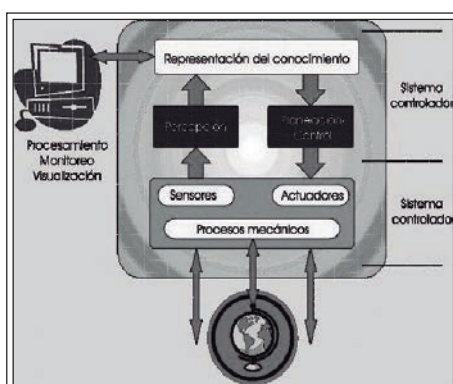


Figura 4. Arquitectura de un sistema Mecatrónico

En respuesta a ¿cómo diseñar el campo disciplinar?, la respuesta se encuentra presente, justamente en aplicar en la docencia de la mecatrónica: la

cultura organizacional o filosofía de integración. Similar a la que produjo la interdisciplinariedad en el diseño de productos y sistemas Mecatrónicos (Aquino, Cuervo, Corona, (pp 141-145, 2011).

(Aquino, Corona Fernández, 2011), manifiestan que en la enseñanza de las ingenierías con una marcada interdisciplinariedad se deberán utilizar núcleos integradores y estos son precisamente aquellos que construyen la sinergia entre disciplinas, vea la Figura 5.

Sin embargo, por experiencia frente a grupos en nuestra unidad académica, hemos notado que con los núcleos integradores, no solo se construye la sinergia de tecnologías en los proyectos que se realizan, sino que, también a través de ellos se consolida el proceso enseñanza-aprendizaje de la práctica de la ingeniería, teniendo con ello el cumplimiento de los siguientes objetivos:

**i.** Dotar de utilidad práctica a los conocimientos científicos y tecnológicos que va adquiriendo de forma paralela a cada núcleo integrador.

**ii.** El alumno adquiere habilidades y la actitud propia de un ingeniero al utilizar en cada uno de ellos, de forma estratégica, el Método de la Ingeniería en la realización de cada proyecto en cada núcleo integrador.

**iii.** Todo eso que se describe en el perfil profesional de egreso, en los planes de estudios, se volverá una realidad con la integración de conocimientos y habilidades por medio de los núcleos integradores, ello debido al hecho, de que una formación integral en ingeniería requiere por necesidad, de una enseñanza integradora.

**iv.** Para el caso específico de ingenierías de corte interdisciplinar justamente con los núcleos se crea esa sinergia entre disciplinas, ya que mediante estos se establecen los vínculos que dan nombre (por ejemplo a la Ingeniería Biomédica, a la Ingeniería Mecatrónica, a la ingeniería Telemática, etc.); Razón de ser (soluciones que se ubican en la frontera de dos o más disciplinas y que solo se abordan con una visión conjunta e integradora) y razón de existir a dichas ingenierías, lo cual se explica en la razón evidente de que al resolver problemas tecnológicos, científicos y sociales, en donde se ha requerido de soluciones que involucran más de dos disciplinas científicas y/o tecnológicas; ellas son necesarias. Por ello, sí para la solución de tales problemas se han requerido de sinergia entre disciplinas es por demás lógico que para la enseñanza de ingenierías interdisciplinarias se requiera de una estrategia de enseñanza de ingeniería que integre de forma sinérgica tales disciplinas, vea figura 5, (Aquino, Corona, Cuervo, 2012b).

**v.** En el caso particular de la Ingeniería Mecatrónica, en el cursamiento de los núcleos integradores, se debe recrear la cultura organizacional que le dio origen y que la ha hecho evolucionar, provocando con ello que el egresado de esta rama de la ingeniería desarrolle las destrezas integrales y las habilidades de integración, que debe exhibir como profesional de ésta rama de la ingeniería en el sector productivo, observe la Figura 5.

Aun cuando los planes y programas de estudio se pueden presentar bajo diversas formas, respondiendo a características diferentes de las diversas ingenierías. En Mecatrónica, se debe destacar, los que organizan los aprendizajes interdisciplinariamente, (por las razones que se explicaron en párrafos anteriores) siguiendo ciertos ejes (núcleos integradores) alrededor de los cuales orbitan los contenidos, en los cuales se vinculan la formación teórica y la formación en la práctica de la ingeniería. Estos núcleos forman al currículum integrador, globalizador e interdisciplinar (Holístico). Los núcleos serán superadores de los límites de disciplinas, centrados en temas frontera que en el caso de la ingeniería implicara por fuerza una solución igualmente ubicada en la frontera entre disciplinas (Aquino, et al 2012b).

Esta proposición de integración y unidad está en oposición directa al paradigma de separación y fragmentación que predomina en el mundo contemporáneo, como se mencionó anteriormente.

Ahora bien dependiendo del desarrollo tecnológico, infraestructura y espacios, y aún más, de la disposición y de la visión que tengan los docentes de las escuelas que ofertan la enseñanza de la Mecatrónica. Las estrategias de enseñanza integradora podrían estar basadas en problemas, en proyectos o en casos. Sin embargo y aun con lo anterior, el nivel de integración que se alcance será directamente proporcional al número –y calidad– de núcleos integradores que haya en sus planes y programas de estudio.

Para ejecutar lo planteado se requiere concebir una forma de trabajo colegiado, muy similar a la cultura organizacional que provoco el origen de la Mecatrónica y que esta filosofía de trabajo tenga como plataforma una concepción integral en la formación de Ingenieros Mecatrónicos, (cosa que no es fácil de lograr). En ella deberán promoverse reuniones con temas precisos que orbiten alrededor de núcleos integradores en las que se promueva la participación sin excepción de ninguna índole de todos los profesores involucrados en la docencia de la Mecatrónica.

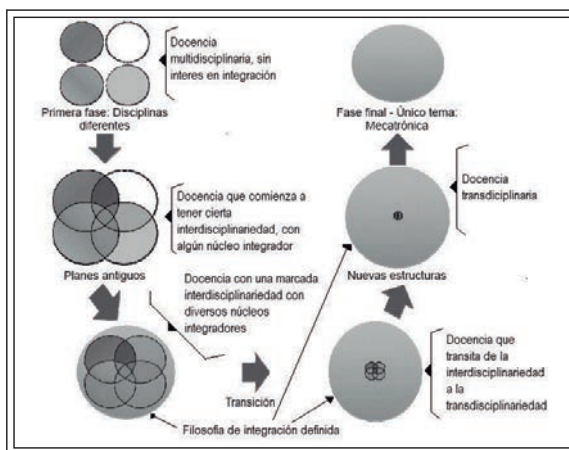


Figura 5. Evolución de la tendencia en la enseñanza de la Mecatrónica.

El ejecutar proyectos que integren los conocimientos de diversas disciplinas y la práctica de la ingeniería, no es una propuesta inédita de parte nuestra, actualmente la enseñanza de la ingeniería Mecatrónica en universidades de Colombia y de la ingeniería de telecomunicaciones en la Universidad Politécnica de Madrid se lleva a cabo ésta tarea, tal como se describe en Aquino R. et al (2010) , logrando con ello, la enseñanza de la ingeniería en etapas o ciclos que al irlos cubriendo total o parcialmente, habilitaran al estudiante de ingeniería en destrezas bien definidas.

En la actualidad existen tantos modelos, criterios y currículos para formar un Ingeniero Mecatrónico, como universidades existen en el mundo (que ofrecen dicho programa). Con todo ello el perfil de egreso, cambia poco en el discurso o en el papel. Sin embargo, lo que sí es evidente en el campo disciplinar de cada universidad que ofrece este programa. Es el nivel de integración y la etapa en la que van transitando de acuerdo a la Figura 5. Por lo cual antes de definir un perfil de egreso, se deberá analizar en que etapa va transitando la enseñanza de la Mecatrónica en la escuela o facultad que la imparte.

Es necesario señalar que algunas escuelas, en la actualidad se imparte la Mecatrónica de forma multidisciplinar, otras escuelas más, ya han transitado a una enseñanza interdisciplinar, lo cual es evidente en su plan de estudios. Es recomendable en este tiempo para las escuelas que recién inician su impartición, comenzar ya con una enseñanza de corte interdisciplinar que posteriormente se transforme en una enseñanza transdisciplinar.

En ese contexto se puede señalar que la formación de un ingeniero Mecatrónico al igual que la Mecatrónica como rama de la ingeniería; tienen ambos una dimensión un tanto oculta, que es el nivel de integración en la enseñanza de la misma y la forma como se ejerce en la práctica finalmente. Esto mismo es evidente en la evolución descrita en la Figura 5.

## Conclusiones

Actualmente se ha multiplicado la docencia de la Ingeniería Mecatrónica. Ésta ha experimentado un fuerte impulso, no solo en las naciones altamente desarrolladas, sino también en las naciones en vías de desarrollo. Sin embargo, se ha tomado poco cuidado en investigar la forma como la Ingeniería Mecatrónica fue concebida, al igual que tampoco se ha investigado la forma de recrear la cultura organizacional que la hizo emerger primeramente como concepto y que posteriormente la hizo crecer como rama interdisciplinar de la ingeniería.

Por estos hechos en este trabajo se han hecho evidentes los antecedentes y las preguntas que han llevado a mostrar los fundamentos necesarios para tratar de hacer realidad de una forma más eficiente y efectiva todo eso que se describe en el perfil

de egreso del Ingeniero Mecatrónico en las escuelas de ingeniería, pero que en la práctica cuesta trabajo lograr. Y ello no por falta de profesionalismo, sino más bien por falta de conocimiento acerca de la evolución disciplinar de la Mecatrónica.

De igual forma es necesaria en la enseñanza de la Mecatrónica, recrear la forma de trabajo, filosofía o cultura organizacional que le dio origen y que deberá estar implícita en la forma de trabajo que cada egresado de esta rama de la ingeniería debe tener en el sector productivo.

Se ha dado una explicación de la evolución de la Mecatrónica y se ha pormenorizado el campo disciplinar de la misma. A fin de darle al lector una explicación clara de lo que es la Mecatrónica, ya con un corpus propio, autónomo y con una identidad diferenciada de las disciplinas que le sirvieron como fundamento.

Finalmente se proporciona una idea probada, para no solo crear la interdisciplinariedad, sino también para recrear la forma de trabajo, filosofía o cultura organizacional propia de la Mecatrónica, mediante los Núcleos Integradores. Los cuales no solo servirán para integrar disciplinas sino que deberán recrear la forma de trabajo que por excelencia tiene o debe tener aquel que haga Ingeniería Mecatrónica.

Estos núcleos integradores también serán los encargados de producir la transición de una Mecatrónica Interdisciplinaria a una Mecatrónica transdisciplinaria y finalmente conducir a la Mecatrónica a ser una rama de la Ingeniería y enseñada como tema único como hoy lo es la Ingeniería Eléctrica, la Ingeniería Mecánica o la Ingeniería Química.



## Referencias

Aquino J.A., Corona L. (2009) “La Ingeniería Mecatrónica en la Investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación – Primera parte: Un modelo secuencial”, *Conversus, Revista de divulgación científica y tecnológica del Instituto Politécnico Nacional, México*. No. 77 pp 29-31. ISSN-16652665

Aquino J.A V. D. Cuervo V.C., Corona L. (2011) “Construyendo un polo de innovación tecnológica a partir de un polo de innovación educativa”. *Revista de la Facultad de ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) No.2 2011-Nuevas tendencias en sistemas Mecatrónicos - pp 141-145* [www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen15/construyendo.pdf](http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen15/construyendo.pdf). ISSN: 1665-529X

Aquino Robles J.A. Corona L. (2009)“La Ingeniería Mecatrónica en la Investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación – Segunda parte: Un modelo estratificado”, *Conversus, Revista de divulgación científica y tecnológica del Instituto Politécnico Nacional México* No. 78 pp 28-31. ISSN-16652665

Álvarez Peña, C. Neff, F. J. Moya Rodríguez, J. L. Chagoyén Méndez, C. A. Machado Rodríguez, A. S. (2012) “Teaching Mechatronics engineering a challenge of the new century”. Presentado en: *The 2nd International Symposium on Integrating Research, Education, and Problem Solving*. Orlando, Florida USA

Aquino J.A., Corona L., Fernández C. (2009) “Impulsando el Desarrollo Sostenible, mediante Proyectos de Fin de Carrera en Ingeniería Mecatrónica, en nuestra Nación”. 9º Congreso de Internacional Retos y Expectativas de la Universidad organizado por Instituto Politécnico Nacional, México.

Aquino J.A., Fernández C., Cuervo V.D. (2010) *Mecatrónicamente Sostenible*. 8º. Congreso de Internacional sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico CIINDET organizado por AMIME y la IEEE sección Morelos, sede Ciudad de Cuernavaca.

Aquino J.A., Corona L. Fernández C. (2011) “La Formación Integral en Ingeniería Mecatrónica” -. Presentado en el VI Congreso Internacional de Ingeniería Electromecánica y de Sistemas IPN- ESIME-SEPI México D.F.

Aquino J.A., Corona L., Fernández C., Cuervo V.D. (2010) “Trayectoria evolutiva de los criterios de evaluación en la enseñanza de la ingeniería Mecatrónica”. IV Foro Nacional de Ciencias Básicas, organizado por la división de ciencias básicas de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. México.

Aquino J.A., Corona L., Fernández C. (2012) “Identidad y destino del SER llamado Ingeniero marco histórico y referencial”. Presentado en el Foro mundial

de la enseñanza de la ingeniería, WEEF en Buenos Aires, Argentina.

Aquino J.A., Corona L., Cuervo V.D. (2012) “Creando el enlace entre las disciplinas de ciencias básicas en la enseñanza de la Ingeniería Mecatrónica”. V Foro Nacional de Ciencias Básicas, organizado por la división de ciencias básicas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Aquino J.A., Corona L. Fernández C. (2012) “Sociedades estudiantiles en escuelas de ingeniería y la creación de conocimiento organizacional”. Presentado en el Foro mundial de la enseñanza de la ingeniería, en Buenos Aires, Argentina.

Aquino J.A., Corona L., Fernández C. (2012) “La Mecatrónica Verde como actor y la lucha contra el cambio climático como escenario” Presentado en el 2º. Congreso Nacional en Investigación en Cambio Climático Organizado por la Universidad Nacional Autónoma de México.

Calderón E., Forero G. C.A., Chio N. (2011) “ La Enseñanza de la Ingeniería Mecatrónica en la UNAB y su metodología basada en Proyectos Integradores”; 3er Congreso Internacional de Ingeniería Mecatrónica – UNAB Vol 2, No 1. El código ISSN del evento es 2145-812X.

Castellanos Álvarez J., Lara Díaz L., Lapidó Rodríguez M., Iglesias León M., Balbis Coll E., Navales Coll M., Álvarez González A. (2003) “Diseño Conceptual para la formación Holística del Ingeniero Mecánico”. Biblioteca Virtual Universidad de Cienfuegos. Cuatro Caminos Km 4. Carreras a Rodas. Consultado en junio de 2013 en la web: [http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/eventos/import/Formacion\\_holistica\\_ingeniero.pdf](http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/eventos/import/Formacion_holistica_ingeniero.pdf).

# **Evolución de la calidad del agua de la cuenca Matanza-Riachuelo**

Maricel Patricia Cattaneo<sup>1</sup> y Estela Mónica López Sardi<sup>1</sup>

## **Resumen**

En el año 2006, la Corte Suprema de Justicia de la Nación emitió su primera decisión en el que, sin lugar a dudas, se convirtió en el caso ambiental más importante sobre el que se haya expedido: la causa sobre la contaminación de la cuenca Matanza-Riachuelo. Éste fue el puntapié inicial para una serie de decisiones del Tribunal que incluyeron la aprobación, en el año 2008, de un plan para la recomposición ambiental de la cuenca. Sin embargo, a cinco años de la aprobación del plan, no existen comunicaciones objetivas que nos permitan conocer su impacto en la calidad de agua.

La base de datos hidrológica de la Cuenca Matanza Riachuelo, publicada por la autoridad de cuenca en su página web, presenta periódicamente los resultados de los análisis físico-químicos, biológicos y bacteriológicos realizados sobre las muestras tomadas en las distintas estaciones de medición desde el año 2008, pero no presenta la interpretación ni la evolución a partir de las medidas implementadas.

El objetivo de este trabajo es presentar un estudio de la evolución de la calidad de agua de la cuenca Matanza-Riachuelo desde la implementación del fallo de la Corte Suprema de Justicia de la Nación hasta la fecha. Para ello, hemos calculado el valor del índice de calidad del agua (ICA Brown) en cada una de las estaciones de muestreo de agua superficial, a partir de los datos publicados por la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo.

***Palabras Clave:*** cuenca Matanza – Riachuelo, índice de calidad del agua.

## **Abstract**

In 2006, the Argentine Supreme Court of Justice issued its first decision in which, no doubt, became the most important environmental case: Matanza- Riachuelo Basin pollution case. This was the kick-off to a series of Court decisions involving the adoption, in 2008, of a plan for the basin environmental recomposition. However, five years after plan adoption, there are no objective notifications that allow us to understand its impact on water quality.

The hydrological database of Matanza-Riachuelo Basin, published by the basin authority in its website, regularly presents the results of the physical-chemical, biological and bacteriological analysis performed on samples taken at different measuring stations since 2008, but doesn't show the interpretation or evolution since the implemented measures.

The aim of this paper is to present a study of Matanza-Riachuelo Basin water quality evolution since the implementation of Argentine Supreme Court of Justice sentence to date. To do this, we have calculated the value of the water quality index (ICA Brown) in each of the surface water sampling stations from the data published by the Matanza-Riachuelo Basin Authority.

**Keywords:** Matanza-Riachuelo Basin - water quality index.

## Introducción

### Características del río Matanza-Riachuelo

El curso Matanza-Riachuelo, posee una orientación sudoeste-noreste, constituye el drenaje superficial de una cuenca que cubre un área de aproximadamente 2240 km<sup>2</sup>, unos 64 km de longitud y un ancho medio de 35 km. Las zonas aledañas a esta Cuenca constituyen el asiento de una población de más de 3.500.000 habitantes distribuidos en la Ciudad de Buenos Aires y los partidos bonaerenses de Almirante Brown, Avellaneda, Lomas de Zamora, La Matanza, Lanús, Cañuelas, Ezeiza, Las Heras, Marcos Paz, Merlo, Esteban Echeverría, Pte. Perón y San Vicente.

El curso presenta tramos con características físicas diversas: la Cuenca Alta, que va desde sus nacientes hasta donde se producen las afluencias de los arroyos Chacón y Cañuelas, con características rurales; la Cuenca Media, hasta el Puente de la Noria, integrado en parte por una canalización artificial siendo zona periurbana, y la Cuenca Baja, va desde dicho puente hasta la desembocadura del Riachuelo en el Río de la Plata siendo zona altamente urbanizada.

El curso Matanza-Riachuelo y sus tributarios, reciben diversos impactos contaminantes asociados al vertido de líquidos residuales, crudos o con insuficiente grado de tratamiento, de orígenes domiciliarios y provenientes de múltiples actividades productivas, agroindustriales e industriales. A tales impactos se suman los generados por los residuos sólidos que se depositan en los cursos y por los desagües de conducción pluvial que a su vez reciben aportes contaminantes de origen cloacal e industrial.

### El problema

El Riachuelo, que desemboca en el Río de la Plata, está contaminado desde principios del siglo XIX, cuando saladeros y curtiembres arrojaban en él sus desechos. La promesa más antigua de limpiar el Riachuelo fue realizada por la Primera Junta en 1811, dado que entre los vecinos abundaban los casos de afecciones pulmonares, vista y piel, relacionadas con la alta toxicidad del río. Dos siglos después, cuando el grado de contaminación parece imposible de superar, los ribereños no pierden la esperanza de que esta vez, se tuerza el curso de la historia.

En el año 2004, un grupo de vecinos iniciaron una demanda contra el Estado Nacional, la Provincia de Buenos Aires, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y cuarenta y cuatro empresas por los daños y perjuicios derivados de la contaminación del Riachuelo (CSJN, “Mendoza, Beatriz y Otros c/ Estado Nacional y Otros”, sentencia del 08-07-2008.) . Entre otras pretensiones, los vecinos solicitaron al Tribunal que condene a los Estados demandados a poner fin a la contaminación de la Cuenca y a recomponer el ambiente dañado. En su primera decisión en la causa, la Corte Suprema ordenó a los Estados que presenten un plan para el saneamiento

de la Cuenca. Sobre la base del resultado de las audiencias públicas y del informe presentado por los expertos de la Universidad de Buenos Aires, el tribunal advirtió que para poder avanzar en la causa era necesario ordenar la recolección de información precisa, actualizada, pública y accesible sobre el estado del agua, el aire y las napas subterráneas. Finalmente, en la sentencia del 8 de julio de 2008, la Corte Suprema aprobó un plan de saneamiento de la cuenca, que incluye, entre otras obligaciones la presentación trimestral de información actualizada sobre el estado del agua y las napas subterráneas mediante un sistema de información pública digital vía Internet.

Cómo puntapié inicial de sus actividades la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR) realizó en 2008 la Encuesta de Riesgos Ambientales para la Salud, (EFARS 2008). La conclusión obtenida a partir de los datos de la encuesta fue que los problemas existentes son de tipo estructural y altamente complejos, vinculados con la alta incidencia de contaminantes en la región y con todas aquellas situaciones emergentes de las precarias condiciones de vida en la Cuenca. Los principales impactos ambientales sobre los asentamientos y poblaciones ribereñas son debidos a la mala calidad del aire exterior, la disposición de residuos, el mal abastecimiento de agua y la falta de red cloacal.

Respecto de los residuos, si bien los municipios son los responsables de su gestión, debido a la complejidad ambiental, se evidencia la necesidad de proponer acciones complementarias desde ACUMAR que involucren cambios culturales y coordinación inter jurisdiccional.

Respecto de los contaminantes atmosféricos, según el relevamiento realizado por funcionarios de la Ciudad de Buenos Aires en 2009, los puntos críticos se encuentran en Puente La Noria, Puente Uriburu y Desembocadura del Destacamento Prefectura.

Respecto a la contaminación del curso de agua, deriva de la histórica falta de control de descarga de efluentes industriales, domésticos y falencias de infraestructura de agua y saneamiento.

Ante esta situación, la ACUMAR viene trabajando desde 2009 en el Plan Integral de Saneamiento Ambiental, que implica acciones como las siguientes:

**Control industrial de la cuenca:** Se incluye el relevamiento de todos los establecimientos vinculados a la cuenca. De las 1571 industrias declaradas como agentes contaminantes, 1130 presentaron su PRI (Plan de Reconversión Industrial) y 800 establecimientos están próximos a cumplimentar sus planes de reconversión. 300 empresas ya han finalizado las tareas comprometidas en el PRI y 239 establecimientos fueron clausurados.

**Residuos:** Limpieza de residuos en barrios ribereños, planes de recolección de residuos reciclables.

**Seguimiento de obras de infraestructura:** redes de agua potable, desagües pluviales y saneamiento cloacal.

**Promoción de la producción limpia:** monitoreo de los Programas de Reversión Industrial iniciados por las empresas contaminantes.

**Gestión de los residuos sólidos:** articulación de políticas integrales que finalizan en el tratamiento de los residuos urbanos.

**Urbanización de villas:** gestión para la construcción de viviendas y mejoramiento de las existentes.

**Limpieza de márgenes y curso de agua:** recolección de residuos y traslado para su disposición final.

**Extracción de buques:** reflotamiento de embarcaciones hundidas y desplazamiento de viejos buques hacia la zona de desguace.

**Ordenamiento del territorio:** planificación de la relocalización de viviendas, mejoramiento del hábitat urbano, obras de infraestructura y complementarias.

Las fotografías que se presentan a continuación, tomadas en Junio de 2013, constituyen una muestra de las condiciones ambientales de los márgenes del Riachuelo en distintos puntos.



Imagen 1. Margen a la altura del autódromo.



Imagen 2. Asentamiento ribereño margen Provincia Bs. As.



Imagen 3. Asentamiento ribereño margen CABA.



**Imagen 4.** Limo del fondo del Riachuelo.



**Imagen 5.** Desagüe fabril, altura del Puente La Noria.

Como parte de la manda judicial, ACUMAR publica trimestralmente en su página de Internet los análisis físico-químicos, isotópicos, bacteriológicos y de compuestos orgánicos realizados para cada una de las muestras obtenidas en las estaciones de monitoreo que ha establecido a lo largo del Riachuelo y sus tributarios. Las mediciones se realizan mediante convenio con el Instituto Nacional del Agua, el Servicio de Hidrología Naval, y el Instituto de Limología Dr. Raúl A. Ringuelet de la Universidad Nacional de la Plata. Sin embargo, estos datos, por sí mismos no permiten al público en general, entender cuál es el efecto alcanzado hasta el momento por la implementación del plan, en la calidad del agua de la cuenca.

Desde nuestro Centro de Investigación hemos procesado los datos suministrados por la Base de datos Hidrológicos de ACUMAR mediante el cálculo de un índice de calidad del agua (ICA Brown), con el objetivo de analizar las variaciones producidas en la cuenca, a partir de la implementación del plan de saneamiento.

### **ICA Brown: metodología**

Uno de los índices más difundidos para el estudio de la calidad del agua es el Water Quality Index (WQI), desarrollado en 1970 por la National Science Foundation de los Estados Unidos (NSF), para comparar la calidad de distintos ríos y sitios en lugares distantes del país. En nuestro medio se lo conoce como ICA Brown.

Para su creación se utilizó el método Delphi de la Corporación Rand. El nombre del método, basado en el oráculo de Delfos, nos habla de una metodología de investigación multidisciplinaria para la realización de pronósticos y predicciones. Así, un conjunto de 142 expertos analizó la pertinencia de 35 variables asociadas a la calidad del agua, calificando a cada una según consideraban que debía ser “incluida”, “no incluida” o estaban “indecisos”. Las variables seleccionadas debían ser calificadas



de 1 a 5 (siendo 1 el valor más importante). (Ott, 1978); (Brown, 1970).

Los resultados del sondeo se redistribuyeron entre los expertos, quienes debieron volver a elegir los parámetros, hasta que la lista quedó reducida a nueve de ellos, cada uno con su propio peso específico sobre el valor total (Tabla 1).

i	Parámetros Qi	W i
1	Coliformes fecales	0,16
2	pH	0,12
3	DBO5	0,10
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Temperatura	0.10
7	Turbidez	0,08
8	Sólidos disueltos totales	0,07
9	Oxígeno Disuelto	0,17

**Tabla 1.** Parámetros del ICA y su peso específico.

A continuación, se detalla la importancia de los parámetros seleccionados para el cálculo del ICA y su incidencia en la calidad del agua.

**Coliformes:** Las bacterias coliformes se consideran indicadores de contaminación fecal en aguas. Su ausencia en el agua indica que es bacteriológicamente segura.

**Potencial de Hidrógeno (pH)** Este valor, se calcula como  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ . Un pH igual a 7 indica un medio neutro, menor a 7, un medio ácido y por encima de 7 un medio básico. Valores de pH en el agua entre 6 y 9 son los más aptos para el desarrollo de la vida acuática. A valores por debajo de 4 o por encima de 11 se observa mortandad de peces. El pH de las aguas puede variar según los distintos tipos de vertidos que reciban las mismas. El desarrollo de algas en un curso de agua consume  $\text{CO}_2$  y eleva el pH. En el agua dulce, un aumento de la temperatura puede provocar una disminución del pH.

**Demanda biológica de oxígeno** La materia orgánica presente en un curso de agua es biodegradada por los microorganismos aeróbicos (que trabajan en presencia de oxígeno). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) es una técnica usada para establecer los requerimientos de oxígeno necesario para la degradación bioquímica de la materia orgánica presente en el agua.

**Nitratos en el agua:** El agua con altas concentraciones de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) representa un riesgo para la salud, especialmente en los niños. La acción de la flora estomacal reductora puede transformar los nitratos en nitritos, capaces de convertir a la hemoglobina en metahemoglobina, inhibiéndose el transporte de oxígeno en

la sangre. Aunque este sería un proceso reversible, puede llegar a provocar la muerte, especialmente en niños. Los nitratos también pueden formar nitrosaminas y nitrosamidas, compuestos de efectos cancerígenos. La presencia de nitratos en un curso de agua puede atribuirse a fuentes naturales como los depósitos geológicos y al contacto con vegetación en descomposición. Sin embargo, una de las fuentes principales de nitratos en el agua son los fertilizantes.

**Fosfatos en el agua:** Los fosfatos en el agua provienen de: fertilizantes, excreciones humanas y animales, detergentes y productos de limpieza. Los compuestos del fósforo son nutrientes de las plantas y conducen al crecimiento de algas en las aguas superficiales, produciéndose la eutrofización.

**Temperatura:** Una modificación de la temperatura media de un curso de agua afecta a los peces y a las algas que habitan en ellas. El uso del agua para la refrigeración de centrales termoeléctricas genera contaminación térmica. También el vertido de efluentes de actividades industriales puede afectar la temperatura media de los cursos de agua. Como vimos más arriba la modificación de la temperatura afecta la concentración del oxígeno y el pH, entre otros valores. Un aumento de la temperatura tendrá también influencia en la cinética de todos los procesos fisicoquímicos y biológicos que en ella ocurren.

En el procesamiento se utilizó el siguiente concepto:

$Q \text{ value} = T^{\circ} \text{ ambiente} - T^{\circ} \text{ de referencia para esa estación}$

La temperatura de referencia para cada estación se obtuvo a través del procesamiento estadístico-descriptivo. En cada estación se generaron dos muestras: temperaturas del otoño-invierno observadas y temperaturas de primavera-verano observadas. De acuerdo al coeficiente de variabilidad, se utilizó la temperatura promedio o la mediana como temperatura de referencia en cada punto de medición para cada estación del año.

**Turbidez del agua:** Se denomina así a la falta de transparencia del agua debido a la presencia de material en suspensión. Este material puede ser de distintos orígenes: plancton o fitoplancton, sedimentos erosivos, suspensión de partículas del fondo o descarga de efluentes. Se mide en unidades nefelométricas de turbidez (ntu) con el turbidímetro o nefelómetro que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua.

**Sólidos disueltos totales:** Los sólidos totales disueltos en el agua son los residuos sólidos filtrables a través de una membrana con poros de 2.0  $\mu\text{m}$  o menor. Su presencia en el agua puede afectar seriamente su palatabilidad y provocar reacciones fisiológicas adversas en el consumidor. Por esta razón su límite se establece en 500 ppm (mg/L). Se calcula a partir de la conductividad del agua. Los sólidos disueltos pueden provenir de distintos vertidos, por disolución del lecho rocoso, por percolación de suelos, etc.

**Oxígeno disuelto en el agua:** Su concentración depende de la difusión en el agua del aire del entorno, la aireación del agua debida a saltos o agitación, y como

subproducto de la fotosíntesis. Su concentración también varía con la temperatura, disminuyendo a medida que esta aumenta. La superpoblación bacteriana disminuye el oxígeno disuelto, lo mismo que la eutrofización de los cursos de agua. Se estima que el mínimo de oxígeno disuelto para una diversa población de peces ronda las 5 ppm. El valor óptimo en las buenas aguas de pesca es de 9 ppm. Un exceso de gases disueltos también es nocivo para los peces (enfermedad de la burbuja de gas). Un valor menor a 3 ppm puede ser letal para la fauna ictícola. El oxígeno afecta a otros indicadores, no solo los bioquímicos, sino también estéticos como el olor, claridad del agua y sabor. Los niveles altos de oxígeno disuelto aumentan la velocidad de corrosión en las tuberías de agua.

### Cálculo e interpretación del ICA

Uno de los mecanismos más usados para obtener el valor del índice (ICA Brown) es mediante una suma lineal ponderada, donde  $Q_i$  es el valor obtenido para cada parámetro y  $w_i$  el peso específico del parámetro, como muestra la Ecuación 1.

$$ICA = \sum (Q_i * w_i)$$

El  $Q_i$  de los distintos parámetros se obtiene a partir del valor del análisis realizado en laboratorio para cada parámetro, evaluado a través de las siguientes fórmulas (Tabla 2):

Coliformes Fecales	$10^1 \leq x \leq 10^5$	$Q = 3,3839 \cdot (\log x)^2 - 35,991 \cdot (\log x) + 98,375$	$W_1 = 0,15$
	$x > 10^5$	$Q=3$	

pH	$x < 2$	$Q=2$	$W_2 = 0,12$
	$2 \leq x < 7$	$Q = 0,4565 \cdot e^{0,7705 x}$	
	$7 \leq x < 8$	$Q = -2 x^2 + 29,2 x - 15,4$	
	$8 \leq x \leq 12$	$Q = 5,1786 x^2 - 123,58 x + 740,14$	
	$x > 12$	$Q=3$	

DBO5	$x > 30$	$Q=2$	$W_3 = 0,1$
	$x \leq 30$	$Q = 94,941 e^{-0,1041 x}$	

Nitrógeno Total	$x > 100$	$Q=1$	$W_4 = 0,1$
	$x \leq 100$	$Q = 92,657 e^{-0,0446 x}$	

Ortofosfato	X > 10	Q=5	0,1
	X ≤ 10	$Q = - 0,0222 x^5 + 0,6338 x^4 - 6,7901 x^3 + + 34,054^2 - 82,617 x + 96,662$	
	X < -5	Q = indefinido	
Temperatura	-5 ≤ x < 0	Q = - 0,4 X <sup>2</sup> + 6,6 .x +93	W <sub>6</sub> = 0,10
	0 ≤ x < 15	Q = 0,4114.x <sup>2</sup> -11,714.x+94,143	
	x ≥ 15	Q = 9	
Turbidez	x > 100	Q=5	W <sub>7</sub> = 0,08
	x ≤ 100	Q = 89,367 e <sup>- 0,0167 . x</sup>	
Sólidos Totales	0 < x ≤ 50	Q = - 0,0022 .x <sup>2</sup> + 0,2793 x + 79,994	W <sub>8</sub> = 0,08
	50 < x ≤ 500	Q = 2. E <sup>-07</sup> x <sup>3</sup> - 0,0003 x <sup>2</sup> - 0,035 x + 90,589	
	x > 500	Q =32	
Oxígeno Disuelto	%sat. ≤ 100	Q =-2E <sup>-06</sup> .x <sup>4</sup> + 0,0003 .x <sup>3</sup> - 0,0047 .x <sup>2</sup> + 0,5114. x +2,0516	W <sub>9</sub> = 0,17
	100 < % sat. ≤ 140	Q = - 0,0036 .x <sup>2</sup> + 0,3071. x +104,89	
	%sat.> 140	Q = 47	

Tabla 2. Ecuaciones para cálculo de Qi.

Para el cálculo del ICA, hemos empleado una planilla Excel diseñada ad hoc.

Las siguientes escalas: de colores (Tabla 3) y numérica (Tabla 4), permiten la interpretación de los resultados de ICA obtenidos, los cuales oscilan entre 0 y 100:

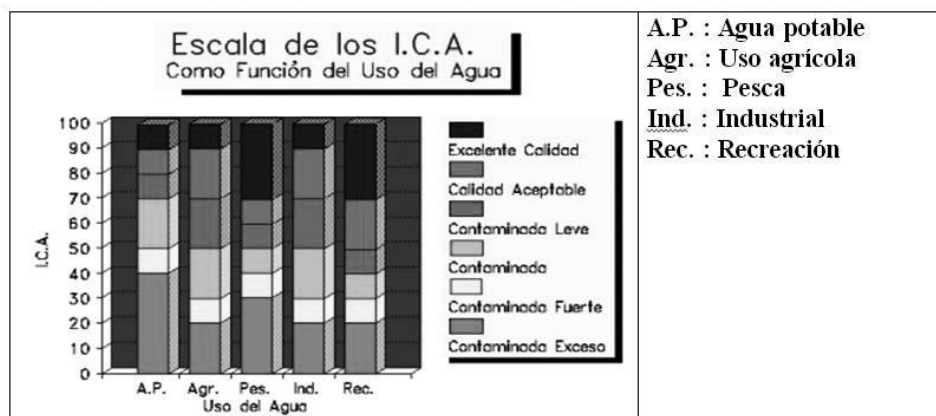


Tabla 3: Escala de interpretación de resultados por colores. (Viscaíno, 2009)

<p><b>Uso como Agua Potable</b></p> <p>90-100 - No requiere purificación para consumo.  80-90 - Purificación menor requerida.  70-80 - Dudoso su consumo sin purificación.  50-70 - Tratamiento potabilizador necesario.  40-50 - Dudosa para consumo.  0-40 - Inaceptable para consumo.</p>
<p><b>Uso en Agricultura</b></p> <p>90-100 - No requiere purificación para riego.  70-90 - Purificación menor para cultivos que requieran de alta calidad de agua.  50-70 - Utilizable en mayoría de cultivos.  30-50 - Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos.  20-30 - Uso solo en cultivos muy resistentes.  0-20 - Inaceptable para riego.</p>
<p><b>Uso en Pesca y Vida Acuática</b></p> <p>70-100 - Pesca y vida acuática abundante.  60-70 - Límite para peces muy sensitivos.  50-60 - Dudosa la pesca sin riesgos de salud.  40-50 - Vida acuática limitada a especies muy resistentes.  30-40 - Inaceptable para actividad pesquera.  0-30 - Inaceptable para vida acuática.</p>
<p><b>Uso Industrial</b></p> <p>90-100 - No se requiere purificación.  70-90 - Purificación menor para industrias que requieran alta calidad de agua para operación.  50-70 - No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal.  30-50 - Tratamiento para mayoría de usos.  20-30 - Uso restringido en actividades burdas.  0-20 - Inaceptable para cualquier industria.</p>
<p><b>Uso Recreativo</b></p> <p>70-100 - Cualquier tipo de deporte acuático.  50-70 - Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere 40-50 LC- Dudosa para contacto con el agua.  30-40 - Evitar contacto, sólo con lanchas.  20-30 - Contaminación visible, evitar cercanía  0-20 - Inaceptable para recreación.</p>

**Tabla 4.** Usos del agua según el valor numérico del ICA calculado.

## Resultados obtenidos por estaciones

Para el cálculo del ICA presentado en este trabajo, se han tomado en consideración los datos publicados por ACUMAR en su página web, para las siguientes estaciones de monitoreo:

N° de estación	Cuerpo Principal	Distancia del Pte. Avellaneda en km
1	MATYRUT3	56
2	MPLANES	48,8
5	MHERRERA	44,8
7	RPLATAXCO	<b>39,8</b>
17	PTELANOR	14,8
28	PTEVITTO	4,47
30	PTEPUEYR	3
31	PTEAVELL	0

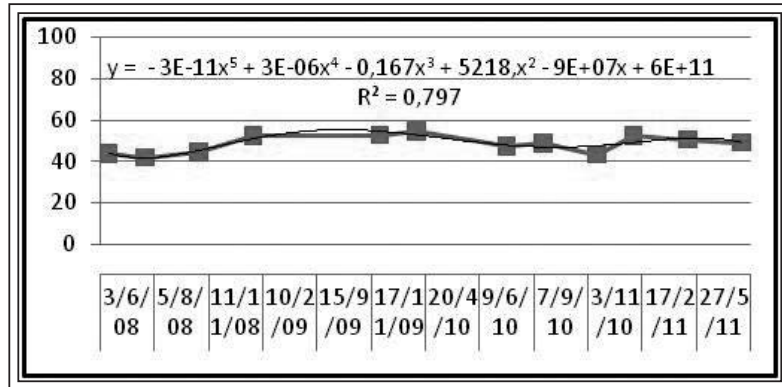
**Tabla 5.** Estaciones del cuerpo principal de agua.

N° de estación	Tributarios	Distancia del Pte. Avellaneda en km
3	ARROCANU	47,9
4	ARROCHAC	46,39
10	ARROAGUI	35,2
8	ARROMORA	34,74
11	ARRODMAR	27,2
13	DEPUOEST	18,5
14	ARROSCAT	18
18	CANUNAMU	13,3
19	ARROCILD	11,4
20	DPEL2500	10,5
21	DPEL2100	10
22	DPEL1900	9,62
25	ARROTEUC	7,52
26	DPROPELI	6,52
27	DPROLLAF	4,64
29	DPROLPER	3,88

**Tabla 6.** Estaciones de los tributarios de la cuenca.

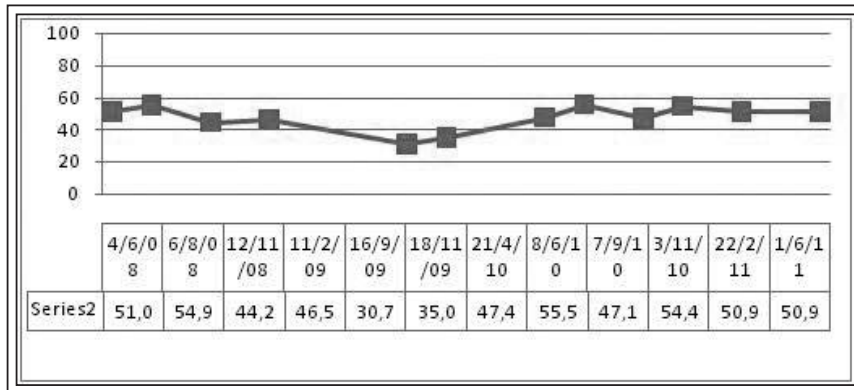
Los resultados obtenidos para el ICA, a los largo del período 2008 – 2011, en cada una de las estaciones indicadas en las tablas 5 y 6, son los que siguen:

**Estación 1:** ubicada en Marcos Paz. Fuerte contaminación para uso como agua potable, contaminada para el uso agrícola, pesca e industrial y leve para uso recreativo.



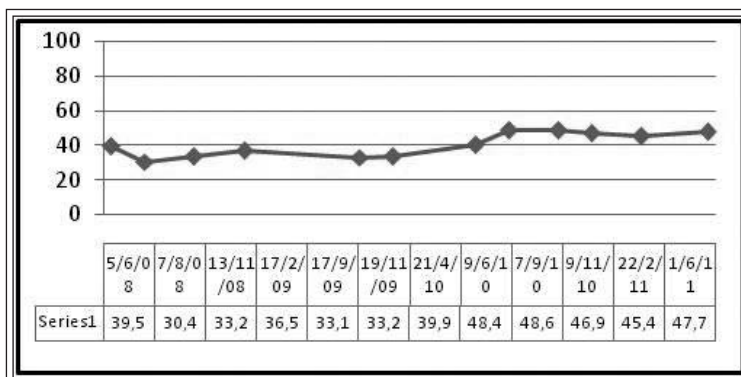
Cuadro 1. ICA Estación 1.

**Estación 2:** ubicada entre Cañuelas y la Matanza. Contaminada para uso como agua potable, contaminación leve para uso agrícola, la pesca y el uso industrial; aceptable para el uso recreativo.



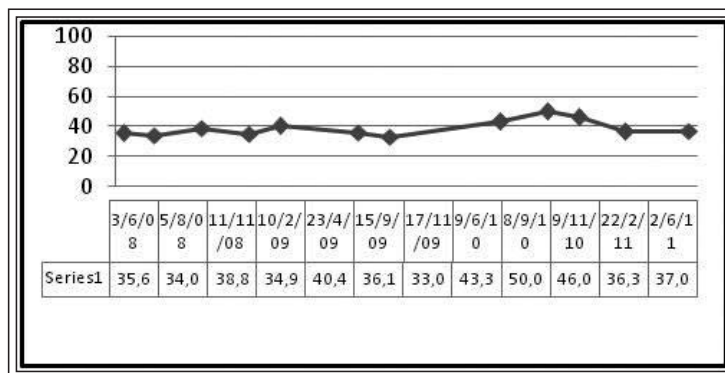
Cuadro 2. ICA Estación 2.

**Estación 5:** ubicada entre Ezeiza y la Matanza. Fuerte contaminación para uso como agua potable, contaminada para uso agrícola, pesca y uso industrial; contaminación leve para uso recreativo.



Cuadro 3. ICA Estación 5.

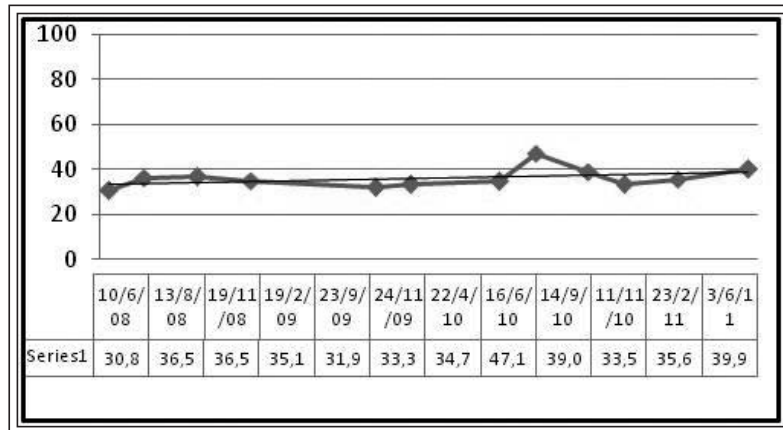
**Estación 7:** Contaminación excesiva para uso como agua potable, contaminada para el uso agrícola, industrial y recreativo, y contaminación fuerte para la pesca.



Cuadro 4. ICA Estación 7.

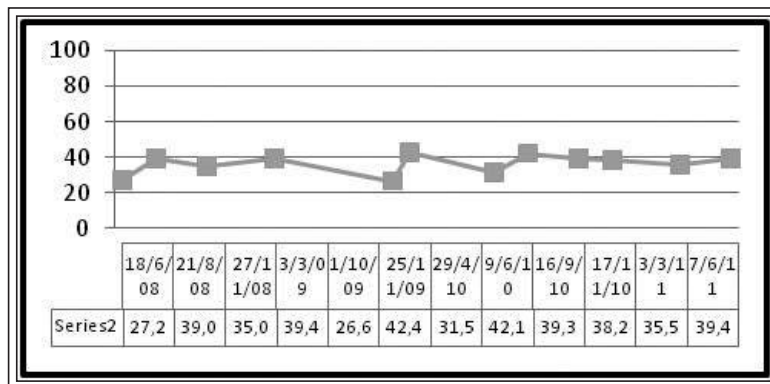


**Estación 17:** Ubicada entre Lomas de Zamora, La Matanza y CABA. Contaminación excesiva para uso como agua potable, contaminada para el uso agrícola, industrial y recreativo, y contaminación fuerte para la pesca.



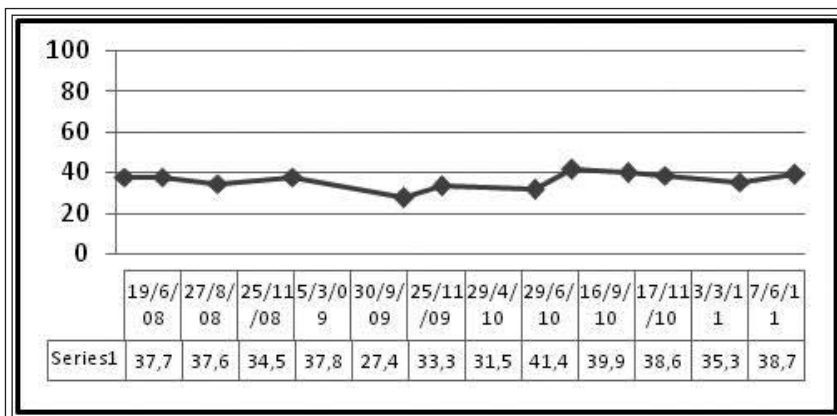
Cuadro 5. ICA Estación 17.

**Estación 28:** Ubicada entre CABA y Avellaneda. Contaminación excesiva para uso como agua potable, contaminada para uso agrícola, industrial y recreativo, contaminación fuerte para pesca.



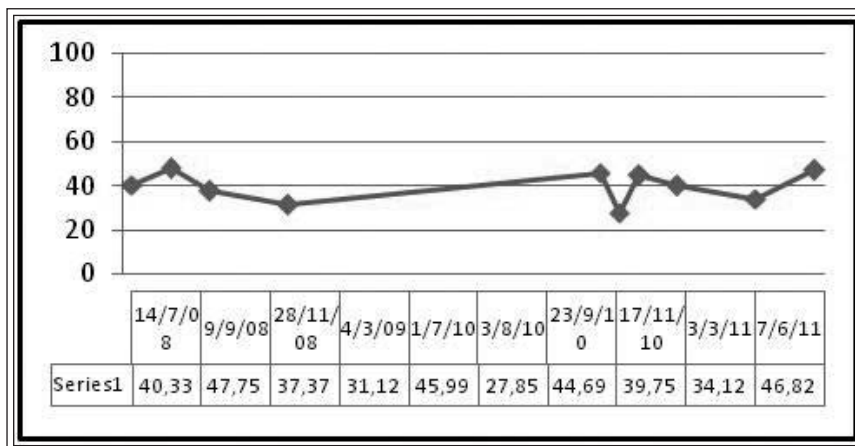
Cuadro 6. ICA Estación 28.

**Estación 30:** Puente Pueyrredón. Contaminación excesiva para uso como agua potable, contaminada para uso agrícola, industrial y recreativo, contaminación fuerte para pesca.



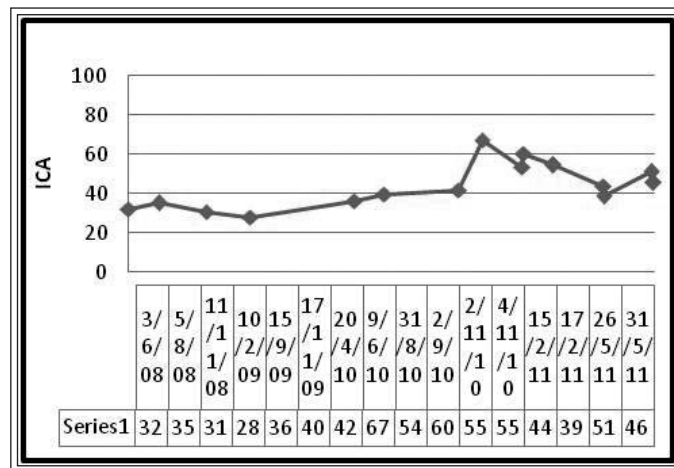
Cuadro 7. ICA Estación 30.

**Estación 31:** Puente Avellaneda. Contaminación excesiva para uso como agua potable, contaminada para uso agrícola, industrial y recreativo, contaminación fuerte para pesca.



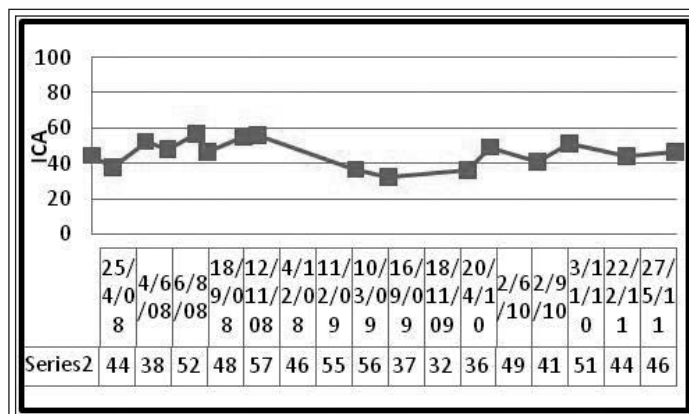
Cuadro 8. ICA Estación 31.

**Estación 3:** entre Ezeiza y Cañuelas. Hasta el 2/9/2010 se observó contaminación: excesiva para agua potable y contaminada para el uso agrícola, industrial y recreativo, y fuerte para la pesca. Durante las mediciones del 2011, se observó contaminación: fuerte para agua potable, contaminada para el uso agrícola, pesca e industrial, y leve para recreación.



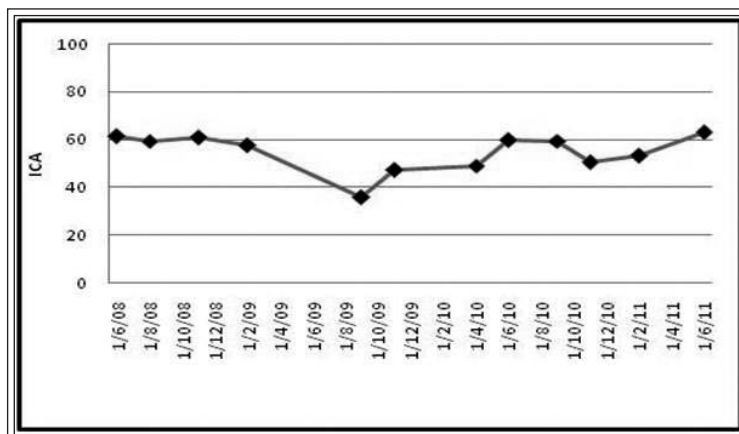
Cuadro 9. ICA Estación 3.

**Estación 4:** Ubicada en La Matanza. Se observó fuerte contaminación para uso como agua potable y contaminada para el uso agrícola, pesca e industrial. Contaminación leve para recreación.



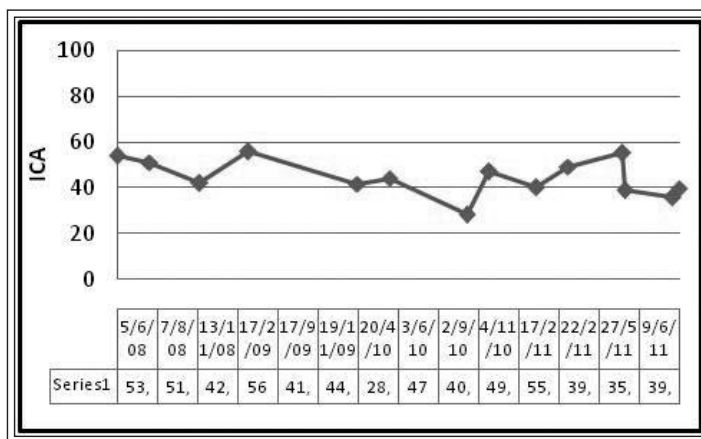
Cuadro 10. ICA Estación 4.

**Estación 10:** Ubicada en Ezeiza. Se observó contaminación para uso como agua potable, leve para el uso agrícola, la pesca e industrial, y aceptable para la recreación.



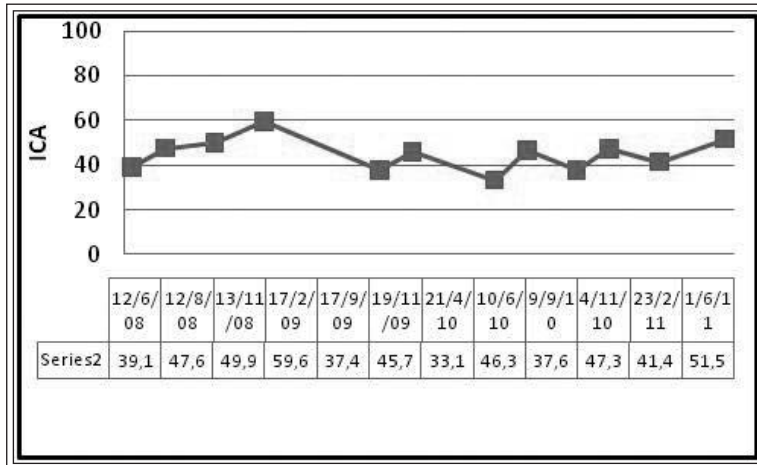
Cuadro 11. ICA Estación 10.

**Estación 8:** Ubicada en La Matanza. Contaminación fuerte para el uso como agua potable, contaminada para el uso agrícola, la pesca e industrial, y leve para recreativo.



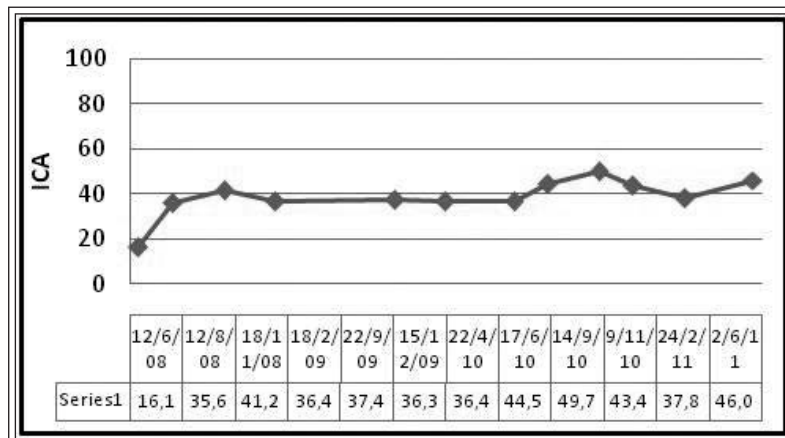
Cuadro 12. ICA Estación 8.

**Estación 11:** Ubicada en La Matanza. Presenta contaminación fuerte para el uso como agua potable, contaminada para el uso agrícola, pesca e industrial, y leve para uso recreativo.



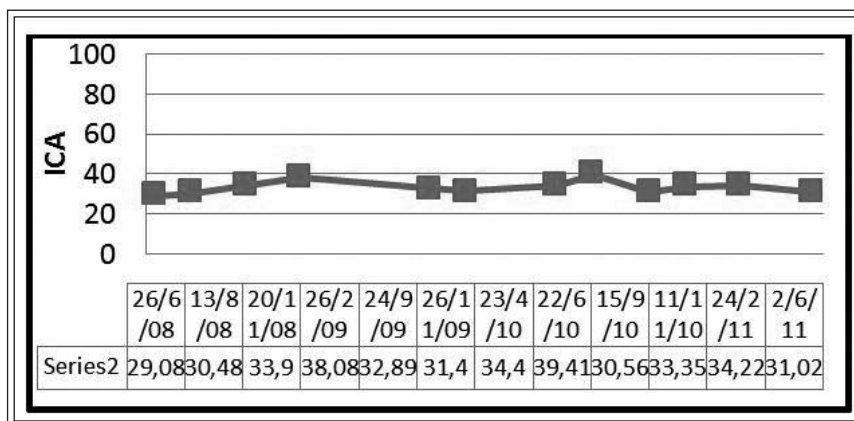
Cuadro 13. ICA Estación 11.

**Estación 13:** Ubicada en La Matanza. En la mayoría de las mediciones, calificó contaminación: excesiva para el uso como agua potable, contaminada para el uso agrícola, industrial y recreativo, y fuerte para la pesca.



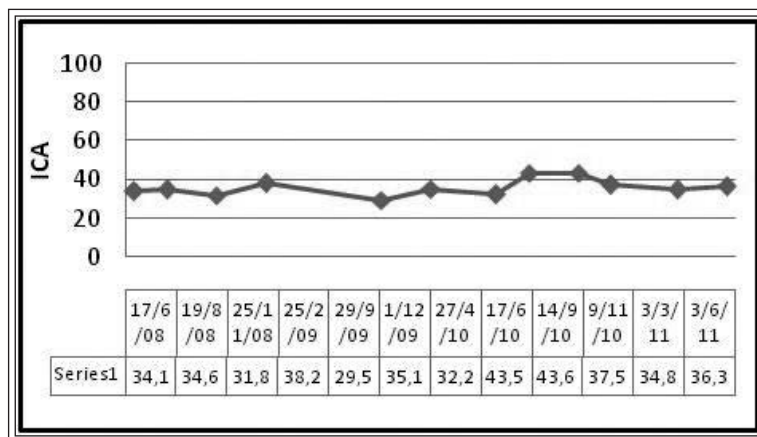
Cuadro 14. ICA Estación 13

**Estación 14:** Ubicada en Lomas de Zamora. La contaminación es excesiva para el uso como agua potable, contaminada para el uso agrícola, industrial y recreativo, y fuerte para la pesca.



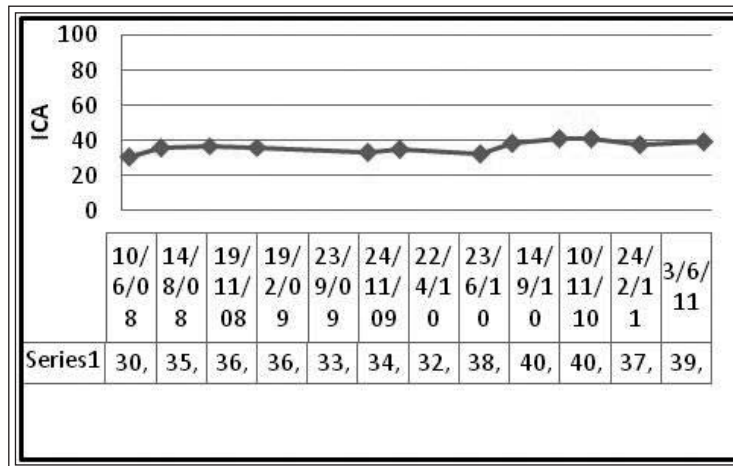
Cuadro 16. ICA Estación 14.

**Estación 18:** Ubicada en Lomas de Zamora. La contaminación es excesiva para el uso como agua potable, contaminada para el uso agrícola, industrial y recreativo, y fuerte nivel de contaminación para la pesca.



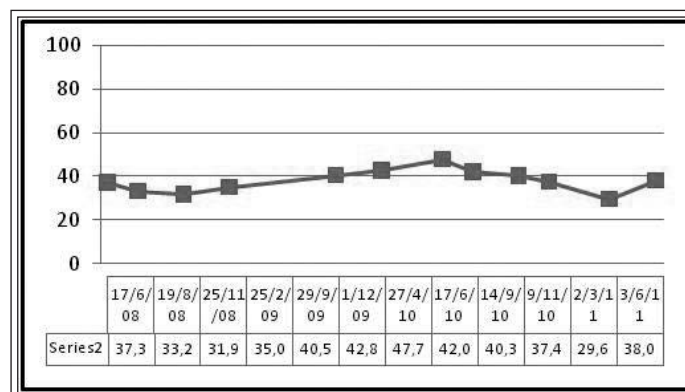
Cuadro 17. ICA Estación 18.

**Estación 19:** Ubicado en CABA. La contaminación es excesiva para el uso como agua potable, contaminada para el uso agrícola, industrial y recreativo, y fuerte para la pesca.



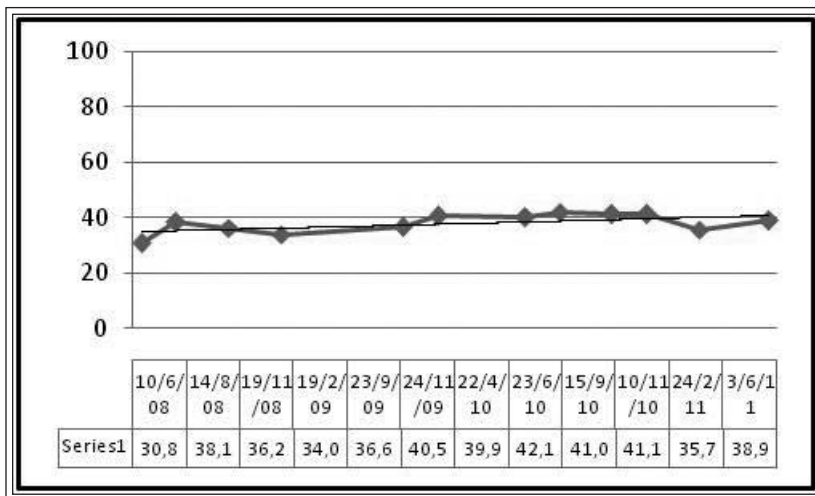
Cuadro 18. ICA Estación 19.

**Estación 20:** Ubicada en Lanús. La contaminación es excesiva para el uso como agua potable, contaminada para el uso agrícola, industrial y recreativo, y fuerte para la pesca.



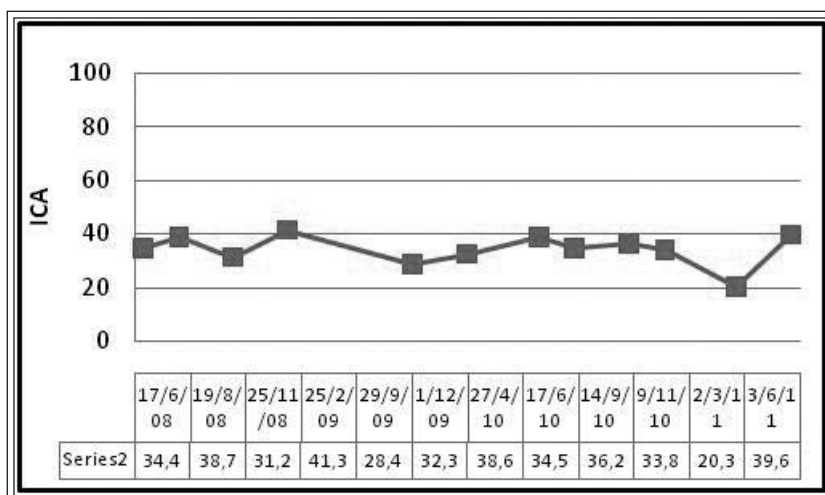
Cuadro 19. ICA Estación 20.

**Estación 21:** La contaminación es excesiva para el uso como agua potable, contaminada para el uso agrícola, industrial y recreativo, y para la pesca.



Cuadro 20. ICA Estación 21.

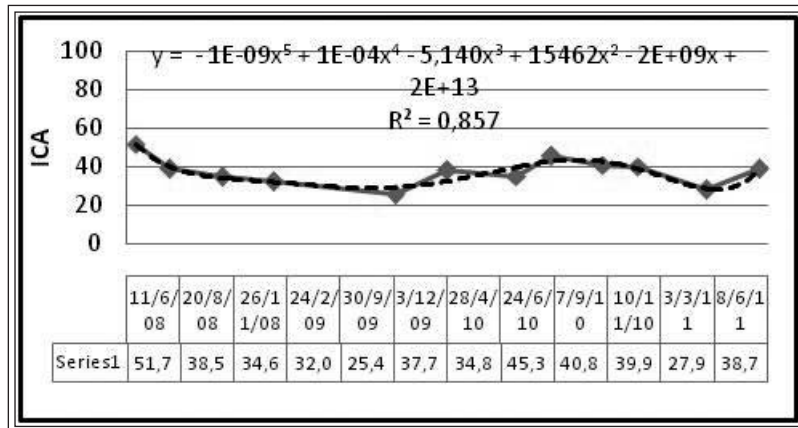
**Estación 22:** Ubicado en CABA. La contaminación es excesiva para el uso como agua potable, contaminada para el uso agrícola, industrial y recreativo, y fuerte para la pesca.



Cuadro 21. ICA Estación 22.

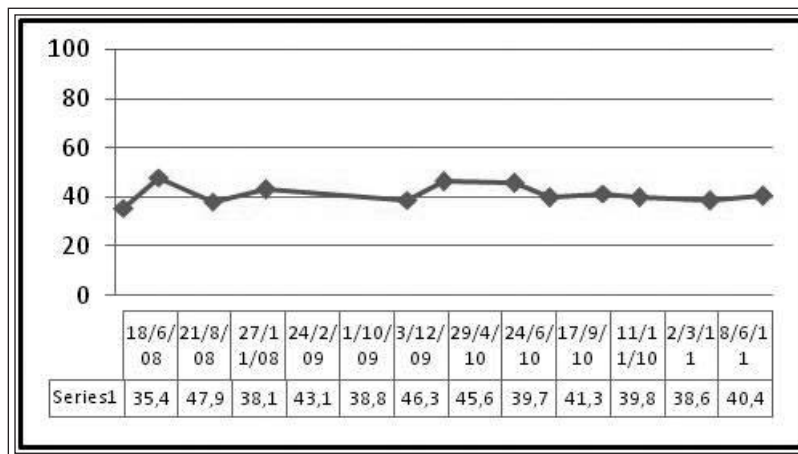


**Estación 25:** La contaminación es excesiva para el uso como agua potable, contaminada para el uso agrícola, industrial y recreativo, y fuerte para la pesca.



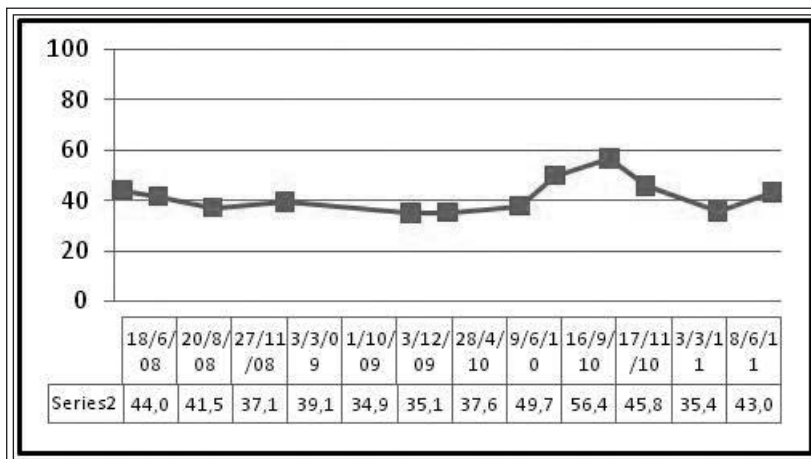
Cuadro 22. ICA Estación 25.

**Estación 26:** La contaminación es: excesiva para el uso como agua potable, contaminada para el uso agrícola, industrial y recreativo y fuerte para la pesca.



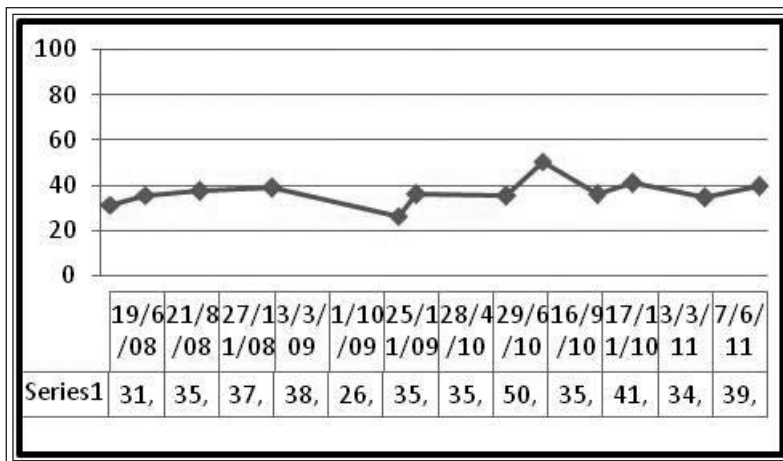
Cuadro 23. ICA Estación 26.

**Estación 27:** Ubicada en CABA. La contaminación es excesiva para el uso como agua potable, contaminada para el uso agrícola, industrial y recreativo, y fuerte para la pesca.



Cuadro 24. ICA Estación 27.

**Estación 29:** La contaminación es excesiva para el uso como agua potable, contaminada para el uso agrícola, industrial y recreativo, y fuerte para la pesca.

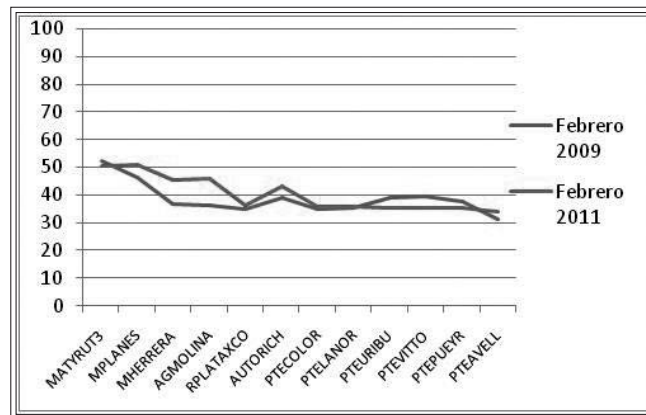


Cuadro 25. ICA Estación 29.

## Resultados comparativos entre campañas

La comparación de los valores de ICA entre campañas, se realizó seleccionando fechas en las cuales la Base de Datos Hidrológica de ACUMAR suministra datos completos para todas las estaciones.

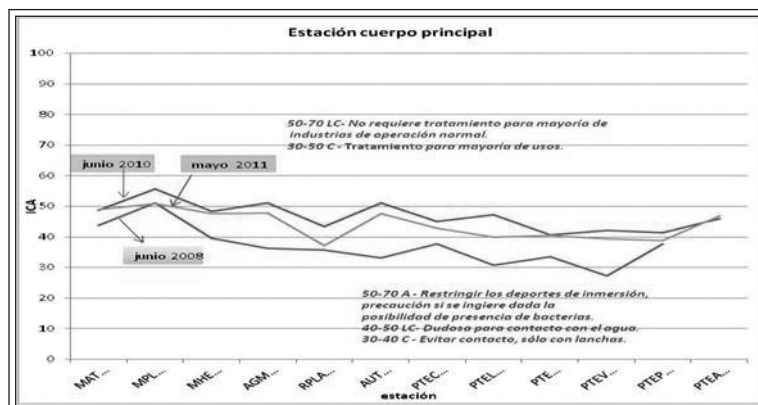
Para las estaciones tributarias se observaron, comparando las campañas de febrero de 2009 y febrero de 2011, los valores de ICA que se observan en el Cuadro 26:



Cuadro 26. Campañas 2009 y 2011 para estaciones tributarias.

La comparación entre campañas 2009 – 2011 de las estaciones tributarias no permite observar una mejora significativa del valor del índice de calidad del agua.

Para el cuerpo principal, se comparan los resultados del ICA para las campañas de mayo y junio de 2008, 2010 y 2011, según se observa en el Cuadro 27.



Cuadro 27. Campañas 2008, 2010 y 2011 para el cuerpo principal.

Se observa una mejora del índice de calidad del agua en 2010 con respecto a 2008. Sin embargo los valores vuelven a caer durante 2011.

## Conclusiones

La tendencia de los valores calculados para el ICA en las distintas estaciones de monitoreo oscila alrededor de 40. Para este valor, la vida acuática se considera escasa y limitada a especies muy resistentes a condiciones adversas. Con respecto al uso para consumo, varía entre calidad dudosa e inaceptable. Requiere tratamiento para la mayoría de los usos agrícolas e industriales. Con respecto al uso recreativo, se debe evitar contacto, acceso sólo con lanchas.

En algunas de las estaciones de monitoreo, como A Aguirre y A Cañuelas, se observan valores más altos que la media, oscilando entre 50 y 60. Esto indica una calidad del agua que necesita un tratamiento potabilizador para su uso como agua potable y utilizable para usos agrícolas e industriales. Para uso recreativo, se recomienda no realizar deportes de inmersión y evitar la ingesta debido a la potencial presencia de bacterias. Con respecto a la pesca en aguas con este valor de ICA, resulta dudosa porque conlleva riesgos para la salud.

Durante la campaña de fecha 26/5/11, se observa que el valor de ICA es de 47 en la desembocadura, decreciendo a 36 en el canal Unamuno. Crece hasta 63 en el A Aguirre. Decrece abruptamente a 37 en el río Matanza- Riachuelo. Vuelve a crecer a 63 en el A Cañuelas. Decrece abruptamente casi a 30 en A Ceibas y finalmente vuelve a crecer entre 40 y 50.

El análisis del ICA para las campañas evaluadas, nos permite concluir que la calidad del agua presenta valores sostenidos en el tiempo, sin observarse mejoras permanentes.

A pesar de las acciones realizadas hasta el momento de este estudio, la evaluación objetiva de los datos mediante el cálculo del ICA, demuestra que la calidad del agua de la cuenca no ha mejorado en el período 2008 – 2011. En algunos cursos se registran variaciones leves que no permiten establecer aún una clara tendencia al mejoramiento, con algunos arroyos afluentes que muestran una leve mejoría, otros que han experimentado leve empeoramiento, mientras que un tercer grupo no registra cambios. Por tanto, no es posible establecer una clara tendencia al mejoramiento medida por este índice. Próximamente realizaremos un nuevo análisis de los datos, una vez se hayan publicado datos completos de las campañas 2012 – 2013.

El presente trabajo no pretende ser una crítica a las acciones emprendidas sino un llamado de atención a aquellos organismos involucrados, sobre la efectividad concreta de las medidas adoptadas en el corto y mediano plazo.

## Bibliografía

ACUMAR. Base de datos Hidrometeorológica. (s.f.) Obtenido el 30 de agosto de 2012 de: <http://www.acumar.gov.ar/>

Brian Oram. B.F., (s.f.) “*The water quality index. Monitoring the quality of surface waters. Calculating NSF WQI.*” Environmental Consultants Inc. Obtenido el 20 de abril de 2012 de: <http://www.water-research.net/watrqualindex/index.htm>

Brown R., et al. (1970) “*A Water Quality Index- Do We Dare?*”. Water and Sewage Works. pp. 339-343.

Calderón Saéz, F. (s.f.) “*Demanda Biológica de Oxígeno*”. Obtenido el 20 de julio de 2012 de: [http://www.drcaideronlabs.com/Metodos/Analisis\\_De\\_Aguas/Determinacion\\_de\\_DBO5.htm](http://www.drcaideronlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Determinacion_de_DBO5.htm)

EFARS 2008, (s.f.) Obtenido el 30 de mayo de 2013 de: <http://www.acumar.gov.ar/ACUsentencias/CausaMendoza/Corte/27/anexoii/anexoii1/pseparte1.pdf>

García Silva, L y García Espil, J. (2012) “*Tiempo de debatir escenarios de recomposición*”, Informe Ambiental Anual 2012, FARN, Buenos Aires, Argentina.

Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, (s.f.) “*Atlas Ambiental Buenos Aires*”, Obtenido el 20 de junio de 2013 de: [http://www.atlasdebuenosaires.gov.ar/aaba/index.php?option=com\\_content&task=view&id=407&Itemid=206&lang=es](http://www.atlasdebuenosaires.gov.ar/aaba/index.php?option=com_content&task=view&id=407&Itemid=206&lang=es)

Gómez García, L. F. (s.f.) “*Indicadores de calidad del agua*”. Obtenido el 22 de julio de 2013 de: [www.dspace.edu.ec](http://www.dspace.edu.ec)

Instituto Nacional del Agua INA. CTUA. (2012) “*Programa de Monitoreo Integrado de Calidad de Agua Superficial y Sedimentos de la Cuenca Matanza Riachuelo y del Rio de la Plata y Sistematización de la Información Generada.*”

Ott, W. (1978). “*Environmental Indices, Theory And Practice*”, Aa Science, Estados Unidos, Ann Arbor, Michigan.

Servicio Nacional de Estudios Territoriales.(s.f.) “*Índice de calidad general del agua (ICA)*”, El salvador. San Salvador.Obtenido el 20 de junio de 2013 de: [www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf](http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf)

Valcarcel Rojas, L; et al. (2009), “*El índice de calidad de agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos.*” Cub@: Medio Ambiente y Desarrollo. Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente, Año 9, No.16, La Habana, Cuba. Obtenido el 20 de abril de 2012 de: <http://ama.redciencia.cu/articulos/16.01.pdf>

Vizcaíno, L. (s.f.) “*Índices de calidad del agua (ICA), forma de estimarlos y aplicación en la Cuenca Lerma-Chapala.*” Instituto Mexicano de Tecnología del agua. Obtenido el 20 de abril de 2012 de: <http://www.science.uwaterloo.ca/~lfleonvi/artics/art09.pdf>

US Geological Survey. (s.f.) “*Medidas comunes del agua. La ciencia del agua para escuelas.*”, Obtenido el 22 de mayo de 2012 de: <http://water.usgs.gov/gotita/characteristics.html>

# Los indicadores ambientales como herramientas de la economía

Estela Monica Lopez Sardi<sup>1</sup> y Maricel Patricia Cattaneo<sup>1</sup>

## Resumen

Desde la primera mitad del siglo XX, las distintas corrientes del pensamiento económico han buscado la forma más efectiva de incorporar las externalidades ambientales a las cuentas de la economía. Las metodologías van desde la valoración monetaria del ambiente propuesta por la economía ambiental de la escuela neoclásica, hasta la expresión de la economía en términos de energía propuesta por la economía ecológica. El desarrollo de las naciones y el bienestar de las poblaciones se han estimado tradicionalmente por indicadores económicos como el Producto Bruto Interno. Estos indicadores ponderan las variables involucradas en su cálculo en términos monetarios. Sin embargo, estos índices no permiten evaluar el escenario económico en términos de sostenibilidad. Los indicadores de sostenibilidad, que expresan las externalidades ambientales en unidades físicas, no monetarias, deberían cada vez más, ser incorporados al campo de los negocios, constituyéndose en las nuevas herramientas de la economía sostenible. El presente artículo propone un recorrido a través de los mecanismos económicos destinados a incorporar el ambiente como objeto de estudio. Así mismo se destaca la importancia de incorporar los indicadores ambientales al conjunto de las herramientas clásicas de la economía.

**Palabras Clave:** indicadores ambientales, sostenibilidad, economía, ambiente

## **Abstract**

Since the first half of the twentieth century, the different schools of economic thought have sought the most effective way to incorporate environmental externalities to economic accounts. Methodologies ranging from the environmental monetary valuation proposed by the environmental economics of the neoclassical school, up to the expression of the economy in terms of energy proposed by the ecological economics. Nation development and population well-being have been traditionally estimated by economic indicators such as GDP. These indicators weight in monetary terms all the variables involved in the calculation. However, these rates do not allow assessing the economic outlook in terms of sustainability. Sustainability indicators, which reflect environmental externalities in physical and not monetary units, should increasingly be incorporated into the business field, becoming the new tools of sustainable economy. This paper proposes a revision of economic mechanisms addressed to incorporate the environment as a study object. The importance of incorporating environmental indicators to all the classic economics tools is also highlighted.

**Keywords:** environmental indicators, sustainability, economics, environment.



## Introducción

La actividad económica mundial ha superado la resiliencia natural de los recursos ambientales. Los economistas han considerado históricamente a los bienes naturales como bienes no económicos, dado que se los considera abundantes y en algunos casos, no tienen dueño ni precio. Estos bienes naturales, como el suelo, el agua, el aire, y los recursos no renovables, son de uso imprescindible en los procesos productivos. La degradación que sufren a raíz de la actividad antrópica, provocando agotamiento y contaminación, los transforma en bienes cada vez más escasos, algunos de ellos con horizontes de agotamiento previsibles. (Man Yu Chang, 2005, p.175).

Se observa una tendencia creciente en los sectores empresarios, de implementar en sus procesos productivos sistemas de gestión ambiental. Los motivos que pueden impulsar a una empresa a tomar este tipo de medidas pueden ser variados. La causa más frecuente de este tipo de decisión radica en la necesidad de adecuar sus actividades a los requisitos legales y normativa vigente. Otro factor determinante para estas acciones, reside en la mirada del consumidor. El público en general se muestra cada vez más interesado en llevar un estilo de vida amigable con el ambiente y socialmente responsable. Un consumidor informado demostrará preferencia por aquellos productos que le permitan minimizar su impacto ambiental a través de sus hábitos de consumo. Así, las acciones de gestión ambiental y de responsabilidad social empresaria representan una ventaja competitiva a la hora de colocar en el mercado los bienes o servicios producidos. (Abarca y Sepúlveda, 2001, p.1).

Distintas escuelas del pensamiento en economía, han comenzado a valorar los bienes ambientales como bienes económicos en función de su escasez presente o futura. El medio ambiente, tradicionalmente considerado externo al mercado, puede internalizarse mediante variadas herramientas metodológicas. Uno de los aspectos fundamentales de este problema, es la determinación del mecanismo para dar valor a bienes considerados invaluableles.

Una metodología para establecer las incidencias de los procesos productivos sobre los activos ambientales es la utilización de indicadores biofísicos de sostenibilidad, que expresan sus medidas en unidades físicas no monetarias, tales como hectáreas, m<sup>3</sup>, Joules, toneladas u otras. Entre los más difundidos podemos citar la huella ecológica, la huella de carbono, la huella hídrica y el agua virtual. La huella de carbono de los bienes y servicios ya ha captado el interés en el campo de los negocios y en ciertos casos, es considerada un factor de riesgo de inversión. Un gran número de empresas multinacionales está implantando políticas estrictas de control de emisiones, huella de carbono y huella hídrica. (Civit, 2011, párr. 6 a 8). En un futuro no muy lejano, la certificación medioambiental será indispensable para el posicionamiento empresarial en el escenario de los negocios internacionales.

El presente artículo propone un recorrido a través de los mecanismos económicos destinados a incorporar el ambiente como objeto de estudio. Así mismo se destaca la pertinencia de incorporar los indicadores ambientales al conjunto de las herramientas clásicas de la economía.

## **Incorporación del ambiente a la economía**

La escuela económica neoclásica o keynesiana al incorporar el medio ambiente como objeto de estudio, dio lugar al nacimiento de la economía ambiental. La economía neoclásica basa su análisis en los precios del mercado, con una concepción crematística, donde la realidad económica funciona como un móvil perpetuo, de ciclo cerrado, en el que las empresas venden bienes y servicios a los consumidores, y con el dinero obtenido de las transacciones de mercado remuneran los factores de producción tales como tierra, trabajo y capital, con los cuales realimentar el ciclo. (Martínez Alier, 1998, p.12).

La economía ambiental, que adjudica a los bienes un precio en función de su escasez, comienza a adjudicar valor al medio ambiente. Para lograr esto se desarrollan estrategias de internalización de las externalidades. Todos los efectos involuntarios de una determinada actividad económica sobre el bienestar general de la sociedad, el ambiente o las demás empresas se denominan externalidades. Si estos efectos son beneficiosos, se las considera externalidades positivas y no causan preocupación. Si los efectos son perjudiciales, se las considera externalidades negativas, costos privados que generalmente son pagados por la sociedad en general. La internalización de las externalidades consiste, en el caso de verse afectados los factores ambientales, en adjudicar un valor monetario al medio ambiente, el que pasa a tener un precio o un derecho de propiedad. (Man Yu Chang, 2005, p.175).

Arthur Cecil Pigou, en *The economics of welfare*, (1920), fue el primero en definir el concepto de internalización de las externalidades. Reconoce que, salvo bajo la situación ideal de competencia perfecta, existen muchas fallas en el mercado. Estas fallas implican que la maximización del bienestar privado no coincida con la maximización del bienestar social. En consecuencia propone al Estado como el árbitro encargado de reglamentar y disciplinar estos efectos externos. Las medidas a adoptar para lograr este objetivo, actualmente pueden ir desde el establecimiento mediante normativa de límites tolerables de vertido de los distintos contaminantes hasta el cobro de impuestos sobre la contaminación.

Otra escuela de pensamiento, dentro de la economía ambiental, es la de Ronald Coase, inglés que se integró a la Escuela de Chicago, (1960), quien preconiza que las externalidades deben ser resueltas entre las partes privadas involucradas sin intervención del estado. Si el recurso pertenece al contaminado, el contaminador

debe pagar por contaminar; si el recurso pertenece al contaminador, el contaminado es el que debe pagar para compensar las pérdidas económicas del contaminador debidas al no uso del recurso. (Man Yu Chang, 2005, p.180).

Este tipo de acuerdo entre las partes involucradas es conocido como “negociación coasiana”. Parafraseando a Martínez Alier (1998), p. 29; se puede ejemplificar como sigue: La empresa A, pongamos por caso una minera o una fábrica de pasta de papel, contamina el agua de un río X. Aguas abajo se encuentra la empresa B, que podría ser un emprendimiento agrícola que usa el agua del río X para regadío. La actividad de la empresa A (el contaminador) perjudica a la empresa B (el contaminado). Si la empresa A tiene un derecho implícito sobre el recurso (en este caso el río X) será la empresa B la que deba asumir los costos de tratamiento del agua para poder utilizarla, caso contrario, si los derechos sobre el recurso los tiene la empresa B, será la empresa A quien deba asumir los costos de tratamiento del agua para que pueda ser usada por la empresa B.

Las herramientas de la economía ambiental son las más aplicadas en la actualidad para la toma de decisiones de negocios que impliquen factores ambientales. Este tipo de negociación puede llegar a funcionar cuando se trata de externalidades mutuas entre empresas, o entre empresas y consumidores, siempre y cuando lleguen a un acuerdo sobre el valor monetario de las externalidades implicadas en el problema. Sin embargo, en los casos de externalidades que afectan bienes invaluable como la biodiversidad, el futuro de los recursos o el bienestar de las generaciones presentes o futuras, suele resultar de difícil aplicación.

Entre los años 1970 y 1980, de la mano de Nicholas Georgescu - Roegen ve la luz una nueva corriente del pensamiento conocida como economía ecológica. Esta ciencia transdisciplinar valoriza el ambiente desde la mirada de la naturaleza: de los ciclos biológicos, geológicos, y el intercambio de energía.

Georgescu – Roegen, en *The entropy law and the economics process*, (1971), pone de manifiesto que el planeta Tierra es un sistema abierto a la entrada de energía solar, utilizada en los distintos procesos, tanto biológicos como industriales productivos (energía libre utilizable), para luego transformarse en calor disipado (energía restringida inutilizable). Algo similar ocurre con el uso de los recursos materiales, los cuales, según el principio de conservación la materia no se destruyen, pero la actividad humana los transforma finalmente en residuos, los cuales pueden ser sólo parcialmente recuperados mediante el reciclaje. Todos los procesos están sujetos a las leyes de la termodinámica y los procesos económicos no constituyen una excepción.

Se propone un modelo del proceso productivo como si se analizara a un organismo vivo, con entradas de materia, energía e información provenientes del ambiente y los recursos. Las salidas desde el proceso hacia el ambiente consisten en residuos y energía disipada. Este proceso, aplicado al análisis de individuos, procesos o comunidades, es conocido como metabolismo social. (Rovira, 2011, párr.4).

Esta escuela propone mantener un equilibrio entre la población, los recursos finitos y el ambiente, para lograr una supervivencia de nuestras culturas que cumpla con el principio de sostenibilidad. Esta corriente del pensamiento constituye un contrapunto a la economía ambiental al contabilizar el patrimonio natural en unos términos que no son necesariamente los del dinero.

El desarrollo sostenible se basa en el concepto de estado estacionario propuesto por Herman Daly, discípulo de Georgescu. Este principio postula una situación ideal de población constante, un conjunto de material físico (artefactos) constante, y un uso mínimo de materiales y energía. El propio Georgescu duda de la posibilidad de alcanzar este estado y propone un escenario de necesario decrecimiento como el único posible para asegurar el bienestar de las generaciones futuras.

## Indicadores económicos de bienestar

El Producto Bruto Interno (PBI), es una medida macroeconómica que expresa el valor total de la producción de bienes y servicios de un país durante un ejercicio fiscal (generalmente un año). Es la base del cálculo del ingreso per cápita y muchas veces es utilizado como medida del bienestar material de una sociedad. Este indicador, ampliamente utilizado, ha recibido muchas críticas, como las del Profesor Joseph E. Stiglitz (premio Nobel de Economía), quien manifestó que el PBI "...sólo compensa a los gobiernos que aumentan la producción material. [...] no mide adecuadamente los cambios que afectan al bienestar, ni permite comparar correctamente el bienestar de diferentes países[...] no toma en cuenta la degradación del medio ambiente ni la desaparición de los recursos naturales a la hora de cuantificar el crecimiento..." (Stiglitz, 2008, párr. 1 a 11).

Para poder contabilizar las externalidades negativas, incluir los efectos de las actividades productivas sobre el ambiente y establecer una vinculación con el bienestar social se han propuesto otro tipo de indicadores. Entre ellos figura el PBI verde, obtenido al restar del PBI el valor de los recursos naturales deteriorados por la actividad económica del ejercicio fiscal. En 2004 el Partido Comunista Chino anunció su intención de reemplazar el cálculo del PBI por el PBI verde. Esta iniciativa fue rápidamente abandonada ya que las reducciones en el PBI tras la corrección terminaron arrojando cifras políticamente inaceptables. (Carrillo, 2007, párr. 1 a 4).

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) propone el cálculo del Índice de Desarrollo Humano (IDH), basado en la salud (a partir de esperanza de vida al nacer), la educación (en base a la tasa de alfabetización y nivel de estudios alcanzado) y en el nivel de vida (calculado a partir del PBI per cápita). (Pampillón, 2009, párr.1).

El índice de bienestar económico sostenible (IBES), es una visión más amplia del PBI, que considera el gasto de los consumidores y la utilidad aportada por el trabajo doméstico y descuenta las externalidades asociadas al uso de los recursos naturales y la contaminación ambiental. Del IBES derivan el índice de progreso real (IPR) y el índice de progreso genuino (IPG), originados en las ideas presentadas por los economistas Nordhaus, W. y Tobin, J. en su *Measure for Economic Welfare*, (1972). Las críticas a estos índices radican en que los países de muy bajo desarrollo económico podrían arrojar valores altos del índice debido a sus muy bajos niveles de contaminación.

Los descriptores constituyen una pequeña muestra del universo de los indicadores económicos utilizados para valorar el bienestar de una población. Al ser incluidos en el cálculo de estos índices, los impactos ambientales derivados de la actividad humana se consideran externalidades que se traducen en un valor monetario.

## **Indicadores ambientales**

A diferencia de los anteriores, los indicadores biofísicos de sostenibilidad ambiental, tales como las huellas (ecológica, de carbono e hídrica) permiten valorizar el impacto ambiental de las distintas actividades antrópicas en términos de unidades físicas. Un indicador ambiental que arroje resultados altos para una región o nación determinada, incidirá, a corto o largo plazo, negativamente en su PBI y en su IDH, al denotar una actividad económica generadora de externalidades negativas de consideración.

Las huellas ambientales de los bienes y servicios producidos en una economía pueden ser calculadas a partir de las cuentas contables de las empresas productoras. Al avanzar el producto en la cadena de valor, la información fluye de una organización a otra, en forma acumulativa, llegando al consumidor con una huella final del producto definida como la suma de todas las huellas necesarias para crear, usar y/o destruir ese producto. El valor global de las huellas de la cadena productiva nacional se obtendrá a partir de la sumatoria de los valores individuales y considerando, cuando esto sea necesario, las magnitudes asociadas a la importación y exportación de productos.

## **La huella ecológica**

La huella ecológica se define como el área de tierra (o agua) ecológicamente productiva requerida para generar los recursos consumidos y asimilar los residuos generados por una población o comunidad con un estilo de vida específico. Fue definida en 1996 por William Rees y Mathis Wackernagel (Universidad de la

Columbia Británica). Se la puede calcular a varias escalas, desde el nivel personal u hogareño hasta la huella ecológica de un país e incluso a nivel planetario.

La biocapacidad es la capacidad de un área específica para generar un abastecimiento regular de recursos renovables y absorber los desechos resultantes de su consumo. (Rosso, 2010, párr. 2).

El consumo de los distintos bienes y servicios se convierte en la superficie biológica productiva asociada mediante índices de productividad. Estos índices se refieren a seis categorías de áreas diferentes y se expresan en gHa (hectáreas globales, unidad común que unifica las demandas de bio - recursos). Las seis categorías son:

Área de producción de cultivos y vegetales.

Área dedicada al pastoreo de ganado.

Área de explotación de bosques.

Área acuática para la producción de pescado y marisco.

Áreas urbanizadas u ocupadas por infraestructuras.

Área de absorción de dióxido de carbono, pulmones verdes destinados a absorber las emisiones provenientes del uso de combustibles fósiles.

La capacidad de carga de un territorio representa la superficie biológicamente disponible, teniendo en cuenta la productividad del terreno y reservando un 12% de la misma para el mantenimiento de la biodiversidad. La capacidad de carga planetaria está estimada en 1,75 gHa / habitante. La huella ecológica media mundial, calculada en base a los niveles de consumo del año 2005, es de 2,7 gHa / habitante, lo que indicaría una sobreexplotación del 60% por encima de la capacidad de carga del planeta. Estamos consumiendo más recursos y generando más residuos de los que el planeta puede generar y admitir. (Moreno López, 2005, párr. 1 a 3).

La biocapacidad de la Argentina es de 7,5 gHa/ habitante. La huella ecológica nacional se ubica en 2,6 gHa/ habitante; tan sólo el 35% de la biocapacidad del país. En función de estos valores, es posible afirmar que Argentina “financia ecológicamente” a otros países que se encuentran en déficit. (Rosso, 2010, párr. 7).

## **Agua virtual y huella hídrica**

El concepto de agua virtual (AV), desarrollado en 1993 por el Profesor John Anthony Allan, de la Universidad de Londres, se define como la cantidad de agua requerida para producción de los bienes agrícolas o industriales. En 2002, el Profesor Arjen Hoekstra, de UNESCO-IHE (Institute for Water Education), introdujo el más amplio concepto de huella hídrica (HH) como un indicador para evaluar el uso del agua. La huella hídrica establece el volumen total de agua consumida, evaporada o contaminada durante la producción de bienes y servicios por parte de una empresa u organización, o durante las actividades desarrolladas por un individuo, familia,

comunidad o nación. Incluye la producción, transformación, comercialización y consumo de los productos. El cálculo se realiza en m<sup>3</sup>/ kg para la producción de bienes y en m<sup>3</sup>/año para el consumo por parte de individuos o comunidades. Se debe tener en cuenta que la huella hídrica de una región o estado se realiza teniendo en cuenta en el balance la importación y la exportación de agua virtual.

El país con mayor HH a nivel mundial es EEUU con 2.483 m<sup>3</sup> anuales per cápita, y el de menor HH es China con 700 m<sup>3</sup> anuales per cápita. Este balance, surgido de la diferencia HH regional = Consumo interno + AV importada – AV exportada, supone un deterioro de los recursos de los países exportadores y un importante ahorro de agua en los países importadores. Se estima que el 15% del agua consumida en el mundo está destinada a ser exportada como agua virtual. Un 67% del agua virtual exportada por el conjunto de naciones, está relacionado con el comercio internacional de cultivos, 23 % con el comercio de ganado y un 10 % con la producción industrial. La Argentina se encuentra en el cuarto lugar dentro de la lista de países exportadores de AV, superado sólo por E.E.U.U., Canadá y Tailandia mientras que Brasil aparece en el décimo lugar. (Hoekstra y Hung, 2002, pág. 26).

Datos publicados por el INTA en 2010 y corroborados en 2012, indican que, sólo en materia de granos, exportamos 46.000 millones de m<sup>3</sup> de agua e importamos 3.100 millones. Según Enrique Sánchez, especialista del INTA, Alto Valle, Río Negro, (2012), sería interesante "...hacer notar al país comprador la cantidad de agua que ahorra y que puede direccionar a otras necesidades esenciales de su población [...] se debería sacar ventaja del agua virtual que se exporta...".

La tabla 1 nos da una idea del agua virtual comprometida en la producción de una serie de productos agrícolas e industriales.

Producto	Agua virtual	Producto	Agua virtual
Manzanas	0,4 m <sup>3</sup> /kg	Papel	2 m <sup>3</sup> / kg
Carne vacuna	10 a 40 m <sup>3</sup> / kg	Tela de algodón	8 m <sup>3</sup> / kg
8 m <sup>3</sup> / kg	3,92 m <sup>3</sup> / kg	Zapatos de cuero	8 m <sup>3</sup> /par
Arroz	3 m <sup>3</sup> / kg	Oro	230 m <sup>3</sup> /kg
Trigo	1 m <sup>3</sup> /kg	Microchips	16 m <sup>3</sup> / kg

**Tabla 1.** Agua virtual de productos.

## Huella de carbono

La huella de carbono es una medida del impacto que las actividades humanas tienen en el ambiente en términos de emisión de gases de efecto invernadero (GEI), calculada en toneladas anuales de dióxido de carbono, lo que permite que organizaciones, productos o personas puedan conocer su influencia en el cambio climático. Este

indicador deriva de la huella ecológica definida por Rees y Wackernagel.

Puede ser calculada para distintos niveles: huella de carbono personal, de productos, de procesos, empresas, eventos o naciones.

El método consiste en traducir todos los impactos ambientales, tanto consumos como desechos, en la cantidad de dióxido de carbono equivalente emitido. (Instituto Huella de Carbono, 2010, párr.1).

La herramienta para realizar esta conversión son los factores de emisión calculados para cada una de las instancias evaluadas, y la unidad de expresión es toneladas anuales de dióxido de carbono (en adelante, TACO<sub>2</sub>). La principal dificultad del método estriba en seleccionar para el cálculo un conjunto de factores de emisión consistentes. Es preciso tener en cuenta que para una misma actividad los factores de emisión pueden ser distintos según la región y el método de producción.

El cálculo de la huella de carbono personal se realiza en base al análisis de los datos suministrados por las personas individuales respecto de su estilo de vida. El cuestionario utilizado para su evaluación, está estructurado en distintas secciones, que abarcan los puntos significativos de emisión personal, como ser consumo hogareño de energía, transporte, alimentación, consumo de bienes y servicios y generación de residuos. Cada uno de estos consumos tiene su propia huella de carbono que es heredada por el usuario. Los consumos familiares se prorratan según el número de habitantes en el hogar.

El promedio mundial de la huella de carbono personal es de 4 TACO<sub>2</sub> mientras que el objetivo es alcanzar un valor de 2 TACO<sub>2</sub> por cada habitante del planeta. (Carbonfootprint, 2013, pág. 8).

En 2008, la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación obtuvo, mediante datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INDEC), una huella de carbono personal para la Argentina de 5,71 TACO<sub>2</sub>.

El trabajo desarrollado durante el período 2011 – 2012 por el Centro de Investigación en Ingeniería Sustentable (CIIS) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Palermo, arroja un valor promedio de 5,95 TACO<sub>2</sub> por habitante en la región de la Ciudad de Buenos Aires (CABA) y Gran Buenos Aires (GBA), distribuidos como se muestra en la Tabla 2:

Actividad	TACO <sub>2</sub> / PERSONA
Traslados diarios	0,5
Traslados de larga distancia (negocios o turismo)	1,75
Uso de energía en el hogar	1,14
Alimentación	1,63
Residuos	0,02
Consumo de bienes y servicios	0,91

**Tabla 2.** Huella de carbono personal para CABA y GBA



Las calculadoras de huella de carbono personal generalmente se acompañan de una serie de recomendaciones ambientales que permitirán al interesado adoptar cambios en su estilo de vida para lograr una disminución de emisiones.

Respecto de la huella de carbono de organizaciones o productos, se pueden calcular de acuerdo a los diferentes estándares internacionales.

Para determinar la huella de carbono de los productos, vinculada al análisis de ciclo de vida (LCA) de los mismos, los principales estándares están establecidos por las Normas PAS 2050 e ISO 14067.

La huella de carbono de una organización abarca todos los sectores y actividades que tienen lugar dentro de la estructura y los principales estándares son los GHG Protocol y las Normas ISO 14064 – 1.

Una de las metodologías más utilizadas para el cálculo de la huella de carbono de una organización es la MC3, desarrollada por Domenech. Este método incluye en el cálculo tanto las emisiones directas, generadas por la empresa u organización analizada en sus distintos sectores de gestión, como las emisiones indirectas que derivan de la adquisición de bienes y servicios a terceros. El método permite también el cálculo de la huella de carbono de un producto a lo largo de la cadena de suministro, basado en la huella de carbono de las empresas que participan de esa cadena.

El MC3, aplicado originalmente por la Autoridad Portuaria de Guijón, fue testado por universidades españolas y es actualmente utilizado por gran número de empresas de la Comunidad Económica Europea. La información necesaria para calcular la huella de carbono corporativa según este método, proviene de los documentos contables de la empresa (balance, cuentas de pérdidas y ganancias) sumada a la suministrada por otros sectores, como por ejemplo, generación de residuos o superficie destinada a los distintos usos. La determinación de la huella se realiza mediante una hoja de cálculo donde se consigna toda la información por sector. (Carballo Penela, García Negro, Domenech, 2009, pág. 1 a 16).

## Conclusión

El desarrollo sostenible es un tema central de la agenda mundial del siglo XXI. El concepto es utilizado por la política, la sociología, la ecología, la economía y la ingeniería, entre otras ciencias. Se lo discute en foros internacionales y se intenta llevarlo a la práctica en experiencias con mayor o menor suceso. Una de las mayores dificultades para encontrar un punto de entendimiento general estriba en que cada ciencia maneja su propio lenguaje y herramientas. Es prioritario desarrollar un paradigma nuevo, transdisciplinar y ajustado a los mecanismos de la naturaleza, que permita realmente satisfacer las necesidades

de las generaciones presentes sin comprometer el bienestar de las generaciones futuras. La incorporación definitiva a la economía de indicadores ambientales capaces de expresar las externalidades ambientales en términos no monetarios, puede ser un primer paso en la búsqueda de ese lenguaje común.

## Bibliografía

Abarca, R.; Sepúlveda, S. (2001). *Eco – etiquetado. Un instrumento para diferenciar productos e incentivar la competitividad*. Cuaderno Técnico N° 17. Obtenido el 14 de junio de 2013 en [http://www.iica.int/Esp/regiones/central/honduras/Publicaciones%20IICA/Competitividad%20y%20Agronegocios/Ecoetiquetado\\_Un\\_instrumento\\_para\\_diferenciar\\_productos\\_e\\_incentivar\\_la\\_competitividad.pdf](http://www.iica.int/Esp/regiones/central/honduras/Publicaciones%20IICA/Competitividad%20y%20Agronegocios/Ecoetiquetado_Un_instrumento_para_diferenciar_productos_e_incentivar_la_competitividad.pdf)

Carballo Penela, A.; García Negro, M.; Domenech Quesada, J. (2009). *El MC3 una alternativa metodologica para estimar la huella corporativa del carbono (HCC)*. Revista de desarrollo local sostenible. DELOS. Obtenido el 15 de junio de 2013 en [www.eumed.net/rev/delos/05](http://www.eumed.net/rev/delos/05)

Carbonfootprint. (s.f.). *Calculadora de huella de carbono*. Obtenido el 15 de junio de 2013 en <http://calculator.carbonfootprint.com/calculator.aspx?lang=es&tab=8>

Carrillo, J. (2007). *El PBI verde sonroja a China*. Economy Weblog. Obtenido el 14 de junio de 2013 en [http://economy.blogs.ie.edu/archives/2007/07/el\\_pib\\_verde\\_so.php](http://economy.blogs.ie.edu/archives/2007/07/el_pib_verde_so.php)

Chang, M.Y. (2005). *La economía ambiental*. Obtenido el 7 de junio de 2013 de [http://meme.phpwebhosting.com/~migracion/rimd/coleccion\\_america\\_latina/sustentabilidad/Sustentabilidad9.pdf](http://meme.phpwebhosting.com/~migracion/rimd/coleccion_america_latina/sustentabilidad/Sustentabilidad9.pdf)

Civit, B. (2011). *Huella de carbono, ecológica y huella hídrica*. Correveidile. La voz de Chacras. Obtenido el 10 de junio de 2013 en <http://www.correveidile.com.ar/2011/03/02/huella-ecologica-huella-de-carbono-y-huella-hidrica/>

Georgescu – Roegen, N. (1971). *The entropy law and the economic process*. Harvard University Press: Cambridge, Massachusetts.

Hoekstra, A.Y.; Hung, P.Q. (2002). *Virtual water trade. A quantification of virtual waters flows between nations in relation to international crop trade*. Obtenido el 11 de junio de 2013 de <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report11.pdf>

Instituto Huella de Carbono S. L. (2010). *Cálculo de la huella de carbono. Metodología MC3*. Obtenido el 15 de junio de 2013 en <http://www.institutohuelladecarbono.com/gestion-y-politicas-de-cambio-climatico/-calculo-de-la-huella-de-carbono-metodologia-mc3.html>

Madrid, C. (2007). *Hidratar el metabolismo socioeconómico: agua virtual y el metabolismo hídrico*. Obtenido el 7 de junio de 2013 de <http://ddd.uab.cat/pub/>

trerecpro/2007/hdl\_2072\_13466/TR+Cristina+Madrid.pdf

Martínez Alier, J. (1998). *Curso de Economía Ecológica*. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental N° 1. Red de Información Ambiental. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Oficina Regional para América Latina y el Caribe.

Moreno López, R. (2005). *La huella ecológica*. Obtenido el 14 de junio de 2013 en <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n32/armor.html>

Pampillón, R. (2009) *¿Qué es el índice de desarrollo humano?* Economy Weblog. Obtenido el 14 de junio de 2013 en <http://economy.blogs.ie.edu/archives/2009/10/%C2%BFque-es-el-indice-de-desarrollo-humano-idh.php>

Pérez Rincón, M.A. (2009). *Indicadores biofísicos de sustentabilidad. Sesión 4*. Obtenido el 7 de junio de 2013 de <HTTP://WWW.PUMA.UNAM.MX/DOC/TALLER03-INDICADORES-BIOFISICOS.PDF>

Pigou, A. C. (1932). *The economics of welfare*. 4ta edición. Mcmillan and Co. Londres.

Quiroga, A. (2012). *Huella hídrica: eficiencia en el uso del agua*. Obtenido el 15 de marzo de 2013 de <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=12694>

Rocha, L. (2009). *También hay agua virtual*. Obtenido el 6 de junio de 2013 de <http://blogs.lanacion.com.ar/ecologico/el-ambiente-en-general/tambien-hay-agua-virtual/>

Rosso, A. (2010) *¿Cuán grandes son nuestros pies?* Programa Huella Ecológica y Biocapacidad Argentina. INTI. Obtenido el 15 de junio de 2013 en <http://www.inti.gob.ar/sabercomo/sc95/inti9.php>

Rovira, P. (2011). *Metabolismo social. ¿Qué es?* Obtenido el 6 de junio de 2013 en <http://batzolades.wordpress.com/2011/03/23/metabolismo-social-%C2%BFque-es/>

Sánchez, E. (2012). *La huella hídrica para agregar valor*. Obtenido el 15 de marzo de 2013 de <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=3642>

Stiglitz, J. E. (2008). *Cuestiona Stiglitz efectividad del PBI para medir el crecimiento de los países*. Diario La Jornada, México, Edición 01/09/2008 obtenido el 14 de junio de 2013 en <http://www.jornada.unam.mx/2008/01/09/index.php?section=economia>

# El modelo matemático de Fourier para el calentamiento terrestre

Felicitas Morales Álvarez<sup>1</sup>

## Resumen

En este documento se presenta una articulación teórica del modelo matemático que representa la distribución de temperaturas en una esfera sólida, desarrollado en la teoría analítica del calor por J. Fourier, con la intención subyacente del autor de explicar el calentamiento terrestre debido a los efectos solares. Para lograrlo hacemos un análisis epistemológico de las hipótesis usadas y su traducción al lenguaje matemático con condiciones de frontera en el problema específico de determinar la ecuación de distribución de temperaturas en el sólido esférico.

**Palabras Clave:** Epistemología, distribución de temperaturas, conducción de calor.

**PACS** 01.40.-d, 01.50.-i, 01.65. +g, 91.35.Dc.

---

Fecha de recepción: julio 2013 | Fecha de aceptación: octubre 2013

<sup>1</sup> Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, México.

**Abstract**

This paper presents a theoretical articulation of the mathematical model representing the temperature distribution in a solid sphere, developed in the heat analytical theory of J. Fourier, with the author underlying intention to explain the warming due to solar effects. To do this, we carry out an epistemological analysis of the assumptions used and their translation to mathematical language with boundary conditions on the specific problem of determining the temperature distribution equation in spherical solid.

**Keywords:** Epistemology, temperature distribution, heat conduction.

**PACS** 01.40.-d, 01.50.-i, 01.65. +g, 91.35.Dc.

## Introducción

La visión sistémica llamada socioepistemología en matemática educativa ha permitido explicar fenómenos didácticos en términos de cómo se enseña, cómo se aprende y qué se aprende. En este tenor, Farfán (1997) reportó una investigación que buscó significar el concepto de convergencia de series infinitas, entre profesores universitarios, dando entre otros resultados una caracterización del pensamiento matemático subyacente en la teoría del calor, donde se establece que, para la época, estaba suficientemente incorporado el paradigma del pensamiento físico, los principios matemáticos del equilibrio de los cuerpos y de los fluidos establecidos desde la antigüedad clásica por Arquímedes, las leyes de los cuerpos graves establecidas por Galileo y, sobre éstas, las leyes que rigen el sistema del mundo debidas a Newton.

El problema reportado por Farfán (1997) consistió en describir el comportamiento del fenómeno de propagación de calor, buscando para ello lo estable y permanente en el fluir del tiempo, es decir, planteó en su hipótesis inicial como indispensable la significación que da origen al conocimiento matemático en juego, es decir, la determinación del estado estacionario. Sin embargo, concluyó la autora, este concepto físico no es producto de la primera experiencia sensible; se encontró que su abstracción presentaba una tarea cognitiva muy compleja no propicia para recrearse en el aula. A partir de este resultado recomienda no centrar la atención en los conceptos y sus diferentes estructuraciones de forma aislada, sino tratar con las prácticas que producen o favorecen la necesidad de dichos conceptos. (Cantoral y Farfán, 2003)

La lectura de este estudio dio paso a otra investigación, donde Morales (2003) centró la atención en un escrito de J. B. Fourier (1827) acerca de las temperaturas terrestres, presentado como una primera aplicación práctica de la teoría analítica del calor. El objetivo de esta tesis fue el de observar la modelación matemática del problema de calentamiento terrestre y rescatar significados e intenciones de dicha actividad. Como resultados que pueden subrayarse en este estudio resaltan que:

El modelo de calentamiento terrestre de Fourier fue concebido previamente a la escritura de la Teoría analítica del calor. Dicho modelo consiste en el análisis de las tres fuentes principales del calor terrestre, una de ellas es que nuestro planeta participa de una temperatura común de los espacios planetarios, debido a la situación de nuestro sistema solar, donde todos los puntos de esa región del universo comparten una temperatura constante.

Una segunda fuente será el calor primitivo o calor de origen de la tierra, es decir, la tierra en un principio tenía una cierta temperatura muy elevada y fue enfriándose poco a poco desde la superficie, de manera que ahora sólo está caliente en su interior.

La tercera fuente continua de calor es el sol, cuyos efectos divide en dos categorías; efectos periódicos debidos al día y la noche y efectos constantes, los

cuales se observan a una profundidad superior a los treinta metros por debajo de la superficie y es el resultado de la acción permanente de los rayos solares y la forma desigual en la que se exponen las partes de la superficie, desde el ecuador hasta los polos. En esta última causa, Fourier se encontró con el problema de explicar otros aspectos a considerar, tal como la distribución uniforme del calor debido a la atmósfera y al agua del planeta. De esta manera, concibe al planeta como una esfera sólida para fines prácticos, pero establece la ecuación de conducción de calor considerando únicamente la distribución de temperaturas en la superficie y su interacción con el medio ambiente; en este documento presentaremos la articulación de dicho modelo matemático con el fenómeno físico que le da origen.

## 2. Perspectiva teórica

La disciplina desde la que nace el presente estudio es la matemática educativa, disciplina que estudia la construcción del conocimiento matemático y su desarrollo en el sistema didáctico, aceptando como objetos de estudio los procesos de enseñanza aprendizaje de los contenidos matemáticos en situación escolar; es así cómo son diversas las problemáticas que se abordan y también diversos los enfoques teóricos que existen en torno a ella. La socioepistemología es uno de tales enfoques y el marco desde el cual se desarrollará el presente estudio.

Una de las principales contribuciones de la aproximación socioepistemológica, ha sido la de nutrir a la reflexión matemática y apoyar la didáctica, con base en la construcción social e individual del conocimiento, buscando una investigación sistémica de los fenómenos de producción, adquisición y difusión del conocimiento desde una perspectiva que incorpore las cuatro componentes fundamentales en la construcción del conocimiento: su naturaleza epistemológica, su dimensión sociocultural, los planos de lo cognitivo y los mecanismos de institucionalización vía la enseñanza. (Cantoral y Farfán, 2003)

**La dimensión socioepistemológica.** La epistemología estudia la naturaleza y validez del conocimiento, con el propósito de hacer un estudio crítico del desarrollo, métodos y resultados de las ciencias. La dimensión epistemológica incorporada en nuestra aproximación, se basa en la teoría de la epistemología genética desarrollada por J. Piaget, que se propuso encarar la reconstrucción del modo en que reproducen los conocimientos apelando al estudio de los procedimientos efectivos y el lenguaje científico, así como a la indagación histórica. (Albert, 1999)

Dicha teoría presentó una propuesta de la evolución del conocimiento: el conocimiento pasaría de un estado a otro de equilibrio a través de un desequilibrio de transición, en el curso del cual las relaciones consideradas por el sujeto en el estado anterior estarían en contradicción, ya sea por la consideración de relaciones



nuevas o por la tendencia a coordinarlas. Esta fase de conflicto sería superada durante una fase de reorganización y de coordinación que llevaría a un nuevo estado de equilibrio. Aplicar esta teoría al conocimiento matemático deviene en que la epistemología juegue un papel protagónico en la disciplina.

De esta manera, la epistemología de un conocimiento interviene en la investigación a un nivel general, ya que se asume que el fenómeno educativo no es simplemente la transmisión de conocimientos; sino que este concierne a una cultura, no se limita a integrar asuntos referentes a la naturaleza histórica, sino en construir los distintos contextos teóricos que permitan involucrar los fenómenos didácticos encontrados, así como su incorporación efectiva en la enseñanza (Farfán, 1999). Bajo esa consideración será el análisis epistemológico el que responderá cuáles son los procesos generales del pensamiento que gobiernan el conocimiento.

La aproximación socioepistemológica ha puesto de manifiesto que la matemática escolar en el sistema didáctico y particularmente en la educación superior está al servicio de otras ciencias y por lo tanto de otras prácticas de referencia de donde, a su vez, adquiere sentido y significado. Es así como el análisis de los procesos de construcción del conocimiento matemático en un contexto físico es el eje que guía la presente investigación.

### 3. Ecuación de conducción de calor

Para los fines de este trabajo nos interesa analizar no sólo el cómo, sino también la intención subyacente con la que se estableció la ecuación de conducción de calor de la esfera, para poder lograr esto debemos revisar no únicamente el trabajo final terminado, sino rescatar asimismo los comentarios, justificaciones, explicaciones y postulaciones que el autor, en este caso Fourier, nos plantea al mismo tiempo que desarrolla su producción, para poder acceder a estas intenciones es que se hace necesario revisar la obra original, y explicarla con sus correspondientes acotaciones.

En Fourier, (1827)<sup>†</sup> Fourier establece la ecuación de distribución de temperaturas para su modelo de la siguiente forma: Considera un sólido esférico cuyas condiciones de la masa son aquellas de haber estado inmersa por un tiempo infinito en un medio mantenido a temperatura constante, como lo puede ser el sol para la tierra después de un tiempo infinito, él define esta temperatura desde sus consideraciones preliminares como de valor uno, tal masa se expone después a otro medio como la puede ser el aire el cual define a temperatura cero, todo el sistema anterior está desplazándose con velocidad constante. Lo que quiere determinar son los estados sucesivos de la masa en el proceso de enfriamiento. Considera  $x$  la distancia de un

---

<sup>†</sup> Interpretación libre del capítulo II sección II, pp. 90-92. Para ver anexo consultar Morales (2003)

punto cualquiera al centro de la esfera a una temperatura  $v$  después de un tiempo  $t$ , además de que considera que  $v$  es diferente para valores diferentes de  $x$ , el cual hubiera sido el caso si la inversión no durara un tiempo infinito.

Los puntos de un sólido, a iguales distancias del centro, tendrán una temperatura común;  $v$  es entonces una función de  $x$  y  $t$ . Cuando suponemos  $t = 0$ , es esencial que el valor de esta función este de acuerdo con el estado inicial dado, y el cual es enteramente arbitrario.

Consideremos el movimiento que el calor sigue en un instante, y para una capa del sólido esférico infinitamente delgada y limitada por otras dos superficies esféricas con radios  $x$  y  $(x + dx)$  la cantidad de calor transferido a la primera capa, depende de cuatro factores a saber: la naturaleza de la cáscara representada por  $K$ ,<sup>‡</sup> el instante de tiempo  $t$ , el área de la cáscara y la proporción que no dice cómo varía la temperatura con respecto a la posición (ley de Fourier). Finalmente, ya que este calor está dejando a la cáscara esférica es tomado con signo negativo (ver figura 1):

$$- 4K\pi x^2 \frac{\partial v}{\partial x} dt$$

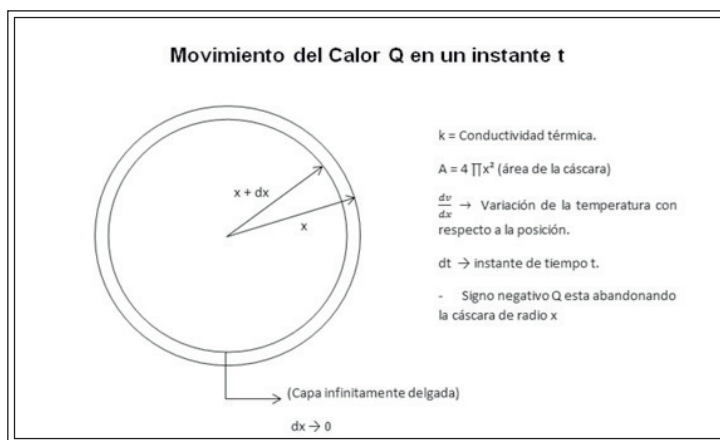


Figura 1.

De igual manera obtiene la cantidad de calor que deja a la segunda capa, la expresión es la misma que para la primera sólo se le adiciona el diferencial del término con respecto a  $x$ . La diferencia entre el calor que entra a través de la primera capa y el que deja a la segunda nos dará el calor que se acumula en el interior de ambas y cuyo efecto consiste en variar la temperatura de la capa intermedia.

$$- 4K\pi x^2 \frac{\partial v}{\partial x} dt - 4K\pi \frac{\partial}{\partial x} \left( x^2 \frac{\partial v}{\partial x} \right) dx dt$$

<sup>‡</sup> Conductividad térmica que depende del material del sólido en cuestión.

Como la cantidad de calor que deja la capa esférica a través de la segunda superficie; y si sustraemos esta cantidad de aquella que entra a través de la primera superficie, tendremos:

$$4K\pi \frac{\partial}{\partial x} \left( x^2 \frac{\partial v}{\partial x} \right) dx dt$$

Esta diferencia es evidentemente la cantidad de calor que se acumula en la capa intermedia y cuyo efecto es variar su temperatura. El coeficiente C denota la cantidad de calor necesario para elevar desde cero hasta uno, un definida unidad de peso, La cantidad de calor necesario para elevar una unidad de peso D<sup>§</sup> desde una temperatura 0 hasta una temperatura 1 depende del material del que pudiera componerse la esfera, esta cantidad es la capacidad específica y es denotada por C\*\* el volumen de la capa intermedia según se ve arriba será  $4\pi x^2 dx$ , por tanto  $4\pi CDx^2 dx$  será la cantidad de calor que se necesita para elevar la cáscara intermedia desde cero hasta uno, dividiendo esta cantidad entre el calor acumulado y derivando para obtener el aumento de la temperatura con respecto del tiempo encuentra la ecuación diferencial que representa el movimiento del calor al interior de la esfera:

$$dv = \frac{K}{CD} dt \frac{1}{x^2} \frac{\partial}{\partial x} \left( x^2 \frac{\partial v}{\partial x} \right)$$

Ó

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{K}{CD} \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{2}{x} \frac{\partial v}{\partial x} \right) \dots\dots\dots (1)$$

Esta ecuación representa la ley que sigue el movimiento del calor en el interior de la esfera sólida. Fourier continua en su obra deduciendo las ecuaciones para otro tipo de sólidos, sin embargo regresa en especial a esta, en sus memorias de la real academia de ciencias del instituto de Francia, intituladas: *Theorie du mouvement de la chaleur dans les corps solides*. Publicadas en 1826 donde explica el motivo de su investigación y en especial la aplicación de la ecuación de calor para una esfera sólida.

<sup>§</sup> Vemos que aquí D se refiere a la densidad, en este caso volumétrica del sólido.

\*\* La relación que existe entre la energía transferida a una sustancia y su temperatura se puede expresar en términos de la termodinámica como:  $dQ = mCdT$ , esta expresión indica como varía la energía transferida con respecto a la temperatura, donde m representa la unidad de masa y C la capacidad térmica por unidad de masa, es decir el calor específico, cuyas unidades consecuentes con el sistema son de energía por unidad de masa por unidad de temperatura [J/gr °C]. Podemos ver entonces que el coeficiente C que Fourier define como capacidad específica es el calor específico y la forma en cómo está definido, lo que lo acerca más a la noción de calor en el sentido coloquial o de sustancia que hemos venido mencionando.

Asevera que después de haber expuesto las leyes generales de movimiento de calor en cuerpos sólidos, resultará útil indicar una de las principales aplicaciones de su teoría, y que ha elegido para ese objetivo el asunto de las temperaturas terrestres ya que es un estudio que le interesa más que ningún otro, aunque el examen de este problema exigía muchas observaciones exactas y variadas no se podían determinar por la falta de una teoría, pero en vista de que él ya la estableció, tratará de recopilar todas las observaciones y hechos que pudieran ayudar.

De manera general se puede decir que en este documento Fourier se plantea dos problemas a solucionar:

1. Considerando las oscilaciones periódicas de calor que actúan sobre la superficie terrestre ¿Cuál es la temperatura de un punto dado inmediatamente por debajo de dicha superficie? a una distancia relativamente pequeña.
2. ¿Cuál es la temperatura fija en un punto dado más allá de la superficie, esto es en un punto que no participa de las oscilaciones periódicas de la superficie?

Para lograrlo cuenta con las siguientes observaciones y elementos:

**Variabilidad.** Los diferentes puntos de la superficie terrestre son irregularmente expuestos a la acción de los rayos solares, los movimientos de rotación y traslación de la tierra vuelven muy variables los efectos sucesivos del sol; si se colocaran termómetros en diferentes puntos de la parte sólida de la tierra, inmediatamente por debajo de la superficie, se observarían los cambios continuos en cada uno de los termómetros. Esos movimientos de calor en la superficie tendrán también influencia en todo lo que ocurra en el interior del planeta.

**Periodicidad.** Las grandes variaciones de la temperatura en la superficie del globo son periódicas, se reproducen y se repiten sensiblemente después del intervalo de un año. Así el asunto consiste principalmente en determinar el movimiento de calor en una esfera sólida con un diámetro considerado inmenso, cuya superficie está sometida a la acción periódica de un foco exterior.

**Equilibrio.** Si se supone que todos los puntos de la superficie de un globo sólido inmenso fueran sometidos, por una causa exterior cualquiera y durante un tiempo infinito, a los cambios periódicos de temperatura iguales a éstos que observamos, estas variaciones no podrían afectar más que una envoltura esférica cuyo grosor es infinitamente pequeño en relación con el radio; es decir, que en una profundidad vertical poco considerable, la temperatura de un punto tendrá un valor constante que depende, siguiendo una cierta ley, de todas las temperaturas variables de un punto de la misma vertical situada en la superficie. Pero, se debe observar que el valor fijo de la temperatura no es el mismo cuando se cambia de vertical, porque se supone que los puntos correspondientes de la superficie afectan irregularmente la acción

del foco exterior. Si se hace caso omiso a la envoltura del globo sólido, se podrá decir que los diversos puntos de su superficie están sometidos a las temperaturas constantes por cada uno de esos puntos pero irregulares para los puntos diferentes. Y con la siguiente:

**Hipótesis:** Se supondrá entonces, en primer lugar, que la superficie de una esfera sólida, de gran diámetro, está sometida en sus diversos puntos a los cambios periódicos de temperatura, equivalentes a los que observamos hacia la superficie de la Tierra. Primero, considerara hacer caso omiso de los movimientos del calor en el sentido horizontal. En efecto, todos los puntos de la superficie que están contiguos, y comprendidos en una muy vasta extensión, deben ser vistos como igualmente afectados por las causas exteriores: resulta que los puntos correspondientes colocados en el interior a una profundidad poco considerable tienen además, en el mismo instante, temperaturas sensiblemente iguales; así pues se comunican las cantidades de calor extremadamente pequeñas. No es lo mismo en los puntos contiguos de una misma línea vertical; sus temperaturas, tomadas al mismo instante, difieren entre si en cantidades incomparablemente más grandes que aquellas de puntos igualmente distantes de la superficie. Por consiguiente, el movimiento de calor que se trata de conocer, por una línea vertical dada, es sensiblemente la misma que si todos los puntos de la superficie de la esfera sufrieran los cambios periódicos enteramente parecidos. Lo puntos igualmente distantes del centro de la esfera conservan entonces una temperatura común  $v$  que varía con el tiempo transcurrido  $t$ . Designando por  $x$  la distancia al centro, se ve que  $v$  es una función de  $x$  y  $t$  que se debe determinar.

Así la ecuación:

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{K}{CD} \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{2}{x} \frac{\partial v}{\partial x} \right) \dots\dots\dots(1)$$

Que se ha obtenido anteriormente representa las variaciones instantáneas de temperaturas en una esfera sólida en la cual las capas esféricas son irregularmente calentadas; es decir que si actualmente se le diera a los puntos de la esfera situados a la distancia  $x$  una temperatura  $v$ ,  $v$  siendo una función de  $x$  dada, y que se quisiera conocer el resultado instantáneo de la acción mutua de todas las partículas, se debería unir a la temperatura de cada punto la diferencial de tiempo

$$\frac{K}{CD} \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{2}{x} \frac{\partial v}{\partial x} \right) dt$$

En el asunto que se trata ahora, se reemplazará la variable  $x$  por  $X-u$ ,  $X$  representa el radio total de la esfera, y  $u$  la distancia perpendicular entre la superficie y el punto

del cual la temperatura es  $v$ . Se obtiene por esta sustitución, y considerando  $X$  como un número muy grande tenemos

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{K}{CD} \left( \frac{\partial^2 v}{\partial u^2} \right) \dots \dots (2)$$

El resultado que presenta esta ecuación es coherente con la hipótesis presentada inicialmente por Fourier, y con la pregunta que se está respondiendo; ya que recordaremos, desea conocer la temperatura de un punto dado inmediatamente por debajo de la superficie, a una “temperatura mediocre” como él la llama, de esta manera  $u$  representará una distancia pequeña y por tanto  $X-u$  un valor muy grande, dando como resultado (2) la cual por cierto, introduce una posición más general del punto a observar, es decir, que en la última expresión  $u$  en realidad también es  $u(x, y, z)$ .

En la actualidad a la ecuación diferencial (2) en general se le conoce como la ecuación de difusión de calor en estado transitorio o no estacionario, con algunas pequeñas variaciones en la notación:

$$\nabla^2 V = \left( \frac{1}{K} \right) \left( \frac{\partial v}{\partial t} \right)$$

Dónde:

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial^2 x} + \frac{\partial^2}{\partial^2 y} + \frac{\partial^2}{\partial^2 z}$$

Y donde  $K=k/\rho C$  llamada constante de difusividad o simplemente difusividad<sup>††</sup>, con  $k$  la conductividad propiamente mencionada que representa la naturaleza del sólido,  $\rho$  la densidad volumétrica y  $C$  el calor específico.

#### 4. Solución de la ecuación de difusión de calor o el “problema de Fourier”

Por último, revisaremos la solución de la mencionada ecuación en la forma deducida por Fourier haciendo a su vez uso de los elementos e hipótesis planteadas al inicio del documento y que se traducen en esta sección como condiciones de frontera, cabe mencionar que el método de solución<sup>††</sup> que él provee para determinar la distribución de temperaturas, representó en su tiempo un método matemático novedoso y que se usa hasta la actualidad, es de hecho por la solución completa

<sup>††</sup> Fue nombrada difusividad térmica por Lord Kelvin (Unsworth & Duarte, 1979)

de este problema que Fourier tiene su máximo reconocimiento entre la comunidad matemática, y por el cual algunos autores lo denominan “el problema de Fourier”.

En la ecuación (2) y de la deducción se observa que  $v$  representa la función de la distribución de temperaturas,  $t$  representa la unidad de tiempo y  $r$  (aún en el caso más generalizado) representa el radio de la posición del punto en la esfera, de esta manera y reescribimos la ecuación como:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial r^2} = \frac{1}{k} \frac{\partial V}{\partial t} \dots \dots \dots (3)$$

Suponiendo por el método de separación de variables, que la solución de (3) es de la forma:

$$V(r, t) = R(r) T(t) \dots \dots \dots (4) \text{ entonces } \frac{\partial V}{\partial t} = R(r) T'(t) \dots \dots \dots (5)$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial r^2} = T(t) R''(r) \dots \dots \dots (6)$$

Sustituyendo (5) y (6) en (3)

$$R''(r) T(t) = \frac{1}{k} R(r) T'(t)$$

O bien

$$\frac{R''}{R} = \frac{1}{k} \frac{T'}{T} = -\lambda^2$$

Entonces:

$$T' + K\lambda^2 T = 0 \dots \dots \dots (7)$$

$$R'' + \lambda^2 R = 0 \dots \dots \dots (8)$$

Solucionando (7)

$$\frac{1}{k\lambda^2} \ln T = C_1 t$$

$$T(t) = C_1 e^{-\lambda^2 kt} \dots \dots \dots (9)$$

Solucionando (8) una ecuación diferencial homogénea de segundo orden, cuya ecuación característica tiene raíces imaginarias tenemos

$$R(r) = C_2 \cos \lambda r + C_3 \sin \lambda r \dots \dots \dots (10)$$

‡‡ Método de separación de variables.

Sustituyendo (9) y (10) en (4)

$$V(r, t) = C_1 e^{-\lambda^2 kt} [C_2 \cos \lambda r + C_3 \sin \lambda r] \dots (11)$$

El valor de las constantes en esta solución dependerá siempre de las condiciones iniciales y de frontera del problema, en este caso retomaremos aquellas que Fourier establece para el caso de la esfera calentada y sumergida en un medio a temperatura  $T_s$  para enfriarse paulatinamente. Asumimos así que  $T_s = 0$  y cuando  $r = 0$  y  $r = a$ , (con  $a$  el radio total de la esfera calentada) la distribución  $V = 0$  esto es,  $V(0, t) = 0$  y  $V(a, t) = 0$ , además en  $t = 0$  para un punto cualquiera de la esfera, es decir, un punto en la región  $0 \leq r \leq a \rightarrow V(r, 0) = rT_0$ .

$\Rightarrow$

$$T(0) = C_1 e^{-\lambda^2 kt} \text{ Cuando } t=0 \Rightarrow C_1 = T_0$$

También

$$R(0) = C_2 \cos \lambda(0) + C_3 \sin \lambda(0) = 0$$

$$C_2 \cos(0) = 0 \quad \therefore C_2 = 0$$

$$R(r) = C_3 \sin \lambda r$$

Reescribiendo (11)

$$V(r, t) = e^{-\lambda^2 kt} T_0 C_3 \sin \lambda r \dots (12)$$

Por el principio de superposición,

Además, 
$$V(r, t) = T_0 \sum_{n=1}^{\infty} C_3 e^{-\lambda^2 kt} \sin \lambda r \dots (13)$$

$$R(a) = C_3 \cos \lambda a = 0$$

La constante es diferente de cero ya que de otra manera encontraríamos la solución trivial, en ese caso queda:

$$\sin \lambda a = 0$$

Y para que esta condición se cumpla

$$\lambda a = n\pi \Rightarrow \lambda = \frac{n\pi}{a}$$

Con  $n=0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$

Sustituyendo en (13)

$$V(r, t) = T_0 \sum_{n=1}^{\infty} C_3 e^{-\frac{kn^2\pi^2}{a^2}t} \sin \frac{n\pi}{a} r \dots (14)$$



La última condición  $V(r, 0) = rT_0$  propone que:

$$V(r, 0) = T_0 \sum_{n=1}^{\infty} C_3 e^{-\frac{kn^2\pi^2}{a^2}(0)} \operatorname{sen} \frac{n\pi}{a} r = rT_0$$

Simplificando

$$\sum_{n=1}^{\infty} C_3 \operatorname{sen} \frac{n\pi}{a} r = r$$

Los coeficientes  $C_3$ , llamados coeficientes de Fourier se encuentran resolviendo la siguiente forma<sup>§§</sup>

$$C_3 = \frac{2}{a} \int_0^a r \operatorname{sen} \frac{n\pi}{a} r dr$$

Solución:

$$\begin{aligned} C_3 &= \frac{2}{a} \left[ -\frac{ar}{n\pi} \cos \frac{n\pi}{a} r + \frac{a}{n\pi} \int \cos \frac{n\pi}{a} r dr \right] \\ &= \frac{a}{2} \left[ -\frac{ar}{n\pi} \cos \frac{n\pi}{a} r + \frac{a^2}{n^2\pi^2} \operatorname{sen} \frac{n\pi}{a} r \right]_0^a \\ &= \frac{2}{a} \left[ -\frac{a^2}{n\pi} \cos n\pi \right] \\ &= -\frac{2a}{n\pi} \cos n\pi \end{aligned}$$

O bien:

$$C_3 = \frac{2a(-1)^{n+1}}{n\pi}$$

Sustituyendo los coeficientes de Fourier en (14) obtenemos la solución completa del problema de transferencia de calor por conducción

$$V(r, t) = T_0 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2a(-1)^{n+1}}{n\pi} e^{-\frac{kn^2\pi^2}{a^2}t} \operatorname{sen} \frac{n\pi}{a} r \dots\dots (15)$$

§§ "Si se requiere obtener la expansión de una función dada  $f(x)$ ,  $-L < x < L$ , en una serie de Fourier de modo que:  $f(x) = a_0/2 + \sum_{(n=1)}^{\infty} [a_n \cos n\pi x/L + b_n \operatorname{sen} n\pi x/L]$  entonces los coeficientes de Fourier estarán dados por  $a_n = 1/L \int_{-L}^L f(x) \cos n\pi x/L dx$ ,  $b_n = 1/L \int_{-L}^L f(x) \operatorname{sen} n\pi x/L dx$ . Para el término seno, la función  $f(x)$  es una función impar, esto es,  $f(-x) = -f(x)$  y los coeficientes se pueden expresar como:  $a_n = 0$  y  $b_n = 2/L \int_0^L f(x) \operatorname{sen} n\pi x/L dx$ ".....(Spiegel & Murray, 1983)

La expresión (15) representa la distribución de temperaturas en un punto dado de una esfera sólida cómo lo puede ser la tierra dadas las condiciones de haber estado por mucho tiempo sometida a los efectos del sol y después haberse enfriado debido al contacto con el aire o medio ambiente.

Los primeros significados que se rescatan en el entendimiento del problema de calentamiento de la tierra desde la perspectiva de Fourier, son no sólo el establecimiento de las hipótesis del problema físico sino las conclusiones que se desprenden del desarrollo como la dependiente con el gradiente de temperaturas y con las características internas del sólido; más precisamente con la conductividad térmica; otro aspecto sutil pero igualmente importante es el concepto de capacidad calorífica, que pone de manifiesto que la conducción de calor proviene de una resistencia que opone un cuerpo a ser calentado y su disponibilidad para conducir el calor. Ya que Fourier se permite prever desde su teoría del calor las aplicaciones para las cuales está estaba dirigida, resalta por su importancia el concepto de flujo de calor y la conceptualización consecuente de que sin un conocimiento preciso de la expresión matemática para este flujo como función de la temperatura, el problema del calentamiento terrestre no sería posible de abordar.

## 5. Implicaciones de la investigación

La modelación matemática es un tema con muy diversas e importantes aplicaciones, prueba de ello son las aportaciones y trabajos que muchos colegas de nuestra disciplina han realizado y dedicado a ello, pero también las múltiples perspectivas desde las que esta actividad ha sido observada. La experiencia como profesores nos provee de la certeza de que el discurso matemático escolar se compone en su mayoría de las notas y de los libros de texto que se recomienda usar para apoyar las actividades y cubrir el programa. Sin embargo en este saber no están incorporados los significados primarios, ya que se ignoran las etapas, objetivos, momentos y contextos por los que ha transitado el conocimiento desde su construcción original. Es aquí donde un estudio de corte epistemológico podría proveer de argumentos olvidados por la enseñanza tradicional, de forma tal que a través de este tipo de estudios sea posible dar enfoques diferentes o alternativos a los conceptos estudiados en el nivel superior. El tipo de análisis de un fenómeno como el que nos ocupa, busca establecer un acercamiento a la génesis y desarrollo de los conceptos que en este se establecen, con el objeto de encontrar en él los elementos que nos permitan obtener un mejor entendimiento de las características necesarias a la actividad matemática.

En el marco de la didáctica fundamental, se pone de manifiesto que no es posible interpretar la matemática escolar ni la actividad matemática, sin tener en cuenta los fenómenos relacionados con la reconstrucción de la matemáticas que tienen su origen en la propia institución de producción del saber matemático (Chevallard,

1991). El desarrollo de esta teoría ha aportado argumentos para justificar por qué no pueden separarse completamente el estudio de la génesis y el desarrollo del saber matemático, del estudio de la enseñanza y la utilización de dicho saber.

Y es por estos mismos argumentos que se considera necesario, adoptar una perspectiva que incluya una visión, sensible al reconocimiento de que el conocimiento es una construcción social. Así las teorías frutos o consecuencias de las líneas de investigación sostenidas por la comunidad de especialistas en matemática educativa, tal como la aproximación socioepistemológica<sup>\*\*\*</sup>, perspectiva que hace dicho énfasis en la naturaleza social de la actividad de la construcción por parte de los actores sociales en contextos sociales concretos, más específicamente, la socioepistemología, plantea el examen del conocimiento social, histórica y culturalmente situado, problematizando a la luz de las circunstancias de su construcción y difusión (Cordero, 1999). Coincidimos con Arrieta (2003) al asegurar desde esta posición, que lo socioepistemológico debe significar, el reflejo de cualquier actividad humana haciendo matemáticas.

De esta forma a la actividad de modelación y al uso de las matemáticas dentro de la misma le es inherente un proceso mental que está estrechamente relacionado e influido por su entorno sociocultural, en este caso por la época en la que Fourier y sus escritos surgen. Fourier se preguntaba acerca de un fenómeno físico observable y que le generaba preguntas que para la época era difícil contestar; sin embargo él se da a la tarea de desarrollar todo el constructo teórico (matemático) que le permita obtener respuestas, tal desarrollo está íntimamente relacionado con el contexto histórico y entorno de la época cuyas limitaciones matemáticas, científicas y de desarrollo tecnológico marcan el modelo matemático que el propio Fourier establece. El punto que se remarca en este escrito y que es propuesto por la visión socioepistemológica, es aquel de decir que con otras herramientas didácticas, tecnológicas y científicas como las que actualmente poseemos; se generarían a partir de la misma pregunta inicial, un constructo o conocimiento completamente diferente, cuya aceptación y entendimiento por la comunidad didáctica (institución educativa) dependería en mucho de incluir también el contexto que le dio vida. O como lo afirma la teoría: no puede separarse completamente el estudio de la génesis y desarrollo del saber matemático, del estudio, de la enseñanza y la utilización de dicho saber. Cuestión que por lo demás a llevado a la búsqueda de diferentes enfoques didácticos que permitan la inclusión de la componente social, epistemológica, cognitiva y didáctica.

Así el tipo de investigación que llevamos a cabo, visto como la investigación encaminada a la reconstrucción de significados, nos permite rescatar de los trabajos de Fourier algunos significados o intenciones primarias de los conceptos matemáticos que él generó, a través de cuestionarnos cómo y atendiendo a qué problema surgieron estos.

---

<sup>\*\*\*</sup> Desarrollada por el grupo del Área de Educación Superior del Departamento de Matemática Educativa del CINVESTAV, IPN.

## 6. Referencias Bibliográficas

- Albert A. (1999). Introducción a la Epistemología. *Serie: Antologías 2*, 1-28
- Arrieta J. (2003). *La modelación de fenómenos como procesos de matematización en el aula*. Tesis Doctoral (Inédita), Cinvestav México.
- Cantoral y Farfán (2003). Matemática educativa: Una visión de su evolución, *Revista Latinoamericana de investigación en Matemática Educativa*, Vol.6, núm. 1, Marzo, 2003, pp. 27-40.
- Cordero F. (1999). El “comportamiento tendencial de las funciones” como una categoría del conocimiento del Cálculo. *Serie Antologías 2*, 29-54.
- Chevallard Y. (1991). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires Aique (C. Gilman Trad)
- Farfán R. (1997). Ingeniería didáctica: *Un estudio de la variación y el Cambio*. Grupo Editorial Iberoamerica, S.A. de C.V. Méx.
- Farfán R. M. (1999). Perspectivas y Métodos de investigación en Matemática Educativa. *Serie Antologías 2*, 55-120
- Fourier J.B. (1827). *Theorie Analytique de la Chaleur*. Asociación Mexicana Clásicos de la Ciencia. México, 1963.
- Fourier J. B. J. (1827). Mémoires d’l académie Royale des sciences de l’Institute de France VII, 570-604. París, Didot.
- Morales A. F. (2003). *Acercas de la actividad de modelación. Las temperaturas de la Tierra*. Tesis de maestría no publicada. Cinvestav IPN, México.
- Spiegel M. R. (1983). Ecuaciones diferenciales aplicadas. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. México.
- Unsworth J and Duarte F. (1979). Heat diffusion in a solid sphere and Fourier theory: an elementary practical example *Am. J. Phys.* 47 981-3.

# Estudios de base para el diagnóstico de la laguna mulitas

## Propuesta para su recuperación y manejo sustentable.

Alejandro Wenceslao Baldovino<sup>1</sup>, Guillermo Jelinski y Lucila Argañaraz

### Resumen

La laguna Mulitas es una laguna permanente situada en el partido de 25 de Mayo, Pcia.de Buenos Aires. La misma presenta un estado natural eutrófico<sup>2</sup>, pero debido a la intensidad de uso de suelo en la cuenca su estado actual es hipereutrófica<sup>3</sup>.

En su estado natural, funciona como un sistema arreico cuyo último punto de colección es su cuerpo lagunar, con un vaciado por infiltración, evaporación y evapotranspiración. Actualmente, debido a la ejecución de vías de comunicación, obras de canalización, urbanización, explotación agropecuaria, etc., se ha alterado dicho funcionamiento.

Para la realización de este trabajo se realizaron tareas de recopilación y análisis de información, visitas de campo, muestreo de agua y sedimentos, estudios hidrológicos e hidráulicos y la evaluación del estado actual del cuerpo superficial. A partir de estos se describió el funcionamiento hidrológico e hidráulico de la laguna y su cuenca de aporte, para lo cual se analizaron tres situaciones: laguna sin descarga, estado actual, y estado con descarga. Así, se lograron establecer las adecuaciones necesarias que permitan fijar un nivel de operación del cuerpo superficial acorde al sostenimiento de la flora y fauna, garantizando además el uso recreativo, pero sin comprometer los terrenos aledaños, a fin de minimizar la afectación sobre la población ubicada en las márgenes.

Para ello se propusieron acciones inmediatas y a largo plazo, de tipo estructural y no estructural que garantizarán la sustentabilidad de uso del recurso, tales como: obras civiles, introducción de especies, humedal artificial, manejo de macrófitas, etc.

**Palabras Clave:** laguna Mulitas; diagnóstico ambiental; sustentabilidad.

---

Fecha de recepción: julio 2013 | Fecha de aceptación: octubre 2013

<sup>1</sup> Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ingeniería, Laboratorio de Ingeniería Sanitaria.

<sup>2</sup> Recibe drenaje de suelos ricos en nutrientes.

<sup>3</sup> Altos niveles de nutrientes, presencia de metales en sedimentos, importante desarrollo de macrófitas, baja diversidad.

## Abstract

Mulitas lagoon is a permanent lagoon lying on 25 de Mayo district, Buenos Aires Province. It presents natural eutrophication<sup>4</sup>, but due to the land use intensity in the basin it is under hypereutrophic state<sup>5</sup>.

In its natural state, it operates as an arctic system whose last collection point is the lagoon itself, with a drain by infiltration, evaporation and evapotranspiration. Currently, due to the development of roads, canalization works, urbanization works, farming, etc., such operation has been altered.

To carry out this work, we performed task of data collection and analysis, field visits, water and sediment sampling, hydrologic and hydraulic studies and evaluation of the surface current state. Then the hydrologic and hydraulic operation of the lagoon and its watershed basin were described, for which three scenarios were analysed: lagoon without drain, current status and lagoon with drain. Thus, it was possible to establish the necessary adjustments for fixing a surface operation level according to the flora and fauna support, ensuring recreational use, but without compromising the surrounding land and minimising the effect on the population located in the margins.

To do this, immediate and long-term structural and nonstructural actions were proposed to ensure the sustainability of resource use, such as civil works, specie introductions, wetland, macrophyte management, etc.

**Keywords:** Mulitas lagoon, environmental assessment, sustainability.

---

<sup>4</sup> Receive nutrient-rich soil draining.

<sup>5</sup> High levels of nutrients, presence of metals in sediments, significant development of macrophytes, low diversity.

## Introducción

El presente estudio surge como requerimiento de la Municipalidad de 25 de Mayo al Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la UNLP a efectos de realizar estudios en los que se propongan acciones necesarias a llevar a cabo para la recuperación y un manejo sustentable de la laguna, un recurso natural de elevado valor social y ambiental.

Las tareas realizadas se componen de una serie de actividades entre las que se pueden destacar: recopilación y análisis de información antecedente, recorridos de campo, toma de muestras de agua y sedimentos, estudios hidrológicos e hidráulicos y la evaluación del estado actual del cuerpo superficial de la laguna Mulitas. A partir de estos se procedió a describir el funcionamiento hidrológico e hidráulico de la laguna y su cuenca de aporte en su estado actual y establecer las adecuaciones necesarias para disponer de los elementos de control que permitan fijar un nivel de operación del cuerpo superficial acorde al sostenimiento de la flora y fauna, garantizando además el uso recreativo, pero sin comprometer los terrenos aledaños, a fin de minimizar la afectación sobre la población ubicada en cercanías de las márgenes.



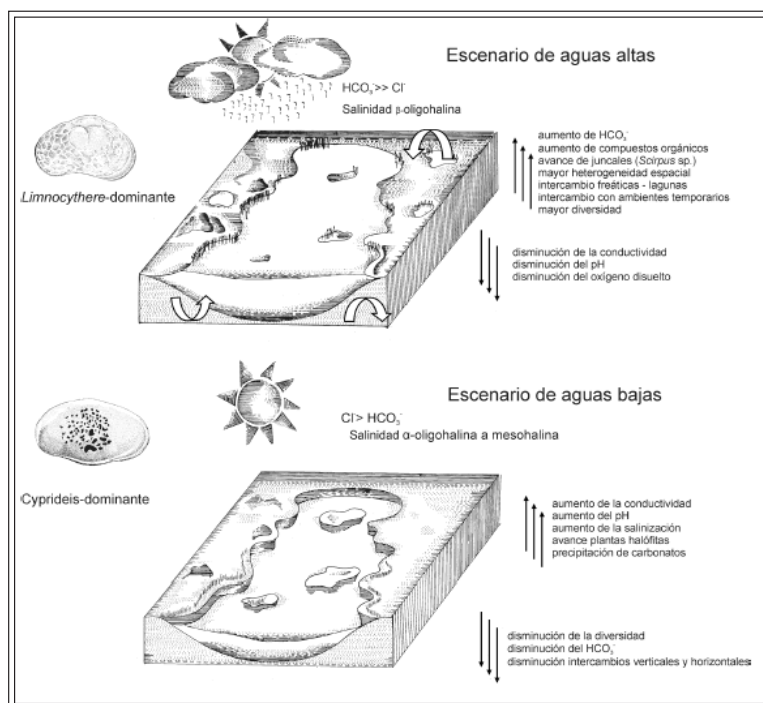
Figura 1 - Imagen sobre la costanera de la Laguna

## 2. Desarrollo

La cuenca del Río Salado abarca tres regiones hídricas en un área de aproximadamente 170.000km<sup>2</sup> cuya característica más destacable es la falta de relieve.

La cuenca forma parte de una zona ecológica conocida como Pastizales de la Pampa Húmeda que contaba con pasturas pampásicas extensas, desprovistas de árboles y que actualmente no existen debido a la alteración producida por la actividad humana.

Dangaus (2006), establece una clasificación de los sistemas hidrológicos basándose en la periodicidad del régimen hídrico del cuerpo de agua, el que a su vez depende del régimen pluvial, la interrelación con el agua subterránea y las características morfométricas de la cuenca, principalmente su extensión y su profundidad. Reconoce diferentes tipos de lagunas, entre las cuales se podría tipificar a la laguna Mulitas dentro del grupo de las casipermanentes a permanentes.



**Figura 2:** Esquema de modelo conceptual del comportamiento de las lagunas pampeanas.

En el tramo inferior de la laguna Mulitas, la falta de relieve, la exigua pendiente y el bajo potencial morfogénico dificulta la evacuación de los excesos hídricos durante las épocas de grandes precipitaciones, favoreciendo la permanencia del agua en los bajos y lagunas.

La sucesión de períodos climáticos secos y húmedos lleva a un importante desarrollo de sistemas de humedales y de lagos muy poco profundos (lagunas). En gran parte de la planicie pampeana, el drenaje es endorreico o arreico, lo cual conduce a que, bajo las condiciones sub-húmedas actuales, se produzcan periódicas inundaciones extensas y prolongadas, alternando con períodos de sequía.

Como ya mencionáramos la laguna Mulitas es un ambiente de una profundidad relativa muy baja, que aumenta con el área inundada en épocas de inundación.

Las lagunas pampeanas se sitúan en fértiles drenajes que naturalmente les aportan



grandes cargas de nutrientes las cuales se ha incrementado sustancialmente debido a la acción humana. Las lagunas ubicadas en zonas con menor uso de la tierra presentarían variaciones estacionales en sus parámetros físicos, químicos y biológicos. Estas variaciones serían menos notorias a medida que el uso de la tierra es incrementado.

El curso principal del río Salado se encuentra altamente eutrofizado, lo cual está vinculado al aporte de nutrientes por escorrentía de áreas cultivadas adenañas al curso del río.

La relación nitrógeno/fósforo es directa, con tendencia a disminuir aguas abajo en el cauce principal del Salado, en el tramo superior de la cuenca.

Se destaca para éste período, la detección de arsénico, en concentraciones superiores a las permitidas por normativa ambiental vigente, a lo largo del tramo en estudio. Asimismo, se registró arsénico en los afluentes, aunque en niveles traza.

### Componente Agua Superficial

El pH, en un cuerpo de agua es un indicador directo de su calidad, dado que la ausencia de este componente no es compatible con la supervivencia de organismos acuáticos, excepto ciertas bacterias, capaces de vivir en condiciones de anoxia.

Se tomaron muestras en dos puntos de la laguna (M1-S1 y M2-S2, figura 3), y se realizaron análisis fisicoquímicos y bacteriológicos sobre los mismos en el el laboratorio.

El pH en los puntos sondeados resultó alcalino, en concordancia con los niveles registrados para otros sistemas lenticos de la región.



Figura 3: Sondeos de agua y sedimentos.

La demanda química de oxígeno (DQO) mide la cantidad de oxígeno consumida en los procesos químicos de oxidación de sustancias inorgánicas reductoras (como sulfitos y sales ferrosas), compuestos orgánicos estables (como detergentes sintéticos y

plásticos) o sustancias que tienen degradación lenta (como celulosa y quitina). Si bien no se ha establecido el estándar para este parámetro, un valor alto de este indicador señala la presencia de productos químicos o sintéticos no biodegradables. Para el caso de la laguna, las concentraciones de DQO registradas fueron bajas.

Cantidades elevadas de cloruros (Cl<sup>-</sup>), fosfatos (PO<sub>4</sub><sup>-2</sup>), fenoles y compuestos nitrogenados como nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) y amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), se relacionan con el aporte de aguas residuales domésticas y, en menor medida, de descargas industriales sin tratamiento.

La variación espacial observada en la concentración total de nutrientes, puede deberse a un aporte extra de nutrientes, o por resolubilización del P presente en el sedimento por parte de las macrófitas (plantas acuáticas) que presentaban gran desarrollo en la laguna al momento de toma de las muestras, ya que actúan a modo de bombas de nutrientes.

Para el sistema en estudio, los metales analizados se encuentran por debajo de los niveles guías establecidos por la normativa nacional (D 831/93).

Las concentraciones de plaguicidas organoclorados, registradas en ambos sitios de monitoreo en la laguna, se encuentran en concentraciones inferiores al límite de cuantificación del instrumental analítico empleado, con excepción del endrin que registró 2.7 ng/l en el sitio M1.

Los valores obtenidos no pueden considerarse peligrosos para la fauna ictícola, no obstante ello, no debe ignorarse su presencia.

**Tabla 1.** Resultados muestreo 03/02/2012 Agua Superficial Laguna Mulitas.

Calidad de agua superficial	Muestra 1	Muestra 2
cadmio (Cd),	<0.002 mg/l	<0.002 mg/l
cobre (Cu),	0.012 mg/l	0.002 mg/l
cromo (Cr),	0.003 mg/l	<0.003 mg/l
plomo (Pb)	<0.02 mg/l	<0.02 mg/l

Metales en agua superficial	Muestra 1	Muestra 2
Organoclorado		
aldrin	<1.2 ng/l	<1.2 ng/l
dieldrin	<2.5 ng/l	<2.5 ng/l
endrin	2.7 ng/l	<2.5 ng/l
Organofosforado		
endosulfan	<1.2 ng/l	<1.2 ng/l
malation	<0.2 ng/l	<0.2 ng/l
Metil paration	<0.4 ng/l	<0.4 ng/l
diazinon	<1 ng/l	<1 ng/l

### Componente Sedimentos

En este componente, los niveles de pH registrados fueron alcalinos, mientras que los sólidos totales mostraron una significativa variación entre ambos sitios de muestreo con un notable incremento en el sitio S2 (73 mg/l), respecto al sitio S1 (42mg/l).

Respecto a los pesticidas determinados en este componente, los mismos se encontraron por debajo de los límites de detección.

Las concentraciones de metales pesados determinados, superaron en ambos sitios los límites de detección del protocolo utilizado, encontrándose no obstante por debajo de los niveles considerados contaminantes según la reglamentación nacional e internacional vigente.

La presencia de la napa freática a escasa profundidad y las características topográficas hacen que el agua subterránea y superficial se encuentren fuertemente interrelacionadas, a punto tal que el agua subterránea ejerce controles importantes sobre el balance hídrico regional y sobre la composición de las aguas de las lagunas pampeanas.

Cuando se producen importantes eventos de excesos hídricos (inundaciones), los niveles del agua subterránea aumentan rápidamente y tiene lugar la descarga a la superficie, anegando grandes áreas, creando lagunas temporarias y aumentando la extensión de las lagunas permanentes. Por el contrario, durante épocas en las que no hay excesos hídricos (sequías), el sistema subterráneo se halla muy localizado y el aporte al agua superficial es menor.

**Tabla 2:** Resultados muestreo 03/02/2012, Sedimentos laguna Mulitas.

Sedimentos	S 1	S 2	Niveles guías	
			TVIVSR/02	DR 831/93
pH	8	7.2		
humedad	57.9 %	27%		
Sólidos Totales	42 mg/l	73mg/l		
cobre	32 mg/kg	7.5mg/kg	36 ppm	100mg/kg
cromo	11.3 mg/kg	4.5 mg/kg	100 ppm	250mg/kg
plomo	17.8mg/kg	12.8mg/kg	85 ppm	500mg/kg
cadmio	<0.2mg/kg	<0.2mg/kg	0.8 ppm	5mg/kg

### Comportamiento hidráulico del sistema

La laguna Mulitas actualmente posee como receptor final, el Canal del Gato que descarga sus aguas en el A° Saladillo, integrante de la cuenca del Río Salado.

En principio, en su estado natural, la laguna funcionaba como un sistema arreico cuyo último punto de colección era su cuerpo lagunar, esto es, una acumulación de aguas en la laguna debido a precipitaciones y vaciado por infiltración, evaporación y evapotranspiración.

En estas condiciones, en épocas de déficit hídrico la laguna disminuía su superficie, pudiendo llegar a secarse, y en épocas de exceso hídrico, la laguna provocaba anegamientos en su perímetro, avanzando sobre su llanura de inundación. En ambas situaciones no se generaban afectaciones antrópicas, o estas eran mínimas, en atención que el área inmediata se encontraba con mínima urbanización y la explotación agropecuaria en la cuenca era de baja intensidad.

Las modificaciones de las condiciones de escurrimiento de la cuenca de aporte, debido a la ejecución vías de comunicación, obras de canalización hidráulica, urbanización, explotación agropecuaria, etc., ha alterado el funcionamiento natural descrito, alcanzando un nuevo estado de funcionamiento que resulta mucho más restringido en virtud de las afectaciones antrópicas que el mismo genera.

Según los antecedentes, la cuenca de aporte a la laguna ha sufrido cambios en dos sentidos. Por un lado se redujo su superficie debido a la ejecución de canales de drenaje directo hacia el Canal del Gato con la consiguiente reducción de los volúmenes hídricos aportados hacia la laguna. Por otro lado se redujo la capacidad de almacenamiento superficial de la cuenca a nivel predial debido a que, la ejecución de canales dentro de la misma permite el drenaje de las superficies anegadas hacia la laguna en menor tiempo. Esto resulta en un incremento de los volúmenes y caudales que ingresan al cuerpo lenticó, y en un requerimiento de mayor capacidad de regulación de la laguna y de mayor capacidad de evacuación del canal de descarga.

En el presente, dado que se ha construido un canal perimetral en el contorno Este, la laguna colecta los caudales provenientes de esa parte de la cuenca y los deriva directamente al canal de descarga aguas abajo de la laguna.

En consecuencia, la laguna Mulitas recibe los volúmenes de excedentes hídricos superficiales que aporta sólo la parte de su cuenca que ingresan por lo conductos pluviales del área urbana. Además, la descarga de la laguna se realiza por medio de un canal que desemboca en el Canal del Gato y que carece de regulación de los caudales de salida del cuerpo superficial. En consecuencia, ante un período prolongado de déficit, la laguna pierde casi la totalidad del agua almacenada.

El comportamiento natural de la cuenca de la laguna se caracteriza como de recarga del freático, dado que, al no existir escurrimientos encauzados por superficie, el proceso de infiltración dispone de tiempo para realizarse en los sectores bajos y anegables.

Como consecuencia de esto el comportamiento hídrico natural presenta un predominio de balance vertical, esto es, el ingreso de agua al sistema proviene casi exclusivamente de las precipitaciones y la salida de agua del sistema está compuesta por infiltración y evaporación y evapotranspiración.

Con este esquema natural coexisten obras de canalización que afectan este comportamiento y que se incorporan al sistema. El principal elemento agregado es el canal de descarga que vincula a la laguna con el Canal del Gato, otorgando al

sistema una salida externa y permitiendo, de este modo, la regulación del mismo.

El estudio del sistema se realizó mediante dos enfoques, primero se analizó el comportamiento anual del sistema estableciendo la condición final de déficit o exceso hídrico. El resultado de este análisis ha permitido evaluar las necesidades de las obras de control y los niveles esperables de la laguna en un año promedio.

El segundo enfoque evaluó el comportamiento de los niveles de la laguna ante un evento de precipitación crítica. El resultado de este análisis permitió definir las adecuaciones necesarias a realizar en la obra de control y en el canal de descarga, a fin de soportar ese evento.

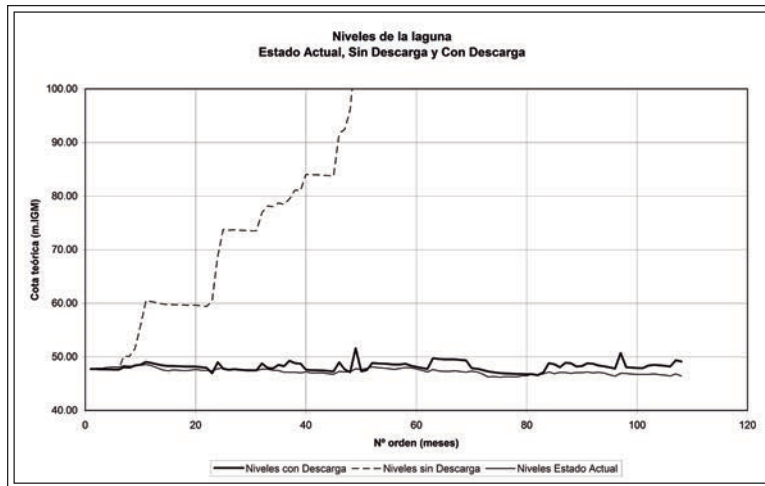


Figura 4: Análisis de Niveles de la laguna

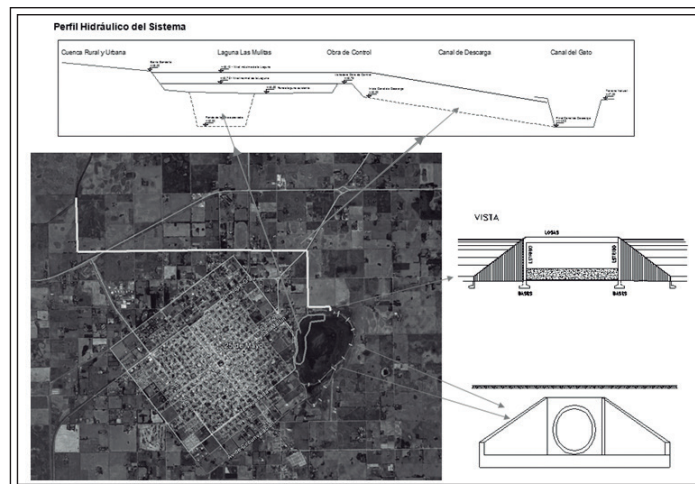


Figura 5: Obras propuestas

## Conclusiones

Se desprende del estudio que la laguna Mulitas presenta un estado natural eutrófico y con alta productividad biológica como consecuencia de recibir drenajes de suelos ricos en nutrientes que la ubican entre las que presentan los más altos niveles de nutrientes. La intensidad de uso de la tierra en la cuenca de drenaje de la laguna, se ve reflejada en las características del ecosistema lagunar: significativos niveles de nutrientes, presencia de metales pesados en sedimentos, importante desarrollo de macrófitas, baja diversidad.

La presencia de metales pesados en los sedimentos, probablemente responde al establecimiento de asentamientos humanos muy cercanos a la costa de la laguna (aportes puntuales) y a la industrialización de la región.

La disminución de la profundidad de la laguna durante las sequías extremas, si bien no aseguran un uso recreativo del recurso, tendrían efectos positivos sobre las macrófitas acuáticas, las cuales actúan como trampa de sedimentos y nutrientes.

En relación a los estudios hidrológicos, en primera instancia se elaboró un modelo de Balance Hídrico, considerando el predominio del balance vertical que caracteriza un sistema arreico como el de la laguna en estado natural. Se utilizaron datos climáticos provenientes de las estaciones del INTA de la región, como medio de caracterizar las condiciones imperantes en el área y se confeccionó una serie histórica entre los años 2003 y 2011 con datos climáticos medios mensuales.

La producción de este modelo abarcó tres situaciones, a saber: el estado de la laguna sin descarga (estado natural del sistema arreico), estado de la laguna actual (sin recibir las aguas que son captadas antes por el canal perimetral y derivadas al canal del Gato) y estado de la laguna con descarga (sistema funcionando con el canal perimetral anulado y con el canal de descarga activo).

Los resultados de esta simulación indican que el modelo representa adecuadamente los estados sin descarga y el estado actual ya que refleja las condiciones imperantes bajo esas condiciones, y permite asumir que es posible regular los caudales que ingresan a la laguna para eventos de 20 años de recurrencia.

A partir de estos resultados se procedió a elaborar un nuevo modelo de simulación para ajustar la definición de las condiciones operativas de la laguna ante tormentas intensas, con una descripción del funcionamiento del sistema con intervalos de 1 hora. Esta situación considera que se desactiva el canal perimetral y que los escurrimientos superficiales de toda la cuenca ingresan a la laguna.

Para ello se analizó el estado actual del Canal de Descarga y se definieron las adecuaciones que deberán realizarse sobre el canal para que cumpla con las condiciones de descarga necesarias para el funcionamiento de sistema, esto es, incrementar su capacidad de conducción a aproximadamente 10m<sup>3</sup>/s.

Las condiciones de borde impuestas a esta simulación fueron la capacidad

de descarga del canal mencionado y el máximo nivel a alcanzar por las aguas de la laguna asociados a los sectores anegables de su entorno, tomándose el valor +48.20m IGN correspondiente al Barrio Sandalio. En tal sentido es de destacar que no es recomendable continuar la urbanización de esta zona ya que la misma posee elevadas posibilidades de anegamiento. El área indicada se ubica dentro de la categorización C2/E (área complementaria, zona de esparcimiento) propuesta en el Plan de Ordenamiento Territorial del Partido de 25 de Mayo (UNLP, 2009) con usos especiales y actividades limitadas, priorizando el uso de Parque Urbano, áreas verdes naturales y culturales rodeando a la Laguna Mulitas. Por ello, previo a la realización de cualquier emprendimiento en el área zonificada como C2/E deberá efectuarse un estudio específico que incluya análisis hidráulicos y ambientales a fin de determinar los posibles impactos asociados y su viabilidad socio ambiental.

Respecto al resultado de la simulación, el mismo indicó que para una tormenta de 20 años de recurrencia (161mm de lluvia en 24 horas) el sistema se puede regular, es decir, no se superan los límites impuestos de caudales de descarga ni de nivel de la laguna, con la construcción de una Obra de Control consistente en un vertedero de 3m de ancho con un labio fijo ubicado a cota +46.75m IGN.

A partir de los estudios realizados, surgen una serie de medidas de tipo estructural y no estructural tendientes a la recuperación y puesta en valor de este recurso natural de elevado valor social y ambiental.

En tal sentido, se proponen acciones inmediatas pero no de única aplicación, sino que la continuidad en las medidas es lo que garantizará la sustentabilidad de uso del recurso a lo largo del tiempo.

Se propone:

- Llevar adelante la ejecución de obras civiles, para la regulación del nivel de agua a fin de permitir que el volumen de agua de la laguna fluctúe evitando extremos críticos y que garanticen un nivel mínimo en la superficie del espejo de agua;

- Proceder a la introducción y siembra de especies de peces para control ecológico del desarrollo de las macrófitas así como especies atractivas para la pesca deportiva;

- Estudiar el desarrollo de una obra de intercepción de contaminantes a la salida de los desagües pluviales de calle 19, lo que podría conformarse mediante un humedal artificial con vegetación específica y trampa de sedimentos y sobrenadante, pudiendo ejecutarse entre el tramo de desagüe que se desarrolla en canal a cielo abierto desde calle 5 hasta la desembocadura en la laguna Mulitas.

- Efectuar el control permanente de vuelcos (como cloacales clandestinos, vuelcos industriales, etc.) en los canales y conductos que llegan al cuerpo superficial;

- Hasta que el cuerpo lagunar alcance una profundidad media del orden de los 1,50 a 1,70 metros y se produzca el control natural del sistema, se debería efectuar el manejo de las macrófitas de forma artificial y de manera continua (cortes mediante

maquinarias y manuales) a fin de disminuir las cantidades de biomasa presentes en el interior de la laguna.

En relación a la regulación del comportamiento hidráulico del sistema, se requiere el proyecto y ejecución de las siguientes obras:

• Obras de infraestructura para el control y regulación hidráulica de la laguna: se describen las obras propuestas, recomendándose su ejecución en el orden indicado:

1. Adecuación del Canal de Descarga: ancho mínimo de solera de 5m. y perfilado de la pendiente longitudinal a 0.0002 m/m, con adecuación y/o reemplazo de las alcantarillas de cruce del canal.

2. Construcción de una Obra de Control en el inicio (embocadura) del Canal de Descarga, con un vertedero de labio fijo de 3m de ancho a cota +46.75m IGM, disponible para tránsito vehicular. Respecto al tipo de fundación de la obra, se podrá optar entre las recomendadas indicadas en el estudio de suelos contratado por el Municipio para el presente estudio.

3. Construcción de alcantarillas de cruce del camino costero (camino del perillago) y que vinculen el canal perimetral con el cuerpo principal de la laguna. Las alcantarillas deberán ser de Ø1.00m. de diámetro y colocadas cada 100m. a lo largo del terraplén costero. La cota de fondo de las alcantarillas deberá ser de +46.50m IGN.

4. Construcción de cierres transversales en el canal perimetral (tapones) de tierra de 10m. de ancho hasta la cota del camino costero.

• Obra destinada a la recuperación de la laguna como espacio recreativo: se entiende necesario la ejecución de una excavación del lecho de la laguna en el frente que abarca el parque Multitas y el Club de Pesca, con las siguientes características:

o Excavación del lecho hasta alcanzar una cota de fondo de +45.00m IGM, es decir una profundidad media del orden de 1.75m. La excavación hasta esa profundidad no debería revestir dificultad, ya que de acuerdo a lo indicado en el estudio de suelo, se trata principalmente de suelos areno limoso sueltos a medianamente compactos.

o Esta profundidad del espejo de agua resulta adecuada para que puedan realizarse actividades como pesca, canotaje, remo, etc., a la vez que restringe el crecimiento de vegetación en el lecho y mantiene las condiciones de oxigenación del cuerpo de agua.

o La extracción de suelos del lecho de la laguna permitirá disponer de material de relleno de las zonas bajas del entorno de la laguna mejorando las condiciones de seguridad ante desbordes de la laguna de los terrenos a urbanizar. Uno de los sitios factibles de disposición del material extraído (o el refulado producto del dragado en caso que las tareas se realicen con agua dentro de la laguna), podrá ser la parte



sudoeste de la laguna, confinada por el camino costero y el camino interno de la laguna. También para caminos rurales y terrenos destinados a zonas recreativas (plazas, parques, bajos).

o Si bien en los muestreos de sedimento efectuados en la laguna los compuestos detectados se encuentran por debajo de los límites máximos admisibles, resultaría conveniente que de utilizarse este suelo para relleno de lotes donde pueden asentarse viviendas, se proceda a mezclarlo previamente con otro proveniente de canteras en relación 1 a 2 (1 de suelo del lecho de la laguna con 2 de suelo obtenido de yacimientos) a fin de diluir las concentraciones.

o La extensión de la excavación dependerá de la disponibilidad económica para la ejecución de la obra, sin embargo se recomienda que la zona excavada no sea inferior a 10 hectáreas.

o Como complemento de la excavación de la laguna se recomienda la construcción de muelles de madera de aproximadamente 10 m. de longitud colocados sobre el sector costero excavado con una separación del orden de 100m. que permita el acceso seguro de los pescadores al cuerpo de agua.

Dentro de las medidas no estructurales, se propone además el desarrollo de estrategias de comunicación, divulgación, educación y sensibilización de la población en la protección, cuidado y uso ambientalmente sustentable de la laguna.

Es de destacar que la instrumentación de dichas medidas, deberá efectuarse a partir de la elaboración de programas específicos, tales como:

- Programa de Educación Ambiental
- Programa de Uso Racional del Agua
- Programa de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos
- Programa de Monitoreo de la calidad del agua, los sedimentos y la biota del cuerpo;
- Programa de Manejo de las especies vegetales (macrófitas) del cuerpo superficial.
- Programa de Mantenimiento sistemático del sistema que contemple limpieza de taludes y fondo del canal de descarga y sus alcantarillas y puentes.

## Bibliografía

- Ardohain, D; N.A. Gabellone; M.C.Claps; L. Solari y C. Suárez (2000) Influencia de la dinámica hidrológica sobre algunas características físico-químicas del agua de la laguna de Monte (Pdo. de San Miguel del Monte, Bs. As.). *Diversidad y Ambiente* 1:21-.27
- Asociación Argentina de Médicos por el Medio Ambiente (AMMA). (2007) La problemática de los agroquímicos y sus envases, su incidencia en la salud de los trabajadores, la población expuesta por el ambiente. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable del Ministerio de Salud.
- Auge, M., Hernández, M. (1983). Características geohidrológicas del acuífero semiconfinado (puelche) en la llanura bonaerense. Coloquio Internacional sobre Hidrología de Grandes Llanuras (CNPFI). *Actas* 2
- Bagenal, T. (1978) (Ed.). *Methods for assessment of fish production in freshwater*. IBP Handbook No.3. Blackwell Scient.Publ., Oxford, 365p.
- Baigun, C. y R.O. Anderson (1993) The use of structural indices for the management of pejerrey (*Odontesthes bonariensis*, Atherinidae) in argentine lakes. *J. North Amer. Fish. Manag.* 13:600-608.
- Baigun, C. y R.L. Delfino (1994) Relación entre factores ambientales y biomasa relativa del pejerrey en lagos y embalses templado-cálidos de la Argentina. *Acta Biol. Venez.* 15(2):47-57.
- Carpenter, S; J. Cole; J. Hodgson; J. Kitchell; M. Pace; D. Bade; K. Cottinghaam; T. Essington; J. Houser y D. Schindler (2001) Trophic cascades, nutrients, and lake productivity whole-lake experiments. *Ecological monographs* 71(2):163-186.
- Climatología e Hidrometeorología. Sitio web. Servicio Meteorológico Nacional. 2009
- Colautti, D.C. y M. Remes Lenicov (2000) Alimentación de la carpa *Cyprinus carpio*, en la laguna de Lobos (Buenos Aires). En: *Res. Iras. Jorn. Ecología y Manejo de Ecosistemas Acuáticos Pampeanos*, Junín, Nov. del 2000.
- Dangavs, N. (1976). Descripción sistemática de los parámetros morfométricos considerados en lagunas pampásicas. *Limnobiós* 1: 25-39.
- Frenguelli, J. 1950. Rasgos generales de la morfología y de la geología de la provincia de Buenos Aires. M.O.P. (Bs.As.). Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica, Serie 2, 30, 72 p., La Plata
- Freyre, L.R. (1976) Normas para la inspección y determinación del estado actual de ambientes pesqueros pampásicos. *Dir. Rec. Nat. Min. As. Agr. La Plata*, 36p. (mimeog.)

- Gallucci, V. y T. Quinn (1979) Reparameterizing, fitting, and testing a simple growth model. *Trans. Am. Fish. Soc.* 108:14-25.
- Grosman, F., Pablo Sanzano, Daniela Agüería y Gabriela González. 2000. Gestión del pejerrey *Odontesthes bonariensis* en una Pesquería periurbana de Argentina.
- Grosman, F. (1993) Comparación de diferentes metodologías para la estimación del crecimiento del pejerrey patagónico. *Ecología Austral* 3:33-41.
- Grosman, F. (1995a) El pejerrey. *Ecología, cultivo, pesca y explotación*. Ed. Astyanax. Azul, Argentina. 132p.
- Grosman, F. (1995b) Variación estacional en la dieta del pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral* 26(1):9-18.
- Grosman, F. (Ed.) (2000). *Fundamentos biológicos, económicos y sociales para una correcta gestión del recurso pejerrey*, Ed. Astyanax, Azul, 206p.
- Grosman, M.F.; J.R. González Castelain y E.J. Usunoff (1996) Trophic niches in an Argentine pond as a way to assess functional relationships between fishes and other communities. *Water SA* 22 (4): 345-350.
- Grosman F.; González G.; Agüería D. y Sanzano P. (2000) Ictiología del “Lago Municipal de Colón”, Argentina, como un ejemplo de dinámica ambiental. *Aquatic* 10: 13p. <http://aquatic.unizar.es/N2/art1003/lagocolon.htm>
- Grosman F.; Sanzano P.; González G.; Agüería D. y S. Sergueña (2001) *Ecología reproductiva, edad, crecimiento, condición y alimentación del pejerrey Odontesthes bonariensis en un ambiente del SO de la provincia de Buenos Aires, Argentina*. *Aquatic* 12:24p.
- López, H.L.; M.L. García y C. Togo (1991) Bibliografía de los pejerreyes argentinos de agua dulce. En: *Situación ambiental de la Provincia de Buenos Aires. A. Recursos y rasgos naturales en la evaluación ambiental*. CIC I (6): 1-72.
- Margalef, R. (1983). *Limnología*. Ed. Omega – Barcelona, España
- Moreau, J. (1987) Mathematical and biological expression of growth in fishes: Recent trends and further developments. 81-113p. En: Summerfelt & Hall (eds.). *The age and growth of Fish*. The Iowa State University Press, Iowa, 543p.
- Plan Maestro Integral Cuenca Río Salado (PMI). 1999 y actualizaciones. *Anexos Medio Ambiente y Evaluación de Impacto*
- Plan de Ordenamiento Territorial del Partido de Veinticinco de Mayo. Código de Ordenamiento Urbano Territorial. Instituto de Estudios del Hábitat. Facultad de

## Arquitectura y Urbanismo del UNLP. 2009

- Pace, M.; J.J. Cole; S.R. Carpenter y J.F. Kitchell (1999) Trophic cascades revealed in diverse ecosystems. *Trend in Ecology and Evolution* 14: 483-488.
- Paggi, J. de y Paggi, J. (1995) Determinación de la abundancia y biomasa zooplanctónica. 315-323p. En: Lopretto, E. y G. Tell (eds.) *Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio*. Ediciones Sur.
- Quirós, R. (1997). *Argentinean lakes and reservoirs data base (ARLARE)*
- Quirós, R. (1995) The effects of fish assemblage composition on lake water quality. *Lake and Reserv. Manage.* 11(4):291-298.
- Quirós, R. (1991) Empirical relationships between nutrients, phyto- and zooplankton and relative fish biomass in lakes and reservoirs of Argentina. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 24:1198-1206.
- Quirós, R. (1988). Relationships between air temperature, depth, nutrients and chlorophyll in 103 Argentinian lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 23, 647-658
- Ringuelet, R.A. (1975) Zoogeografía y ecología de los peces de aguas continentales de la Argentina y consideraciones sobre las áreas ictiológicas de América del Sur. *Ecosur* 2(3):1-122.
- Ringuelet, R.A.; R. Iriart y A.H. Escalante (1980) Alimentación del pejerrey (*Basilichthys bonariensis bonariensis*, Atherinidae) en laguna de Chascomús (Buenos Aires, Argentina). *Relaciones ecológicas de complementación y eficiencia trófica del plancton*. *Limnobiós* 1 (10):447-460.
- Roberts, R. (1981) *Patología de los Peces*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 366p.
- Sala, J.M. (1975). Recursos hídricos (especial mención de las aguas subterráneas). En Angelelli, V. et al. (eds.), *Geología de la provincia de Buenos Aires, 6º Congreso Geológico Argentino, Relatorio*: 169-194.
- Sala, J., González, N., Kruse, E. (1983). Generalización hidrológica de la Provincia de Buenos Aires. *Coloquio Internacional sobre Hidrología de Grandes Llanuras (CNPFI)*. Actas
- Schramm, H. y G. Edwards (1994) The perspectives on urban fisheries management. *Fisheries* 19:9-15.
- Sidorkewicj, N. S.; J.H. Irigoyen; M.R. Sabbatini y D. Dentivegna (2000) Malezas acuáticas: un problema para el normal aprovechamiento de cuerpos de agua lóticos y lénticos en la Provincia de Buenos Aires. En: *Res. Iras. Jorn. Ecología y Manejo de Ecosistemas Acuáticos Pampeanos, Junín, Nov. del 2000*.

- Sistema de Información sobre Biodiversidad. Sitio web. Administración de Parques Nacionales.
- Solari, L; MC Claps & NA Gabellone. 2002. Riverbackwater pond interactions in the lower basin of the Salado River (Buenos Aires, Argentina). Arch. Hydrobiol. Suppl., 141(13):99-119.
- Sparre, P. y S. Venema (1995) Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. FAO, Doc. Téc. de Pesca, 306/1, Chile, 420p.
- Toresani, N.I., López H.L. y Gómez, S.E. 1994. Lagunas de la Provincia de Buenos Aires. Ministerio de la Producción de la Provincia de Buenos Aires. 128 p
- Tricart, JFL. 1973. Geomorfología de la Pampa Deprimida. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina.
- Ven Te Chow. (1994). Hidráulica de canales abiertos.
- Ven Te Chow; Maidment, D.; Mays, L. (1994). Hidrología Aplicada
- Wetzel, RG. 2001a. Limnology: Lake and River Ecosystems. 3ra edn. Academic Press. New York.
- Wetzel, RG. 2001b. Shallow lakes and ponds. Capítulo 20. Pp.625-630 in: Limnology: Lake and River Ecosystems. 3ra edn. Academic Press. New York.



# Conjunto de Indicadores Socioeconómicos para un Sistema de Soporte a la Toma de Decisiones

Paola Andrea Londoño Mora<sup>1</sup>, Maria Elena Kurlat<sup>1</sup> y Martín Jorge Agüero<sup>1</sup>

## Resumen

El presente estudio tiene como objetivo presentar conceptos introductorios clave de los Sistemas de Soporte a la Toma de Decisiones y su aplicación específica para actividades comerciales. Explica el proceso de selección de un conjunto de variables socioeconómicas con el fin de modelar, en forma de reglas de un Sistema Experto, un entorno empresarial representativo.

A partir de un análisis PEST (político, económico, social y tecnológico), el estudio define un conjunto de variables macro, micro y socioeconómicas relevantes. Los indicadores seleccionados representan una muestra del contexto socioeconómico donde las empresas desarrollan sus actividades e influyen significativamente en los lineamientos estratégicos y sus expectativas.

**Palabras Clave:** sistema de soporte de decisiones, la minería de datos, sistemas expertos, el entorno empresarial, la inteligencia artificial.

## **Abstract**

**Abstract.** The purpose of this paper is to present key introductory concepts of Decision Making Support Systems and its specific application to business. It explains the process of selecting a set of socioeconomic variables in order to model, in the form of an Expert System rules, a representative business environment. From a PEST analysis (political, economic, social and technological), the study defines a set of relevant socioeconomic, micro and macro variables. The selected indicators represent a sample of the socioeconomic context in which the companies operate and significantly influence the strategic guidelines and expectations.

**Keywords:** decision making support systems, data mining, expert systems, business environment, artificial intelligence.



## 1. Introducción

Actualmente la industria cuenta con una gran variedad de herramientas y recursos de apoyo para la obtención de información. En la mayoría de los casos, son sistemas que requieren de un especialista en minería de datos para procesar con diferentes técnicas y herramientas un conjunto heterogéneo de datos. Los Sistemas de Soporte a la toma de Decisiones (DSS por Decision Support System), son un tipo específico de sistemas de información orientados a la toma de decisiones organizacionales. Se los puede describir como aplicativos que poseen incorporadas estrategias de negocio apropiadas para evaluar consignas complejas en contexto. En muchos casos dan soporte a especulaciones a futuro o evaluaciones de situaciones de incertidumbre. Son utilizados en el entrenamiento o bien para la toma de decisiones gerenciales. Es frecuente que el sector directivo alto y medio de las empresas se encuentre en una situación de incertidumbre ante la toma de decisiones y su impacto a futuro. Esto se profundiza al contar con escaso tiempo, experiencia o información para evaluar alternativas. Es por ello que los Sistemas de Soporte a la toma de Decisiones constituyen una poderosa herramienta para las organizaciones (Silva, 2000) donde una decisión involucra gran riesgo o inversiones considerables de cierto recurso (financiero, tiempo, stock).

Los Sistemas de Soporte a la toma de Decisiones se los puede categorizar en (Power, 2007):

**Sistemas de Gestión de Archivos:** Proporcionan acceso a elementos de datos. Son herramientas simples de consulta que acceden a sistemas OLTP (online transaction processing) y reportes son parte de esta categoría.

**Sistemas de Análisis de Datos:** Gestionan y transforman los datos. Se puede citar como ejemplo las herramientas de análisis de presupuestos y monitoreo de la varianza, análisis de oportunidades de inversiones. Aplicaciones de data warehouse pueden ser parte de esta categoría.

**Sistemas de Análisis de información:** Permiten acceder a una serie de bases de datos orientadas a las decisiones. Como ejemplo pueden citarse los sistemas OLAP (online analytical processing).

**Modelos Financieros:** Calculan y predicen consecuencias de posibles acciones. Ejemplos incluyen la estimación de la rentabilidad de un nuevo producto, el análisis del plan operativo y el análisis del punto de equilibrio.

**Modelos de Representación:** Estiman las consecuencias de acciones sobre la base de modelos de simulación que incluyen la relación causal y definiciones contables.

**Modelos de Optimización:** Proveen de una guía para las acciones, generando una solución óptima consistente con una serie de restricciones. Ejemplos son sistemas de planificación, de asignación de recursos y de optimización de uso de materiales.

**Modelos de Sugerencias:** Realizan el procesamiento lógico que conduce a una

decisión sugerida específica para una tarea estructurada o conocida. Ejemplos incluyen el cálculo de seguros tasa de renovación, un modelo óptimo de bonos de licitación y la puntuación de crédito.

El modelo presentado en este trabajo propone una solución donde las respuestas son diseñadas a partir de datos específicos y que también participan indicadores sociales como parte de la información. Para ello es fundamental identificar cuales indicadores socioeconómicos deben ser contemplados durante el proceso de formulación de respuestas específicas a una consulta de alto nivel.

El prototipo que implementará el modelo se denomina Hércules y selecciona las respuestas diseñadas a partir de datos específicos donde también participan indicadores sociales en el desarrollo de la información. Los indicadores representan importantes herramientas para la toma de decisiones ya que transmiten información científica y técnica que permite representar la realidad cuantitativamente. Son fundamentales para evaluar y predecir tendencias de la situación de una región o una localidad en lo referente a las cuestiones económicas, sociales y para el ámbito empresarial (López, 2008). Los indicadores socioeconómicos son estadísticas elementales utilizadas para evaluar, dar seguimiento y predecir tendencias. Esto permite estudiar el contexto actual y definir la dirección con respecto a determinados objetivos y metas, así como evaluar programas específicos y determinar su impacto (Horn, 1993). Ese conjunto de indicadores son resultado de un análisis PEST (Yesid, 2011) el cual consta de 4 sistemas: político, económico, social y tecnológico empleados para evaluar estratégicamente el mercado, permitiendo seleccionar los datos del contexto socioeconómico argentino más influyentes para la toma de decisiones empresariales.

A partir de aquí se explicará la relevancia del conjunto de variables socioeconómicas definidas para un Sistema de Soporte de Decisiones.

## **2. Sistema de Soporte a las Decisiones Hércules**

El sistema Hércules define un modelo de tratamiento de información basado en un sistema experto combinado con algoritmos de minería de datos. A fin de evaluar el modelo, se planea implementar un prototipo de DSS integrado por información de contexto: variables macroeconómicas, microeconómicas y socioeconómicas para desarrollar un modelo de comportamiento específico de acuerdo al conocimiento experto requerido por cada situación particular. Con el propósito de incorporar el conocimiento experto al DSS, el estudio ha seleccionado un conjunto de variables macroeconómicas que son modeladas como un conjunto de reglas con el fin de representar el contexto macroeconómico del caso. Variables microeconómicas pertenecientes al sector de aplicación también son incluidas en el estudio. Éstas se

focalizan en la actividad propia del sector donde se pretende evaluar el problema y complementan el contexto macroeconómico con información de indicadores que afectan a todas las empresas agrupadas, los competidores y la propia empresa/institución. El modelo propuesto por Hércules también contempla mediciones socioeconómicas tales como confianza del consumidor, expectativa empresarial, nivel de desempleo, ingresos y otros a fin de representar no sólo cuestiones económicas sino también aspectos sociales que potencialmente afectarían el resultado real del caso.

### 3. Modelo Dinámico para el Entorno Empresarial

Las empresas son unidades socioeconómicas en las que el capital, el trabajo y la dirección se coordinan para lograr una producción que responda a los requerimientos del medio humano en el que la propia empresa actúa (López, 2008). Como parte de esa relación (ver Fig. 1), el entorno empresarial es aquel que conforman un conjunto de condiciones sociales, culturales, políticas, legales y económicas que influyen en la empresa (Branca, 2009). Para cada caso particular, el estudio requiere de un análisis estratégico a partir del cual es posible construir y considerar diferentes alternativas frente a los problemas o aspectos directos o indirectos que podrían afectar su desarrollo. Para realizar un análisis estratégico uno de los objetivos principales consiste en descubrir cuáles son los datos y variables pertinentes que permitan definir las estrategias a seguir.

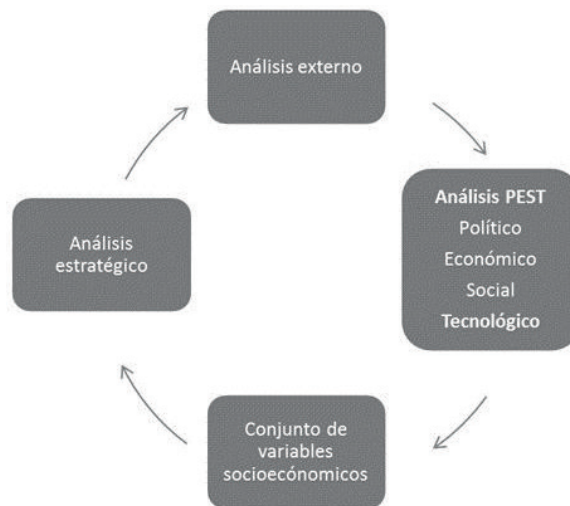


Fig. 1. Modelo dinámico para análisis estratégico

La estrategia empresarial resulta del desarrollo de un plan estratégico: un documento de diálogo y de construcción del diseño de coordinación entre las distintas personas que son responsables de los procesos empresariales (Guzmán, 1963). Es de gran importancia que el tipo de análisis para la interpretación de datos sea preciso y de rápido acceso. Un número importante de empresas optan para sus negocios la utilización de un Sistema Experto como un método para orientar estrategias empresariales y utilizarlo como base para la toma de decisiones gerenciales (Navas, 2007) que resulta en un Sistema de Soporte a las Decisiones empresariales.

El proyecto Hércules, al ser un DSS, incorpora datos y genera automáticamente las respuestas a las preguntas seleccionadas. Como se ha mencionado, los indicadores incluidos pueden ser diversos dependiendo del aspecto a estudiar. Esto permite la adaptación dinámica del sistema a diferentes empresas pero sin perder la contextualización socioeconómica y política como variables que pretenden reflejar elementos de la sociedad que resulta un componente esencial para dar soporte a la toma de decisiones (Peter, 2004).

El presente estudio selecciona indicadores que representan circunstancias empíricas concretas. Los indicadores son una parte esencial del conjunto de herramientas utilizadas para tomar decisiones empresariales ya que transmiten información fundamental para evaluar y predecir tendencias del mercado. Facilitan la optimización de los procesos de formulación, rediseño, seguimiento y monitoreo al interior de la empresa (López, 2008). Por ejemplo, el Índice de Precios al Consumidor es un indicador social y económico de coyuntura, que permite medir los cambios experimentados a lo largo del tiempo del nivel general de precios de los bienes y servicios de consumo hogareños (pago, adquisición o utilización para ser consumidos). En base a este indicador, se puede inferir una aproximación del nivel general de precios de: vivienda, alimentación, energía eléctrica o combustibles que representan la canasta de productos y servicios consumidos por la población y dan cuenta del conjunto de variables del “nivel social”. Asimismo, variables como el crecimiento de la producción y del ingreso, la inversión, la deuda pública, el gasto público, el crédito, la devaluación de la moneda, las tasas de interés, el comportamiento de los precios, los salarios y otros son aspectos que los empresarios evalúan y ante los cuales deben tomar decisiones adecuadas para la ejecución de un plan de inversión a corto, mediano y largo plazo.

Es necesario contar con indicadores que manifiesten la situación socioeconómica del momento y su avance en el tiempo. La suma de estos indicadores permitirá evaluar las condiciones en que se encuentra la empresa, y su capacidad para afrontar cambios externos, y a la vez, poder proyectar un ciclo económico (García, 1994). En sí, los indicadores representan importantes herramientas para la toma de decisiones ya que transmiten información, que en éste caso, es económica y social.

#### 4 El Conjunto de Variables Socioeconómicas

La empresa se ha constituido como una unidad fundamental del desarrollo económico, es consecuencia de las sociedades modernas, las cuales manejan cada vez más información. Como tal, es una organización productiva, un sistema social en el que las personas interactúan con ciertos recursos (del interior de la empresa) en el entorno (la sociedad) para la producción de bienes y/o servicios para el consumo y bienestar de la sociedad en su conjunto. A las variables socioeconómicas se las puede definir como características factibles de ser observadas y/o inferidas las cuales inciden en la actividad empresarial por ser una herramienta que permita caracterizar la esencia del entorno empresarial. También es posible generar dicha caracterización mediante indicadores que representen circunstancias empíricas concretas (Guzmán, 1963).

La información y datos que se utilizan del ámbito económico y social enmarcado por la dimensión política se identifican, analizan y se procesan en base al conocimiento experto definido como reglas de un Sistema de Soporte a la toma de Decisiones, cuya finalidad es dar respuesta a situaciones de incertidumbre para la toma de decisiones gerenciales dentro de un negocio (Baigorri, 2000).

La minería de datos es el conjunto de metodologías, aplicaciones y tecnologías que permite reunir, depurar y transformar datos en información estructurada, para su explotación directa o para su análisis y conversión de conocimiento con el fin de suministrar soporte a la toma de decisiones sobre el negocio (Domínguez, 2007).

Dado que el análisis socioeconómico es complejo y abarca una gran cantidad de variables se han seleccionado ciertos indicadores específicos, producto del análisis PEST, de la situación económica y social a la cual se enfrenta una empresa en un determinado momento. El análisis coyuntural requiere de un conjunto suficiente de información (ver Fig. 2) que es indispensable para entender la actualidad y predecir un potencial escenario futuro.

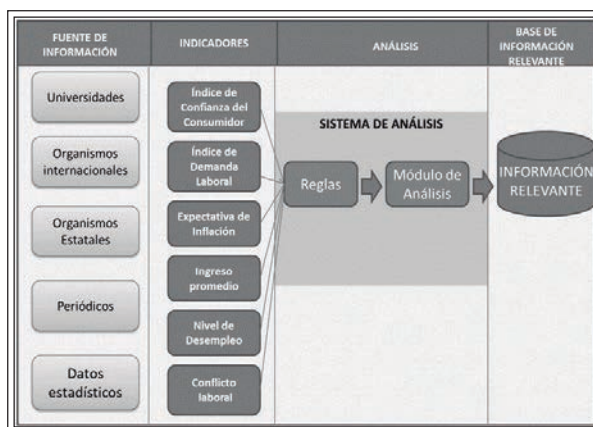


Fig. 2. Proceso de construcción de reglas a partir de indicadores socioeconómicos

Para seleccionar el conjunto de indicadores socioeconómicos (Fig. 2) fueron consultadas las siguientes fuentes de datos: universidades, instituciones públicas, privadas y periódicos y datos estadísticos de Argentina<sup>2</sup>. Entre los indicadores seleccionados, Conflicto Laboral, Confianza Empresarial, Desempleo e Ingreso, son generalmente los utilizados para medir la evolución socioeconómica en el corto plazo. Estos indicadores, también denominados de contexto, son parte del ambiente que afecta la situación económica y social de los fenómenos que se encuentran bajo observación (López, 2008). La relevancia económica de los mismos se basa en que pueden anticipar cambios en la actividad económica. Indicadores como Expectativa de Inflación, Índice de Confianza del Consumidor e Índice de Demanda Laboral, se denominan indicadores de expectativa a las previsiones que los agentes realizan sobre la magnitud en el futuro de las variables económicas (López, 2008). El comportamiento de los consumidores, dependerá de cuales sean sus expectativas, es por ello que, las mismas afectan directamente la producción y al consumo.

## 5. Conclusiones y Trabajo Futuro

El presente trabajo es una propuesta de aplicación del conjunto de indicadores socioeconómicos como resultado de un Análisis PEST con el fin de aportar conocimiento acerca del contexto dinámico de las empresas. Contribuye a dar especificaciones acerca de cómo un Sistema Experto puede incorporar indicadores socioeconómicos que representan circunstancias empíricas concretas como fuentes directas de información fundamental para evaluar el mercado.

Asimismo, también se explican las características generales de los Sistemas de Soporte a la toma de Decisiones y su aplicación en las actividades comerciales. Su empleo permite disminuir incertidumbre a partir del conocimiento de las condiciones socioeconómicas actuales/anteriores, e inferirlas para el corto y mediano plazo.

A futuro se proyecta evaluar la precisión del DSS propuesto mediante el estudio de las predicciones y ampliar el conjunto de reglas con el propósito de documentar y aumentar la confiabilidad del sistema.

---

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones de Finanzas de la Universidad de Torcuato Di Tella, Pontificia Universidad Católica Argentina, Fundación Observatorio Pyme, Ministerio del Trabajo, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

## 6. Referencias

Ariza, Y. (2011). *El Análisis Estratégico como Comienzo de la Competitividad*. Colombia: Desarrollo Gerencial, Vol. 3.No. 1, pp.103139, Universidad Simón Bolívar.

Baigorri, A. (2000). *Introducción a la Sociología de la Empresa*. Badajoz: Facultad de CC. Económicas y Empresariales, Universidad de Extremadura.

Branca, D. (2009). *Sistema de Soporte de Decisiones en Contextos Industriales*. COPIOS 2009.

Domínguez, P. (2007). *Manual de Análisis Financiero*. Instituto Europeo de Gestión Empresarial. Instituto Europeo de Gestión Empresarial.

García, S. (1994). *Introducción a la Economía de la Empresa*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A.

Guzmán, I. (1963). *La Sociología de la Empresa*. México: Editorial Jus.

Horn, Robert (1993). *Statistical Indicators for the Economic and Social Sciences*. New York: Cambridge, University Press.

López, M., Gentile, N. (2008). *Sistema de Indicadores Económicos y Sociales: La Importancia del Análisis Integrado*. Universidad Nacional de Mar del Plata: Centro de Investigación, Seguimiento y Monitoreo del Desarrollo. Facultad Ciencias Económicas y Sociales.

Navas López, J., Guerras, M. (2007). *La Dirección Estratégica de la Empresa: Teoría y Aplicaciones*. Madrid: Editorial Civitas.

Peter, R. Coronel, C. (2004). *Sistema de Base de Datos: Diseño, Implementación y Administración*. México: Thomas editores.

Power. D. (2007). *Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers*. Westport: Conn., Quorum Books, Volumen 43, Issue 3.

Silva, L. y Revello, B. (2000) *Construcción de un Sistema de Apoyo en la Toma de Decisiones para el Área Gerencial del Hospital de Clínicas*. Montevideo: Instituto de Computación – Facultad de Ingeniería, Universidad de la República.





## **Incorporación de nuevas estrategias en el aula. Relación entre el impacto académico y el rol asumido por el docente.**

María del Carmen Maurel<sup>1</sup>, Liliana Raquel Cuenca Pletsch<sup>1</sup> y Nidia Dalfaro<sup>1</sup>

### Resumen

En la Facultad Regional Resistencia de la Universidad Tecnológica Nacional, se vienen desarrollando, desde el año 1995, cambios metodológicos en relación con los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Los cambios a los que se aluden se pueden clasificar en la categoría *incorporación de nuevas estrategias en el aula*. En el presente trabajo se pretende mostrar que, independientemente de la estrategia a incorporar y el nivel de institucionalización de la propuesta, una variable importante del impacto académico en dicha incorporación es el rol asumido por el/los docentes intervinientes en la misma.

En este artículo se revisan diferentes experiencias académicas, el rol asumido por el docente en ellas y los resultados académicos de los estudiantes involucrados en las mismas. A partir de estos resultados, se analizan algunas exigencias y demandas para la práctica de los docentes universitarios. Se reconoce que estas prácticas pedagógicas obedecen al compromiso de la institución por asumir las problemáticas académicas de los estudiantes y realizar una revisión del paradigma de la formación impartida.

El análisis se desarrolló sobre la base de información cuanti-cualitativa obtenida a través de un relevamiento en nueve asignaturas pertenecientes a las tres carreras de Ingeniería que se desarrollan en la Facultad: Ingeniería Electromecánica, Ingeniería en Sistemas de Información e Ingeniería Química. Dicho relevamiento se realizó a partir de entrevistas a los docentes involucrados y consultas al Sistema de Gestión Académica de la Facultad (Sysacad), además del análisis de las planificaciones.

***Palabras Clave:*** innovación- rol docente- resultados académicos

### **Abstract**

Since 1995, the Resistencia Regional Faculty of the National Technological University has been developing methodology changes in relation to teaching and learning. Such changes can be classified into the category of incorporation of new strategies in the classroom. This paper intends to show that, regardless of the strategy to incorporate and the proposal institutionalization level, an important variable of academic impact in such incorporation is the role assumed by the teachers involved.

This paper reviews different academic experiences, the role assumed by the teacher and the academic performance of the students involved. From these results, some requirements and demands for the practice of university teachers are discussed. It is known that these pedagogical practices are due to the institution commitment of assuming students' academic issues and reviewing the education paradigm.

The analysis was developed based on quantitative and qualitative information obtained through a survey in nine subjects from the three Engineering careers: Electromechanical Engineering, Information Systems Engineering and Chemical Engineering. This survey was based on interviews with the teachers involved and inquiries to Academic Management System of the Faculty (Sysacad), apart from curriculum plan analysis.

***Keywords:*** innovation - teacher role - academic results.

## 1. Introducción

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar que, independientemente de la estrategia pedagógica a incorporar y el nivel de institucionalización de la propuesta, una variable importante en el impacto académico de una estrategia pedagógica es el rol asumido por el/los docentes intervinientes en la misma.

Todo indica que para transformar la enseñanza de la ingeniería es indispensable cambiar de estrategia, es decir modificar el modo tradicional de pensar y de hacer las reformas e innovaciones que involucran a los docentes. Aún cuando se actualicen las propuestas curriculares, se implementen programas de mejora de la enseñanza, se fomente la equidad y la calidad, si no se reconoce en los docentes el factor central de cambio, éste no tendrá lugar. Es necesario, en consecuencia, lograr reformas significativas, efectivas y ante todo sostenibles en las prácticas profesionales y culturas de trabajo de los docentes.

Cuenca Pletsch y Maurel (2011) afirman que “la flexibilidad en las interacciones, la posibilidad de revisar los debates y las producciones y el desplazamiento del docente desde los ámbitos formales de educación presencial hacia ámbitos virtuales, aunque también formales, tiene un impacto positivo en el rendimiento estudiantil” (p.338).

La mayoría de los estudios relacionados con el rendimiento académico, se centran en aspectos relacionados con el alumno. Según los estudios realizados en la Facultad Regional Resistencia, un porcentaje minoritario de los estudiantes muestra consistencia cuando se analizan las estrategias que utilizan para la apropiación y retención de los contenidos mediante técnicas que son más adecuadas y que presuponen mejores rendimientos académicos. La mayoría, al cabo de seis meses de iniciados sus estudios superiores, manifiesta emplear estrategias rutinarias y memorísticas, por lo que se puede suponer que dichos estudiantes tendrán mayores dificultades para abordar estudios universitarios; lo cual podrá ser significativo a la hora de analizar su rendimiento académico. (Dalfaro, Maurel y Soria, 2009).

Resulta imperioso, entonces, girar la mirada hacia el otro polo de la relación educativa. Después de dos décadas de reformas educativas con resultados relativos, es necesario aceptar algo que parece obvio pero no ha sido adecuadamente incorporado a las políticas institucionales: para cambiar la educación es necesario hacerlo con los docentes. A ellos se les reconoce un papel clave en las reformas educativas por razones que aparentemente son contradictorias y que en (Fullan, 1993) se resume muy acertadamente “la formación docente tiene el honor de ser, simultáneamente, el peor problema y la mejor solución en educación”.

## 2. Consideraciones generales sobre el rol docente.

Duque y Celis (2012) resumen investigaciones referidas a las características que deben acreditar los docentes para una docencia de calidad y que tienen que ver con: comprensión disciplinar; conocimiento adicional del objeto de estudio necesario para poder enseñarlo (visiones de la disciplina, su historia, conexión con otras); conocimiento del diseño curricular; conocimiento pedagógico sobre lo que se enseña o sello pedagógico de la disciplina (creencias y concepciones de los estudiantes sobre el objeto de estudio, estrategias que facilitan el aprendizaje, empleo de apoyos tecnológicos para potenciar el proceso, estrategias para monitorear y evaluar el progreso del estudiante y modelos sobre cómo se aprende la disciplina). También deben tener compromiso con altos logros en la enseñanza, respeto por los estudiantes, su desarrollo y empoderamiento; compromiso con el desarrollo de comunidades de aprendizaje de alumnos y profesores; y compromiso con una reflexión continua y evaluación del proceso de enseñanza y su realimentación.

Un estudio realizado en la Argentina (Cataldi et al., 2004) buscó determinar el perfil del docente universitario desde la óptica estudiantil. Se trabajó mediante la aplicación de una encuesta a una muestra de 200 alumnos ingresantes a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Éstos debían indicar las 5 características que deseaban para sus docentes y las 5 que no deseaban. Las más valoradas fueron: que sea justo (80%), paciente (75%), claro en sus exposiciones (70%), que explique las veces que sea necesario (68%), que se interese por sus alumnos (65%) y que tenga “buena onda” (53%). Las características que no deseaban en sus docentes fueron: que sepa mucho pero no sepa explicar (75%), que sea soberbio (73%), que fume en clase (68%), que se moleste si tiene que repetir (65%), que sus actitudes sean de superioridad (48%) y que abuse de su poder (45%). Cabe destacar que estos resultados fueron refrendados y confirmados mediante las encuestas respondidas por los alumnos de la Facultad Regional Resistencia, durante los años 2010 a 2012.

Los trabajos referidos refuerzan la importancia que el alumno otorga a la calidad humana y profesional del docente. De él se espera que se convierta en facilitador del aprendizaje sin renunciar a su papel de maestro, abriendo otras fuentes de información para el estudiante, estimulando el trabajo en equipo y los valores sociales, sin restarle posibilidades al surgimiento individual, considerando que la educación no sólo es un hecho individual, sino ante todo social. Debe conocer los problemas del contexto social, con el fin de tener una mejor visión para orientar el trabajo del estudiante atendiendo a las necesidades y problemas reales del mercado laboral.

Los estudiosos del tema concluyen que los aspectos que destacan en el perfil deseado del docente universitario son de índole social, y de transposición del saber.

En este sentido las instituciones deberían considerar, en forma prioritaria, en las evaluaciones del docente, aspectos de la interacción profesor- alumno tales como el buen trato y el interés hacia los estudiantes y no sólo habilidades de índole pedagógica.

### **3. Experiencias académicas seleccionadas.**

A los fines de esta presentación se explicitan nueve experiencias de cátedras pertenecientes a las tres carreras de Ingeniería que se desarrollan en la Facultad: Ingeniería Electromecánica (IEM), Ingeniería en Sistemas de Información (ISI) e Ingeniería Química (IQ). El relevamiento de la información se realizó a través de entrevistas a los docentes, análisis de las planificaciones, encuestas a los alumnos y consultas al sistema académico de la Facultad (Sysacad).

Para una mejor descripción las hemos clasificado en tres categorías: experiencias de integración de contenidos, experiencias de incorporación de espacios virtuales en la enseñanza y experiencias de incorporación de nuevos recursos en la enseñanza.

#### **3.1. Experiencias de integración de contenidos.**

En esta categoría hemos encuadrado a las siguientes cátedras: Sistemas y Organizaciones (Integradora de ISI), Integradora I (Integradora de IEM) e Integradora I (integradora de IQ).

Este grupo de cátedras comparten la filosofía y las estrategias abordadas en los lineamientos curriculares de la UTN, que establecen un modelo de trabajo que integra los temas o contenidos con un abordaje teórico-práctico de manera conjunta, a partir del planteo de situaciones problematizadoras que integren los contenidos que se dictan simultáneamente en las cátedras del mismo nivel. Se utilizan estrategias pedagógicas que contribuyen a resignificar el conocimiento mediante la identificación y solución de problemas ingenieriles propios de la especialidad. Se proponen actividades a desarrollar por los alumnos en forma individual y grupal, según los temas. En algunos casos se debe presentar un informe de la actividad realizada.

En estas asignaturas los docentes deben promover la autogestión del aprendizaje, siendo su rol, fundamentalmente, orientador. En relación a los trabajos, el equipo docente define: objetivos, datos a conseguir, actividades a desarrollar, resultados a obtener, bibliografía básica a utilizar. Ayudan a identificar problemas de la carrera en cuestión y orientan para encontrar las posibles soluciones. En caso de Visitas a industria: preparan guía con objetivos, información a relevar, resultados a obtener, etc.

En el cierre de cada tema se presentan las conclusiones de las actividades realizadas, se rescatan los conceptos que se integraron, cómo fueron integrados, a qué área del conocimiento pertenecen, con la participación activa de los alumnos mediante opiniones y preguntas.

### **3.2. Experiencias de incorporación de espacios virtuales en la enseñanza.**

En este apartado se encuadran las cátedras: Sistemas Operativos (2° año de ISI), Química Orgánica (2° año de IQ) e Ingeniería de Software (4° año de ISI). Si bien las tres tienen en común el uso o incorporación del espacio virtual como complemento de las clases presenciales, no todas hacen el mismo uso del espacio virtual.

En Sistemas Operativos se implementa el campus virtual como un medio para mejorar el contacto alumno-profesor y para hacer disponible, además del material utilizado en las clases, material digital elaborado en otras instituciones universitarias, artículos de investigación, links a sitios con material de estudios, audios de clase, videos. En lo relacionado con las clases de problemas y de laboratorios, se organiza a los alumnos en grupos, cada uno de los cuales debe resolver y subir al campus determinado problemas de las diferentes guías. Por cada grupo y guía de prácticos se habilita un foro, en el cual los estudiantes deben resolver los problemas en forma colaborativa, subir las propuestas de solución y posteriores correcciones surgidas del intercambio con los docentes y los compañeros de curso. De esta forma, queda disponible en el espacio virtual una versión corregida y correcta de cada problema y la discusión generada respecto de los conceptos teóricos que sustentan la resolución de la práctica. También se habilitan cuestionarios para que los alumnos se autoevalúen antes de los exámenes parciales.

Química Orgánica, por su lado, le ha asignado al espacio virtual el significado de un repositorio de materiales. En él el alumno dispone de series de ejercitaciones, guías de trabajos prácticos, material de organización de la cátedra, material para los seminarios de los laboratorios y para el desarrollo de los seminarios de orientación teórica. Las clases presenciales se desarrollan con el formato de seminarios, durante los cuales se exponen y debaten los temas de teoría, al cual previamente los alumnos pueden acceder en el campus. Se trata de lograr un debate dinámico entre docentes y alumnos, ya que desde el primer día de clases disponen de las guías que los ayudarán a organizar el estudio de cada tema del programa. La lectura previa es un requisito para el debate en clases.

En el caso de Ingeniería de Software, el equipo docente trabaja el espacio virtual con acento en la parte práctica. Se enumeran para cada unidad teórica, los objetivos, contenidos involucrados, bibliografía básica y se sube el práctico a desarrollar. Las guías de trabajos prácticos con formato pdf., para que el alumno la pueda bajar e imprimir. Como correlato de la guía se genera la tarea con la consigna y el espacio habilitado para subirla y ser evaluada por el docente de práctica. También se generan espacios de consulta sobre las actividades prácticas y espacios de información organizativa de la cátedra (fechas de parciales, recuperatorios, situación de los alumnos, etc.).

### **3.3. Experiencias de incorporación de nuevos recursos en la enseñanza**

En este grupo hemos incluido a las cátedras: Física II (2° año de IEM), Calidad y Productividad (4° año de IEM) y Biotecnología (4° año de IQ). Las tres comparten el haber incorporado una serie de recursos innovadores o no tradicionales; aunque

la variedad y combinación que ha utilizado cada una de ellas las hace muy diferente una de otra.

En Física II, se desarrollan los temas a partir de una situación problemática de la vida real, tratando de establecer un dialogo con los alumnos con el fin de identificar el problema sobre el cual se trabajará, para luego avanzar, de manera formal, si fuera necesario con el apoyo de desarrollos matemáticos sencillos, haciendo énfasis en los conceptos físicos fundamentales involucrados y sus aplicaciones a la tecnología. En las clases teóricas se explicitan todos los conceptos requeridos para el desarrollo de los trabajos prácticos, resolución de problemas y prácticas de laboratorio; permitiendo que el alumno razone cada tema. En las clases de problemas se trabaja de manera grupal con guías de problemas propuestos. En las clases de laboratorio los alumnos trabajan en comisiones fijas de no más de cinco integrantes y cuentan con una guía de trabajo. Se trabaja con dataloggers y se incorporaran experiencias de laboratorios virtuales en algunos temas, como es el caso de campo eléctrico y potencial, circuitos eléctricos y óptica geométrica y física, dependiendo de la disponibilidad de las PC.

En el caso de Calidad y Productividad; en la introducción de cada uno de los temas se repasan algunas de las aplicaciones más características de los contenidos y se comprueban los conocimientos que tienen los alumnos sobre el tema a desarrollar, con el fin de seleccionar posteriores actividades de profundización. Si se trata de la continuación de un tema iniciado con anterioridad se hace un repaso o enlace antes de continuar el desarrollo. Se trabaja de manera combinada la exposición, la demostración y ejemplificación. Los docentes buscan promover en todo momento la participación de los alumnos mediante opiniones, análisis, ejemplificaciones, debates, inducciones. Al finalizar un eje de contenidos se realiza una reflexión y puesta en común de conclusiones conducida por el profesor. Los contenidos son afianzados a través de la realización de trabajos prácticos, normalmente en pequeños grupos. El docente resuelve en clase un ejercicio modelo donde se aplican los contenidos vistos previamente a un caso concreto vinculado con la especialidad y luego los alumnos resuelven los que se encuentran en la guía de trabajos prácticos. También, como integración de teoría y práctica, se les pide a los alumnos la elaboración de un plan de aseguramiento de la calidad, buscando de esa manera que el alumno adquiera las habilidades básicas para implementar la gestión de procesos en base a normas de calidad.

En Biotecnología se plantean una diversidad de estrategias: de tratamiento de la información (exposición, exposición dialogada, elaboración de esquemas, y/o mapas conceptuales), de socialización (trabajo en equipo, simposio, mesa redonda, debate dirigido), estrategias personalizadas (método de trabajo por proyecto), estrategias creativas (torbellino de ideas) y estrategias de trabajo con tecnologías de la información y comunicación (uso de recursos multimedia y de sitios de Internet). Las clases teóricas son conducidas por la profesora a cargo de la cátedra, contando con la apoyatura de un auxiliar docente. Se incorporan docentes invitados o egresados

de la casa cuando se considera oportuno. Las prácticas de laboratorio son guiadas por el auxiliar docente, con la apoyatura de la profesora. Se utiliza el aula virtual como medio de comunicación con el alumno, para todas las actividades propuestas.

#### 4. Resultados académicos obtenidos por los alumnos.

Se presentan a continuación, para cada grupo de experiencias, los resultados académicos de los últimos cinco años.

##### 4.1. Datos académicos de regularización de la cursada.

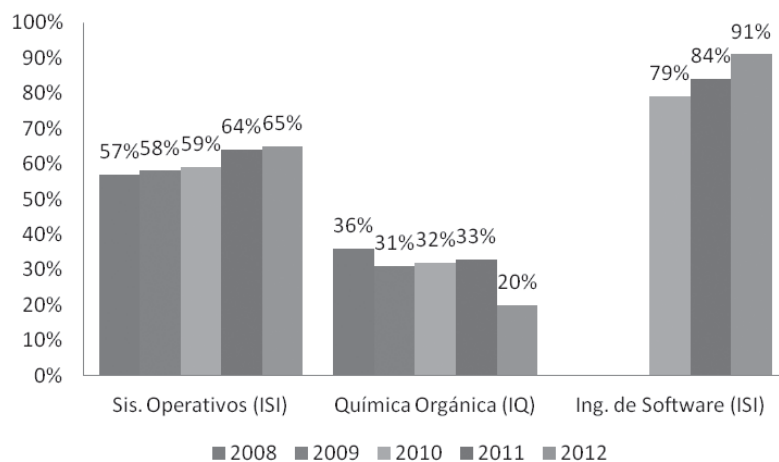


Fig.1. Experiencias de integración de contenidos

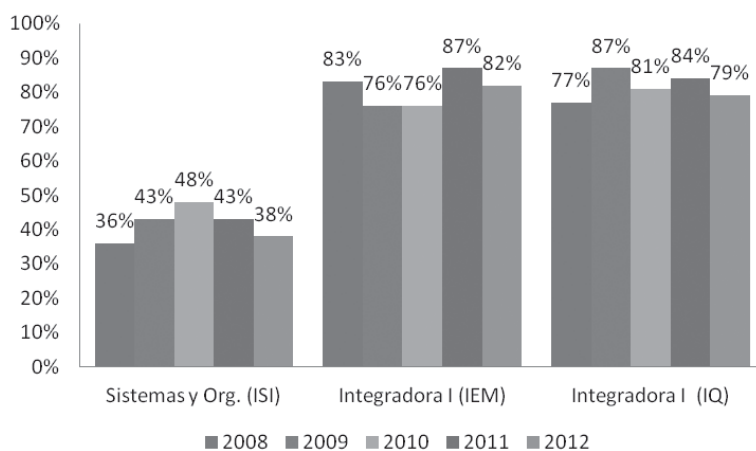


Fig.2. Exp. de incorporación de esp. virtuales en la enseñanza.



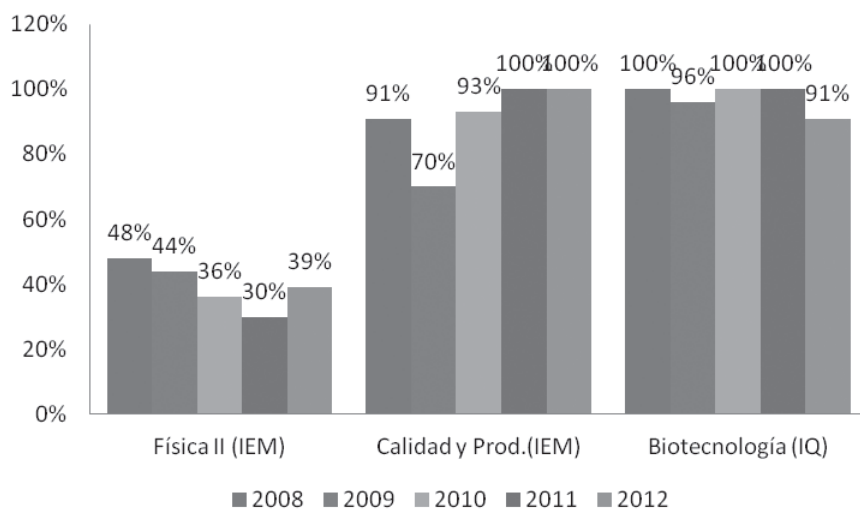


Fig.3. Experiencias de incorporación de nuevos recursos en la enseñanza

#### 4.2. Datos académicos de aprobación de la materia.

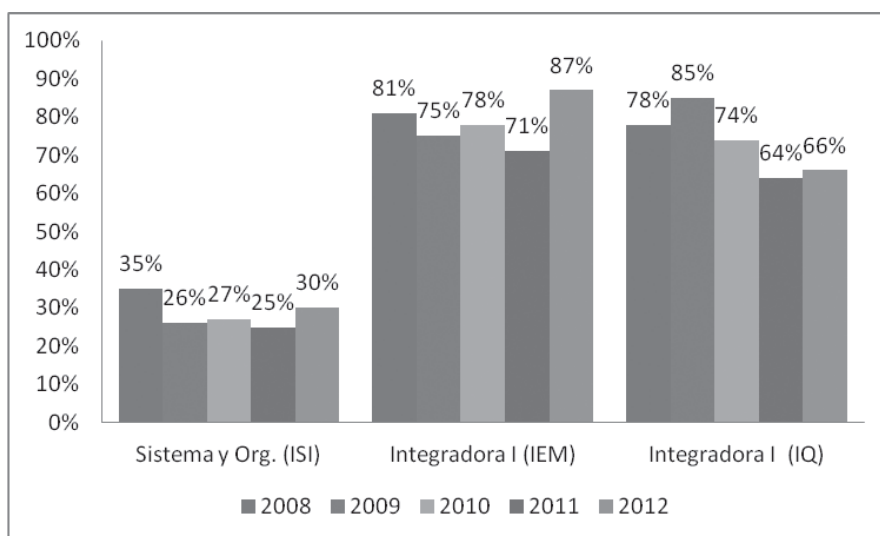


Fig.4. Exp. de integración de contenidos

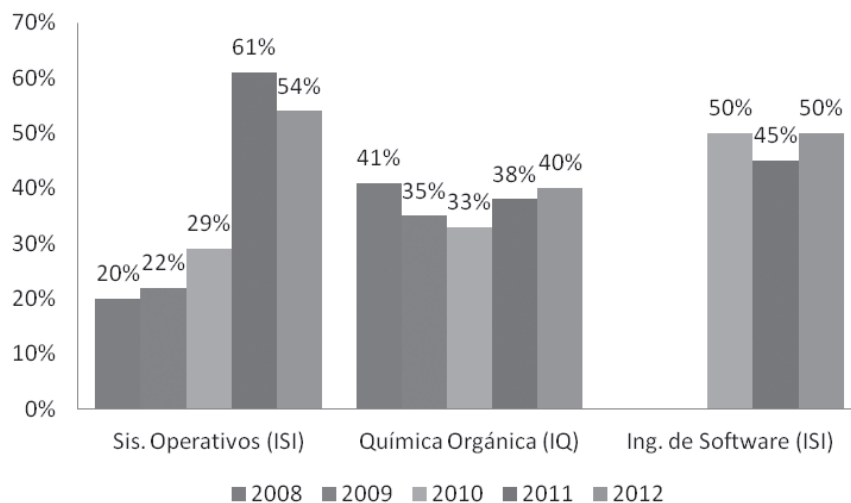


Fig.5. Exp. de incorporación de espacios virtuales en la enseñanza

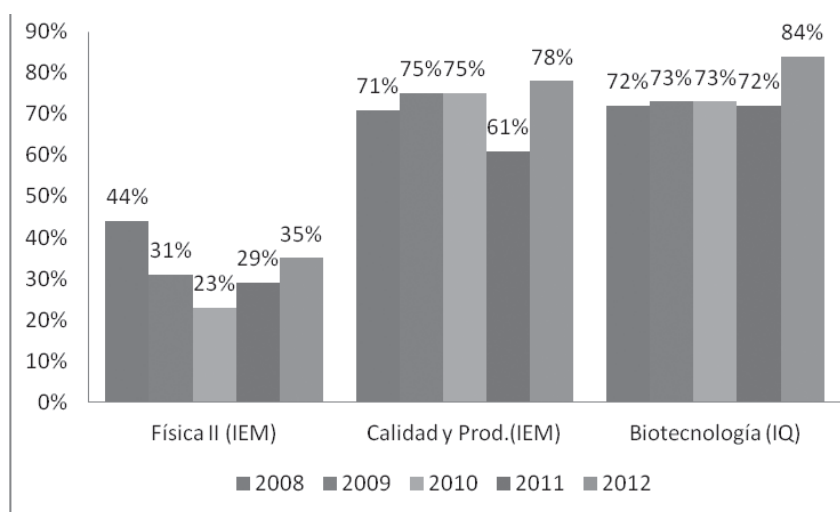


Fig.6. Experiencias de incorporación de nuevos recursos en la enseñanza.

Es posible observar diferentes rendimientos académicos, por encima o por debajo del 50%, entre asignaturas que adoptan idénticas estrategias docentes. Estas diferencias estarían indicando que la estrategia por sí sola no garantiza el éxito ni el fracaso. Se orientó entonces la búsqueda de respuestas en las entrevistas con los docentes y en las encuestas que los estudiantes completan en el marco del programa de carrera académica. Ambas reflejan claramente, y en consonancia con el marco teórico, que los resultados están íntimamente vinculados con el rol que asumen los docentes en el proceso de formación. 5.

## Conclusiones

Los resultados académicos expuestos se corresponden con el rol asumido por el equipo docente de la cátedra al incorporar nuevas estrategias o innovaciones para el desarrollo de la materia. En los casos en que el equipo docente asume el rol de guía, se interesa por el aprendizaje de los alumnos, tiene un trato cordial, fomenta la comunicación y la participación; los resultados académicos son altamente positivos, independientemente de la estrategia innovadora que se utilice.

Por el contrario, en las cátedras en las que, la incorporación de estrategias innovadoras no se condice con mejores rendimientos; aparecen ciertas características en el equipo docente que justificarían dichos resultados. En efecto, según opinión de los alumnos, estos equipos no logran una interacción positiva con los estudiantes. Los docentes se presentan como muy exigentes y no hay una adecuación entre la cantidad de contenido desarrollada y el tiempo asignado a la materia en el plan de estudio.

En la actualidad hay consenso en cuanto que el ingeniero debe saber hacer, lo cual no surge de la mera adquisición de conocimientos sino que es el resultado de la puesta en acción de una compleja estructura de conocimientos, habilidades, destrezas que requiere ser reconocida expresamente en el proceso de aprendizaje para que la propuesta pedagógica incluya las actividades que permitan su desarrollo.

Resulta claro que es necesario establecer, como política institucional, la mejora en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Esta mejora implica, necesariamente, innovación e incorporación de nuevas estrategias de enseñanza, lo cual, a su vez, requiere de un real involucramiento de los docentes. Las carreras de Ingeniería requieren de profesores que sepan hacer, que conozcan la disciplina, que tengan claro cómo se aprende el saber que deben transmitir, que estén comprometidos con el aprendizaje de sus alumnos y que estén dispuestos a ser parte del cambio.

## 6. Referencias

Cataldi, Z.; Lage, F. (2004). Informática y medios audiovisuales. Revista de Informática educativa y medios audiovisuales. Recuperado de: <http://www.fi.uba.ar/laboratorios/lie/Revista/Articulos/010103/A3oct2004.pdf>

Cuenca Pletsch, Liliana; Maurel, María del Carmen. (2011). El Blended Learning: un medio para promover el aprendizaje colaborativo. 1° Jornada de Enseñanza de la Ingeniería - JEI 2011 (pp 338-345), ISBN: 978-950-42-0139-7. Buenos Aires, Argentina.,

Dalfaro, Nidia A.; Maurel, María del Carmen y Soria, Fernando H. (2009). “Atribuciones Causales de Docentes y Alumnos de Ingeniería acerca del Desgranamiento Temprano” En: Encuentro La Universidad como Objeto de Investigación. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.

Duque, M; Celis, J (2012). Educación en Ingeniería para la ciudadanía, la innovación y la competitividad en Iberoamérica. ASIBEI, Bogotá, Colombia, pp 44-45.

Fullan, M. (1993). Change forces: probing the depths of Educational Reform. London, the Falmer Press.

# Sistemas Expertos: Fundamentos, Metodologías y Aplicaciones

Sebastián Badaró<sup>1</sup>, Leonardo Javier Ibañez<sup>1</sup> y Martín Jorge Agüero<sup>1</sup>

## Resumen

En la actualidad y ante un mercado diverso y altamente competitivo que exige a las empresas almacenar y analizar una gran diversidad de información, los Sistemas Expertos se destacan entre las herramientas de soporte para la toma de decisiones. Han sido diseñados para facilitar tareas en múltiples campos de aplicación y proporcionar equivalentes resultados que un especialista, emulando la capacidad humana de tomar decisiones de acuerdo a las condiciones del contexto.

El presente trabajo es un compendio donde se expone de manera introductoria el origen de los Sistemas Expertos, sus características principales, su vinculación con la inteligencia artificial, las diferentes tecnologías asociadas y su aplicación para la ciencia y la industria. Asimismo, también se presentan brevemente tecnologías y frameworks disponibles en la actualidad para diseñar e implementar un Sistema Experto en diferentes áreas o mercados. Finalmente, se completa el trabajo con un breve análisis describiendo las ventajas, limitaciones y tendencias actuales en Sistemas Expertos.

**Palabras Clave:** sistema experto, inteligencia artificial, lenguajes basados en reglas, Rete, estudio de la literatura

## **Abstract**

Nowadays and considering the diverse and highly competitive market, companies are required store and analyse a wide variety of information. Expert Systems stand out from the support tools of decision-making. They are designed to facilitate tasks in many application fields and provide results equivalent to a specialist, emulating the human capacity to make decisions according to context conditions.

This paper is a compendium which introduces the origin of Expert Systems, its main features, its link to artificial intelligence, the different associated technologies and its application to science and industry. In addition, it briefly describes the technologies and frameworks available today to design and implement an Expert System in different areas or markets. Finally, the work is completed with a brief analysis describing the advantages, limitations and current trends in Expert Systems.

**Keywords:** expert system, artificial intelligence, rule-based languages, Rete, literature study.

## 1. Introducción

El término inteligencia artificial (IA) se refiere a la capacidad de emular las funciones inteligentes del cerebro humano. El empleo de la IA es variada y actualmente se utiliza principalmente en áreas de informática y la robótica, no obstante, se está extendiendo tanto en las ciencias sociales como ciencias empresariales. Asimismo las redes neuronales artificiales y algoritmos genéticos son tecnologías cada vez más difundidas, principalmente en los campos de la investigación y la previsión del mercado.

Los Sistemas Expertos (SE) pueden ser considerados como un subconjunto de la IA (Rossini, 2000). El nombre Sistema Experto deriva del término “sistema experto basado en conocimiento”. Un Sistema Experto es un sistema que emplea conocimiento humano capturado en una computadora para resolver problemas que normalmente requieran de expertos humanos. Los sistemas bien diseñados imitan el proceso de razonamiento que los expertos utilizan para resolver problemas específicos. Dichos sistemas pueden ser utilizados por no-expertos para mejorar sus habilidades en la resolución de problemas. Los SE también pueden ser utilizados como asistentes por expertos. Además, estos sistemas pueden funcionar mejor que cualquier humano experto individualmente tomando decisiones en una específica y acotada área de pericia, denominado como dominio (Turban, 1995).

Hacia los años ‘80, comienza a surgir la industria de los Sistemas Expertos (Waltz, 1997). Se realizaron importantes inversiones en varios países de Europa, Asia y América, con el fin de lograr generar un sistema capaz de reproducir la actividad de un experto humano en tópicos específicos. Como en otras áreas de la inteligencia artificial, los primeros resultados fueron atractivos y eso generó una expectativa desmesurada. Pero la comunidad halló severas dificultades en la manipulación de la gran cantidad de información necesaria para poder llevar a cabo una actividad realmente experta en el sentido humano. En esta área resulta estratégico poder resolver las siguientes tareas de forma eficiente y completa:

- Identificar la información necesaria para el tópico en cuestión, conformando la Base de Conocimiento.
- Codificar de manera concisa, eficiente y precisa la información, de modo que la manipulación sea efectiva y ubicua.

Como la comunidad aún no estaba preparada para este otro salto (que se dará mucho después con el advenimiento de las técnicas de minería de datos hacia los años 90), esto derivó en resultados tibios que no cubrieron los ambiciosos objetivos planteados para estas tecnologías. En consecuencia los fondos y el interés mudaron rápidamente a otras tecnologías. Ante esto, la comunidad reacciona con nuevas metodologías como el aprendizaje automático con refinamiento automático (para

evitar los problemas de selección de variables y codificación), y sistemas basados en sentido común (para cubrir los huecos de conocimientos del SE).

Con la incorporación de estas nuevas tecnologías, surge una nueva generación de SE, mucho más fáciles de mantener, desarrollar y flexibles. Actualmente, los desarrolladores tienen a disposición interesantes alternativas sobre lo que hoy se considera una tecnología madura, disponiendo de métodos sofisticados de razonamiento, manejo de errores, incerteza, incompletitud y fallas. Los nuevos SE, son mucho más robustos y apropiados para el diagnóstico y planificación. Han surgido también tecnologías híbridas capaces de combinar las representaciones simbólicas del conocimiento con otras tecnologías más flexibles y cercanas al comportamiento humano. También se han ido incorporando técnicas de las bases de datos, aprendizaje inteligente y estadísticas. Los Sistemas Expertos es una de las áreas de la inteligencia artificial ampliamente utilizada en la actualidad, pero así mismo tienen un gran potencial para seguir siendo investigadas.

En el desarrollo de este trabajo se intentará introducir al lector en la temática, a modo de punto de partida para continuar con el estudio e indagación del tema.

## 2. Origen de los Sistemas Expertos

Los Sistemas Expertos fueron desarrollados por la comunidad de IA a mediados de los años '60. En este periodo de investigación de IA se creía que algunas pocas reglas de razonamiento sumadas a computadoras poderosas podían producir un experto o rendimiento superhumano. Un intento en esta dirección fue el General-purpose Problem Solver (GPS), Solucionador de problemas de propósito general (Turban, 1995).

General-purpose Problem Solver (Newell, 1958) o GPS fue un precursor de los SE. Esta tecnología define los pasos necesarios para cambiar un estado inicial dado a una meta deseada. Por cada problema se le da (1) un set de operaciones, (2) precondiciones y (3) postcondiciones. GPS intentará reducir las diferencias entre el estado inicial y la meta.

Se cita como ejemplo el objetivo tipo #1: Encontrar una manera de transformar el objeto a en objeto b. (Los objetos a y b, pueden ser cualquier objetos, definidos en la especificación del ambiente de ejecución. La frase “manera de transformar” implica “aplicando una secuencia de operadores desde el ambiente de ejecución” (ver Figura 1).



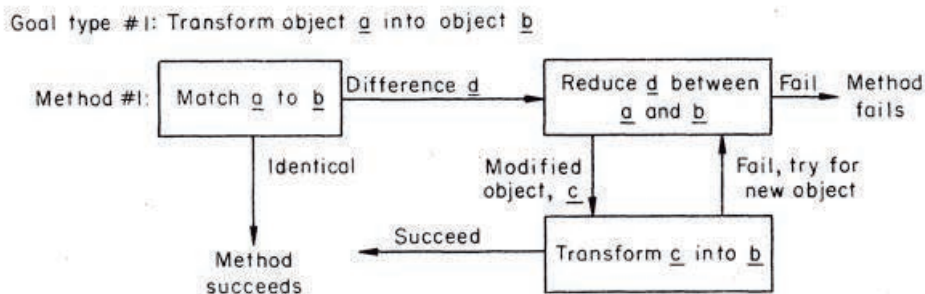


Figura 1 – Objetivo tipo 1: Transformar objeto a en objeto b

Al igual que otros programas similares, el GPS no cumplió con las expectativas de sus creadores, pero dejaron importantes beneficios.

El cambio de los programas de propósito general a propósito específico se dio con el desarrollo de DENDRAL, seguido por el desarrollo de MYCIN entre otros. En este punto los investigadores reconocieron que los mecanismos de resolución de problemas eran sólo una porción de un sistema inteligente completo. La construcción de DENDRAL llevó a los científicos a las siguientes conclusiones:

- La complejidad de los problemas requieren una cantidad considerable de conocimiento sobre el área del problema.

- Los solucionadores de problemas generales eran muy débiles para ser utilizados como base para construir SE de alto rendimiento.

- Los expertos humanos son buenos sólo cuando actúan en un dominio muy acotado.

- Los SE necesitan ser actualizados constantemente con nueva información.

Los siguientes son Sistemas Expertos que fueron clave para el éxito en el avance significativo en el campo:

**DENDRAL:** Primer Sistema Experto en ser utilizado para propósitos reales, al margen de la investigación computacional, y durante aproximadamente 10 años, el sistema tuvo cierto éxito entre químicos y biólogos, ya que facilitaba enormemente la inferencia de estructuras moleculares, dominio en el que Dendral estaba especializado (Turban, 1995).

**MYCIN:** Es un SE para la realización de diagnósticos, iniciado por Ed Feigenbaum y posteriormente desarrollado por E. Shortliffe. Su función es la de aconsejar a los médicos en la investigación y determinación de diagnósticos en el campo de las enfermedades infecciosas de la sangre (Nebendahl, 1991).

**CADUCEUS:** Fue un Sistema Experto médico programado para realizar diagnósticos en medicina interna. Fue completado a mediados de la década de 1980, si bien el inicio de su desarrollo se remonta a la década de 1970, siendo programado por Harry Pople, de la Universidad de Pittsburgh y tomando como punto de partida una serie de entrevistas de Pople al Dr. Jack Meyers. Pretendía mejorar el MYCIN,

sistema focalizado sobre las bacterias infecciosas de la sangre (Nebendahl, 1991).

**XCON:** El programa R1 (luego llamado XCON, por Configurador Experto) era un sistema de producción basado en reglas escrito en OPS5 por John P. McDermott de CMU (1978) con el propósito de asistir a los pedidos de los sistemas de computadores VAX de DEC (Digital Equipment Corporation) seleccionando los componentes del sistema de acuerdo a los requerimientos del cliente. El desarrollo de XCON siguió a dos fracasos de escribir un Sistema Experto para esta tarea en FORTRAN y BASIC (Nebendahl, 1991).

### 3. Características de los Sistemas Expertos

#### 3.1. Estructura

Los SE están compuestos por dos partes principales: el ambiente de desarrollo y el ambiente de consulta. El ambiente de desarrollo es utilizado por el constructor para crear los componentes e introducir conocimiento en la base de conocimiento. El ambiente de consulta es utilizado por los no-expertos para obtener conocimiento experto y consejos (Turban, 1995).

Los siguientes son los componentes básicos de un SE:

#### **Subsistema de adquisición de conocimiento**

Es la acumulación, transferencia y transformación de la experiencia para resolver problemas de una fuente de conocimiento a un programa de computadora para construir o expandir la base de conocimiento. El estado del arte actual requiere un ingeniero en conocimiento que interactúe con uno o más expertos humanos para construir la base de conocimiento.

#### **Base de conocimiento**

Contiene el conocimiento necesario para comprender, formular y resolver problemas. Incluye dos elementos básicos: heurística especial y reglas que dirigen el uso del conocimiento para resolver problemas específicos en un dominio particular.

#### **Base de hechos**

Es una memoria de trabajo que contiene los hechos sobre un problema, alberga los datos propios correspondientes a los problemas que se desean tratar.

#### **Motor de inferencia**

Es el cerebro del SE, también conocido como estructura de control o interpretador de reglas. Este componente es esencialmente un programa de computadora que provee metodologías para razonamiento de información en la base de conocimiento. Este componente provee direcciones sobre cómo usar el conocimiento del sistema para armar la agenda que organiza y controla los pasos para resolver el problema cuando se realiza una consulta. Tiene tres elementos principales:

(1) Intérprete, ejecuta la agenda seleccionada; (2) programador, mantiene el control sobre la agenda; (3) control de consistencia, intenta mantener una representación consistente de las soluciones encontradas (Turban, 1995).

### Subsistema de justificación

Se encarga de explicar el comportamiento del SE al encontrar una solución. Permite al usuario hacer preguntas al sistema para poder entender las líneas de razonamiento que este siguió. Resulta especialmente beneficioso para usuarios no expertos que buscan aprender a realizar algún tipo de tarea.

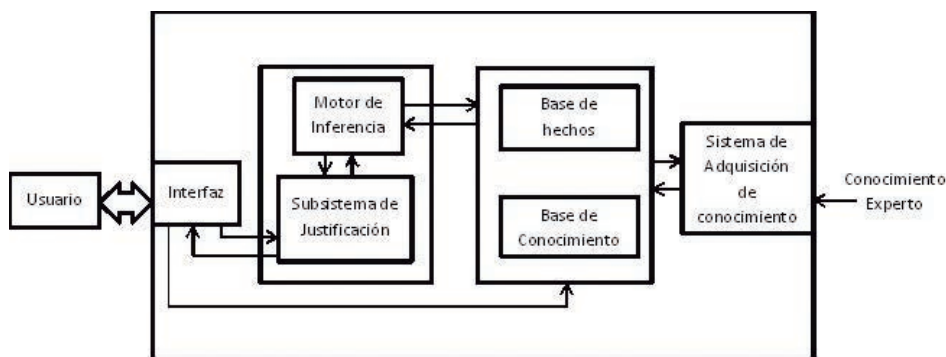


Figura 2 – Estructura de un Sistema Experto

## 3.2. Tipos de Sistemas Expertos

### Basados en reglas previamente establecidas

Los sistemas basados en reglas trabajan mediante la aplicación de reglas, comparación de resultados y aplicación de las nuevas reglas basadas en situación modificada. También pueden trabajar por inferencia lógica dirigida, bien empezando con una evidencia inicial en una determinada situación y dirigiéndose hacia la obtención de una solución, o bien con hipótesis sobre las posibles soluciones y volviendo hacia atrás para encontrar una evidencia existente (o una deducción de una evidencia existente) que apoya una hipótesis en particular.

### Representación del conocimiento

Hay numerosas formas de representar el conocimiento en IA, sin embargo, los Sistemas Expertos suelen ser llamados sistemas basados en reglas.

### Reglas “Si...entonces...”

Las reglas “si.. entonces..” son el principal tipo de conocimiento usado en Sistemas Expertos, donde dichas normas se utilizan para capturar razonamiento de expertos que emplean a menudo. Sin embargo, con el tiempo los investigadores comenzaron a desarrollar e integrar otras formas de representación del conocimiento, tales como el razonamiento basado en casos.

Los sistemas que incluyen múltiples tipos de conocimiento a veces se conocen

como sistemas híbridos, o etiquetados después de un determinado tipo de representación del conocimiento, por ejemplo, basado en casos (O'Leary, 2008).

### **Basados en casos**

El razonamiento basado en casos es el proceso de solucionar nuevos problemas basándose en las soluciones de problemas anteriores. Un mecánico de automóviles que repara un motor porque recordó que otro auto presentaba los mismos síntomas está usando razonamiento basado en casos. Un abogado que apela a precedentes legales para defender alguna causa está usando razonamiento basado en casos. También un ingeniero cuando copia elementos de la naturaleza, está tratando a esta como una “base de datos de soluciones”. El Razonamiento basado en casos es una manera de razonar haciendo analogías. Se ha argumentado que el razonamiento basado en casos no sólo es un método poderoso para el razonamiento de computadoras, sino que es usado por las personas para solucionar problemas cotidianos. Más radicalmente se ha sostenido que todo razonamiento es basado en casos porque está basado en la experiencia previa.

### **Basados en redes bayesianas**

Una red bayesiana, red de Bayes, red de creencia, modelo bayesiano o modelo probabilístico en un gráfico acíclico dirigido es un modelo gráfico probabilístico (un tipo de modelo estático) que representa un conjunto de variables aleatorias y sus dependencias condicionales a través de un gráfico acíclico dirigido (DAG por sus siglas en inglés). Por ejemplo, una red bayesiana puede representar las relaciones probabilísticas entre enfermedades y síntomas. Dados los síntomas, la red puede ser usada para computar las probabilidades de la presencia de varias enfermedades.

### **Sistemas Expertos difusos**

Los Sistemas Expertos difusos se desarrollan usando el método de lógica difusa, la cual trabaja con incertidumbre. Esta técnica emplea el modelo matemático de conjuntos difusos, simula el proceso del razonamiento normal humano permitiendo a la computadora comportarse menos precisa y más lógicamente que las computadoras convencionales. Este enfoque es utilizado porque la toma de decisiones no es siempre una cuestión de blanco y negro, verdadero o falso; a veces involucra áreas grises y el término “quizás” (Holland, 1992).

## **3.3. Algoritmos**

A pesar de sus características particulares, todos los algoritmos realizan comparaciones incrementales, es decir, utilizan soporte de estado para reducir la cantidad de coincidencias en ciclos sucesivos. El algoritmo más popular es el Rete y en menor frecuencia también se emplean los siguientes algoritmos: Eager Evaluation y Lazy Evaluation.

### **Rete**

El algoritmo de emparejamiento es un método eficiente para comparar una

larga colección de patrones con una larga colección de objetos. Encuentra todos los objetos que coinciden con cada patrón. El algoritmo fue desarrollado para el uso en intérpretes de sistemas de producción y se ha empleado por sistemas que contienen desde algunos cientos hasta miles de patrones y objetos. Este algoritmo es particularmente eficiente porque no itera sobre los sets de patrones sino que contiene una red de ordenamiento con estructura de árbol o índice para los patrones. Los patrones son compilados en un programa que realiza el proceso de emparejamiento (Forgy, 1982).

### **Funcionamiento**

El nombre RETE viene del latín red. Un Sistema Experto basado en RETE construye una red de nodos acíclico. La red rete consta de dos partes: una red alfa y una red beta. La red alfa contiene nodos llamados nodos alfa, donde cada uno de los nodos alfa tiene una entrada donde define los elementos y la red beta contiene nodos llamados nodos beta, donde cada uno de los nodos beta tiene solo dos entradas donde define la condición. Todo comienza en el nodo raíz por el cual todos los objetos entran a la red y desde aquí van a un nodo llamado “nodo de tipo de objeto”. Los nodos alfa son creados por cada patrón y asociados a su correspondiente tipo de objeto.

Cada nodo alfa es asociado con una memoria de conocimiento y se usa para recordar hechos encontrados. Los nodos alfa son unidos en nodos beta. Puede darse que si hay tres nodos alfa, los primeros dos nodos alfa se unirán en un nodo beta y luego la salida de ese nodo beta con el tercer nodo alfa se unieron para formar otro nodo beta. Por último los nodos beta determinan el posible cruzamiento para una regla y finalmente la acción de la regla se ejecuta. A medida que se añaden o se modifican hechos, se propagan los cambios por la red (Selvamony, 2010).

Para una mejor comprensión, el ejemplo de la siguiente regla se amplía y se muestra con la correspondiente red Rete (Lagun, 2009) en la Figura 3.

```
(defrule regla-ejemplo
(cubo (color "rojo")(tamaño ?x))
(esfera (color "azul")(tamaño ?x)(material ?y))
(cono (tamaño "pequeño")(material ?y))
=>
(printout t "se encontró!"))
```

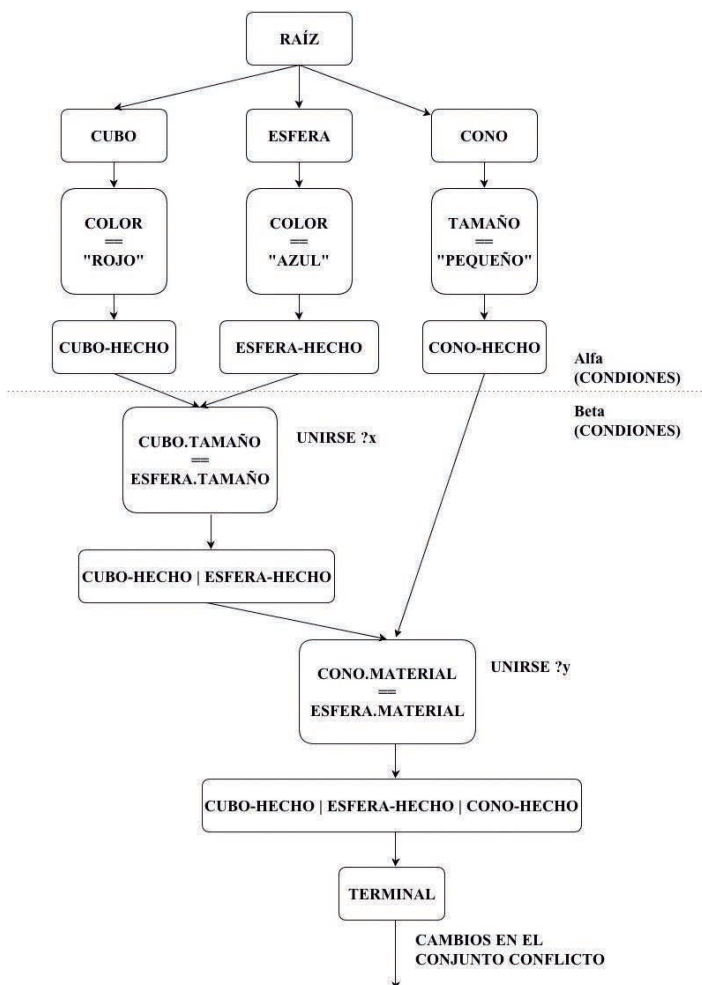


Figura 3 – Diagrama red Rete de regla regla-ejemplo

### 3.4. Herramientas

En esta sección se enumeran y describen brevemente distintos frameworks y tecnologías disponibles para la construcción de un Sistema Experto:

**PROLOG:** Es un lenguaje de programación lógica de propósito general asociado con la inteligencia artificial y lingüística computacional (Balbin, 1985). Es un lenguaje declarativo basado en reglas. Su nombre deriva del anagrama PROgramación LÓGica.

La sintaxis del lenguaje consiste en lo siguiente:

- Declarar hechos sobre objetos y sus relaciones
- Hacer preguntas sobre objetos y sus relaciones
- Definir reglas sobre objetos y sus relaciones

**CLIPS:** A mediados de los años ochenta, la NASA requería el apoyo de Sistemas Expertos para el desarrollo de proyectos. Por lo tanto, una serie de prototipos surgen pero sus resultados no fueron lo suficientemente buenos para cumplir con los requerimientos internos. En consecuencia, se desarrolló un prototipo de un Sistema Experto, denominado CLIPS (C Language Integrated Production System) cuya principal característica era su capacidad para funcionar con otros sistemas existentes. Posteriores mejoras y ampliaciones han convertido CLIPS en un punto de referencia para el desarrollo de otros Sistemas Expertos (CLIPS, 1994).

**JESS:** El motor de reglas JESS es un proyecto que tuvo su origen en CLIPS pero que fue escrito enteramente en Java. Se desarrolló durante la década de los noventa en los Sandia National Laboratories y comparte con CLIPS varios conceptos de diseño y similitudes con respecto a la sintaxis. Asimismo implementa la especificación de referencia JSR94 (JSR94, 1994).

**Drools:** Al igual que en el caso de los CLIPS y JESS, Drools es la implementación y ampliación del algoritmo Rete diseñado por el Dr. Charles L. Forgy en la Universidad Carnegie Mellon. Básicamente, su algoritmo consiste en una red de nodos interconectados con diferentes características que evalúan las entradas mediante la propagación de los resultados del siguiente nodo cuando hay coincidencias. DROOLS ofrece herramientas de integración con Java, la capacidad de escalabilidad y una división clara entre los datos y la lógica de dominio (Browne, 2009).

**Jena:** Jena es un framework desarrollado en tecnología Java que incluye un motor de inferencia basado en normas, una API ontológica y un motor de búsqueda (Jena, 2013).

**JEOPs:** JEOPs añade encadenamiento hacia adelante, las normas de producción de primer orden con el fin de facilitar el desarrollo de Sistemas Expertos mediante programación declarativa (Jeops, 2013).

**OpenCyc:** OpenCyc es la versión de código abierto de la tecnología CyC más completa base de conocimientos generales del mundo y motor de razonamiento de sentido común (Cycorp, 2013).

## 4. Ventajas y limitaciones

### Ventajas

Mientras que un experto humano tiene limitaciones y percances propias de su condición humana, es decir: se enferma, envejece, migra a otras empresas, el Sistema Experto, respecto a sus pares humanos, no sufre de estas cuestiones y se convierte en una herramienta estable para su entorno y fiable porque sus actividades son completamente replicables (siempre contesta de la misma manera a menos que se le cambie el diseño). A esto se le suma la velocidad de procesamiento

que es mayor al de un ser humano. Debido a la escasez de expertos humanos en determinadas áreas, los SE pueden almacenar su conocimiento para cuando sea necesario poder aplicarlo. Así mismo los SE pueden ser utilizados por personas no especializadas para resolver problemas. Además si una persona utiliza con frecuencia un SE aprenderá de él.

Finalmente, si se evalúa el costo total del empleo de esta tecnología, la replicabilidad y estabilidad, asociado a la seguridad que provee, resulta una ecuación favorable, aun considerando que las inversiones iniciales pueden ser relativamente elevadas.

### **Limitaciones**

Es evidente que para actualizar se necesita de reprogramación de estos (tal vez este sea una de sus limitaciones más acentuadas) otra de sus limitaciones puede ser el elevado costo en dinero y tiempo, además que estos programas son poco flexibles a cambios y de difícil acceso a información no estructurada.

Los Sistemas Expertos carecen de sentido común, para un SE no hay nada obvio. Además no podemos mantener una conversación informal con estos sistemas. Para un sistema experto es muy complicado de aprender de sus errores y de errores ajenos. No son capaces de distinguir cuales son las cuestiones relevantes de un problema y separarlas de cuestiones secundarias.

Por otra parte, la inteligencia artificial no ha podido desarrollar sistemas que sean capaces de resolver problemas de manera general o de aplicar el sentido común para resolver situaciones complejas ni de controlar situaciones ambiguas.

## **5. Tendencias actuales en la ciencia y la industria**

### **Usos para la ciencia y la industria**

La gran mayoría de empresas disponen infraestructura tecnológica para dar soporte a funciones básicas de tratamiento de la información: contabilidad general, decisiones financieras, gestión de la tesorería, planificación. Los Sistemas Expertos se aplican a una gran diversidad de campos y/o áreas, por ejemplo: Militar, Informática, Telecomunicaciones, Química, Derecho, Aeronáutica, Geología, Arqueología, Agricultura, Electrónica, Transporte, Educación, Medicina, Finanzas y Gestión. Otra de las tantas áreas de aplicación son los bienes raíces, existe una gran diversidad de subáreas dentro de la práctica inmobiliaria en las que los Sistemas Expertos son empleados. Por ejemplo para tasación de inmuebles y proyectos de desarrollo. Esto requiere una combinación de minería de datos con métodos basados en razonamiento basado en casos para reunir el conocimiento especializado de estudio de dimensiones, ingeniería y construcción, con estimaciones de costos actuales. A continuación sistemas basados en Sistemas Expertos de diversa aplicación:



**Sistema de Ayuda sobre Legislación Argentina en Riesgos de Trabajo** (Britos, 2001): Es un Sistema Experto que provee a los operadores judiciales de información decisoria acerca de la futura pena a otorgar en un caso, promoviendo la realización de acuerdos previos al juicio que permitan acelerar los tiempos procesales.

**Sistema Experto para el entrenamiento y asistencia en la toma de decisiones en un Centro de Información y Control Aéreo** (Ierache, 2002): Un Sistema Experto cuyo objetivo es facilitar el entrenamiento del personal y asistir en la toma de decisiones relativas a la interceptación en el Centro de Información y Control ante la presencia de vuelos no identificados considerados como potenciales vuelos ilícitos.

**Comprehensive Maxillofacial Differential Diagnosis eXpert System** (Ameri, 2008): Es una herramienta educativa para el entrenamiento en la práctica de diagnósticos médicos desarrollada con un Sistema Experto.

**Sistema Experto Difuso para Determinar Perfiles Criminológicos basado en el Test de Lüscher y Variables Socio-Criminológicas** (Cardona, 2007): Sistema Experto difuso basado en el modelado de variables difusas y la adquisición de conocimientos de carácter psicológico y social con el fin de inferir la inclinación criminalística de un cierto individuo.

**Diseño de un Sistema Experto Difuso: Evaluación de Riesgo Crediticio en Firmas Comisionistas de Bolsa para el Otorgamiento de Recursos Financieros** (2007, Hurtado): El modelo planteado basado en Sistemas Expertos Difusos permite soportar estas decisiones de asignación de recursos financieros con el propósito de disminuir el riesgo de falta de pago del capital asignado.

**SEDFE: Un Sistema Experto para el Diagnóstico Fitosanitario del Espárrago usando Redes Bayesianas** (Juárez, 2009): Emplea un Sistema Experto basado en el modelo probabilístico de redes Bayesianas para el diagnóstico de plagas y enfermedades del espárrago.

## 6. Conclusiones

Los Sistemas Expertos han sido diseñados para facilitar las tareas en múltiples campos de aplicación y proporcionar equivalentes resultados a los de un experto humano. Se sabe que no son aptos para resolver problemas generales pero su eficiencia aumenta mientras más acotado o específico sea el dominio de aplicación.

Actualmente los Sistemas Expertos son empleados en áreas diversas y existe una importante variedad de herramientas y tecnologías para implementarlos.

Como todo sistema, poseen fortalezas y debilidades, no obstante y en términos generales, por su flexibilidad, confiabilidad y escalabilidad se los puede considerar como una tecnología de probada efectividad y lo suficientemente madura para confiar decisiones de considerable criticidad.

## 7. Bibliografía

Ameri, A. (2008). *Design and Development of an Expert System in Differential Diagnosis of Maxillofacial Radio-lucent Lesions*. Mälardalen University.

Balbin, I. (1985). *Introductory Papers to Logic Programming and Prolog*. Springer.

Britos, P. (2001). *Sistema de Ayuda sobre Legislación Argentina en Riesgos de Trabajo*. Universidad Politécnica de Madrid.

Browne, P. (2009). *JBoss Drools Business Rules*. Packt.

Cardona, C., Restrepo, D., Ovalle, D. (2007) *Sistema Experto Difuso para Determinar Perfiles Criminológicos basado en el Test de Lüscher y Variables Socio-Criminológicas*. Revista de Avances en Sistemas e Informática. UAEM. México.

Clips. (1994). *Third Conference on CLIPS Proceedings*. Disponible en: <http://clipsrules.sourceforge.net/documentation/other/3CCP.pdf>

Cycorp (2013). *OpenCyc*. Disponible en: <http://www.cyc.com/platform/opencyc>

Forgy, C. (1982). *Rete: A Fast Algorithm for the Many Pattern/Many Object Pattern Match Problem*, Artificial Intelligence, 19, pp 17-37.

Holland, J. (1992). *Genetic Algorithms Computer programs that “evolve” in ways that resemble natural selection can solve complex problems even their creators do not fully understand*. Scientific American.

Hurtado, S., Manco, O. (2007). *Diseño de un Sistema Experto Difuso: Evaluación de Riesgo Crediticio en Firms Comisionistas de Bolsa para el Otorgamiento de Recursos Financieros*. ICESI. Colombia.

Ierache, J. (2002). *Sistema Experto para el entrenamiento y asistencia en la toma de decisiones en un Centro de Información y Control Aéreo*. Instituto Tecnológico Buenos Aires.

Jamshidi, M. A., Titli, A., Zadeh, L., & Boverie, S. (1997). *Applications of fuzzy logic: Towards high machine intelligent quotient systems*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Jena. (2013). Disponible en: <http://jena.apache.org/>

Jeops. (2013). Disponible en: <http://sourceforge.net/projects/jeops/>

JSR94 (1994). Disponible en: [http://www.jessrules.com/jess/ri\\_overview.shtml](http://www.jessrules.com/jess/ri_overview.shtml)

Juárez, P., Rebaza, J. (2009). *SEDFE: Un Sistema Experto para el Diagnóstico Fitosanitario del Espárrago usando Redes Bayesianas*. Revista Ciencia y Tecnología 9.

- Klir, G.; (1997). *Fuzzy set theory: foundations and applications*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Lagun, E. (2009). *Evaluation and Implementation of Match Algorithms for Rule-based Multi-Agent Systems using the Example of Jadex*. Universität Hamburg.
- Nebendahl, D (1991). *Sistemas expertos*. Marcombo.
- Newell, A. (1958). *Report on a General Problem Solving Program*
- O’Leary, D.E. (2008) Expert Systems, Wiley Encyclopedia of Computer Science and Engineering.
- Rossini, P. (2000). *Using Expert Systems and Artificial Intelligence For Real Estate Forecasting*. Sixth Annual Pacific-Rim Real Estate Society Conference.
- Selvamony, R. (2010). *Introduction To The Rete Algorithm*. SAP Labs India.
- Shu-Hsien Liao (2004). *Expert system methodologies and applications—a decade review from 1995 to 2004*.
- Turban, E. (1995). *Decision Support and Expert Systems (4ta edición)*. EE.UU. Prentice-Hall.
- Waltz, D. L.(1997). *Artificial Intelligence: Realizing the Ultimate Promises of Computing*. AI Magazine, Volume 18, Number 3. (pp 49-52).
- Zadeh, L.A. (1965). *Fuzzy sets*. Information and Control.



# Desarrollo de un proceso para el aprovechamiento integral de la toronja

Esbán Isaí Escobedo Álvarez<sup>1</sup>

## Resumen

Este proyecto posee un enfoque sustentable encaminado al desarrollo de una línea de procesos que permitan darle un valor agregado a la toronja; implantando una empresa sustentable que permita generar el mínimo de desechos.

Se basa en un proceso principal donde se extrae el jugo y se envasa sin conservadores siendo pasteurizado para mantener sus propiedades intactas, es decir, los bioflavonoides de la toronja permiten que el cuerpo humano aproveche al máximo las medicinas consumidas y disminuir las dosis ingeridas por personas enfermas. Además de que lo puede consumir cualquier persona.

La pectina y el extracto antibacterial serán elaborados de los desechos producidos del proceso principal; la primera será dirigida para las industrias alimenticias y la segunda para diversas industrias, en la elaboración de detergentes, jabones y geles antibacteriales.

Con el mínimo de desechos, cuidamos el medio ambiente y formaremos parte de la nueva era de empresas sustentables.

**Palabras Clave:** proceso, aprovechamiento, integral, toronja

## **Abstract**

Nowadays and considering the diverse and highly competitive market, companies are required store and analyse a wide variety of information. Expert Systems stand out from the support tools of decision-making. They are designed to facilitate tasks in many application fields and provide results equivalent to a specialist, emulating the human capacity to make decisions according to context conditions.

This paper is a compendium which introduces the origin of Expert Systems, its main features, its link to artificial intelligence, the different associated technologies and its application to science and industry. In addition, it briefly describes the technologies and frameworks available today to design and implement an Expert System in different areas or markets. Finally, the work is completed with a brief analysis describing the advantages, limitations and current trends in Expert Systems.

**Keywords:** process, comprehensive utilization, grapefruit.

## Introducción

La toronja o pomelo (*Citrus x paradisi*) es un árbol de la familia de las rutáceas, cultivado por su fruta. Es un híbrido, probablemente producido de forma espontánea entre la pampelmusa (*Citrus máxima*) y la naranja dulce (*Citrus x sinensis*). El estado de Michoacán ocupa el segundo lugar de producción a nivel nacional de toronja según datos de la SAGARPA como se muestra a continuación en la tabla 1.

**PRODUCCION AGRICOLA**  
Ciclo: Ciclicos y Perennes 2012  
Modalidad: Riego + Temporal  
TORONJA (POMELO)

Ubicación	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ton)	Valor Producción (Miles de Pesos)
BAJA CALIFORNIA	13.90	12.00	127.80	10.65	3,222.22	411.80
BAJA CALIFORNIA SUR	23.00	23.00	273.00	11.87	5,434.07	1,483.50
CAMPECHE	681.50	541.50	13,513.50	24.96	3,598.45	48,627.64
COLIMA	15.00	15.00	180.00	12.00	4,608.11	829.46
DURANGO	182.00	182.00	568.30	3.12	4,078.14	2,317.61
GUERRERO	5.00	5.00	64.40	12.88	3,541.62	228.08
JALISCO	136.59	136.59	1,290.81	9.45	4,443.15	5,735.26
MICHOACAN	4,080.80	3,729.30	40,500.45	10.86	2,387.43	96,692.18
MORELOS	6.00	6.00	181.80	30.30	3,624.69	658.97
NUEVO LEON	1,762.50	1,762.50	26,425.50	14.99	1,097.09	28,991.28
OAXACA	190.00	190.00	2,285.40	12.03	775.73	1,772.86
PUEBLA	384.00	384.00	4,208.00	10.96	1,006.78	4,236.52
SAN LUIS POTOSI	7.00	7.00	47.25	6.75	1,150.00	54.34
SINALOA	236.00	39.00	294.00	7.54	1,863.47	547.86
SONORA	806.00	650.00	20,221.00	31.11	1,759.29	35,574.60
TABASCO	110.00	110.00	875.00	7.96	1,149.71	1,006.00
TAMAULIPAS	1,771.20	1,705.00	35,542.30	20.85	2,748.00	97,670.19
VERACRUZ	7,370.75	7,155.75	261,548.60	36.55	1,418.64	371,042.83
YUCATAN	442.36	428.57	7,323.74	17.09	2,688.71	19,691.44
	18,223.60	17,082.21	415,470.85	24.32	1,727.13	717,572.40

Fuente: Elaborado por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), con información de las Delegaciones de la SAGARPA.

**Tabla 1:** Producción nacional de toronja al 2012

En la tabla 2 se muestra la producción actualizada del último mes (se omitieron de la tabla las celdas de los estados con menor producción)

**AVANCE DE SIEMBRAS Y COSECHAS**  
RESUMEN NACIONAL POR ESTADO  
PERENNES  
2013  
RIEGO+TEMPORAL

Datos Preliminares.

**TORONJA (POMELO)**

Estado	Superficie (ha)			Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)
	sembrada	cosechada	sinistrada	obtenida	obtenido
CAMPECHE	682	540	40	13,500	25.000
MICHOACAN	4,082	3,696		14,601	3.950
NUEVO LEON	1,892	942		18,114	19.229
TAMAULIPAS	2,152	637		15,332	24.071
VERACRUZ	7,418	2,552		79,078	30.987
<b>TOTAL</b>	<b>18,271</b>	<b>9,281</b>	<b>40</b>	<b>160,658</b>	<b>17.310</b>

Fuente: Elaborado por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), con información de las Delegaciones de la SAGARPA.

**Tabla 2:** Avance de siembras y cosechas, resumen por estado.

La toronja es un importante producto agrícola en el municipio de Apatzingán. Sin embargo, no tiene ningún valor agregado, dado que se produce sólo para exportación o consumo local como fruta fresca, o sea que no se le transforma de ningún modo.

Además, dado que sólo se consume la pulpa del fruto, se tiene el problema del desperdicio de cáscara y semilla. En algunos lugares se ha visto que dada la baja demanda, los productores prefieren no cosechar el fruto, por lo que las toronjas caen y se descomponen en el suelo, provocando a futuro la acidificación del mismo.

Es por ello que se ha decidido diseñar un proceso de fabricación que no sólo le agregue valor a este producto cítrico, sino que además aproveche todas las partes del fruto, para que los desperdicios sean prácticamente nulos, disminuyendo asimismo la contaminación ambiental.

Es necesario el aprovechamiento de la toronja en la región de Apatzingán, debido a que en la actualidad gran parte de esta materia prima es desperdiciada trayendo como consecuencias grandes pérdidas económicas para el sector agrícola.

Es por ello que se propone una línea de procesos la cual nos ayude al aprovechamiento óptimo de ésta, obteniendo el menor desperdicio posible.



## Propuesta

La línea de proceso que se propone tiene como producto principal la obtención de jugo de toronja a partir de la pulpa obteniendo un jugo de buena calidad y con características óptimas que nos permitan hacerlo de una manera natural para su comercialización.

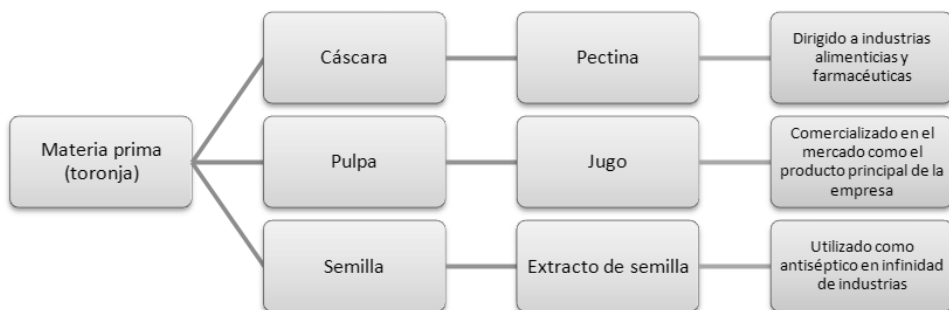
Este jugo se obtendrá mediante la pasteurización y el filtrado del jugo obtenido de la pulpa de toronja, posteriormente será envasado.

Al aplicar el proceso antes mencionado a la toronja, contaremos con dos residuos sumamente importantes como lo son la cascara y la semilla; es de aquí donde obtendremos nuestros subproductos.

Por una parte se realizara un proceso de extracción de pectina a la cascara, el cuál será lanzado al mercado para industrias alimentarias y en algunos casos para las industrias farmacéuticas. En las industrias alimentarias se utiliza como una especie de aditivo a los alimentos para darle características espesantes, emulsificantes y estabilizantes; en mermeladas, gelatinas de frutas y en las industrias farmacéuticas se utiliza debido a sus enlaces que puede llegar a formar para inhibir proteínas que facilitarían la diseminación del cáncer en el organismo

Otro subproducto importante es el que resulta del proceso de extracción de la semilla el cuál es un agente eficaz para combatir virus y bacterias además de un gran número de parásitos unicelulares.

Mediante la realización de estas tres técnicas que conforman una línea de proceso que serán implantadas en una empresa de la región, se logran resultados favorables para la economía de la región, aprovechando la materia prima que antes era desperdiciada, generando una línea de productos novedosos así como la generación de nuevos empleos.



**Figura 1:** Proceso de aprovechamiento integral de la toronja.

## Objetivos

- Diseñar una línea de procesos para el aprovechamiento integral de la toronja que permita una producción sustentable con el mínimo de desechos y asegurando su calidad.
- El aprovechamiento de materia prima (toronja) desperdiciada, mediante el uso de procesos que transformen la toronja en un producto principal y dos subproductos.
- Implantación de una empresa agroindustrial sustentable.
- Reducción de daño ecológico producido por el desecho de empresas.

## Materiales y métodos

Para llevar a cabo la elaboración de nuestro producto, se buscaron los procesos más adecuados para el máximo aprovechamiento de la materia prima.

Es por ello que se decidió utilizar el siguiente proceso en la fabricación del producto principal; asimismo se analizaron otros procesos con el fin de aprovechar los desechos resultantes llegando a la conclusión de incluir una línea de procesos en donde se obtuviera pectina de la cáscara y de la semilla un extracto antiséptico.

### Jugo de toronja

Para llevar a cabo la producción de un jugo de toronja con calidad, se realiza una pasteurización por medio de choque de calor, en el cual a la toronja se le elimina la cáscara, quedando sólo la pulpa. Esta pulpa es exprimida para la obtención del jugo. Posteriormente el jugo es envasado en botellas de vidrio previamente esterilizadas, se somete a una pasteurización de 65°C por un periodo de 30 min. Una vez cumplido este tiempo se sacan las botellas y se someten a un choque de temperatura de 20°C durante 30 segundos, pasando después a otro choque de temperatura de 5° C durante 10 minutos. Finalmente el jugo es almacenado en cámaras frigoríficas con una temperatura de 15° C.

Se realiza este proceso debido a que se busca la creación de un jugo 100% natural, sin conservadores, para así conservar las propiedades de la toronja.

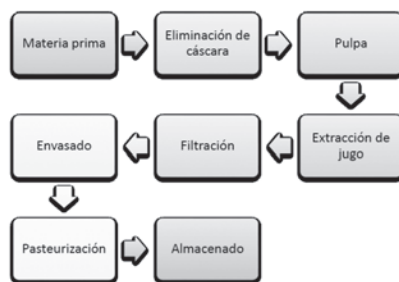


Figura 2: Elaboración de jugo.

## Extracto de semilla de toronja

Para llevar a cabo el proceso de extracción de la semilla de toronja, la semilla que es desechada en la filtración del jugo se deshidrata, después la semilla es triturada con ayuda de un molino, posteriormente este extracto es envasado y almacenado en un lugar fresco para que no exista contaminación del mismo.

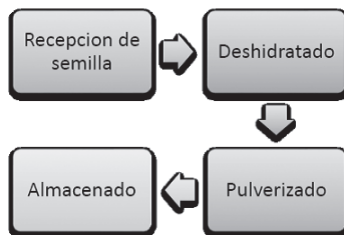


Figura 3: Extracto de semilla.

## Pectina

Para la obtención de la pectina, que se encuentra en la cáscara de la toronja, se realiza el siguiente proceso:

- **Recepción de materia prima:** Se recibe la cáscara que fue desechada de la obtención del jugo de la toronja.
- **Selección de la cáscara:** Es seleccionada la cáscara que se encuentre en óptimas condiciones separándola de la que se encuentra en mal estado o contenga hongos, que puedan alterar la calidad de la pectina.
- **Inactivación enzimática:** Con el propósito de hacer más eficiente el proceso de extracción es necesario inactivar las enzimas pécticas, poniendo la cascara en agua, con concentraciones cercanas a 300 gramos por litro y calentando hasta ebullición, esto con la finalidad de eliminar suciedades o microorganismos presentes en la cáscara. La solución se filtra y la cáscara queda lista para la hidrólisis.
- **Hidrolisis ácida:** A la cáscara se le agrega la misma cantidad de agua usada inicialmente (300 gr de cáscara por litro de agua), y a la solución se le agrega ácido clorhídrico hasta obtener un pH entre 1.5 y 3. Si se usa ácido clorhídrico al 37% se utiliza de 6 a 7 ml por litro de agua, posteriormente se lleva a cabo un calentamiento de 30 a 40 minutos a partir del momento que se alcanza el punto de ebullición; debe mantenerse una agitación constante para evitar que la cáscara se deposite en el fondo de la hidrólisis.
- **Filtración de los residuos:** Una vez que se suspende la agitación se filtra la solución para separar el material sólido del material líquido.
- **Concentración:** Para preparar la solución para la precipitación es necesario

concentrarla, esta concentración tiene por objeto disminuir el uso del alcohol en el proceso de precipitación.

- **Precipitación:** Para la precipitación de la pectina se utiliza etanol, se recomienda un volumen del 60% de la solución que se va a precipitar.

- **Lavado:** El aspecto final de la pectina depende del proceso de lavado, que se debe realizar varias veces, considerando el grado de impurezas que pueda contener y modificar su color. Este proceso consiste en diluir la pectina, que está separada en el filtro, en agua acidulada (pH ente 1.5 y 3), y precipitarla nuevamente con alcohol.

- **Secado:** El proceso de secado se realiza a baja temperatura (menor a 40°C) en una corriente de aire caliente, por unas doce horas.

- **Molienda:** Para homogeneizar el tamaño de la partícula y mejorar la apariencia de la pectina se muele en un molino, de un tamaño de 1 pulgada aproximadamente, hasta que pase por un tamiz.

- **Almacenamiento:** La pectina debe almacenarse en un lugar seco y en recipientes que la protejan de la humedad, para evitar la contaminación y modificaciones en su apariencia y en su calidad.

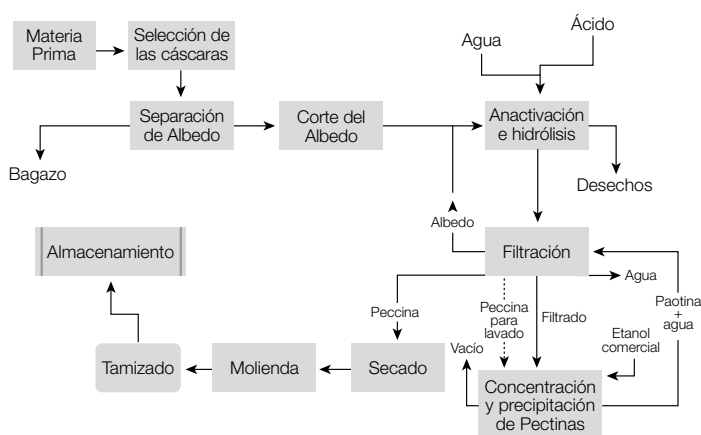


Figura 4: Obtención de pectina

### Resultados esperados

El proyecto contribuye con los siguientes beneficios en el municipio de Apatzingán:

- Creación de micro, pequeña y mediana empresa.
- Generación de empleos, tanto directos como indirectos:
  - o Directos: Accionistas, Obreros, profesionistas, etc.
  - o Indirectos: Productores agrícolas, jornaleros, proveedores de insumos y servicios, etc.
- Se le da un valor agregado para la obtención de mayores utilidades en la producción de la toronja, porque su valor en el mercado como fruta fresca es bajo.

- Mayor inversión empresarial nacional o extranjera.
- Incremento en el sector agrícola, ya que las tierras y condiciones climáticas del Valle de Apatzingán son favorables para el cultivo de la toronja.
- Induce la integración de organizaciones económicas para la producción y comercialización. Ejemplo: Sociedades de producción rural y sociedades anónimas.
- Promoción de desarrollo regional (generación de riquezas).
- Disminuye los niveles de pobreza de la población.
- Disminuye el nivel de criminalidad.
- Contribución a la disminución de enfermedades relacionadas con la gripe (contiene vitamina C), control de peso (dietético), cáncer, etc.

Haciendo estimaciones acerca de la oferta que existe de toronja actualmente en el mercado local, así como de la potencial demanda de los productos, se hace una estimación de una provisión diaria de 10 toneladas de toronja.

Además, se calcula que con esta cantidad de toronja, diariamente se producirán 4000 litros de jugo. Otra estimación indica que con los residuos restantes de la elaboración del jugo se pueden fabricar 100 kg de pectina y 20 kg de extracto de la semilla de toronja.

## **Impacto ambiental**

La implantación de la empresa logrará un impacto favorable al medio ambiente debido a los procesos con los que se trabaja.

El desperdicio de la toronja en los campos que ésta es sembrada trae como consecuencia la acidificación del suelo; esto es debido al bajo pH que posee la toronja, ya que al descomponerse y hacer contacto con el suelo reacciona provocando una disminución del pH de la tierra, causando una infertilidad en éstas; es por ello que la implantación de esta empresa disminuirá este problema de contaminación en los suelos de la región de Tierra Caliente Michoacana, contando con suelos más fértiles y menos contaminados.

Los procesos con los que trabajará la empresa están basados en el aprovechamiento máximo de los recursos de la materia prima, disminuyendo los residuos; gracias a esto se evitará la contaminación de las aguas, suelos y aire; obteniendo una empresa sustentable dentro de la región. Uno de los puntos importantes que busca obtener la empresa es motivar a todas las empresas dentro del área, que generen procesos que aporten en lo más mínimo desechos tóxicos y contaminantes hacia el ambiente.

Se tiene previsto también el tratamiento de aguas residuales para esta línea de procesos, puesto que se aprovechará en su mayoría la toronja, no se generan residuos peligrosos ni contaminantes de la materia prima, solamente habrá que tratar el agua que se estará utilizando.

## Conclusiones

Actualmente en el mercado no existen suficientes empresas que se dediquen al aprovechamiento máximo de la toronja y menos en la región de Tierra Caliente de Michoacán. En algunas empresas donde se procesan cítricos en la región, se generan residuos que pueden llegar a ser dañinos tanto para el medio ambiente como para la sociedad y sólo se dedican a una sola línea de producción (extracción de jugo o aceite). Es por ello que se necesita la creación de una empresa que dé un giro distinto a lo que se ha venido realizando hasta el día de hoy. Estudios elaborados recientemente han demostrado que la toronja contiene un sinnúmero de propiedades que son benéficas para el ser humano, el jugo de toronja ayuda a absorber con más facilidad medicamentos tomando una dosis más baja, el extracto de semilla es un poderoso antiséptico que elimina bacterias como la E Coli y la salmonella. La pectina se utiliza en una infinidad de industrias, alimenticias y farmacéuticas entre otras; es por ello que aplicando estas propiedades se decide, a diferencia de otras empresas, realizar una línea de procesos que como objetivos principales contribuyan al bienestar del consumidor y a la regeneración del medio ambiente, evitando en lo posible la contaminación por la fabricación de los productos.

## Bibliografía

Casa Pia, todo lo relacionado con temas de salud natural (2013) *El Pomelo: Propiedades nutritivas y principios activos*. Disponible en:

<http://www.casapia.com/Paginacast/Paginas/Paginasdemenus/MenudeInformaciones/ComplementosNutricionales/Extracto-Semilla-Pomelo.htm>(2013, 6 de mayo)

Comisión veracruzana de comercialización agropecuaria (2010) *Monografía de la toronja*. Gobierno del estado de Veracruz. Disponible en:

<http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/COVECAINICIO/IMAGENES/ARCHIVOSPDF/ARCHIVOSDIFUSION/MONOGRAFIA%20TORONJA2010.PDF> (2013, 19 de febrero)

Formoso, A. (1992). *2000 Procedimientos industriales al alcance de todos* (13a ed.). México, D.F.: Editorial Limusa.

Servicio de información agroalimentaria y pesquera (2013, 30 de Junio) *Resumen nacional de la producción agrícola*. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SAGARPA). Disponible en:

[http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=300](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=300) (2013, 2 de julio)

Servicio de información agroalimentaria y pesquera (2013, 30 de Junio) *Cierre de la producción agrícola por cultivo*. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SAGARPA). Disponible en:

[http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=301](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=301) (2013, 2 de julio)





# Propuesta para la optimización del monitoreo de sistemas informáticos complejos mediante el empleo de tecnología digital del habla.

Rafael Alexándero Urdaneta<sup>1</sup>

## Resumen

Hoy en día la creciente complejidad de los sistemas informáticos empleados tanto en la industria como en el ámbito de la medicina y aún en ámbitos cotidianos, requieren a menudo de otros sistemas para monitorear y controlar su correcto funcionamiento. Estos sistemas de monitoreo y control a su vez, requieren de cierto nivel de análisis e interpretación de los indicadores suministrados para posteriormente tomar las decisiones correspondientes al contexto presentado. Este análisis demanda de un proceso cognoscitivo humano, basado en conocimientos adquiridos previamente mediante la experiencia o por un flujo de decisiones predefinido mediante un manual de operaciones en el común de los casos.

Los sistemas de habla y de reconocimiento de voz tienden a ser altamente efectivos al reducir los tiempos de análisis y permitir sintetizar e interpretar de manera precisa una situación de emergencia o de alta criticidad.

En este trabajo se desarrolla una propuesta de arquitectura que presenta un mecanismo de monitoreo de sistemas informáticos industriales con un intérprete de voz que advierte sobre situaciones críticas predefinidas utilizando herramientas informáticas de licencias de uso gratuitas.

**Palabras Clave:** Sistemas complejos, arquitectura SOA, Ingeniería del Software,

software industrial.

### **Abstract**

Today the increasing complexity of the computer systems used in industry, medicine field and even in everyday life often requires other systems to monitor and control its correct functioning. These monitoring and control systems in turn, require some analysis and interpretation of the indicators provided to later make decisions for the context presented. This analysis needs a human cognitive process based on knowledge previously acquired by experience or a predefined decision flow, generally through an operation manual.

Speech and voice recognition systems tend to be highly effective in reducing analysis time and allowing accurately summarizing and interpreting an emergency or high criticality.

This paper develops a proposed architecture that provides a mechanism to monitor industrial computer systems with voice interpreter that warns of predefined critical situations using free-license tools.

**Keywords:** Complex systems, SOA architecture, software engineering, industrial software.

## 1. Introducción

Cada día la tecnología incorpora nuevas herramientas a nuestra sociedad produciendo, en consecuencia, cambios en la forma de pensar. Esta evolución se refleja en una manera distinta de modelar los procesos. Desde los inicios de la electrónica y los primeros pasos de la informática, existe una carrera por el desarrollo de mecanismos tecnológicos que permitan realizar una mayor cantidad de actividades de manera automatizada, con mayor seguridad y menor costo. Pero no sólo estos factores han sido suficientes para considerar que el aporte o la innovación sean positivos o beneficiosos; otros factores entran en juego como lo son la velocidad de implementación, alcance, flexibilidad, licenciamiento.

El presente trabajo estudia y propone, una herramienta informática, basada en tecnología WEB cliente servidor, mediante la cual se podrá visualizar y notificar en tiempo real el estado de salud general de un sistema informático empresarial basado en una arquitectura SOA(Service Oriented Architecture). Con la información brindada por la herramienta, se podrían tomar acciones correctivas y preventivas para el funcionamiento estable del sistema. Este proyecto fue aprobado para desarrollarse e implementarse en la empresa Techint Argentina y México. Actualmente se encuentra en funcionamiento en una versión beta, en los ambientes de desarrollo, QAS (Quality Assurance Software) y Producción.

Debido al volumen de información que se maneja a diario (12000 mensajes por minuto por planta en ambiente productivo), se ha hecho necesario el desarrollo de sistemas más robustos; gracias a los avances tecnológicos, se puede contar con hardware con mayor capacidad, velocidad de procesamiento y mayor capacidad de almacenamiento de datos; pero a la vez, se hacen cada vez más complejos los procesos de desarrollo y mantenimiento. Esta complejidad se alimenta de elementos como: servidores de aplicaciones, bases de datos, librerías, componentes, entornos de trabajo (frameworks), control de versionado; y factores como: la distribución del sistema, las capas que conforman la arquitectura donde será implementado, los niveles de seguridad, entre otros.

Se han realizado diversos estudios experimentales sobre los problemas asociados con el uso de los entornos informáticos complejos de uso general que tienen un gran número de funcionalidades, tales como los sistemas operativos y, a menor escala, los paquetes integrados (ej. hojas de cálculo, procesadores de texto). Como lo indica Mehlenbacher B. (1992), estos estudios empíricos (que habitualmente han estudiado, entre otros dominios, el sistema operativo Unix) demuestran que los usuarios tienen un conocimiento incompleto del sistema, utilizando de forma habitual sólo una pequeña parte de las utilidades de las que dispone. El hecho de que muchos usuarios utilicen la computadora únicamente como una herramienta que facilita la realización de sus tareas hace que no suelen desear aprender nada que no

les resulte imprescindible para conseguir sus objetivos. Los usuarios conocen tan sólo un conjunto de operaciones básicas, con las que son capaces de realizar sus tareas habituales de forma satisfactoria, pero de manera que hay partes del sistema que les resultan completamente desconocidas. Esto impide que aprendan otras utilidades más sofisticadas u otras formas de trabajo que les permitirían conseguir un mejor uso de la aplicación.

Si a este sistema informático, se le agrega un entorno empresarial, donde se interrelacionan diversos subsistemas aplicativos, sistemas operativos, distribución geográfica y arquitectura orientada a servicios (SOA), se estará en presencia de un sistema informático complejo y por ende se hace necesario el uso de herramientas adecuadas de control y monitoreo de su estado de salud.

La implementación de un sistema como el que aquí se describe, podría brindar información oportuna y significativa a distintas áreas relacionadas al desarrollo y mantenimiento de sistemas informáticos complejos en tiempo real como los descritos por Silverman L. (2006), desde cualquier ubicación geográfica, sin necesidad de distribución e instalación de paquetes ni pago de licencias; utilizando un punto centralizado de acceso directamente desde un explorador WEB. Como señala Peters, D.K. Parnas, la combinación de herramientas informáticas basadas en tecnología WEB como AJAX, DWR, Java, Spring, entre otros, permitirán redefinir los esquemas de diseño, desarrollo y distribución de las aplicaciones de monitoreo de sistemas existentes en el mercado, como el System Center Operations Manager de Microsoft o el Enterprise Manager de Oracle, convirtiéndose en nuevas tendencias que abren caminos de posibilidades que antes estaban fuera de nuestro alcance.

## Arquitectura propuesta

Las siguientes herramientas serán utilizadas en la propuesta:

- Java como lenguaje core del sistema: este es el lenguaje base del proyecto, los distintos módulos y la interconexión de los frameworks que intervienen están orquestados desde java. El sistema por completo está compilado en un EAR de java, que contiene 2 módulos principales: el model y el controller (JAR) y un módulo web: la vista (WAR).

<http://www.oracle.com/technetwork/es/java/javase/downloads/index.html>

- Javascript como lenguaje intermedio entre backend y frontend: mediante este lenguaje, se realizan las negociaciones entre el controller y la vista.

- Spring como Framework de apoyo: inyecta funcionalidades de scheduler mediante quartz y facilita la inyección de dependencias para la inicialización de los componentes java (beans)

<http://www.springsource.org/spring-community-download>

- Oracle como gestor de Base de datos: esta es la encargada de almacenar los datos que contiene la información de estados e indicadores a monitorear (OLTP de la empresa)

<http://www.oracle.com/technetwork/products/expressedition/downloads/index.html>

- Tibco GI como interfaz de cliente: Este framework nos permite de manera simple la creación de los componentes de frontEnd web para el cliente.

- DWR como framework para empleo de ajax: Mediante este, implementamos un canal de comunicación directo entre el backend y el frontend, permitiendo actualizar los indicadores en la capa cliente sin necesidad de refrescar manualmente el browser. Será el encargado también de crear las clases proxies java en tempo ejecución haciendo transparente la transición de la capa del core java a la capa web.

<http://directwebremoting.org/dwr/index.html>

- Web Speech API como interpretador de sonidos de habla: mediante esta API, obtenemos el reconocimiento de voz para generar las acciones que se desean en base a reglas preestablecidas.

<https://dvc.w3.org/hg/speech-api/raw-file/tip/speechapi.html>

- jbeep.js como librería de soporte para emisión de sonidos: Esta librería nos permite de manera genérica, reproducir los sonidos deseados en el browser cliente con un nivel de calidad aceptable.

<https://code.google.com/p/jbeep/>

El proyecto será desarrollado siguiendo el patrón de diseño MVC (Model View Controller) y distribuido en tres capas básicas como lo indica la figura 1:



Fig. 1 Capas de Diseño.

Los datos correspondientes a los cambios dentro del negocio son almacenados en la base de datos mediante componentes observadores (Patrón Observer). Estos cambios son relevados por el sistema de monitoreo que utilizará el mecanismo de quartz de Spring Framework para realizarlo periódicamente. El tiempo de periodicidad deberá ser parametrizado considerando aspectos como la frecuencia

promedio con la que ocurren los cambios y la criticidad de los mismos. En la medida que los cambios son más frecuentes y la criticidad de los elementos son mayores entonces la frecuencia deberá ser mayor.

En la capa de negocio se encontrarán los *factorys* de los objetos monitoreados y las reglas que determinen los cambios de estado y las criticidades correspondientes a dichos estados.

Una vez determinados los cambios y las criticidades se procederá con la publicación asincrónica hacia la capa de presentación de los cambios suscitados. Estos pueden ser implementados mediante texto plano y/o indicadores visuales en forma de led's u otros recursos gráficos disponibles dentro de la tecnología empleada.

La transmisión de la información hacia la capa de cliente se realizará mediante *ajax* asincrónico(ver fig. 2), el cual permite establecer un canal de comunicación directo desde la capa de negocio enviando los datos en segundo plano y actualizando los estados en el cliente de manera automática sin necesidad de actualizar (refrescar) el browser.

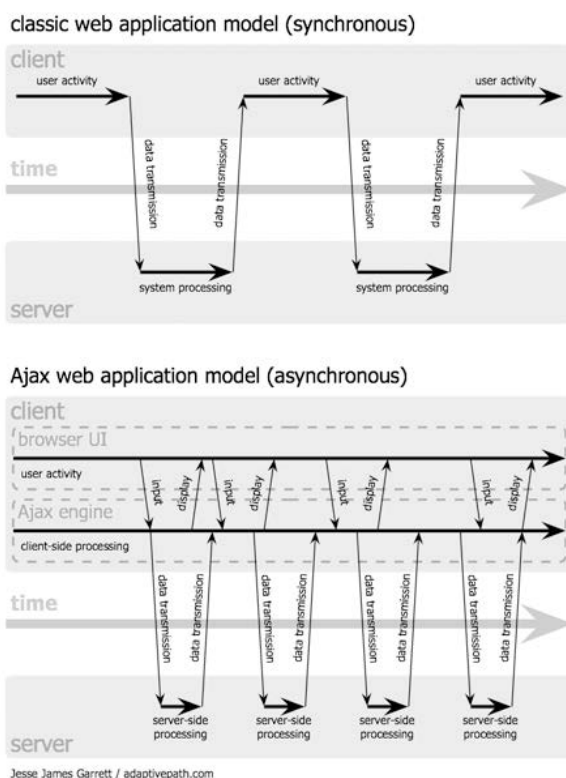


Fig. 2 Diagrama de Transmisión Ajax.

Es en esta etapa de la transmisión de datos se pueden implementar distintas estrategias para la notificación de los eventos. Estas estrategias incluyen:

notificaciones emergentes, cambios visuales mediante gráficos y sonidos emergentes como se muestra en la Fig. 3.

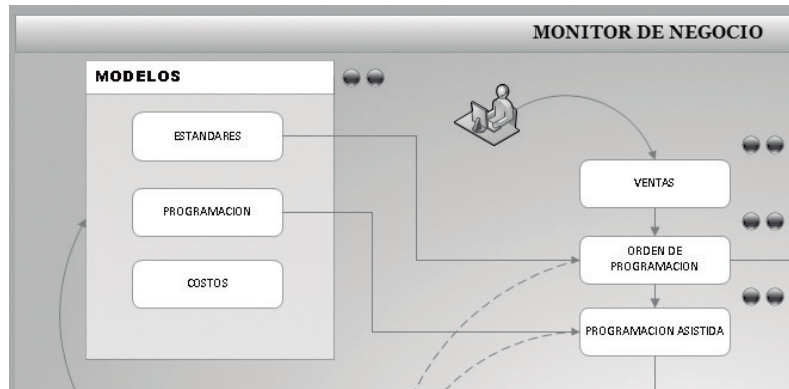


Fig. 3 Monitor de Negocio.

Entre la capa de negocio y la capa de presentación se dispone del espacio ideal para implementar estas estrategias. En cuanto a los cambios de estado se utilizarán funciones javascript para determinar el estado actual del elemento en la capa cliente, comparar y enviar el nuevo estado como se muestra en el ejemplo de la Fig. 4:

```

notificar.js
1
2 |if (proveedor[property].indexOf(estadoAnterior) == -1)
3   notificar = "true";
4
5   ox.style.backgroundColor = ox.style.backgroundColor;
6   if ((proveedor[property] == 'UP')
7     && (ox.innerHTML != '<IMG SRC="JSX/images/icons/16_verde.jpg" >'))

```

Fig. 4 Ejemplo código Javascript para comparar elemento Capa-Cliente.

Para la estrategia de notificación emergente se empleará jquery notification plugin (<http://caolanmcmahon.com/files/jquery.notify.js/examples/index.html>)

En la Fig. 5 se ejemplifica como podrá ser invocado una vez determinado el cambio de estado y la criticidad del evento en particular.

```

notificar.js
1 function notificar (criticidad, evento, titulo, icono){
2
3   var fecha = new Date();
4   var fechaActual = fecha.getFullYear() + '-' + (fecha.getMonth() + 1) + '-' + fecha.getDate() + ' '
5     fecha.getHours() + ':' + fecha.getMinutes() + ':' + fecha.getSeconds();
6
7   $.notify({text:evento, title:titulo, icon:icono});

```

Fig. 5 Código de Javascript. Código de notificación

Como resultado se obtendrá la notificación emergente como elemento auxiliar y visual para el alerta del sistema de monitoreo.

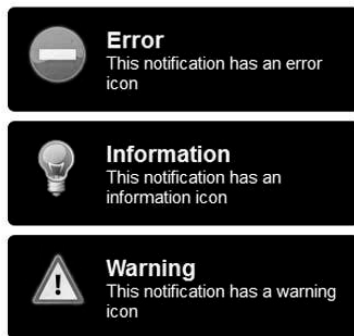


Fig. 6 Notificaciones emergentes

La tercera estrategia a utilizar y que indefectiblemente puede ser utilizada en paralelo a las otras 2 anteriores (indicadores visuales y notificaciones emergentes), es la notificación auditiva. El objetivo de esta propuesta es demostrar que la implementación de esta estrategia puede convertirse en una herramienta valiosa dada su efectiva manera de llegar al consumidor final, que en este caso está representado por el analista de operaciones o un referente funcional de centro de cómputo.

Para esta implementación previamente se deberán definir los distintos sonidos que se deseen emitir, recordando prudentemente calcular los tiempos de espera y las criticidades de cada caso. Para ello se definirán 3 niveles de criticidad:

**Información:** para los cambios de estados que indiquen una mejoría o un cambio de estado esperado.

**Warning:** en los casos donde amerite la atención del operador sin que necesariamente requiera una acción determinada correctiva o de mantenimiento.

**Error:** como el nivel de criticidad más alto. Representará el tipo de alerta más importante. Deberá ser activado ante la presencia de un cambio de estado que amerite la pronta participación del operador y/o la inmediata activación de algún plan operativo para volver el componente a su estado normal de desempeño.

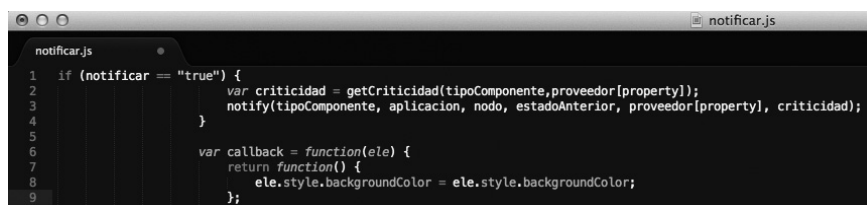
El segundo elemento sonoro a almacenar deberá ser tipo de componente observado. Este podrá ser definido por su naturaleza (dispositivo electrónico, componente de software, módulo del sistema), o incluso por su función (conector de interface, adaptador, web services, etc.).

El tercer elemento será el nombre del componente. Siendo este de mucha importancia dado que permitirá al escucha ubicarse inmediatamente dentro de un contexto acotado de elementos involucrados. El nombre del componente dependerá de la estructura del sistema monitoreado y de los elementos que lo incluyen; debiendo ser un identificador que sea representativo y unívoco.



El cuarto elemento será el estado en particular: “activo”, “inactivo”, “suspendido”, etc. Este elemento es fundamental para determinar la criticidad del mensaje, dado que dependiendo del estado final del componente monitoreado se podrá definir el nivel de criticidad de la alerta. Por ejemplo: Un conector del sistema industrial que pasa de un estado “suspendido” a un estado “Activo” debería representar una alerta del tipo “Información” dado su nuevo estado. Estos criterios serán relativos a la realidad funcional del componente que se defina.

En este punto se podrá conformar morfológicamente una oración mediante la combinación de: Tipo Alerta + Tipo Componente + Nombre Componente + Nuevo Estado como lo indica la siguiente ilustración:



```
notificar.js
1  if (notificar == "true") {
2      var criticidad = getCriticidad(tipoComponente,proveedor[property]);
3      notify(tipoComponente, aplicacion, nodo, estadoAnterior, proveedor[property], criticidad);
4  }
5
6      var callback = function(ele) {
7          return function() {
8              ele.style.backgroundColor = ele.style.backgroundColor;
9          };
10 }
```

Fig. 7 Código Javascript. Definición de criticidad

La función para emitir los sonidos que representan la oración deseada, podrá ser armada dinámicamente y reutilizada dependiendo de la implementación que se desee realizar. Así pues, determinados los elementos, se invocan secuencialmente en el orden morfológico:



```
notificar.js
1  setTimeout(function(){emitirSonidoTipoAlerta(archivoSonidoTipoAlerta)},1);
2  setTimeout(function(){emitirSonidoComponente(archivoSonidoComponente)},4000);
3  setTimeout(function(){emitirSonidoAplicacion(archivoSonidoAplicacion)},6000);
4  setTimeout(function(){emitirSonidoEstadoNuevo(archivoSonidoEstadoNuevo)},7000);
5
6      notificar(iconoLog,evento,titulo,icono);
7
8  }
9
10
11  function emitirSonidoTipoAlerta(archivoSonido){
12      jBeep(archivoSonido);
13  }
```

Fig. 8 Código Javascript. Emisión de sonido de alerta.

## **Conclusiones y trabajo a futuro:**

Este proyecto aunque aún se encuentra en versión beta, ha logrado transformarse en una herramienta que forma parte de las aplicaciones frecuentes y activas de todos los que de alguna manera tienen parte de responsabilidad dentro de la dirección de sistemas de la empresa.

Por la arquitectura propuesta, se obtiene un producto flexible y escalable. Se facilita la incorporación de nuevas funcionalidades con bajo costo de recursos tecnológicos y con corto tiempo de desarrollo.

El modelo ha demostrado ventajas en función a:

- Disminución del tiempo de interpretación de alertas mediante la sintetización auditiva de los eventos.

- Disminución del tiempo de minutos a segundos, para emitir diagnósticos e informar el estado de un componente del sistema o del estado general del mismo.

- Flexibilización de la incorporación de nuevos componentes al Sistema de Monitoreo, con un tiempo aproximado de 2 horas.

- El tiempo de distribución del sistema es inmediato, solo ingresar vía WEB. Anteriormente era necesario la instalación de una herramienta en el PC del cliente.

- La disposición de información en forma gráfica y en tiempo real. Esto facilita la síntesis de la situación actual del estado de salud del Sistema.

Se proyecta la incorporación de funcionalidades adicionales para cubrir necesidades de monitoreo de procesos de migración y carga inicial (MCI) de los nuevos sistemas que se implementarán en Monterrey, abriendo la posibilidad de incorporar un módulo de visualización para la MCI de las diferentes plantas en los diferentes ambientes.

## Bibliografía

Apache Software DWR, Reverse Ajax: <http://directwebremoting.org/dwr/documentation/reverse-ajax/index.html>

Dojo Foundation (Julio 2009). General Interface: Developer Guide: <http://www.generalinterface.org/docs/display/GIDOCs/General+Interface+Developer+Guide>

Duffy, T.M., Palmer, J., Mehlenbacher B., (1992). OnLine Help Design and Evaluation. Ablex Publishing Corporation. Norwood, New Jersey, pág. 107.

Fuentes, Juan Mariano. Manual de AJAX Basado en “AJAX, Fundamentos y Habitaciones”. 2da Edición (2009) : <http://www.elrincondeajax.com/manual-ajax/>

Peters, D.K. Parnas, D.L. Fac. of Eng. & Appl. Sci., Memorial Univ. of Newfoundland, St. John's, Nfld. Requirements-based monitors for real-time systems: <http://ieeexplore.ieee.org/search/srchabstract.jsp?tp=&arnumber=988496>

Silverman, L. Facility Robotics (2006), Inc., Roswell, GA. Real time Data Center Intelligent Power Alarm Monitoring using the Web: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4076021>



# **Aprender a Aprender: Desafíos que enfrentan los ingresantes a la Universidad y estrategias para mejorar su experiencia educativa y favorecer su retención**

Uriel Ruben Cukierman<sup>1</sup> y Diana Cukierman<sup>2</sup>

## **Resumen**

La deserción en el primer año de las carreras de Ingeniería y Ciencias de la Computación es típicamente muy alta, aún en países con realidades socioeconómicas muy distintas, como por ejemplo Canadá y Argentina. Teniendo en cuenta esta realidad, y partiendo de la experiencia de la Universidad Simon Fraser (SFU) en Vancouver, Canadá, se organizó en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Palermo (UP) un seminario para docentes “Aprender a aprender: Cómo ayudar a nuestros estudiantes”. Dicho seminario se basó en la experiencia desarrollada en la SFU con el programa de apoyo a estudiantes denominado “Academic Enhancement Program” (AEP). Esta actividad incluyó la exposición de las ideas centrales del AEP así como discusión e interacción. Adicionalmente, como material a ser discutido en el seminario y directamente relevante para la realidad local, se realizó una encuesta previa entre estudiantes de la Universidad anfitriona y de la Universidad Tecnológica Nacional, incluyendo preguntas de reflexión acerca de estrategias de estudio. En particular, se buscó que los alumnos reflexionaran acerca de los desafíos académicos que ellos sienten que enfrentan. En este artículo describimos brevemente esta actividad, incluyendo resultados iniciales de la encuesta como aporte al análisis y discusión del tema en cuestión.

**Palabras Clave:** Retención, Ingeniería, Informática, Estrategias de Estudio, Programas de apoyo a estudiantes.

---

Fecha de recepción: julio 2013 | Fecha de aceptación: octubre 2013

<sup>1</sup> Universidad de Palermo, Facultad de Ingeniería.

<sup>1</sup> Simon Fraser University, Canadá.

## **Abstract**

Drop-out rate in the first year of Engineering and Computer Science careers is typically very high, even in countries with very different socio-economic realities, such as Canada and Argentina. Considering this reality, and based on the experience of Simon Fraser University (SFU) in Vancouver, Canada, a seminar for teachers called “Learn to Learn. How to help our students” was organized at the Engineering Faculty of Palermo University (UP). The seminar was based on the experience developed at SFU with a student support program called “Academic Enhancement Program” (ASP). This activity included the exposure of AEP core ideas, discussion and interaction. Additionally, as material to be discussed in the seminar and directly relevant to the local situation, a preliminary survey was conducted among students from the host University and the National Technological University, including reflection questions about study strategies. Specifically, it was to help students to reflect about the academic challenges they feel they face. In this article we briefly describe this activity, including survey initial results as a contribution to the subject matter analysis and discussion.

**Keywords:** Retention, Engineering, Information Technology, Study Strategies, student support programs.

## Introducción

En nuestra tarea cotidiana como docentes observamos que los alumnos enfrentan ciertos desafíos, muy especialmente en sus primeros pasos en la Universidad, y quisiéramos poder ayudarlos a mejorar su experiencia educativa y favorecer su retención. Tanto en Canadá como en Argentina los docentes y consejeros estudiantiles observan que muchos estudiantes no vienen a clases de consulta (o no lo suficiente), tienen demasiados compromisos y distracciones, incluyendo cargas horarias de trabajo extensas, dedican mucho tiempo a las redes sociales y video juegos, desconocen las estrategias de estudio adecuadas para diferentes actividades como ser tareas vs. exámenes con tiempo limitado y a menudo no toman conciencia del tiempo que requieren para poder completar satisfactoriamente sus tareas, resultando en bajo rendimiento o rendimiento no satisfactorio y deserción.

Varios investigadores en educación estudiaron posibles causas del bajo rendimiento y del abandono de cursos. Ciertos autores (Biggers, Brauer, & Yilmaz, 2008) reportan niveles bajos de éxito y retención de alumnos en Ciencias de la Computación, atribuyéndolo a que existen bajos niveles de interacción entre los alumnos, y entre los alumnos y los docentes. Asimismo, en su revisión de literatura distinguen las diferencias entre nuevos programadores exitosos y no exitosos, concluyendo que las diferencias más significativas entre nuevos programadores están relacionadas con las estrategias empleadas más que con el conocimiento. Otros autores (McCartney, Eckerdal, Mostrom, Sanders, & Zander, 2007) también encontraron que los estudiantes que tienen éxito en sus estudios aplican un rango variado de estrategias de estudio para aprender y entender conceptos de computación. Por otro lado, investigadores del Virginia Tech encontraron que el concepto de auto-eficacia (self efficacy), entendido como el nivel de competencia que el individuo cree poseer, está relacionado con una mejor performance académica entre los estudiantes en computación (Roach).

En base a estos resultados, surge que puede resultar positivo apoyar a los alumnos brindándoles oportunidades en la forma de cursos o talleres en los cuales se discute explícitamente acerca de las estrategias de estudio, acerca de cómo “aprender a aprender”. En variadas universidades se ha explorado y se exploran variaciones acerca de cómo incorporar el tema de estrategias de estudio siguiendo diversos modelos. Existen programas que se ofrecen de forma que los alumnos asisten voluntariamente a talleres genéricos de estrategias de estudio. Existen también programas que proveen apoyo para los alumnos para rever temas concretos de los cursos. También hay cursos completamente dedicados a estudiar estrategias de estudio en forma genérica, a los que a veces se los denomina, en el mundo anglosajón, “University 101”. Algunos de estos programas son ofrecidos por departamentos especializados en aprendizaje, otros, en particular cursos

completos, son ofrecidos por docentes en Facultades de Educación. Algunas de estas intervenciones son organizadas de forma que alumnos un poco más avanzados apoyan a los alumnos actuales, etc. A modo de ejemplo mencionamos “supplemental instruction” (Widmar, 1994), “adjunct courses” (Commander & Smith, 1995) y “discipline-based study skills courses” (Durkin & Main, 2002). Numerosos modelos siguen siendo implementados y se reportan, ver por ejemplo la conferencia reciente enfocada explícitamente en temas de retención en “gatekeeper courses”<sup>3</sup> (Conference on Excellence in Gateway Course Completion (2013)).

En este artículo describiremos en particular el programa denominado “Academic Enhancement Program” (AEP)<sup>4</sup> (Cukierman & McGee Thompson, 2009), co-desarrollado y coordinado por Diana Cukierman, como programa conjunto entre el Departamento de Computación de la Simon Fraser University (SFU) y el Student Learning Commons (SLC) de la misma Universidad. También mencionamos el Programa de Mejoramiento de la Experiencia Educativa (PMEE), que es una experiencia piloto de investigación y colaboración actual, adaptado del AEP en el marco de cursos de Programación y Matemáticas en la Facultad de Ingeniería en la Universidad de la Republica del Uruguay (Cukierman, da Rosa, Carpani, Sierra, & Rosá, 2012).

Recientemente, en Mayo 2013, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Palermo (UP)<sup>5</sup> organizó un Seminario para docentes con el objetivo de abordar esta temática, al cual invitó a participar a profesores universitarios de carreras de Ingeniería y de Informática de la propia UP y de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN)<sup>6</sup>. El objetivo de este Seminario fue que los participantes se interioricen acerca del ya mencionado programa AEP, que propone un modelo alternativo a los programas antes mencionados aunque con similar objetivo de ayudar a los estudiantes a tener éxito en sus estudios universitarios. El dictado del seminario estuvo a cargo de una de las autoras del presente artículo, Diana Cukierman, coordinadora del programa AEP.

La modalidad del Seminario fue interactiva; se invitó a los participantes a involucrarse en algunas de las actividades que se realizan en los talleres del AEP, cual si fueran alumnos y así, a través de esta participación activa, se conversó y reflexiono sobre los temas que nos preocupan. Para poder trabajar con datos de la realidad, se realizó previamente una encuesta entre alumnos de la Facultad de Ingeniera de la UP y de la UTN para conocer sus inquietudes y necesidades y poder así contrastarlas con nuestras suposiciones y creencias al respecto.

---

<sup>3</sup> Conocidos en Argentina como “materias filtro”

<sup>4</sup> <http://www.cs.sfu.ca/undergraduate/student-life/academic-enhancement-program.html>

<sup>5</sup> <http://www.palermo.edu/ingenieria>

<sup>6</sup> <http://www.frba.utn.edu.ar>



El resto de este artículo está organizado como sigue. La sección siguiente provee una descripción general del AEP. Luego se describe la encuesta que se realizó entre los alumnos y se presentan algunos resultados que surgen del análisis de la misma. La última sección concluye este artículo presentando unas breves conclusiones y posibilidades de trabajo futuro.

## **El “Academic Enhancement Program” (AEP)**

El AEP, o Programa de Mejoramiento Académico, fue creado en la Universidad Simon Fraser (SFU), en Vancouver, Canadá en el año 2006. El AEP se desarrolla y coordina colaborativamente entre el departamento de Computación en la SFU y el Instituto “Student Learning Commons (SLC)” de la misma Universidad. Las co-desarrolladoras y co-coordinadoras del programa son Diana Cukierman, “Senior Lecturer” en el Departamento de Computación en la SFU, y previamente docente en el Instituto de Computación (InCo) en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (Uruguay), y Donna McGee Thompson, Directora del SLC en la SFU.

El AEP originalmente fue desarrollado de forma de asociar talleres o tareas relativas al aprendizaje y reflexión acerca de cursos específicos de primer año de computación. Recientemente el AEP también se está ofreciendo en forma piloto en cursos de Ingeniería en SFU. La característica esencial de estas intervenciones es que aportan un momento de reflexión y discusión acerca del aprendizaje y de las estrategias de estudio en cursos donde normalmente no se incluye este tipo de actividad. Están dirigidas a todos los alumnos del curso, ya que estas actividades son parte integral del mismo. Los talleres son de aproximadamente dos horas de duración, involucran la participación activa y la reflexión de los alumnos y se ofrecen una única vez en el semestre. En algunos cursos se ofrece la opción de que los estudiantes elijan un tema a elección relacionado a aprendizaje en la disciplina y escriban un reporte breve. El material que se discute y explora incluye solamente algunas herramientas que pueden facilitar sus estudios. Los temas posibles a incluir en los talleres incluyen estrategias de estudio específicas adecuadas a la disciplina de estudio (por ejemplo, en cursos de programación, inventar problemas y resolverlos). Se discuten también estrategias generales de beneficio a estudiantes universitarios, como por ejemplo estrategias para la gestión del tiempo y estrategias para la preparación de exámenes.

El modelo del AEP se apoya en que estos talleres u actividades sean breves: se ofrecen una vez por semestre en el curso correspondiente solamente, bajo el supuesto de que así se provee una introducción a estos temas a los alumnos, a la vez que no consume mucho tiempo ni recursos, pero otorga la suficiente base para

que los alumnos que así lo deseen puedan continuar explorando estos temas. Las intervenciones del AEP son preventivas. Los talleres se realizan, aproximadamente, a mitad del semestre, de forma que los estudiantes estén a tiempo para tomar acción antes del fin del curso. El modelo AEP también se apoya en que los talleres cuentan con por los menos dos co-facilitadores expertos en ambas áreas: teoría del aprendizaje y educación en computación. Finalmente, un factor que ha resultado esencial en el medio de la SFU es que los estudiantes reciban créditos para el curso (donde el taller o la actividad electiva son desarrollados) por participar en estas actividades.

A la fecha se han publicado artículos describiendo el programa así como resultados de encuestas y entrevistas realizadas a alumnos y consejeros académicos en el departamento (ver bibliografía). Los resultados obtenidos hasta el momento indican que estas prácticas son, en general, beneficiosas para la población estudiantil y son prometedoras para asistir a los alumnos en sus desafíos académicos, teniendo un potencial impacto positivo en la retención de alumnos.

Para una descripción más detallada del AEP y comparación con otros modelos de apoyo a estudiantes universitarios se recomienda al lector que consulte (Cukierman & McGee Thompson, 2008), (Cukierman & McGee Thompson, 2009) y (Egan, Cukierman, & McGee Thompson, 2011).

## **Encuesta realizada entre los alumnos en Buenos Aires**

Como se mencionó en la introducción, y para poder trabajar con datos de la realidad local, con anterioridad al seminario se realizó una encuesta entre alumnos de la Facultad de Ingeniería de la UP y de la UTN para conocer sus inquietudes y necesidades y poder así contrastarlas con nuestras suposiciones y creencias al respecto.

La encuesta se realizó, en forma simultánea, entre estudiantes de todas las carreras de la Facultad de Ingeniería de la UP (electrónica, industrial e informática) por un lado, y entre estudiantes del Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información de la UTN, por el otro. La encuesta fue anónima y no se ofreció ningún incentivo a los estudiantes para que la completaran, solamente se les invitó a participar como forma de conocer sus opiniones y necesidades. Contestaron la encuesta 296 estudiantes de la UP (aproximadamente un tercio del universo total) y, 202 de la UTN (aproximadamente un 4% del universo total). Los estudiantes que respondieron de UTN fueron en general estudiantes más avanzados en sus carreras. Mientras que en la UTN el 93% de quienes respondieron tienen más de dos años en la institución, en la UP esta cifra fue del 47%. Esta diferencia surge directamente de los cursos donde se anunció la encuesta.

Más allá de las diferentes características de ambas instituciones, la primera privada y la segunda estatal, y de las poblaciones encuestadas, muchos de los

resultados de las encuestas resultaron muy similares. Por ejemplo, la gran mayoría de los estudiantes (alrededor del 80%) son varones. En cuanto a las edades, la distribución es más pareja en la UP que en la UTN, aunque sin diferencias tan significativas, tal como se ve en la Figura 1. La procedencia de los alumnos es también similar en ambas instituciones, entre un 45% y 50% provienen de un bachillerato y entre 35 y 40% de escuelas técnicas. Si bien en ambos casos la gran mayoría de los alumnos realizaron sus estudios en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), en la UP el 20% de los estudiantes declararon provenir del interior del país y el 6% del extranjero y en la UTN estas cifras se reducen al 7% y al 2% respectivamente. En cuanto al nivel académico tampoco hay significativas diferencias y, en ambos casos, pareciera que el desempeño de los estudiantes en el secundario es en general de bueno a muy bueno ya que en ambos casos más del 50% de los estudiantes declararon obtener calificaciones finales entre 8 y 10.

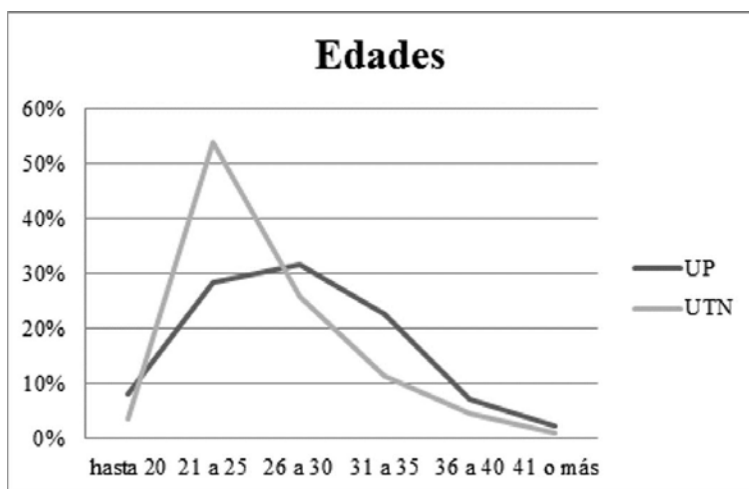


Figura 1

Un ítem en el cual, a priori, se hubiera supuesto que habría gran diferencia, era el de la procedencia de los alumnos en relación al tipo de escuela secundaria, pública o privada, pero llamativamente la distribución es exactamente igual en ambas instituciones, 61% de pagas y 39% de gratuitas<sup>7</sup>.

Una diferencia significativa se presenta al analizar la cantidad de materias que está cursando cada alumno al momento de realizar la encuesta (Mayo 2013). La Figura 2 muestra esta situación.

<sup>7</sup> Este dato, además, muestra a las claras la tendencia que se ha dado en los últimos años en la Argentina, y muy especialmente en el ámbito de la CABA, en este sentido.

A la hora de analizar el rendimiento académico de los alumnos en la universidad tampoco se encuentran diferencias significativas entre ambas instituciones y, por otra parte, los resultados que declaran los estudiantes haber obtenido son bastante buenos ya que el 66% ha obtenido un 6 o un 7 (sobre 10) en el promedio de notas de los finales rendidos hasta el momento, sin incluir reprobados, y el 20% obtuvo 8 o más. Los resultados también son bastante aceptables cuando se analiza la cantidad de finales reprobados, siendo que el 21% nunca pasó por dicha circunstancia, el 30% en una o dos oportunidades y el 21% en tres o cuatro.

Un dato muy significativo, especialmente en lo que se refiere al objetivo específico de esta encuesta y en general de este trabajo, es que más de un 80% de los alumnos trabaja además de estudiar, dedicando un promedio de 7 a 8 horas por día al trabajo. En función de estos datos se podría inferir que, **en el caso de los estudiantes argentinos de ingeniería<sup>8</sup>, en realidad se trata de trabajadores que estudian más que de estudiantes que trabajan. Lo que constituye un dato alentador es que el 78% de ellos dicen sentirse apoyados en los estudios por su familia y amigos.**

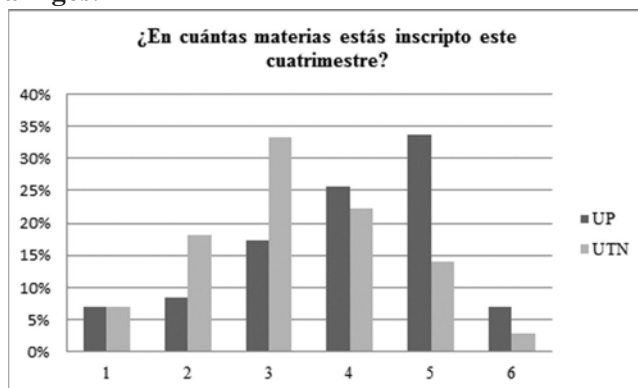


Figura 2

Se observa también que muchos estudiantes sacan horas del sueño; los estudiantes de ambas instituciones declararan un promedio de 5 horas diarias, alarmantemente comparables con un promedio de 4 horas diarias dedicadas a tiempo de ocio con computadora, mayores que el tiempo dedicado al estudio, entre 2.5 y 4 horas diarias (y nuevamente, los datos de dedicación horaria promedio son esencialmente iguales en ambas instituciones) Figura 3.

<sup>8</sup> Si bien no se cuenta con datos ciertos que permitan extender esta aseveración a toda la población de estudiantes de ingeniería del país, estos datos son de por sí muy significativos y, de las conversaciones con colegas de otras instituciones, surgen percepciones similares.



Figura 3

Una pregunta de interés central en nuestro estudio, y que se incluyó en la encuesta fue: “¿Cuáles fueron los desafíos de estudio más importantes que enfrentaste en tu carrera hasta el momento? (dificultades, inquietudes u obstáculos ocasionados por algún/os curso/s o por los estudios en sí, así como también los de nivel personal)”. Una clasificación inicial de las respuestas proporcionadas produjo la distribución que se muestra en la Figura 4, correspondiente a estudiantes en UP y UTN en conjunto.

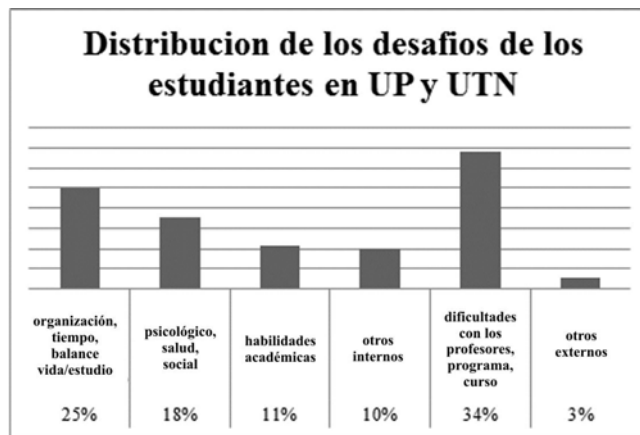


Figura 4

La Figura 5 ilustra la distribución de desafíos manifestada por alumnos en Canadá, en respuesta a una pregunta análoga planteada a los alumnos durante el transcurso de uno de los talleres (Cukierman & McGee Thompson, 2008).

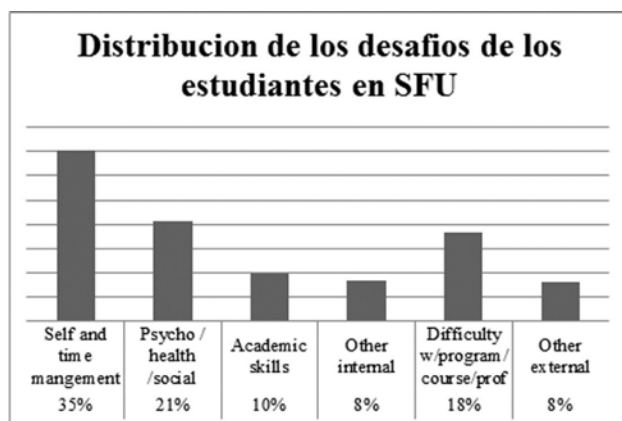


Figura 5

Un análisis primario indica claramente que tanto en Argentina como en Canadá los estudiantes tienen problemas con la administración del tiempo y su propia organización (25% y 35% de los desafíos declarados en conjunto entre UP-UTN y SFU respectivamente), aunque la proporción de desafíos declarados por falta de tiempo es notoriamente mayor en Canadá. De todas maneras, como se discute con los alumnos en los talleres y se discutió en el seminario docente, se debe tener presente que el problema de falta de tiempo y de auto-organización es un problema subyacente en las otras categorías. Una interpretación que se propone es que como diferencia cultural en Canadá, y en general en la cultura Anglosajona, se valora el tiempo y se vive en general con ansiedad por la falta de tal, visiblemente en mayor proporción que en Argentina. También se destaca que una proporción importante de estudiantes atribuye sus desafíos a factores externos (y por ende fuera de su control), cuando por ejemplo indican que los profesores (o los cursos, o el sistema) son injustos, criticables o malos (34% y 18% en UP-UTN y SFU respectivamente). La clasificación en atribución de desafíos en internos o externos sigue de la “Teoría de Atribución”, utilizada en psicología social (Weiner, 1979). Por razones de espacio en este artículo no continuamos el análisis de estos datos, pero invitamos al lector a reflexionar acerca de lo que las gráficas muestran.

Complementando este análisis de las respuestas de los estudiantes a la pregunta acerca de cuáles son los desafíos que enfrentan, se presenta una clasificación de las respuestas que los docentes participantes del seminario, al que se hace mención en este artículo, propusieron a esta misma pregunta. La pregunta se realizó durante el seminario en forma totalmente anónima y voluntaria, con la consigna que los participantes deberían formular las respuestas cual si fueran sus propios estudiantes. Se recogieron 20 “papelitos”, pero cada participante proveyó varias respuestas,

totalizando 82 respuestas. La distribución que resulto de analizar esta respuesta se ilustra en la Figura 6

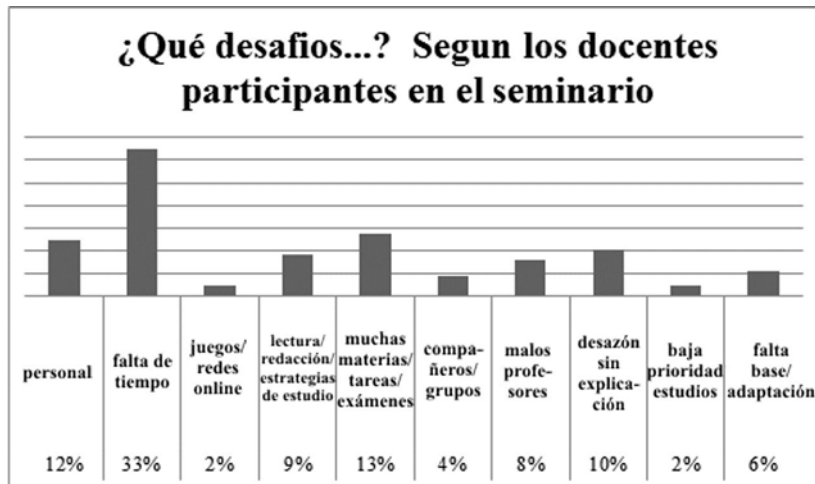


Figura 6

## Conclusiones y trabajo futuro

Como docentes universitarios, y coincidiendo con autoridades e investigadores en educación nacionales e internacionales, proponemos que el sistema educativo debe apoyar a los estudiantes para mejorar su experiencia académica en general. Creemos que es importante investigar la realidad local de nuestros alumnos y sus necesidades, entrevistando y encuestando a nuestros alumnos y a nuestros colegas, así como consultando datos disponibles en las instituciones y, en base a esas realidades, ofrecer programas y servicios de apoyo a los estudiantes. Dicho soporte sin duda ya existe en la labor diaria de los docentes, y también hay muchos alumnos que están muy bien encaminados, pero sugerimos que además se pueden introducir programas específicos a través de los cuales se incentive a los alumnos a la autorreflexión acerca de sus estudios con el objetivo de ayudar a aquellos que puedan estar teniendo dificultades y, en general, para apoyar y mejorar la experiencia de todos los estudiantes. Asimismo, actividades como el seminario para docentes descrito en este trabajo y realizado en la UP, promueven la autorreflexión entre los docentes y el intercambio de ideas entre las diferentes instituciones resultando en una actividad muy fructífera que apoya y promueve nuevas iniciativas. Quisiéramos destacar, que el seminario que realizamos resulto muy exitoso y los participantes declararon (en encuesta anónima) estar muy satisfechos y tener un muy alto interés en continuar adelante con este tipo de iniciativas.

Estamos convencidos que iniciativas de este estilo, con ideas novedosas y/o análogas a programas que se reportan en la literatura y adaptados a la realidad local, servirán para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje, lo cual también, como efecto secundario, debiera beneficiar la retención.

En este artículo proveemos principalmente antecedentes y resultados iniciales de una encuesta anónima realizada a estudiantes en dos universidades en Buenos Aires acerca de los desafíos que encuentran en sus estudios. El análisis inicial presentado en este artículo demuestra que hay muchos aspectos en común con la realidad en otras universidades y en particular con la realidad de la Simon Fraser University en Canadá. Por ejemplo es interesante (y a la vez confirma nuestra intuición) observar que el problema de administración del tiempo y el adjudicar los desafíos a factores externos emergen como parte importante en las encuestas realizadas a los alumnos en las tres instituciones, en los dos países. Justamente estos son los temas centrales que el AEP encara. Los talleres del AEP proponen como mensaje fundamental, en forma intuitiva, que es importante “auto-regularse” (“self-regulate”) en los estudios, incluyendo planificar en el tiempo y en estrategias, actuar en consecuencia, con conciencia y persistencia, autoevaluarse, y cambiar aquello que es controlable de forma que sea lo mejor para el estudiante y para la disciplina (ver por ejemplo (Zimmerman, 1986)). Es de esperar que a medida que los alumnos maduran y transitan por la vida universitaria, la autorregulación mejore, pero la propuesta es que a través del AEP o programas similares se impulse a los alumnos a ser conscientes de sus potenciales y sus posibilidades más tempranamente y en forma proactiva. Es una aspiración de estos programas que los estudiantes incorporen tempranamente la idea de que es beneficioso tomar control de sus estudios. A su vez, se intenta que estos programas brinden herramientas concretas de apoyo en estos aspectos. Cabe mencionar que numerosos estudios acerca de auto-regulación han demostrado que aquellos estudiantes que se auto-regulan mejor y adjudican sus éxitos y fracasos a sí mismos y obran en consecuencia tienen mayores éxitos en sus estudios y en general en su vida profesional.

Preveemos como actividades futuras continuar la colaboración internacional con el objetivo de profundizar el conocimiento acerca de las necesidades de nuestros estudiantes y desarrollar nuevos programas y actividades de apoyo. Como fruto de esta colaboración internacional se espera que las instituciones en ambos países serán enriquecidos.



## Bibliografía

Biggers, M., Brauer, A., & Yilmaz, T. (2008). Student perceptions of computer science: a retention study comparing graduating seniors with cs leavers. Proceedings of the 39th SIGCSE technical symposium on Computer science education. New York.

Commander, N. E., & Smith, B. D. (1995). Developing adjunct reading and learning courses that work. *Journal of Reading*, 38(5), 352-360.

Conference on Excellence in Gateway Course Completion (2013). (n.d.). Retrieved from <http://www.jngi.org/gateway/>

Cukierman, D., & McGee Thompson, D. (2008). The Academic Enhancement Program in Computing Science: Helping Students Succeed in Post Secondary Studies; Listening to Students' Voices as We Expand, Proceedings of Western Canadian Conference on Computing Education, (pp. 123-131). Victoria, BC, Canada.

Cukierman, D., & McGee Thompson, D. (2009). The Academic Enhancement Program: Encouraging Students to Learn about Learning as Part of their Computing Science Courses. *ACM SIGCSE Bulletin*, 41(3), pp. 171-175.

Cukierman, D., da Rosa, S., Carpani, F., Sierra, L., & Rosá, A. (2012, Mayo). Primer taller en el marco del Programa de Mejoramiento de la Experiencia Educativa (PMEE). Encuentro de intercambio de experiencias didácticas de los docentes de Facultad de Ingeniería. Montevideo, Uruguay: Publicación interna de Facultad de Ingeniería.

Durkin, K., & Main, A. (2002). Discipline-based study skills support for first-year undergraduate students. *Active Learning in Higher Education*, 3(1), 24-39.

Egan, R., Cukierman, D., & McGee Thompson, D. (2011). The Academic Enhancement Program in Introductory CS: A Workshop Framework Description and Evaluation. *ACM SIGSE Bulletin*.

McCartney, R., Eckerdal, A., Mostrom, J. E., Sanders, K., & Zander, C. (2007). Successful students' strategies for getting unstuck. Proceedings of the 12th annual SIGCSE conference on Innovation and technology in computer science education. New York.

Roach, R. (n.d.). Emotional IQ Contributes to Computing Coursework Success, Virginia Tech Researchers Say. *Diverse Issues in Higher Education*, 22(19), pp. 32-32.

Weiner, B. (1979). A theory of motivation for some classroom experiences. *Journal of Educational Psychology*(71), pp. 3-25.

Widmar, G. E. (1994). Supplemental Instruction: From small beginnings to a national program. In D. C. Martin, & D. R. Arendale, Supplemental Instruction: Increasing achievement and retention (pp. 3-10). San Francisco: Jossey-Bass.

Zimmerman, B. (1986). Becoming a self-regulated learner: which are the key sub-processes? *Contemporary Educational Psychology*, 11(4), pp. 307-313.

# Propuesta para la evaluación de la empleabilidad inicial en ingeniería

Valeria Paola González<sup>1</sup>

## Resumen

Frente a los retos de la globalización y el surgimiento de nuevas economías basadas en el conocimiento, la educación ha adquirido nuevas características ante la necesidad de elevar la calidad en la formación de los individuos aumentando con ello su nivel de empleabilidad inicial. Diversos organismos internacionales entre ellos, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT), etc.; han manifestado como prioritaria la formación de ingenieros altamente competitivos con excelentes capacidades, destrezas y aptitudes laborales, facilitando con ello el crecimiento de la industria en los países, por lo cual, la evaluación del nivel de empleabilidad inicial debe ser una tarea diaria para las Instituciones de Educación Superior permitiendo con esto la detección de áreas de oportunidad en la formación de profesionistas asegurando una fácil inserción al medio laboral. En esta investigación se presenta una propuesta para evaluar el nivel de empleabilidad inicial mediante diversos indicadores formulándose un instrumento útil para los estudiantes de ingeniería.

**Palabras Clave:** Empleabilidad inicial, competencias, ingeniería.

## **Abstract**

Facing globalization challenges and the emergence of new knowledge-based economies, education has acquired new features due to need of raising the quality of individuals training to increase their initial employability. Several international organizations -including the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) and the International Labour Organization (ILO) among others- have expressed that the priority is training highly competitive engineers with excellent capabilities, skills and job skills, thereby facilitating country industry growth. Therefore, the evaluation of initial employability should be a daily task for the Higher Education Institutions, since it allows the detection of opportunity areas for professional training ensuring easy labour market integration. This research presents a proposal to evaluate the initial employability level through various indicators formulating a useful tool for engineering students.

**Keywords:** Initial Employability, skills, engineering.

## Introducción

Debido a los cambios recientes en la vida económica de los países, generados por la globalización y diversos fenómenos económicos, la educación ha evolucionado adquiriendo nuevas características ante la necesidad de elevar la calidad en la formación de los individuos aumentando con ello su competitividad. Organismos internacionales como la UNESCO y la OECD consideran a la educación como un factor estratégico para el desarrollo del capital humano.

Por otra parte, la OIT ha señalado la importancia de la empleabilidad inicial (EI) y la educación de alta calidad elevando la capacidad de los individuos para conseguir y conservar un empleo y adaptarse al entorno laboral (Weinberg,2004).

En México, el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, destaca la no evasión de los procesos de evaluación continua por parte de las IES, compartiendo la misma opinión de Echeverría (2002) hacia el firme propósito de afrontar una constante búsqueda de la calidad educativa mediante el aumento de la competitividad de los profesionales, es decir, mejorando su empleabilidad (Gobierno Federal,2007).

Para la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), la pertinencia, la calidad, la innovación y la competitividad, son algunos de los puntos de referencia fundamentales; para lo cual ha implementado un nuevo Modelo Educativo UANL (MEUANL). Este modelo se sustenta en varios ejes rectores donde uno de ellos es la educación basada en competencias (UANL,2008).

La Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la UANL, propuso desde 2007 un nuevo Programa Educativo Ingeniero en Aeronáutica (PEIAE) diseñado bajo el modelo de competencias y por ser nuevo, es necesario evaluar el desempeño de los estudiantes y su proceso de enseñanza-aprendizaje.

De acuerdo a la opinión de Bonilla et al (1999), Argudín (2005), De la Cruz (2003) y Becker (1983) actualmente la educación demanda profesionistas altamente competitivos que posean excelentes capacidades, destrezas y aptitudes requeridas en el medio laboral facilitando el crecimiento de la industria aeroespacial en México; motivo por el cual se ha decidido evaluar el desempeño de dichos estudiantes mediante su empleabilidad. Huss et. al. (2002), evalúa el desempeño mediante las calificaciones siendo solamente ésta una evaluación cognitiva y para Marshall (2007) son relevantes las calificaciones y una encuesta para recolectar datos de comportamiento asociados a la empleabilidad. A continuación resaltaremos teorías relacionadas a la empleabilidad.

## Teorías relacionadas a la empleabilidad

Con respecto a las teorías relacionadas a la empleabilidad, existe una vertiente enfocada al análisis de las características de los individuos fuera del área de trabajo,

es decir, la productividad aumenta mediante el conocimiento. En la Teoría de Capital Humano destacan Theodore Shultz, Gary Becker y Jacob Mincer; éstos consideran a la educación como una inversión en los individuos debido a que el conocimiento permanece en éstos. Dicha Teoría es considerada el horizonte teórico de organismos dirigentes de la educación como el Banco Mundial (BM) y la OECD, estableciendo el conocimiento como pieza fundamental en el desarrollo del capital humano, destacando que la educación no es la única que aporta conocimiento en los individuos además las prácticas laborales o experiencia de trabajo haciéndolos más productivos y mejorando su desempeño (Becker,1983).

Para estudiar la EI destacaron los siguientes autores: para LeBoterf (2000) es un repertorio o conjunto de saberes de todo tipo que posee un sujeto en un momento determinado. Echeverría (2002) es aquel que se ajusta a un trabajo descrito a partir de una lista de tareas claramente especificadas. Por otra parte, De la Cruz (2003) afirma que el desempeño es un saber hacer complejo exigente de un conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes, valores y virtudes que garantizan la bondad y eficiencia de un ejercicio profesional responsable y excelente.

Argudín (2005) define el desempeño como la aplicación del conocimiento para ejecutar una tarea o para construir un objeto, también conocido como el resultado práctico del conocer, también establece que el desempeño ocurre en un ámbito concreto, un contexto determinado y de acuerdo con ciertas normas o criterios previamente determinados.

Profundizando sobre el desempeño laboral y revisando literatura para Peña (2002) es toda acción realizada en respuesta a la responsabilidad de un individuo medido en base a como la ejecuta. Es la acción y efecto de desempeñarse, es decir, cumplir con una responsabilidad, realizar una acción que ha sido aceptada como una obligación, como un servicio por el cual se obtiene una satisfacción, (Diccionario Electrónico de la Real Academia Española,2004). El desempeño involucra actitudes, saberes y formas de relación, incidiendo en la calidad global de la tarea (Colectivo de Autores Cubanos del ICCP,2005, citado por Torres(2008)). Efectuar acciones, deberes y obligaciones propias de su cargo o funciones profesionales exigidas un puesto de trabajo (Añorga,2006). Capacidad para desarrollar competentemente funciones inherentes al cargo laboral y la conducta mantenida por el trabajador en el desarrollo de una tarea o actividad durante el ejercicio de la profesión (Ledo,2007). A partir de la revisión de literatura del desempeño definiremos la EI.

## **Empleabilidad inicial**

El desempeño profesional es aquel demostrado por los estudiantes desde cualquier sector académico, entiéndase aulas, laboratorios, talleres, etc.; y

el desempeño laboral puede entenderse como aquel relacionado a las tareas desempeñadas en las entidades o sectores laborales asociadas a una profesión. Con las definiciones presentadas la *EI* se define como el *desempeño profesional orientado a lo laboral, es decir, un conjunto de tareas y acciones donde el estudiante aplica las competencias de su profesión para obtener resultados acordes a lo que demanda el mercado laboral, evaluables desde algún entorno*. A continuación hablaremos sobre la evaluación del desempeño y la *EI*.

## Evaluación de la empleabilidad inicial

Las tendencias de las IES en México hacia la búsqueda de la calidad educativa consiste en someterse a procesos de evaluación en torno a los estudiantes, por ello es importante saber si ¿las habilidades desarrolladas durante sus estudios contribuyen para desempeñarse competentemente al egresar?, al respecto, para Mertens (2000) profesional competente es aquel que aplica atributos personales como los conocimientos, habilidades, actitudes y aptitudes para lograr un desempeño efectivo en función a las necesidades de las empresas. En la opinión de González Maura (2004) es la actuación profesional donde se implican los conocimientos, hábitos, habilidades, motivos, valores, sentimientos de forma integrada hacia la búsqueda de soluciones a problemas profesionales.

En el documento Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina Proyecto-Tuning América-Latina, se analiza sobre las competencias y su tendencia a la búsqueda de una mejor manera de predecir un desempeño productivo en el lugar de trabajo, por esto las IES deberán buscar una adecuada correspondencia entre las competencias ofertadas para una profesión y las demandas por el sector laboral; en la medida de que puedan aproximarse se garantizará el éxito de los profesionistas. Pero ¿de qué forma podremos garantizar la correspondencia entre las competencias ofrecidas por una IES y las necesidades del sector laboral?, mediante la evaluación del desempeño (EI) basado en competencias.

De esta manera se presentan algunas definiciones sobre evaluación, para Tenbrink (1974) es obtener información y usarla para formar juicios que a su vez se utilizarán en la toma de decisiones. Para Scriven (1967) es un proceso sistemático donde se obtiene información válida y fiable para formar juicios de valor para mejorar la actividad educativa.

Para Tobón(2006), el fin de todo proceso de evaluación es orientar a los estudiantes en la propia formación y potencialización de sus actitudes e intereses, dar continuidad a la cadena formativa, favorecer la vinculación laboral, favorecer la construcción de competencias docentes y establecer la calidad del proceso formativo; además afirma que las competencias son el reflejo del nivel de desempeño laboral y/o académico.

En este sentido, la evaluación de la EI constituye un factor importante en la elevación de la calidad institucional; y la formación de profesionales competentes y comprometidos con el desarrollo social constituye hoy en día una misión esencial de las IES. Una de las prioridades de la UNESCO es desarrollar competencias que aseguren a los trabajadores mejores condiciones de vida a través de la educación, garantizar el acceso a oportunidades de aprendizaje (UNESCO,1998).

Por lo anterior y considerando las propuestas de Baartman et. al. (2007), respecto a la evaluación de competencias con un enfoque renovado donde se integran el conocimiento, habilidades y actitudes; con esto el desempeño se evalúa mejor por el rendimiento en actividades específicas (incluyendo conocimientos, habilidades y actitudes) en la medida permitida en los contextos donde las competencias se ejecuten o se lleven a cabo (medio-laboral); permitiendo la promoción de una cultura de evaluación hacia la mejora continua de las propias IES.

Sims (1979) busca reflejar el desempeño de profesionistas por medio de la medición de competencias desarrolladas por éstos y su comparación con las competencias que idealmente deberían haber desarrollado los profesionistas de dicha especialidad. Pereira et. al. (2009) establece la existencia de una variedad de estrategias de evaluación y herramientas para evaluar mejor el rendimiento en actividades auténticas similares a los contextos de trabajo.

Villa & Poblete (2007) establecen el proceso de evaluación de competencias mediante la identificación de la competencia, posteriormente las técnicas o instrumentos acordes y por último, se requieren los criterios y ponderaciones para la evaluación del aprendizaje. Shawyun (1999) utilizó la entrevista como herramienta para obtener las perspectivas de los estudiantes, académicos y la comunidad empresarial, midiendo o evaluando el desempeño, mediante: habilidades fundamentales, habilidades de gestión, expectativas de la facilidad, expectativas de la capacidad, factores de interés, factores de actitud y factores de valor.

La evaluación basada en competencias requiere evidencias sobre el desempeño o acción del evaluado, éstas pueden ser por observación empleando listas de cotejo con los elementos a observar y las características que deben tener o son los resultados o productos valorados contra los estándares y criterios de la competencia. A continuación se profundizará sobre las dimensiones de la *EI* mismas que permitirán su evaluación.

## Dimensiones de la empleabilidad inicial

En la evaluación del desempeño de los estudiantes, es importante definirlo claramente y establecer los indicadores que permitirán evidenciarlo. A continuación se muestra la tabla 1, en ésta se mencionan las dimensiones de la *EI* (desempeño-profesional-laboral) y los autores que la han estudiado con la finalidad de medirla.



**Tabla 1.** Dimensiones de la EI (desempeño-profesional-laboral)

Autor	Dimensiones de la EI
Marshal(2007) la educación influye en el desempeño bajo estándares de calidad	Calidad
Rodríguez L. (2005) es relevante la orientación al logro actitudinales o genéricas en el ámbito laboral	Orientación al logro y manejo de estándares de calidad e innovación
Frigo (s.f.) La competitividad de una empresa se expresa directamente en la calidad de los servicios que prestan sus empleados	Calidad
DACUM (Developing A CurriculUM)	Productividad
Angeles O. (2004)	Innovación
FIME (2007) el comité de carrera del IAE propone la generación y aplicación de conocimientos como uno de los indicadores de desempeño	Aseguramiento de la Calidad, innovación y productividad.
Carpio (s.f.)	Productividad y calidad
(Agencia ejecutora,2003)	Calidad

**Fuente:** Elaboración propia.

Gracias a la revisión de literatura resumida en la tabla anterior, y a la participación del comité de carrera (mediante la aplicación de una encuesta de opinión se definieron las dimensiones) logramos listar y definir las dimensiones de la *EI*, del futuro egresado del PEIAE, descrito a continuación:

**C01: Calidad:** busca la excelencia en la actividad personal o profesional, orientada a resultados y centrada en la mejora continua (Villa & Poblete,2007)

**P01: Productividad:** habilidad de fijar por sí mismo objetivos de desempeño por encima de lo normal, alcanzándolos exitosamente (Alles,2006).

**I01: Innovación:** dar respuesta satisfactoria a las necesidades y demandas personales, organizativas y sociales, modificando o introduciendo elementos nuevos en los procesos y en los resultados (Villa & Poblete,2007).

**OL01: Orientación al logro:** realiza actuaciones que le llevan a conseguir nuevos resultados con éxito (Villa & Poblete,2007).

Estas son las cuatro dimensiones que permitirán obtener la medición de la *EI*. Enseguida presentaremos la propuesta para la evaluación y sus indicadores para cada una de sus dimensiones.

### Propuesta de evaluación para la empleabilidad inicial

La *EI* va a ser medida en función a cuatro indicadores: calidad, productividad, innovación y orientación al logro; y por ser indicadores de desempeño por

competencias en el área laboral manejan tres niveles de dominio. A continuación se listan los ítems elegidos, donde, el número 1 es un indicador para el nivel de dominio *básico*; el ítem 2 para el nivel de dominio *intermedio* y el ítem 3 para el nivel de dominio avanzado (véase tabla 2).

Tabla 2. Dimensiones de la EI y sus Ítems

<p><b>C: CALIDAD</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estructuras y organizas adecuadamente tus trabajos</li> <li>1. Presentas tus trabajos con orden y limpieza</li> <li>2. Actúas orientado a resultados</li> <li>2. Atiendes equilibradamente los ámbitos interpersonal y académico</li> <li>3. Tienes una orientación de servicio a los demás</li> <li>3. Mejoras sistemáticamente su metodología de trabajo</li> </ol>
<p><b>P: PRODUCTIVIDAD</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cumples con tus trabajos corrigiendo lo necesario cuando es señalado por el profesor</li> <li>1. Implementas todas la acciones necesarias a tu alcance para dar lo mejor de sí en aquellas tareas asignadas en clase</li> <li>2. Abordas tus tareas con exigencia y rigurosidad, ofreciendo altos estándares de calidad</li> <li>2. Te preocupas por enriquecer su trabajo, cumpliendo y excediendo en la mayoría de las ocasiones los objetivos establecidos</li> <li>3. Te conduces con gran responsabilidad ante las tareas asignadas, encarándolas como si fueran grandes desafíos</li> <li>3. Te auto exiges en cada proyecto en el que participas, cooperando y aportando gran parte del material necesario</li> </ol>
<p><b>I: INNOVACIÓN</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buscas nuevos procedimientos y métodos para hacer las cosas</li> <li>1. Experimentas con procedimientos nuevos</li> <li>2. Analizas una situación dada e identificas aspectos necesitados de mejora</li> <li>2. Propones métodos y soluciones innovadoras</li> <li>3. Identificas necesidades de mejora en situaciones y contextos complejos</li> <li>3. Encuentras nuevos métodos de hacer las cosas diferentes</li> </ol>
<p><b>OL: ORIENTACIÓN AL LOGRO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Intentas destacar sobre los demás y muestra altas expectativas de logro</li> <li>1. Eres perseverante en tus actividades habituales</li> <li>2. Demuestras motivación para superar situaciones complejas</li> <li>2. Te mantienes constante en situaciones difíciles o complejas</li> <li>3. Muestras motivación para conseguir logros que trasciendan socialmente</li> <li>3. Demuestras ambición y competitividad en todas las dimensiones de tu vida</li> </ol>

Fuente: (Villa & Poblete, 2008)

En el instrumento se incluyeron 6 ítems por cada dimensión de la *EI*. Se propuso la siguiente escala: *1-Sin ninguna objeción, 2-Una ó dos objeciones y sin trascendencia, 3-Una ó dos objeciones pero de importancia, 4-Objeciones considerables, 5-Objeciones abundantes y 6-Objetable completamente.*

El instrumento contiene un total de 24 ítems para todas las dimensiones. En el proceso de validez del instrumento se tomaron 31 muestras en la que participaron

estudiantes de la primera y segunda generación del PEIAE. La manipulación y el análisis de datos se trabajaron con el software SPSS V 18.0.

### Validez de contenido

Para la validez se definió un perfil ideal de los expertos o jueces que participarían en el proceso de la evaluación. Un requisito indispensable era tener conocimiento sobre el MEUANL para que existiera concordancia y relevancia en las evaluaciones, según Kerlinger & Lee (2002), citado por Mendoza & Garza (2009); el perfil definido fue: nacionalidad mexicana, conocimiento o experiencia académico-laboral sobre el modelo de competencias, posgrado en el área de educación o experiencia en docencia con un mínimo de tres años.

En total fueron seleccionados 12 expertos que cumplieron con las características especificadas. Se incluyeron seis ítems para cada dimensión de la EI. Los ítems no tenían orden con respecto al nivel de dominio. Se presentaron en el instrumento junto a la definición de la dimensión (calidad, productividad, innovación y orientación al logro) y los ítems asociados. Los jueces calificaron cada ítem de acuerdo a la siguiente escala: 1-Irrelevante, 2-Poco relevante, 3- Relevante y 4-Muy relevante.

Aplicado el instrumento, se calculó la media de cada ítem y aquellos que tenían una media por debajo de 2 se consideran irrelevantes y deben eliminarse. Los resultados obtenidos mostraron para cada ítem un valor promedio mayor a 2, por lo cual, ninguno de los ítems fue eliminado, confirmando la teoría revisada (véase tabla 3).

Tabla 3. Resultados obtenidos de la validez de contenido, n=12

Dimensiones	Valor promedio obtenido
C01	3.51
P01	3.48
I01	3.55
OL01	3.24

Fuente: Análisis de datos Microsoft Excel.

El procedimiento de validez de contenido es un recurso valioso para la investigación educativa, obteniendo instrumentos de medición confiables. En particular, en esta investigación el instrumento de medición aporta la evaluación de la EI de los estudiantes de la UANL facilitando su vinculación en el medio laboral de forma segura; con esto se confirma que la calidad de la formación de los estudiantes refleja el nivel de la calidad de la propia IES. A continuación se presenta la prueba de confiabilidad.

## Confiabilidad

Para determinar la confiabilidad de los ítems de la EI y sus cuatro dimensiones planteadas (calidad, productividad, innovación y orientación al logro), mediante el SPSS se analizó el Alfa de Cronbach, resumiéndose los resultados en la Tabla 4.

Tabla 4. Alfa de Cronbach para las dimensiones de la EI, n=31

Variable	Alfa de Cronbach
C01	0.789
OL01	0.796
I01	0.814
P01	0.863

Fuente: Análisis de datos SPSS

El análisis de confiabilidad de los ítems analizados para cada una de las dimensiones de la EI obtuvo valores de Alfa de Cronbach con resultados aceptables al ser mayores a 0.7, de donde, según Hernández Sampieri et. al. (2006) se considera aceptable por lo que coincide con esta prueba la confiabilidad entre los procesos de análisis de contenido hechos por los jueces mismo que fueron considerados como aceptables.

## Conclusiones

Conforme a la revisión de literatura y gracias a la participación del comité de carrera hemos definido la EI y además se determinaron cuatro dimensiones que son: calidad en el trabajo, innovación, orientación al logro y productividad. En la investigación fue importante conocer los puntos de vista de los profesores porque ellos trabajaron directamente con los estudiantes a lo largo de su carrera profesional; además el punto de vista de los empleadores es esencial porque ellos contratan el personal con las competencias pertinentes a sus puestos de trabajo, motivo por el cual la EI deberá medirse mediante los profesores y mediante los empleadores para obtener conclusiones acerca del desempeño de los estudiantes. En las implicaciones prácticas para la UANL la investigación permitió contar con un instrumento que evaluara la EI de los futuros egresados de la UANL, por ser un nuevo modelo educativo no se han realizado estudios al respecto. Se fortalecieron lazos entre instancias correspondientes (de la UANL) y algunas

empresas especializadas en el ramo de la aeronáutica para beneficiar estudiantes. Algunas limitaciones se debieron a la reciente implementación del modelo por competencias y no existían egresados del PEIAE, por lo que tomamos estudiantes de la primera y segunda generación porque en éstos semestres los estudiantes iniciaban proyectos terminales, o realizaban prácticas-profesionales y/o servicio-social en las empresas de la industria aeronáutica. También por la cantidad de estudiantes inscritos en esta carrera se incluyeron las primeras dos generaciones. Para contactar empleadores fue difícil la localización de los jefes inmediatos de los estudiantes por la naturaleza de la profesión muchos se encontraban fuera de la ciudad o existían espacios limitados de tiempo para las entrevistas por encontrarse en los hangares, talleres o en el aeropuerto, etc. Similarmente, la evaluación mediante los profesores, fue complicada por ser externos a la UANL debido a su área y experiencia fueron invitados a impartir cátedra; esto demoraba entrevistarlos personalmente, retrasando los resultados obtenidos. Es conveniente para investigaciones futuras analizar las competencias específicas del PEIAE, en espacios adecuados para su evaluación. También es necesario aplicar a otros programas educativos para comprobar la pertinencia del instrumento en otras disciplinas. Es conveniente para la UANL continuar definiendo criterios de desempeño y empleabilidad en conjunto con la iniciativa privada, consejos consultivos o cámaras de la industria para que basados en nuestra investigación y otros estudios logren resultados en beneficio de la sociedad.

## Bibliografía

- Alles, M. (2006). *Diccionario de comportamientos: Gestión por competencias*. Granica.
- Añorga J. (2006): *Leyes Principios Educación Avanzada Proceso de Mejoramiento Profesional y Humano en soporte magnético*.
- Argudín Y. (2005). La convergencia entre habilidades, actitudes y valores en la construcción de las competencias educativas. *Educar*. Octubre-Diciembre 2005.
- Ayala S. (2004). Proceso de evaluación del recurso humano. Extraído de El Prisma: Portal para investigadores y docentes. <http://www.elprisma.com/>
- Becker G. (1983). A Theory of Competition Among Pressure Groups for Political Influence., Vol. 98, No. 3. pp. 371-400.
- Bonilla et. al. (1999). La evaluación y certificación de competencias laborales en el contexto de América Latina. Algunas reflexiones en el caso de México. II Foro Iberoamericano sobre Formación y Empleo. Río de Janeiro, Brasil. Julio 1999.
- Colectivo de autores. (1985. d.) *Pedagogía*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana.
- De La Cruz. (2003). Taller sobre el proceso de aprendizaje-enseñanza de competencias. Zaragoza: Instituto de Ciencias de la Educación. Universidad de Zaragoza.
- Echeverría, B. (2002). *Gestión de la Competencia de Acción Profesional*. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- FIME (2007). Propuesta de creación del PE de Ingeniero en Aeronáutica.
- Gobierno Federal (2007). Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. Pág. 182. México.
- González M. (2004). La orientación profesional y currículo universitario. Una estrategia educativa para el desarrollo profesional responsable. Laertes, Barcelona.
- LeBoterf. (2000). *Cómo gestionar la calidad de la formación*, Barcelona, Gestión.
- Ledo R., C. T. (2007). Un enfoque creativo y vivencial como vía de superación para el Metodólogo General Integral de Secundaria Básica. Tesis presentada en opción al Grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Santiago de Cuba.
- Marshall, E. (2007). What Determines the Performance of Graduates? Selection Versus Quality: Evidence From Top Law Schools, Major Themes in Economics.
- Mendoza Gómez, J. & Garza Villegas, J. B. (2009). La medición en el proceso

de investigación científica: Evaluación de VC y confiabilidad. *Innovaciones de negocios*. Vol. 6, 1. 17-32. ISSN 1665-9627.

Mertens L. (2000). La gestión por Competencia laboral en la empresa y la formación profesional. OEI [http:// www.oei.es](http://www.oei.es)

Pereira, et. al. (2009). Evaluating continuous assessment quality in competence-based education online: the case of the e-folio, presented at European Distance and E-learning Network Annual Conference, in Gdansk, Poland.

Peña A. (2002). Análisis del Instrumento de Evaluación del Desempeño Docente, de los centros educativos privados del distrito No. 11-02 de Puerto Plata. [http:// www.oei.es](http://www.oei.es).

Proyecto Tuning América Latina 2004-2007. (2007). Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina.

Rodríguez N. (2005). Selección efectiva de personal basada en competencias. CINTERFOR. Publicado en [http://www.ilo.org/public/spanish/region/ampro/cinterfor/temas/complab/doc/ otros/sel\\_efe/i.htm](http://www.ilo.org/public/spanish/region/ampro/cinterfor/temas/complab/doc/otros/sel_efe/i.htm)

Scriven, M. (1967). The methodology of evaluation. In R. Tyler, R. Gagne & M. Scriven (Eds.), *Perspectives on curriculum evaluation*, aera monograph series on curriculum evaluation (Vol. 1, pp. 38-83). Skokie, IL: Rand McNally.

Shawyun, T. (1999). Expectations and Influencing Factors of IS Graduates and Education in Thailand: A Perspective of the Students.

Sims, L. S. (1979). Identification and Evaluation of Competencies of Public Health Nutritionists.

Tenbrink T. (1974). *Evaluation: a practical guide for teachers*. McGraw-Hill. New York.

Tobón, S. (2006). *Las competencias en la educación superior*. Políticas de calidad. Bogotá: ECOE.

UANL. (2008). Modelo Académico de la UANL. Nuevo León, México.

UNESCO (1998). La educación superior en el siglo XXI. Conferencia mundial sobre la educación superior realizada del 5 al 9 de Octubre 1998.

Villa A. & Poblete M. (2007). *Aprendizaje basado en competencias*. Ed. Mensajero. Universidad de Deusto. Bilbao.

Weinberg, P. D. (2004). Formación profesional, empleo y empleabilidad. Ponencia presentada al Foro Mundial de Educación. Porto Alegre, Julio de 2004.

