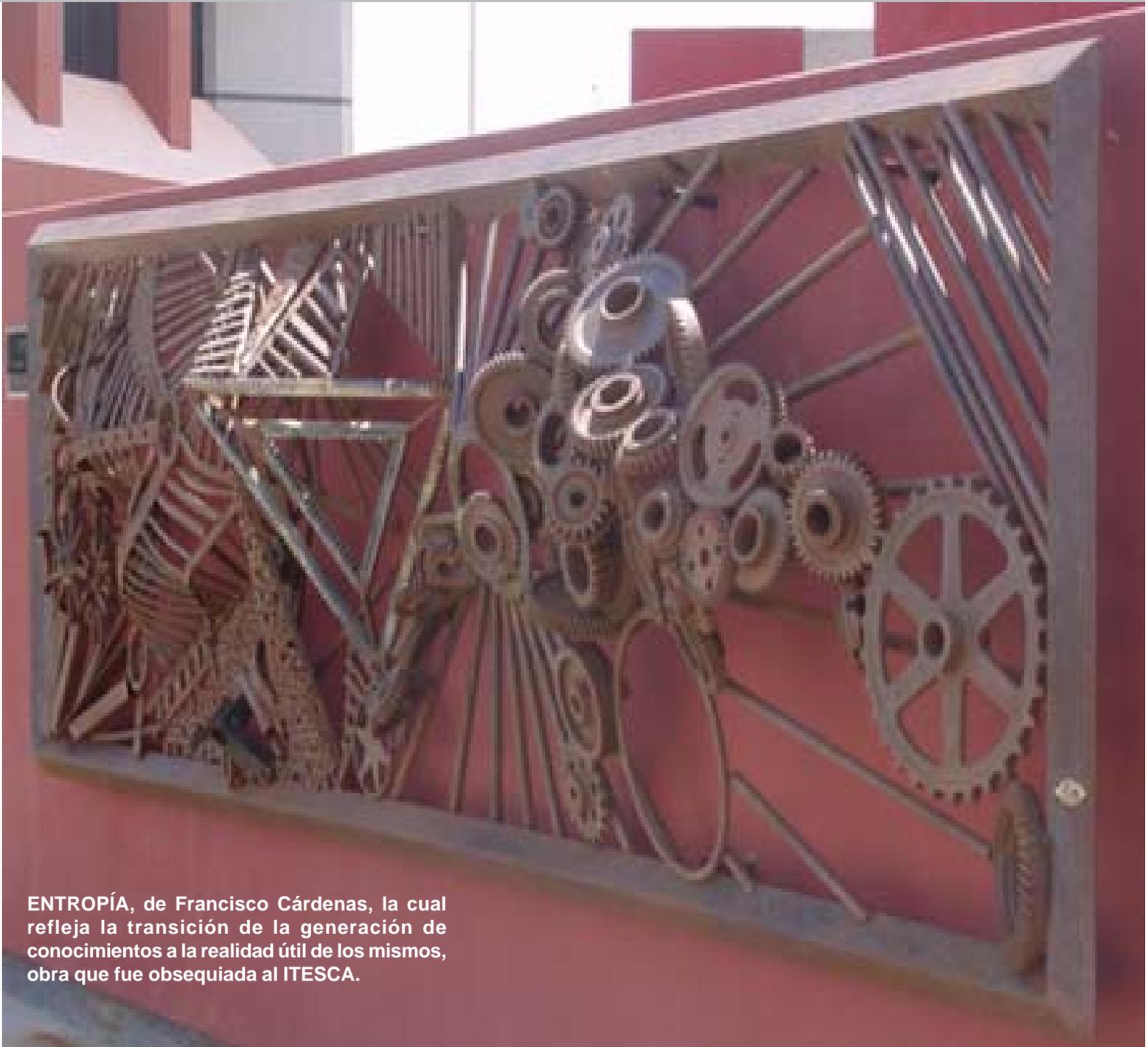


ENTORNO Académico

Investigación - Ciencia - Tecnología - Cultura



ENTROPÍA, de Francisco Cárdenas, la cual refleja la transición de la generación de conocimientos a la realidad útil de los mismos, obra que fue obsequiada al ITESCA.

Año I, Números 1 y 2, Abril 2003

Contenido

DIRECTORIO

5 **HACIA UN NUEVO CONCEPTO
EN EDUCACIÓN**
David Valladares Aranda
Entorno 1

9 **APRENDIZAJE COOPERATIVO**
Un modelo conceptual para enseñar a los
estudiantes del Sistema de Educación
Superior a trabajar en equipo y
mejorar su aprendizaje
Samuel Hidalgo Orellana
Entorno 2

15 **ESTRATEGIAS LECTORAS PARA LOS
CURSOS DE LITERATURA EN LA
ESCUELA PREPARATORIA**
Olga Margarita Araux Sánchez
Entorno 2

21 **REFLEXIONES CRÍTICAS EN
TORNO A MI EXPERIENCIA
COMO DOCENTE**
Ernesto A. Carlos Martínez
Entorno 2

EDITORIAL

27 **GESTIÓN DE LA CALIDAD
Y DISEÑO DE EXPERIMENTOS**
Herramientas poderosas
para la competitividad empresarial
Sergio P. Mariscal Alvarado y
Ramón Francis García
Entorno 1

33 **EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE
LA SOSA CÁUSTICA EN ESCAMAS**
(NaOH y el tiempo de suministro de
gas Cloro en el Nivel de Concentración
de Cloro Activo en la Solución de Javel)
(Mezcla de NaClO, H₂O y NaCl)
Sergio P. Mariscal Alvarado y
Norma Aidé Ríos Lugo
Entorno 2

39 **ENSEÑANZA DE ROBÓTICA
MEDIANTE EL PROCESO DE
MODELADO Y SIMULACIÓN**
Francisco Javier Ochoa Estrella
Entorno 1

45 **ANÁLISIS, REPRESENTACIÓN,
MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DE
SISTEMAS DE MANUFACTURA**
Baldomero Lucero Velásquez
Eusebio Jiménez López
Entorno 1

51 **Significado de la Contraportada**

52 **La Contraportada**

DIRECTORIO ACTUAL

MI. Sergio Pablo Mariscal Alvarado
Director General

Lic. Clara E. Mark Corona
Subdirector

Mtro. Alejandro Faccineto Ruiz
Coordinador de Estudios Profesionales

Mtro. Francisco Javier Ochoa Estrella
Jefe de la Unidad de Investigación y Posgrado

M.A. Laura Karonny Valdez Madero
Jefe del Departamento de Vinculación

Mtro. Rubén Navarro García
Jefe del Departamento de Desarrollo Académico

Lic. José Luis Delgado López
Jefe del Departamento de Servicios Estudiantiles
y Desarrollo Comunitario

Mtro. Bruno Pablos Lugo
Jefe del Departamento de Paraescolares

Ing. Octavio Ibarra Zayas
Jefe del Departamento de Operación y Control Escolar

C.P. Fabiola Morales Ortega
Jefe del Departamento de Administración

M.A. Karina Montaña Alcorn
Jefe del Departamento de Recursos Humanos

Arq. Neftalí Marcial Chávez
Jefe del Departamento de Infraestructura Física y Desarrollo

Mtro. José Luis Beltrán Marquez
Jefe de la Carrera de ISC

Mtro. Jerónimo Takeshi Dohi Fujii
Jefe de la Carrera de Arquitectura

Mtro. Adolfo Elías Soto González
Jefe de la Carrera de IM

Mtro. Baldomero Lucero Velásquez
Jefe de la Carrera de IIM

Ing. Ana Mayra Luna Rodriguez
Coordinador de la Carrera de IET

Lic. Belinda La Madrid Bours
Jefe de la Carrera de LANI

Lic. Fca. Guadalupe Reyes Ruiz
Coordinación de LAET

Mtra. Guadalupe Vásquez Chávez
Coordinador de Acreditación y Certificación

Ing. Sonia Beltrán Esparza
Coordinador de Comunicación Social

C. Elisa Murrieta González
Jefe de la Oficina de Recursos Materiales y Servicios Generales

Lic. Maribel Alvarado Váldez
Coordinador de Titulación

Lic. Linda Patricia Pritasil Reyna
Coordinador de Idiomas Curricular

Lic. Liliana García Peralta
Coordinador de Idiomas Educación Continua

MAF. Karina Alejandra Hinojosa Taomori
Coordinador General de Posgrados

Mtro. Rigoberto Anguiano Aldama
Coordinador de la Maestría de Arquitectura

Mtro. Hyrum Esquer Alcaraz
Coordinador de la Maestría en Ingeniería Mecánica

Mtra. Berenice Luna Ponce
Coordinador de la Maestría en Ingeniería Industrial

Lic. Alejandro Jacobo Castelo
Coordinador de la Maestría en Ciencias de la Educación
y de la Especialidad en Docencia

Mtra. Susana Chacón Wismann
Coordinador de Educación Continua

Directorio

(al momento de la creación del documento)

Ing. Héctor E. Vindiola Córdova

Director General

hvindiola@itesca.edu.mx

MI. Sergio Pablo Mariscal Alvarado

Subdirector Académico

spma2000@itesca.edu.mx

C.P. Rosa María Moreno Candelas

Jefa de la División de Administración y Finanzas

rmoreno@itesca.edu.mx

Lic. Clara E. Mark Corona

Jefa del Departamento de Planeación
y Desarrollo de Sistemas

cmark@itesca.edu.mx

Lic. Lourdes Portela Peñúñuri

Jefa del Departamento de Vinculación

lportela@itesca.edu.mx

Ing. Alejandro Faccinnetto Ruiz

Jefe del Departamento de Desarrollo Académico

afaccinnetto@itesca.edu.mx

Lic. José Luis Delgado López

Jefe del Departamento de Apoyos Académicos

jdelgado@itesca.edu.mx

Ing. Octavio Ibarra Zayas

Jefe del Departamento de Operación Académica

oibarra@itesca.edu.mx

Arq. Neptalí Marcial Chávez

Jefe del Departamento de Infraestructura
Física y Desarrollo

nmarcial@itesca.edu.mx

Mtro. Bruno Pablos Lugo

Jefe del Departamento de Servicios Escolares

bpablos@itesca.edu.mx

Ing. José Luis Beltrán Márquez

Jefe de la Carrera de Ingeniería en
Sistemas Computacionales

lbeltran@itesca.edu.mx

Arq. Jerónimo Takeshi Dohi Fujii

Jefe de la Carrera de Arquitectura

dohi@itesca.edu.mx

Ing. Rubén Navarro García

Jefe de la Carrera de Ingeniería en
Electrónica y Telemática

navarro@itesca.edu.mx

Ing. Adolfo Elías Soto González

Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica

asoto@itesca.edu.mx

Ing. Baldomero Lucero Velázquez

Jefe de la Carrera de Ingeniería Industrial
en Manufactura

blv@itesca.edu.mx

Lic. Belinda La Madrid Bours

Coordinadora de la Carrera de Licenciado
en Administración

blamadrid@itesca.edu.mx

Ing. Fco. Javier Ochoa Estrella

Jefe del Centro de Tecnología Avanzada

fochoa@itesca.edu.mx

Instituto Tecnológico Superior de Cajeme

Carretera Internacional a Nogales Km. 2

Tels. (01-644) 4151914, 4151915 y 4151880

E-mail: itesca@itesca.edu.mx

CONSEJO DE PUBLICACIONES

DEL

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE
CAJEME

Ing. Héctor Vindiola Córdoba
PRESIDENTE

M.I. Sergio Pablo Mariscal Alvarado
PRESIDENTE EJECUTIVO

Mtro. Alejandro Faccinnetto Ruiz
SECRETARIO

Mtra. Lilia Beatriz Navarro Fragoso
MIEMBRO

Ing. Francisco Javier Ochoa Estrella
MIEMBRO

Lic. Lourdes Portela Peñúñuri
MIEMBRO

Ing. Sonia Guadalupe Beltrán Esparza
SECRETARIA DE ACTAS
Y ACUERDOS

COMITÉ EDITORIAL

Mtro. Alejandro Faccinnetto Ruiz
EDITOR

Mtra. Lilia Beatriz Navarro Fragoso
RESPONSABLE DE REVISIÓN
Y REDACCIÓN

Lic. Margarita Araux Sánchez
RESPONSABLE DE REVISIÓN
Y REDACCIÓN

Ing. Eduardo Cortés Rocha
RESPONSABLE DE
PRODUCCIÓN DIGITAL

Lic. José Luis Delgado López
RESPONSABLE DE REVISTA INGENIA

Ing. Fco. Javier Ochoa Estrella
RESPONSABLE DE REVISTA ENTORNO
ACADÉMICO

Octavio Arce Valencia
RESPONSABLE DEL BOLETÍN ENGRANES



www.itesca.edu.mx

Editorial

Publicar es un compromiso que asume el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme con la finalidad de proporcionar un foro de expresión e intercambio de reflexiones e informes sobre la actividad científica, tecnológica, cultural y académica que se realiza tanto en su interior como en la localidad.

Para ello, surge la revista virtual *ENTORNO Académico*, que reúne artículos, ensayos, reportes, avances e informes, generados desde las aulas, los laboratorios y centros de investigación que comienzan a incidir de manera significativa en el desarrollo y progreso de la región.

El trabajo de un año se recopila en este volumen. Desde que inició *ENTORNO Académico*, la inquietud de trascender el ámbito del Instituto de una manera más tangible ha estado presente en su historia, inquietud que se reforzó desde todos los grupos que le dan vida. Así, surge este primer volumen que viene a coronar un proceso editorial que asume como una responsabilidad ineludible el ITESCA, responsabilidad fundamental en cualquier institución educativa de nivel superior.

De esta manera, presentamos este volumen que contiene los números 1 y 2, publicaciones primeramente electrónicas, las cuales se incorporan a los estantes con toda la formalidad que da el tener cuerpo y presencia, con la misma fuerza y empeño con que lo ha hecho la Institución que le da origen y a la que representa

HACIA UN NUEVO CONCEPTO EN EDUCACIÓN

David Valladares Aranda

1. PRINCIPALES TRANSFORMACIONES DEL ENTORNO

Estamos presenciando la aurora del siglo XXI, de cara a este acontecimiento, la educación deberá asumir de manera decidida el desafío que representa transitar a un nuevo milenio que se caracterizará por profundas transformaciones sociales provocadas por la globalización en las relaciones humanas en todos los ámbitos, el avance vertiginoso del conocimiento científico y la tecnologización del planeta.

El rostro de la sociedad global del futuro se definirá por la formación de bloques económicos, con una interrelación conveniente

entre empresas nacionales y transnacionales, para hacer frente a una apertura de mercados cada vez más amplia, en donde el establecimiento de es-



tándares nacionales e internacionales regularán las relaciones de producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Traerá consigo también la internacionalización de todos los aspectos de la vida de las personas, en este horizonte,

el reto para la educación es monumental.

Frente a los numerosos desafíos del porvenir, Jacques Delors afirma que la educación constituye un instrumento indispensable para que la humanidad pueda progresar hacia los ideales de paz, libertad y justicia social. La educación al servicio de un desarrollo humano más armonioso, más genuino, para hacer retroceder la pobreza, la exclusión, las incomprendiones, las opresiones, las guerras. (Delors, 1997)

En este sentido, la misión fundamental de la educación para el próximo milenio consistirá en desarrollar habilidades en el estudiante para enfrentarse a un mundo que cambia vertiginosamente, habilidades para obtener y transformar el conocimiento; la misión de la educación en la era de la información, afirma el Dr. Ramón Gallegos Nava: “debe ser enseñar al alumno a aprender, a amar el aprendizaje y verse a sí mismo como estudiante a largo plazo”. (Gallegos, 1998)

Es decir, la sociedad del futuro requerirá “un ciudadano del mundo”, personas que tengan la capacidad de desempeñarse competitivamente en un contexto global. Ante esta perspectiva,

la educación debe asumir el desafío de forjar hombres y mujeres para los nuevos tiempos, personas clase mundial, capaces de realizarse exitosamente en cualquier lugar del mundo.

2. PROBLEMAS Y RETOS

No obstante el progreso científico que caracteriza al presente siglo, los países desarrollados y en vías de desarrollo deberán resolver los problemas fundamentales que impiden a la educación cumplir con la misión de preparar el ciudadano del mundo. Entre los más apremiantes está la creciente demanda “social” de servicios de enseñanza, un enorme apetito de instituciones escolares. La educación durante toda la vida se presenta como una de las llaves de acceso al siglo XXI. Esta noción va más allá de la distinción tradicional entre educación básica y educación permanente y responde al reto de un mundo que cambia rápidamente.

Ante este problema los

países del tercer mundo se encuentran en una situación apremiante para satisfacer las necesidades educativas de una población demandante cada vez más numerosa; se suman a esta tensión las dificultades económicas por las que atraviesan estos países para poder otorgar servicios educativos con calidad, sacrificando esta categoría por la atención a la cantidad.

Por otro lado, aún se discute el problema ético que representa la subordinación de los fines de la educación al crecimiento económico, sobre la base de modelos para acrecentar la productividad.

En los países en vías de desarrollo, entre los problemas que se debaten destacan:

- El equilibrio que hay que mantener entre la calidad y la cantidad
- La necesidad de hacer más pertinente el contenido de los programas
- El tercer problema importante de numerosos países es el elevado costo de la educación por alumno, de la pérdida escolar en forma de repetición de curso y de abandono
- Los factores de desigualdad: la escolarización está mucho más avanzada

en las ciudades que en el campo, en los hombres que en las mujeres, en los niños con todas sus capacidades que en los niños con deficiencias físicas y mentales. La educación básica tiene que llegar, en todo el mundo, a los 900 millones de adultos analfabetos, a los 130 millones de niños sin escolarizar y a los más de 100 millones de niños que abandonan la escuela antes de tiempo. A ellos deben dirigirse de forma prioritaria las actividades de asistencia técnica y coparticipación en el marco de la cooperación internacional. (Delors, 1997)





- La inadaptación de los sistemas de enseñanza.

3. HACIA UN NUEVO CONCEPTO DE EDUCACIÓN

Desde esta óptica, el esquema de la educación tradicional deberá transformarse hacia la educación para toda la vida; con ello queremos decir que los ambientes de aprendizaje ya no se circunscribirán a los espacios áulicos y los planes y programas podrán cumplirse asincrónica o sincrónicamente rebasando la geografía doméstica impartándose al mismo tiempo a una cantidad inmensa de educandos.

Para ello, la educación a lo largo de la vida debe asumir como misión mantener actualizadas las competencias profesionales de las personas en el estado del arte y en la frontera de los conocimientos científico y tecnológico. La educación para toda la vida implica una nueva actitud y un espíritu nuevo de los actores básicos: el estudiante y el maes-

tro. Exigirá de los dos: aprender a aprender, y está consiste en aprender a comprender el mundo que los rodea, suficientemente para vivir con dignidad, desarrollar sus capacidades profesionales y comunicarse con los demás. Además, aprender a hacer, para poder influir sobre el propio entorno; aprender a vivir en comunidad, participar y cooperar en el desarrollo de su comunidad y aprender a ser,

es decir, conocerse a sí mismo, para trascender hacia los demás.

Éstos constituyen los cuatro ejes fundamentales para que la educación a lo largo de la vida propicie el desarrollo integral de los talentos de cada persona.

Esta nueva concepción de la educación deberá tener como sustento una plataforma tecnológica y cultural que permita ofertar una diversidad de servicios educativos de calidad. Para el siglo XXI, la educación a través de todos

sus niveles, y principalmente la educación superior, debe convertirse en palanca del desarrollo personal, de los sectores pro-

ductivos y de la comunidad en general. En la VI reunión de seguimiento curricular del SNIT, realizada en 1997, el Dr. Gustavo Flores Hernández dijo “la carrera base y su especialidad progresiva se deben conciliar con lo que demanda la empresa moderna, muy en particular la pequeña y mediana empresa, que son el sostén de la economía mexicana...”





(Flores 1997)

Cada vez más las instituciones de educación superior deben perseguir de manera sistemática y estratégica la vinculación con los diferentes sectores productivos para que desde el análisis interdisciplinario y multidisciplinario se diseñen los perfiles profesionales más pertinentes a los constantes y novedosos requerimientos del futuro. En este sentido, el Dr. Flores Hernández señaló: “Se busca presentar una ampliación de cuadros, de concepción y de decisión que exigen una extensión de la autonomía de los individuos en el espacio y en el tiempo. Tanto para la formación inicial como para la formación continua. Implementando los cambios curriculares que permitan dar flexibilidad para atender las exigencias de los mercados laborales y movilidad para que los individuos puedan tener la certidumbre de que sea cual fuere la calidad de su formación, tendrán la necesidad y posibilidad de adaptarse al cambio y continuar aprendiendo.” (Flores, 1997)

El profesionista del futuro podrá ajustarse de mejor manera a los ritmos acelerados de la información y del conocimiento si posee las competencias que lo actualicen de forma inmediata. Un estudio de la relación educación–empresa, recientemente realizado por la asociación de negocios y empresarios de Canadá, señaló que entre las competencias requeridas por el profesionista del próximo milenio serán: habilidades

de comunicación, ética de trabajo, honestidad, capacidad de análisis, actitud positiva, dominio del segundo idioma (hablar y pensar en otro idioma); todas las capacidades mencionadas y otras más florecen en habilidades para toda la vida si se sustentan en los cuatro ejes fundamentales del aprendizaje, aprender a aprender, aprender a hacer, aprender a vivir

juntos y aprender a ser.

Iluminado el firmamento de la educación con los desafíos que deberá enfrentar la sociedad del futuro, quiero terminar mi ponencia presentando gráficamente los problemas y retos que, desde mi punto de vista, caracterizan el sistema nacional de educación y al sistema estatal y que obviamente sus causas provienen de factores internos y externos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DELORS, Jacques, La Educación encierra un Tesoro, ediciones UNESCO,

correo de la UNESCO, México 1997
FLORES Hernández, Gustavo, VI Reunión de Seguimiento Curricular del SNIT, Gaceta de los Institutos Tecnológicos, año 9, número 47 septiembre de 1997

GALLEGOS Nava Ramón, ¿Hacia dónde vamos?, editorial Pax, primera edición México, D.F. 1998

HUSÉN Torsten, Sobre el futuro de la Educación hacia el año 2000, ediciones Unesco, Marcea, S.A. 1990

PROGRAMA NACIONAL DE DESARROLLO EDUCATIVO 1995-2000, documentos de la S.E.P.

PROGRAMA DE DESARROLLO EDUCATIVO ESTATAL, 1998-2003, documentos de la S.E.C.

RESEÑA DEL AUTOR

Es Licenciado en Ciencias de la Educación, Director de la División de Carreras de la UTS. Posee una amplia y solvente experiencia en la educación media superior y superior, fundamentalmente en los procesos de formación docente. Actualmente es candidato a Maestro en Educación por el Instituto Tecnológico de Sonora.



APRENDIZAJE COOPERATIVO

Un modelo conceptual para enseñar a los estudiantes del Sistema de Educación Superior a trabajar en equipo y mejorar su aprendizaje

Samuel Hidalgo Orellana

RESUMEN

En este artículo se enfatiza la necesidad y la importancia actual de fomentar las habilidades humanas para los estudiantes del Sistema de Educación Superior. Es necesario que se discuta la necesidad de que los estudiantes, tanto de licenciatura como los de postgrado, adquieran habilidades tales como la comunicación interpersonal, dinámica de grupos y liderazgo para avanzar a la siguiente etapa. Sin embargo, los académicos necesitan los medios para brindar a los estudiantes estas habilidades fundamentales. Uno de esos medios: El Modelo de Aprendizaje Co-

operativo, proporciona la manera para que los estudiantes aprendan las “habilidades humanas (o de proceso)” mientras estudian lo correspondiente a su campo de estudio elegido. El Aprendizaje Cooperativo está basado en los resultados del aprendizaje es-

tructurado y experiencias para promover la interacción de los estudiantes y mejorar su aprendizaje. Últimamente, los académicos deben decidir cuáles conocimientos, habilidades y capacidades necesitan los estudiantes y cuál es la mejor manera de prepararlos para la cambiante situación laboral.

Hoy en día se destaca la necesidad de que

los estudiantes aprendan “comunicación interpersonal, dinámica de grupo, construcción de equipos, actitud ante el cambio y habilidades prácticas de liderazgo”. Robert Levasseur [1994], concluye indicando que “hace veinte años, las habilidades humanas bien desarrolladas eran una ventaja especial. Hoy en día, si no



se tienen esas habilidades, se está fuera de la jugada”.

Diversas asociaciones y empresas resaltan la importancia de las habilidades de comunicación, solución de problemas y trabajo en equipo como características necesarias en los estudiantes titulados y graduados, en algún programa de licenciatura o de maestría.

Si no se está convencido de la importancia de las habilidades humanas (también conocidas como habilidades de proceso) y se desea conocer cuáles son las habilidades que están en demanda, solamente hay que preguntar a los empleadores de campo qué es lo que buscan hoy en día. La respuesta más común indica que las habilidades de comunicación, trabajo en equipo, habilidades de liderazgo, la habilidad de aprender y la habilidad de adaptarse al cambio ocupan las primeras posiciones de la lista -generalmente encima de las habilidades cuantitativas que tendemos a enfatizar. Aunque esto no quiere decir que dichas habilidades cuantitativas no

importan ya; Levasseur subraya que son insuficientes por sí y en sí para asegurar el éxito en la cambiante y dinámica situación laboral actual. En la actualidad se pueden encontrar desacuerdos acerca de la importancia de estas habilidades, aunque la pregunta más importante sigue en pie: ¿cómo adquieren los estudiantes estas habilidades? O, situando la responsabilidad en los académicos, donde realmente pertenece: ¿cómo se les enseñan a los estudiantes estas habilidades?

La respuesta es generalmente que los estudiantes deben aprender acerca de comunicaciones en un curso de comunicaciones, y acerca de trabajo en equipo, liderazgo y cambios en un curso de administración.

Mientras el tener a alguien para que lo haga es la salida fácil, no comienza a solucionar el problema. Es verdad, los estudiantes pueden aprender de comunicaciones en un curso

de comunicación y trabajo en equipo en un curso de administración, pero ése es sólo el comienzo, y deben aplicar lo que aprendan poniéndolo en práctica. Para prepararlos a usar esas habilidades en su ámbito de estudio, los estudiantes deben practicar las habilidades en problemas que existan en su campo. Además, deben obtener retroalimentación para poder desarrollar más y mejorar esas habilidades. Finalmente, deben practicar, practicar, practicar, y deben hacer esto clase, tras clase, tras clase. No, no podemos depender de otros para enseñar a los estudiantes estas importantes habilidades. Debemos ser parte del proceso, parte de la solución. Pero, ¿cuál es la solución?

Un método que ha sido propuesto es el Modelo de Aprendizaje Cooperativo. El Aprendizaje Cooperativo ha sido definido como: “...el uso de pequeños grupos para que los estudiantes trabajen juntos para maximizar el propio aprendizaje y el de los demás” [Jonson, Jonson, y Smith 1991b]. El Aprendizaje Cooperativo prepara a los estudiantes a trabajar con otros, a ser activos en su aprendizaje, y a poner las

bases para un aprendizaje de toda la vida. Una larga investigación ha mostrado que promueve mayores logros en los estudiantes, relaciones interpersonales más positivas y mayor auto-estima que otros modelos tradicionales de enseñanza [Jonson, Jonson, 1989]. El Aprendizaje Cooperativo ha tenido un gran éxito en todos los niveles de enseñanza, desde el jardín de niños hasta la universidad, en una amplia variedad de disciplinas [Jonson, Jonson, 1991]. Ha encontrado su lugar en distintas universidades y tecnológicos; por ejemplo, ha sido exitosamente empleado en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, campus Ciudad de México, del que fui profesor por espacio de un año, impartiendo las asignaturas



<i>Tabla 1</i>	Viejo Paradigma	Nuevo Paradigma
CONOCIMIENTO	Transferido de los académicos a los estudiantes	Construido conjuntamente por académicos y estudiantes.
ESTUDIANTES	"Vasijas" pasivas que son llenadas del conocimiento de los académicos	Constructor, descubridor y transformador activo de su propio conocimiento.
OBJETIVO DE LOS ACADÉMICOS	Clasificar y ordenar a los estudiantes.	Desarrollo de las capacidades y talentos de los estudiantes.
RELACIONES	Relaciones impersonales entre los estudiantes y entre los estudiantes y los académicos.	Relaciones personales entre estudiantes y entre estudiantes y académicos.
CONTEXTO	Competitivo / individualista	Aprendizaje Cooperativo en el salón de clases y equipos cooperativos con académicos.
SUPOSICIÓN	Cualquier experto puede enseñar	La enseñanza es compleja y requiere de una capacitación considerable.

naturas de análisis de regresión y diseño de análisis de experimentos. También, una gran cantidad de empresas de los Estados Unidos de América, hacen uso substancial de grupos de trabajo autodirigidos y capacitación de equipos; ellos están usando el Modelo de Aprendizaje Cooperativo en sus programas educacionales y de capacitación.

Mientras los enfoques de Aprendizaje Cooperativo han probado ser realmente exitosos, es importante darse cuenta de que es más que solamente "poner estudiantes en grupos" y darles tareas. Sin un entendimiento general y una implementación completa es difícil sacar provecho de los beneficios que este rico modelo pedagógico brinda a los estudiantes, maestros y futuros empleadores de los estudiantes. Es incorrecto etiquetar lo que ha sido hecho en algunas clases como aprendizaje "cooperativo" o "colaborativo" cuando solamente ponen estudiantes en grupos o les dan tareas en equipo. Es importante para los académicos que primero pasen tiempo aprendiendo acerca del Aprendizaje Cooperativo antes de querer utilizarlo en sus clases.

Modelo de Aprendizaje Cooperativo

Como su nombre lo indica, el Aprendizaje Cooperativo involucra la cooperación entre estudiantes y los académicos. Como resultado los roles y responsabilidades de las partes cambian. Mayores responsabilidades son otorgadas a los estudiantes para su aprendizaje y el aprendizaje de los demás. Los académicos deben volverse conscientes de cómo los estudiantes aprenden, así como también, cómo desarrollar las capacidades de los estudiantes. Este nuevo paradigma de enseñanza nos traslada de un proceso educacional centrado en los maestros a otro centrado en los alumnos. Astin [1993], en un estudio acerca del desarrollo y aprendizaje de los estudiantes explica que "los grupos de estudiantes es la fuente más potente de influencia en el crecimiento y desarrollo durante los años formativos". Continúa subrayando que además de la interacción entre los mismos estudiantes, la cantidad de interacción que el estudiante tiene con los académicos juega un papel importante en su aprendizaje y desarrollo. Estos dos factores, son elementos clave en el Modelo de Aprendizaje Cooperativo.

Éste difiere del enfoque tradicional, o viejo paradigma de enseñanza, tal como se muestra en la tabla 1 Johnson, Jonson y Smith [1991a]. El viejo paradigma de Levasseur es consistente con el viejo paradigma de enseñanza de Johnson, Jonson y Smith. Sin embargo, la referencia de Levasseur al nuevo paradigma de enseñanza se guía más por las líneas de que necesita ser enseñado (por ejemplo, comunicaciones interpersonales y construcción de equipos), mientras que el nuevo paradigma visto en la *tabla 1* e integrado en el modelo de aprendizaje cooperativo, brinda una base de cómo el proceso

de aprendizaje puede tomar lugar. Las diferencias sustanciales entre los dos enfoques son obvias.

La meta final del modelo de aprendizaje cooperativo no es diferente de las metas de otros enfoques para obtener resultados educacionales: ayudar a los alumnos a aprender y prepararlos para continuar aprendiendo una vez que dejen el salón de clases. Sin embargo, el Modelo de Aprendizaje Cooperativo va un paso más allá agregando la capacidad de trabajar con y aprender de los demás como pieza clave. Dicho aprendizaje ocurre en un contexto cooperativo, y éste no solamente provee a los estudiantes de la necesidad de adquirir habilidades humanas, sino que también les proporciona los medios para aprender y practicar las habilidades humanas necesarias en la cooperación. Además, al adquirir estas habilidades también perfeccionan y dominan el contenido de las materias de su campo.

Las bases teóricas y los elementos esenciales del Modelo de Aprendizaje Cooperativo

El Aprendizaje Cooperativo tiene sus bases en la teoría social de interdepen-

dencia. Jonson y Jonson dicen que: “la interdependencia social existe desde que los resultados de los individuos son afectados por las acciones de otros individuos” [1992, p. 194]. La manera en que esté estructurada determinará cómo los estudiantes interactuarán unos con otros, lo que a su vez determina los resultados que los estudiantes obtendrán. Cinco elementos esenciales constituyen el Modelo de Aprendizaje Cooperativo: interdependencia positiva, interacción promotora, cara a cara, responsabilidad individual, habilidades sociales y procesamiento en grupo. Los cinco elementos deben ser aplicados para que tenga éxito.

En el Aprendizaje Cooperativo, el desempeño de cada estudiante está ligado al desempeño de los demás integrantes de su equipo; esto es lo que se conoce como interdependencia positiva. Cada estudiante puede triunfar (por ejemplo en una materia, o en la adquisición de una nueva habilidad), solamente si todos los miembros del equipo triunfan también. Los estudiantes deben tener una visión orientada al equipo para tener éxito, opuesta a la perspectiva tradicional de buscar -el número-uno-común a los enfoques de aprendizaje competitivo e individualista. Este enfoque refleja la tendencia actual de usar equipos autoguidados en las organizaciones. En dichos equipos, cada persona depende de los demás para hacer su trabajo y para que todos los miembros triunfen. Dos de las tantas maneras de implementar la interdependencia social es la de recompensa de la interdependencia y la de la interdependencia por papeles o roles. Un ejemplo de la recompensa de la interdependencia sería dar puntos extras si todos los miembros del equipo se desempeñaron según o sobre el criterio preestablecido en un examen o tarea (por

ejemplo, si todos los miembros de un equipo obtuvieron una calificación de 90 o más en un examen individual cada estudiante recibiría 5 puntos extras. La interdependencia por roles existe cuando a todos los miembros del equipo se les dan roles complementarios e interconectados que especifican responsabilidades que el equipo necesita para lograr una tarea en común.

El objetivo es estructurar el aprendizaje para que los estudiantes se ayuden unos a otros a aprender para triunfar juntos. La interdependencia positiva es un elemento que generalmente falta cuando los estudiantes simplemente son puestos en grupos.

El Aprendizaje Cooperativo trabaja mejor cuando el académico cuidadosamente asigna a los estudiantes en equipos y los mantiene de tamaño razonable. (Por ejemplo, equipos de 4 personas para cursos que consisten de alumnos generalmente tradicionales y equipos de 3 personas para cursos con es-

tudiantes no tradicionales. La composición del

equipo debe ser cuidadosamente balanceado para obtener la diversidad que permita a los miembros trabajar juntos y aprender unos de otros. Los equipos heterogéneos tienen miembros que cada uno aporta diferentes conocimientos, habilidades y experiencias al equipo. Es el resultado sinérgico de estas diferencias el que permite el éxito del equipo.

Permitir a los alumnos armar sus equipos generalmente tiene como resultado equipos muy homogéneos que, debido a sus similitudes, pueden empezar a trabajar bien, pero fallan cuando hacen falta habilidades o conocimientos diferentes.

La interdependencia positiva tendrá como consecuencia una interacción promotora cara a cara mientras los estudiantes alientan y facilitan los esfuerzos de aprender unos a otros. Es a través de estas interacciones cara a cara, que los estudiantes aprenden, practican, aplican y refinan sus habilidades humanas. Los estudiantes actúan como maestros ayudando a otros miembros del equipo a aprender nuevos conocimientos y habilidades. Los estudiantes generalmente tienen historiales y ex-



perencias similares, por lo que generalmente se les facilita aprender algo nuevo de algún compañero, que tal vez acaba de aprenderlo: Los estudiantes también comparten e intercambian los recursos y la información que necesitan para aprender y proporcionan la retroalimentación, soporte y aliento a otros miembros del equipo y de la clase. El tiempo de clase debe ser dispuesto para que los alumnos trabajen juntos y por lo tanto los académicos deberán ceder un poco de su tiempo para permitir que los alumnos aprendan unos de otros.

El tercer elemento del Aprendizaje Cooperativo es la responsabilidad individual. Para que los estudiantes aprendan y adquieran nuevas habilidades, deben tomar responsabilidad de su aprendizaje y de los otros miembros del equipo también. Es importante que los miembros del equipo comprendan que los demás están ahí para ayudarlos a aprender. Eso es tan importante como el darse cuenta que no pueden tomar ventaja del trabajo de los demás. Los individuos del equipo también deben hacer que todos tomen responsabilidad de su parte del trabajo. Una idea errónea que se tiene acerca del aprendizaje cooperativo es que todo el trabajo es hecho en equipo y por los equipos -que la responsabilidad individual no existe. Sin embargo, al completar las tareas de manera cooperativa, los miembros del equipo deben ser capaces de completar tareas similares por su cuenta. Una manera de mantener la responsabilidad individual de los estudiantes es examinarlos individualmente acerca de lo aprendido en equipo. Otra manera, es dar al equipo la calificación de una tarea individual que fue asignada al azar a uno de los miembros del equipo. Los esfuerzos cooperativos generalmente fallan en este punto debido a que los académicos no saben cómo promover la responsabilidad individual en los trabajos del curso. La responsabilidad individual requiere de la asignación cui-

dadosa de los estudiantes a los equipos, tareas propiamente diseñadas, y una evaluación exhaustiva del trabajo del estudiante.

Mientras las habilidades sociales tienden a ser generalizables -ésto es, una persona puede aplicar estas habilidades en la mayoría de los trabajos y para la mayoría de las organizaciones- la gente las desarrolla mejor cuando las practica en un contexto específico. Para estudiantes de ingeniería industrial, podría ser un proyecto semestral en una clase de estadística aplicada en el cual los equipos trabajen en proyectos de análisis y diseño de experimentos en los cuales los equipos de aprendizaje cooperativo trabajen en proyectos de desarrollo de productos robustos. Al trabajar como un equipo desarrollador de productos robustos, podrán practicar las habilidades que se adquieren mientras aprenden el proceso de desarrollo de productos. El aprendizaje cooperativo proporciona a los estudiantes los medios de aprender habilidades de proceso, generalmente un elemento a la vez, y ofrece oportunidades continuas para practicar y aplicar esas habilidades en un contexto de dominio específico. Estas habilidades pueden ser enseñadas en bloque al principio del curso; o habilidad a habilidad a lo largo del semestre para que los estudiantes puedan aplicar inmediatamente cada nueva habilidad, mientras interactúan unos con otros. Los académicos deben entonces, ser lo suficientemente expertos en estas habilidades para poder enseñarlas a los alumnos.

Aprender y aplicar las habilidades humanas no es suficiente. Los estudiantes deben recibir retroalimentación, tanto por parte de los académicos como del resto del equipo acerca de qué tan bien se han desempeñado, tanto con las habilidades como con los contenidos. Las discusiones y críticas de grupo brindan a los estudiantes las oportunidades de recibir retroalimentación acerca de

que tan bien han aplicado las habilidades que han aprendido. Los estudiantes también deben desarrollar la capacidad de fomentar y mantener relaciones sanas con los demás. El mantenimiento del grupo, la capacidad de mantener relaciones sanas con los demás miembros del equipo, puede requerir mucho tiempo y esfuerzo. Los miembros del equipo deben ser conscientes de qué tan bien han logrado sus objetivos, proporcionando retroalimentación unos a los otros y aprendiendo del trabajo en equipo al tiempo que aprenden el contenido de las materias. Mientras el aprendizaje cooperativo es generalmente citado como un ejemplo de enfoque de aprendizaje activo para los estudiantes, los académicos también deben estar activamente involucrados. Ellos deben 1.- crear un ambiente en el salón de clases que propicie la cooperación, 2.- estructurar oportunidades de aprendizaje para los estudiantes, 3.- brindar instrucción acerca de las habilidades humanas, 4.- proporcionar retroalimentación a estudiantes individuales y equipos, y 5.- intervenir cuando ocurran problemas. Éstos son los papeles que generalmente no se les enseña a los académicos, sin embargo, para utilizar exitosamente el aprendizaje cooperativo deben aprenderlas también.

La combinación de estos cinco elementos, dentro del modelo de aprendizaje cooperativo, permitirá a los estudiantes aprender tanto de las habilidades humanas como el contenido del material y permitirá que los equipos de aprendizaje cooperativo triunfen al lograr sus objetivos de aprendizaje. Astin, basado en su extensa investigación, resalta por qué él cree que el Modelo de Aprendizaje Cooperativo es tan poderoso como herramienta de aprendizaje:

La investigación en los salones de clase ha mostrado consistentemente que los enfoques de aprendizaje cooperativo producen resultados superiores a

aquéllos obtenidos a través de los enfoques tradicionales competitivos, y puede ser que nuestros hallazgos acerca del poder de los grupos de compañeros ofrezcan una posible explicación: el aprendizaje cooperativo puede ser más potente que los métodos tradicionales competitivos de pedagogía porque motiva a los estudiantes a ser participantes más activos y más involucrados en el proceso de aprendizaje. Este mayor compromiso puede llegar al menos de dos maneras: primero, los estudiantes pueden ser motivados a poner más esfuerzo si saben que su trabajo será revisado exhaustivamente por sus compañeros; y segundo, los estudiantes pueden aprender el contenido de las materias en mayor profundidad si están involucrados en enseñarlo a sus compañeros estudiantes [1993, p.427].

¿A dónde vamos desde aquí?

Como académicos somos responsables de preparar a los estudiantes para triunfar en el campo laboral, enseñarles tanto las habilidades humanas como el contenido de las materias o asignaturas. La naturaleza del trabajo y las demandas del campo de trabajo están cambiando. El dotar a los estudiantes solamente de conocimientos curriculares (es decir, habilidades cuantitativas) ya no es suficiente. Levasseur tiene razón. Los estudiantes deben exigir que se les enseñen las habilidades que necesitan en el campo laboral. Los empleadores deberían (y últimamente hasta podrían) seleccionar estudiantes solamente de las escuelas que enseñen estas habilidades. El cambio tendrá lugar -el campo laboral se encargará de eso. La pregunta final es, ¿Cambiaremos nosotros para que los estudiantes aprendan y practiquen las habilidades que necesitan?

Para muchos de nosotros, tan sólo el aceptar el cambio puede ser difícil. Nosotros podemos enseñar el contenido

de los cursos de manera tradicional, como siempre lo hemos hecho, siguiendo el viejo paradigma de la educación centrada en los maestros. Debemos entender las necesidades de nuestros estudiantes y las habilidades que necesitarán para sobrevivir en el campo de trabajo, y proporcionarles estas habilidades. El cambio puede ser difícil, pero el paso más difícil es generalmente aceptar la necesidad del cambio y decidir hacer algo al respecto. Desde ahí se convierte en un proceso de aprendizaje. Los académicos pueden aprender acerca de enfoques tales como el Modelo de Aprendizaje Cooperativo y cómo aplicar esas técnicas en los salones de clase. Eso lo pueden hacer a través de seminarios, talleres, clases, lecturas o colaborando con alguien que ya aplique dichas técnicas. Existen muchas fuentes de información; dos muy buenos puntos de arranque para académicos son los de Jonson y Jonson [1991^a y b]. Los académicos interesados en aplicar el aprendizaje cooperativo deben buscar a otros académicos de su institución para cooperar en el proceso de aprendizaje, para que de esta manera puedan obtener la retroalimentación, aliento y soporte que necesitan al aprender algo nuevo. Cuando es aplicado de manera correcta, el modelo de aprendizaje cooperativo brinda a los académicos los medios para ayudar a preparar a los estudiantes para el presente y para el futuro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Astin, A.W. 1993, *GAT Matters in College*, Jossey-Bass Publishers, San Francisco California.

Johnson, D.W. and Johnson, R.T., 1989, *Cooperative and Competition: Theory and Research*, R.T. Interaction Book Company, Edina Minnesota

Johnson, D.W. and Johnson, R.T. 1992, "Positive Interdependence: Key to effective

cooperation" in *Interaction in Cooperative Groups: The Theoretical Anatomy of Group Learning*, eds. R. Hertz-Lasariowitz and N. Miller, Cambridge University Press New York.

Johnson, D.W. and Johnson, R.T. and Smith, K.A. 1991a, *Active Learning Cooperation in the College Classroom*, R.T. Interaction Book Company, Edina, Minnesota.

Johnson, D.W. and Johnson, R.T. and Smith, K.A. 1991b, *Cooperative Learning: Increasing College Faculty Instructional Productivity*, ASHE-ERIC, Higher Education Report No. 4, The George Washington University, School of Education and Human Development, Washington, D.C.

Levasseur, R.E. 1994, "People Skills: Don't make the grade but miss the point" *Interface* Vol. 24 No. 4 (July-August), pp.126-128.

Cualquier comentario dirigirse por favor a la División de Estudios de Posgrado, Facultad de Contaduría y Administración. Universidad Nacional Autónoma de México. Correo Electrónico: shidalgo@correo.unam.mx
Coordinación académica de la Dirección de Institutos Tecnológicos Descentralizados.

RESEÑA DEL AUTOR

El autor es Doctor en Ingeniería Industrial, Maestro en investigación de operaciones, profesor titular de tiempo completo del SNIT y profesor visitante del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme en la Maestría en Ciencias de la Ingeniería Industrial. Actualmente se desempeña como Director académico de los Institutos Tecnológicos Descentralizados.

REFLEXIONES CRÍTICAS EN TORNO A MI EXPERIENCIA COMO DOCENTE

Ernesto A. Carlos Martínez

RESUMEN

El propósito de este trabajo, es presentar una síntesis de los principales enfoques del aprendizaje que se han formulado a través de la historia y contrastarlos con los conocimientos y experiencias docentes del autor, a fin de explicar el porqué de tales o cuáles acciones educativas propuestas en el presente trabajo, así como los principios y acondicionamientos que las orientan.



CONCEPTO DE APRENDIZAJE

No hay mayor problema en presentar algunos ejemplos de aprendizaje: la memorización de todos los estados de la República Mexicana; aprender a manejar

un automóvil; llegar a ser capaz de resolver un sistema de ecuaciones lineales con tres incógnitas: sin embargo, el tratar de definir qué es el aprendizaje, es decir, explicar los mecanismos mediante los cuales el ser humano

aprende, ya no es un asunto tan sencillo como lo anterior, ya que su concepto encierra numerosos y complejos términos que provocan en ocasiones posturas totalmente opuestas entre los estudiosos del tema.

La mayoría de los maestros habíamos permanecidos ajenos a estas disputas que han generado todo un conjunto de teorías y conceptos, limitándonos sólo a la práctica educativa sin reflexionar mucho sobre ella. El profesor ya no puede seguir quedándose al margen de los resultados dados por la reflexión científica acerca del proceso de aprendizaje. La experiencia del autor, le ha demostrado que cuando el profesor deja a un lado la monotonía en la impartición de clases y se empieza a preocupar verdaderamente por mejorar el aprendizaje de sus alumnos, entonces ya no se puede seguir enseñando con los mismos métodos tradicionales que poco o nulo resultado le dan.

El profesor debe buscar un marco teórico que le permita orientar y dar sentido a sus acciones dentro del aula. Ante alumnos apáticos de las formas tradicionales de enseñanza (como son el dictado, los cuestionarios de memorización, el abuso de la exposición verbal), el profesor tiene que diseñar nuevas estrategias de enseñanza que logren involucrar y motivar al alumno a ser co-

partícipe en su aprendizaje. Las estrategias diseñadas por el profesor van a corresponder en gran medida al concepto de aprendizaje que éste tenga.

El problema del aprendizaje fue quizá tratado por primera vez en forma racional por los filósofos presocráticos bajo el enfoque de ¿qué es lo que conocemos? Así tenemos que para Heráclito (citado en Copleston, 1983), el aprendizaje no es posible ya que un dato inmediato que nos da los sentidos es el continuo cambio y multiplicidad de las cosas, por lo que en un momento conozco un instante después ya no es lo que conozco; la mente humana está incapacitada para conocer la realidad ya que ésta tiene como esencia el devenir. Una postura opuesta a la anterior es la de Parménides, para quien el universo es absolutamente estático, compacto e indivisible y de aquí deduce que el conocimiento proporcionado por los sentidos es totalmente falso ya que nos muestra un mundo dinámico y hueco.

El autor considera importante estas concepciones antagónicas ya que reflejan un dualismo gnoseológico entre la mente y el cuerpo, la razón y la experiencia, la teoría y la práctica que todavía se encuentra en el centro de la discusión sobre el concepto de aprendi-

zaje. Un problema al que el maestro se enfrenta a la hora de enseñar es decidir las dosis de teoría y de práctica que debe involucrar y en qué momentos del proceso de enseñanza-aprendizaje debe entrar una y salir la otra. Es inducible que tanto la teoría como la práctica constituyen polos que deben estar siempre en contacto e interacción, sin embargo, no siempre es fácil encontrar la manera de relacionarlos adecuadamente.

Platón (citado en Perea, 1986), en su famoso mito de la caverna en el libro VII llamado De la República, expone en forma alegórica sus conceptos sobre el aprendizaje: los sentidos son unas especie de cadenas, que nos mantienen esclavizados al mundo sensible, el cual, es sólo una sombra proyectada por el mundo real en donde subsisten las ideas puras y perfectas, que son imbuidas al momento de nacer en los seres humanos. Así pues, el aprendizaje, según Platón, consistiría en volver a recordarse lo que ya se sabía; la experiencia aunque no nos proporciona ningún conocimiento universal (conceptos), nos es útil y necesaria ya que nos ayuda a tener conciencia de las ideas universales, las cuales, constituyen el conocimiento científico.

El autor observa en la teoría platónica un importante avance histórico ya que constituye un intento racional por superar el dualismo de Heráclito y Parménides. La multiplicidad y cambio de los seres radica en el mundo sensible, mientras que la unidad e inmovilidad se encuentra en el mundo real o de las ideas. Los sentidos nos relacionan con el mundo sencillo y sólo nos dan conocimientos particulares y contingentes; la razón o inteligencia nos proporciona el conociemien-

El autor observa en la teoría platónica un importante avance histórico ya que constituye un intento racional por superar el dualismo de Heráclito y Parménides. La multiplicidad y cambio de los seres radica en el mundo sensible, mientras que la unidad e inmovilidad se encuentra en el mundo real o de las ideas. Los sentidos nos relacionan con el mundo sencillo y sólo nos dan conocimientos particulares y contingentes; la razón o inteligencia nos proporciona el conociemien-





to de conceptos o ideas universales, los cuales son a su vez la base del conocimiento científico (universal y necesario).

Una aportación importante de Platón es su intento por explicar cómo es posible que el hombre sea capaz de poseer conocimientos universales a partir de experiencias particulares. De esto podemos reflexionar en que el aprendizaje de conceptos siempre se da a través de datos y hechos particulares, pero estos últimos sólo son un medio y no un fin en sí mismos, por lo que sería muy pobre que el maestro se conformara con un aprendizaje memorístico sin llevar al alumno al dominio de conceptos y la relación de ellos entre sí.

Aristóteles (op. Cit., 1983), en su tratado llamado *Del Alma*, sostiene contra su maestro Platón, que las ideas o conceptos no subsisten en sí mismos en el mundo de las ideas sino en la múltiple realidad de las cosas sensibles, de donde la mente humana las extrae, por medio de un proceso que llama abstracción y elabora el concepto el cual abarca a todos los seres del mismo género.

El abismo que había abierto Platón entre el mundo sensible y el mundo de las ideas, es totalmente cubierto por la

teoría aristotélica de la abstracción.

Las ideas no son innatas en el hombre, sino que son obtenidas por la inteligencia humana de las formas inteligibles que poseen los seres concretos. Aquí observa el autor otra importante aportación al aprendizaje: todo lo que el hombre conoce lo aprende a través de la experiencia proporcionada por los sentidos.

Trasladando lo anterior al terreno de la educación, se obtiene un principio muy útil sobre todo en la enseñanza de tomar muy abstractos a mayor variedad y riqueza de estímulos sensoriales con que se presente el tema (gráficas, videos, dibujos), mayor será la posibilidad de mejorar la comprensión del mismo por parte del alumno; en este sentido los recursos audiovisuales constituyen una ayuda necesaria, así como la interacción entre alumnos y maestro con alumnos.

En la época medieval, el problema del aprendizaje aparece bajo la forma del llamado "problema de los universales" (Vernaux, 1981): ¿Qué es lo que corresponde en la realidad a las esen-

cias universales (ideas o conceptos) que la mente concibe en sí misma? Para Manuel Kant (op. Cit., 1983) las esencias universales son poseídas por el hombre desde su nacimiento (a esta postura se le conoce como la "teoría de las ideas innatas") y la experiencia sólo ayuda a recordarlas, así que cuando el hombre conoce algo, en realidad sólo está percibiendo su propia conciencia.

Lo que Copérnico hizo en la astronomía al poner el sol como el centro del sistema solar y no a la Tierra como se creía, Kant lo hizo en el orden gnoseológico al afirmar que es el sujeto quién actúa sobre los objetos que le rodean y

no al revés, es decir, el aprendizaje no depende del mundo exterior al hombre, sino de las leyes del pensamiento. Sin llegar al extremo de Kant, el

autor considera que su postura encierra una gran verdad a saber: el alumno no es un mero recipiente vacío al que hay que llenar de conocimientos.

Frecuentemente, los maestros caemos en el error de iniciar un tema nuevo con los alumnos sin tener el cuidado de activar antes sus conocimientos previos, y sucede que sólo añadimos información nueva, pero sin que el alumno la estructure y la integre a lo que ya sabe. El alumno es alguien activo que constantemente está modificando la información que proviene del exterior. Los maestros debemos asegurarnos acerca de lo que el alumno está aprendiendo para ver si es lo correcto.

En la época moderna, la discusión se centró en la pregunta ¿De qué manera es que conocemos? La respuesta a la cuestión anterior quedó dividida en dos grandes corrientes filosóficas: El Empirismo Inglés cuyos principales representantes: Locke, Berkeley, Hume, Mills y Spencer (Veranaux, 1981) admi-



tieron como único medio de conocimiento a la experiencia (rasgo común a las demás ramificaciones del Empirismo tales como el Existencialismo y Positivismo), y en contrapartida el Racionalismo Alemán a través de sus principales representantes (Kant, Leibnitz, Wolf, Fichte y Hegel), acepta como único medio de conocimiento a la razón.

Para los empiristas la mente del hombre, cuando éste nace, es una tabula rosa, es decir, la mente es como un recipiente vacío al que la experiencia lo va llenando de ideas, las cuales se reducen a copias débiles de las impresiones sensibles (llamadas imágenes) por lo que el aprendizaje consiste en asociaciones entre estas ideas o imágenes. Todo conocimiento se encuentra limitado a los fenómenos sensibles.

Para el Racionalismo en cambio, el hombre desde que nace trae consigo ideas innatas las cuales consisten en los conceptos universales y necesarios en los que se fundamenta el conocimiento científico. El aprendizaje consiste en actualizar las ideas innatas me-

dante la simple intuición de ellos (es decir, sin recurrir a la experiencia se obtiene directamente de la razón) y deducir los demás conocimientos a la manera de teoremas matemáticos.

El autor está de acuerdo con lo que el Empirismo y el Racionalismo afirman, no así con lo que niegan una de otra. Es indudable que tanto la experiencia como el conocimiento abstracto tienen un papel crucial dentro del aprendizaje. Para el aprendizaje de conceptos, cuanto mayor sea su complejidad abstracta más conveniente es aproximarlos a experiencias conocidas para facilitar su comprensión (por ejemplo, no es lo mismo aprender el concepto de “telescopio” el cual es relativamente fácil de comprender, que aprender el concepto de “democracia” que es más complejo que el anterior). De igual manera, en el aprendizaje por descubrimiento es necesario llegar a la conceptualización de lo experimentado. Así pues, la experiencia y la razón no sólo no se excluyen en el aprendizaje, sino que se exigen mu-

tuamente ya que son complementarios uno del otro.

El Conductismo proporciona en la actualidad un enfoque importante sobre aprendizaje, ya que es notoria la influencia que ha tenido en la educación (sobre todo en la preescolar los trabajos de Watson, Skinner y Kendler por citar algunos de sus representantes). Quizá el rápido e impresionante éxito del Conductismo a partir de su lanzamiento público hecho por Watson en 1913, (Pozo, 1994), se debió al estudio que hizo de la conducta

humana controlada por el medio ambiente. Skinner llega a afirmar que es totalmente factible diseñar y predecir la conducta humana, de la misma manera que se diseña un automóvil y se

determina su potencia y velocidad.

El Conductismo tiene una concepción asociacionista del conocimiento y del aprendizaje; los conocimientos no son otra cosa que impresiones e ideas. Las impresiones son los datos primitivos recibidos a través de los sentidos, mientras que las ideas son copias que recoge la mente de esas mismas impresiones, las cuales perduran en la memoria una vez desvanecidas éstas. Por tanto, el origen del conocimiento son las sensaciones de manera que no hay información contenida en las ideas que previamente no haya sido recogida por los sentidos.

Al autor le parece que al Conductismo no le falta razón al afirmar que no hay conocimiento en la mente humana que previamente (al menos en gran parte) no haya pasado por los sentidos. El conocimiento humano sólo se da a través de lo que los sentidos perciben del exterior. Por esta razón el aprendizaje debe ser inducido, provocado a través

de la interacción del alumno con su entorno.

El profesor debe cuidar no sólo la cantidad de interacción que va a ocurrir dentro del aula, sino también su cualidad, es decir, sus características. Lo que si es muy discutible es la idea de Skinner de llegar a modelar la conducta humana como si se tratara de diseñar un automóvil o una máquina. El autor considera que la enseñanza siempre debe respetar la libertad del alumno ya que no es lo mismo educar que manipular. Cuando se educa son tomadas en cuenta las finalidades propias del alumno así como su participación consciente y deliberada, en cambio la manipulación no respeta ni los intereses ni la elección del educando.

Al alumno no se le debe tratar como un simple objeto que se va a modelar al gusto del profesor, sino fundamentalmente como un sujeto capaz de autodeterminarse. No se trata de negar la indudable influencia del ambiente sobre la conducta humana, pero sí de ensanchar el margen de libertad que todavía queda. Para el autor uno de los objetivos de la educación es precisamente desarrollar la autonomía del alumno conjuntamente con su responsabilidad.

Debido al enfoque asociacionista y mecanicista que sitúa el origen y el motor de la conducta humana fuera del organismo, la mayor parte de los conductistas han adoptado posiciones ambientalistas (Eysenck, 1983; Logue, 1985; Revusky, 1985), para los cuales el aprendizaje siempre es iniciado y controlado por el ambiente; desde esta perspectiva el sujeto es considerado como un organismo pasivo que sólo se limita a responder a los estímulos externos. En el condicionamiento operante de Skinner, aunque es el sujeto quien inicia la secuencia asociativa, finalmen-

te su conducta está controlada por los tipos de reforzamientos ambientales.

En este punto el autor no está de acuerdo con el radicalismo de Skinner que niega la existencia de la interioridad del hombre reduciendo su conducta a un simple cascarón vacío (valga la analogía). En el trato diario con los alumnos se puede observar como algo evidente (y que por lo tanto no requiere de una demostración científica) que su conducta va acompañada o influenciada por valores, actitudes, creencias, emociones, en fin, de todos aquellos procesos interiores que Skinner niega. El reto para el profesor, no se limita sólo a resultados directamente observables sino también debe abarcar la importante esfera de los constructos tales como actitudes y valores.

El aprendizaje humano puede ir más allá de simples asociaciones y conocer las causas de los fenómenos como es

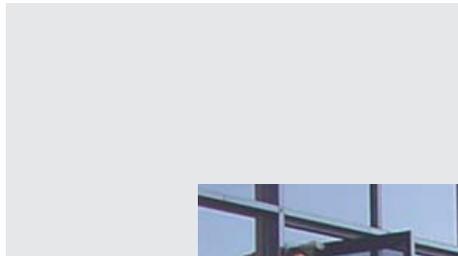
el caso del conocimiento científico. Esto repercute en el proce-

so de enseñanza-aprendizaje dado que se pretende no sólo el dominio memorístico o mecánico de los contenidos, sino sobre todo que el alumno llegue a construir todo un sistema de pensamiento en el que estructure y relacione toda una red de ideas, conceptos, juicios y principios.

Sin embargo, tampoco es deseable que la enseñanza se dirija a todos los alumnos por igual sin tomar en cuenta las diferencias individuales en cuanto a aptitudes, hábitos e intereses a pesar de que frecuentemente los maestros trabajamos con grupos numerosos (más de 30 alumnos), es necesario identificar a cada alumno mediante constante interacción de ellos entre sí y del maestro con ellos.

APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

El autor ha desarrollado el diseño instruccional propuesto en este trabajo, basándose en el aprendizaje significativo por considerar que constituye una respuesta integradora y adecuada a las



diferentes problemáticas planteadas por los diversos enfoques del aprendizaje y que fueron expuestas y comentadas por el autor en párrafos anteriores. A continuación se exponen sus principios básicos (Díaz y Hernández, 1998).

PRINCIPIOS

El alumno es el responsable último de su proceso de aprendizaje, ya que reconstruye la información proporcionada del exterior según sus propios esquemas e intereses. La información no es recibida por el alumno tal cual, sino que pasa por un complejo proceso interno para ser reelaborado. El autor considera que por este motivo el maestro debe preocuparse no solamente en los contenidos de lo que va a enseñar, sino también de manera importante, en la manera como va proporcionar la información al alumno.

Esto exige una cuidadosa planeación que tome en cuenta hasta los menores detalles para que el aprendizaje resulte significativo al alumno. No basta con que el maestro crea que lo que va a transmitir es muy bueno, hay que tratar de que el alumno también lo considere así. En ocasiones resulta frustrante para el maestro observar el poco interés o aprovechamiento del alumno cuando él considera muy valioso lo visto en clase.

Lo anterior nos lleva a pensar que en la educación no sólo es importante el contenido sino también la forma en que éste es transmitido por el profesor.

Ésto exige al maestro, tanto el dominio del contenido del curso, como de las habilidades necesarias para diseñar el contexto que resulte óptimo para el aprendizaje de ese contenido, a esos alumnos específicos, en este lugar de-

McGraw Hill.

Eysenck, H.J. (1983). *The Social Applications of Pavlovian Theories*. The pavlovian Journal of biological studies.



(p.p. 18, 117-125).

Logue, A.W. (1985). *The growth of Behaviorism: controversy and diversity*. En C.E. Buxton (Ed.). *Points of view in the modern history of psychology*. Orlando: Academic

Press.

terminado y en el momento preciso. Debido a la contingencia de estas circunstancias, no existen recetas ni fórmulas universales que pueda aplicar el maestro tal cual en el salón de clases. El maestro debe preparar la clase de manera que no solamente ésta resulte realmente buena, sino también que al estudiante también le parezca así. Si realmente los educadores actuaran de esta forma, se evitarían ellos mismos frecuentes desaguisados.

Press.

Perea, J.F. (1986). *Filosofía de la acción*. México: Diana (pp. 170-177).

Pozo, J.I. (1994). *Teorías cognitivas del aprendizaje* (3ra. Edición). Madrid: Morata.

Revusky, S. (1985). *The general process approach to animal learning*. En: T.D. Johnston y A.T. Pietrewicz (Eds.) *Issues in the ecological study of learning*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.

Verneaux, R. (1981). *Epistemología General. Crítica del Conocimiento* (6ta. Edición). Barcelona: Herder.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Copleston, F. (1983). *Historia de la filosofía* (Vol. I). México: Ariel.

Díaz, B. Frida y Hernández, R. Gerardo (1998). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. México, D.F.:

RESEÑA DEL AUTOR

El autor es profesor investigador del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme y actualmente es candidato a Doctor en Ciencias Sociales por El Colegio de la Frontera Norte, Plantel Tijuana.

ESTRATEGIAS LECTORAS PARA LOS CURSOS DE LITERATURA EN LA ESCUELA PREPARATORIA

Olga Margarita Araux Sánchez

RESUMEN

En este ensayo reseño mi experiencia como maestra de Literatura en el nivel medio superior y expongo algunas estrategias que me han ayudado a que los alumnos se acerquen con mayor gusto a la lectura de textos literarios.

Cuando estudiaba la Licenciatura de Literaturas Hispánicas nunca sospeché una vocación pedagógica. De hecho, un maestro se sinceró con el grupo y trató de mostrarnos el futuro laboral y habló del magisterio como la única fuente de trabajo para quien egresara de la carrera. Yo no cuestioné en ese entonces tal perspectiva y

cuando llegué a las aulas en calidad de maestra, llegué más como alguien que quería compartir el mundo de los libros que como profesora. Quería que los demás leyeran junto conmi-



go y trataran de escribir lo que traían dentro. Me divertía jugar con las palabras y escuchar las reacciones que provocaban las historias leídas.



Después comencé a sospechar la responsabilidad que tenía como maestra. Hoy puedo expresar que ser maestra de literatura no sólo es abordar y reflexionar sobre los textos literarios. Es también una labor cultural, que busca un crecimiento personal en cada estudiante, que lo empuja al descubrimiento del universo que como especie hemos inventado, capturado, imaginado; intentando explicar, a través de las palabras que se entretajan en historias que son espejos de la humanidad. Y sobre todo, que aprenda a leer de otra manera, que lea con los sentidos y las emociones, que comiencen a inquietarle conocimientos inferidos mediante la lectura y termine relacionando la historia literaria con la realidad que le circunda, de manera que le facilite analizarla y comprenderla para que le sea útil en su vida cotidiana, ayudándolo a cambiar patrones de conducta que le permitan un mayor grado de satisfacción personal.

Siempre ha sido difícil trabajar en el área de Literatura. Los cursos de Taller de Lectura y Redacción, relacionados con los de Literatura, son más fáciles de justificar ante los interrogatorios es-

tudiantiles, se apoyan en sí mismos por su aplicabilidad inmediata y práctica; de alguna manera el alumno comprende que le pueden ser útiles en su formación. ¿Pero la literatura? Es difícil justificar que el alumno tenga que leer esos “aburridos” libros de puras letritas que ya hasta están hechos películas (y que lo más seguro ni el papá ni la mamá han leído y pueden jurar que no les han hecho falta) y aún más difícil convencerlos cuando tiene que invertir tiempo y esfuerzo en las otras materias que, según la propia programación de los planes de estudio, sí son importantes y le van a ser muy útiles en su vida profesional. El día que acepté la docencia como una forma de desarrollo en el ejercicio de mi profesión, heredé un campo inhóspito, que a pesar de los esfuerzos se recrudece de manera sistemática mientras florecen más canales de televisión, más rentas de videos, más estrenos en la pantalla grande, más videojuegos.

Además, en los programas de preparatoria, las materias de literatura quedaron reducidas a dos cursos en la

mayoría de los planes de bachillerato de la región. Incluso no se ofrecen para algunos sistemas educativos. No es difícil imaginar la postura de las autoridades de educación frente a las materias de esta naturaleza, como tampoco es difícil imaginar la inclinación de los alumnos para desaparecerlas de sus preocupaciones calificables. Para rematar, el padre no tolera que el hijo repruebe materias como matemáticas y física, tan importantes, que necesitan cinco semestres de cinco horas a la semana en la escuela y diez en la casa, aunque obtenga buenas notas en literatura.

Por lo anterior, es de suponer las desesperadas maniobras de rescate que el maestro de literatura tiene

que hacer en beneficio del área cultural, indispensable para lograr la formación integral del alumno al que aspiran todas las instituciones educativas y con la cual están comprometidas.

Actualmente soy la maestra de literatura de dos preparatorias de Ciudad Obregón: la Preparatoria de la Universidad La Salle y del Instituto Ateneo. Ambas escuelas están incorporadas a los planes de estudio de las Escuelas Incorporadas al Instituto Tecnológico de Sonora.

En dicha programación figuran dos cursos de Literatura: Literatura I en cuarto semestre y Literatura II en el quinto. Cada uno de los dos cursos tiene una carga de 45 horas al semestre, repartidas en tres horas a la semana. En el primer curso el contenido versa sobre los movimientos literarios del siglo XIX en general y el segundo, revisa la literatura hispanoamericana y norteamericana del siglo XX y de la llamada de Ciencia Ficción.

El objetivo general establecido en el

Programa Analítico del Instituto Tecnológico de Sonora, revisado en julio de 2000, para estas dos materias dice: “Que el alumno adquiera una cultura literaria que le permita valorar las obras representativas de la literatura desde un punto de vista social y artístico” y en su presentación de los mismos programas agrega: “ La función de la literatura no es sólo comunicar o expresar, sino imponer un más allá del lenguaje que es a la vez historia y la posición que toma el escritor frente a ella. Por ello, la literatura amplía, desde una perspectiva diferente, la visión del mundo y del individuo en cada una de las épocas que se abordan a través de la producción literaria, ofreciendo la oportunidad al lector de conocer y comprender otras culturas y su relación con la sociedad actual, así como humaniza la razón” .

El alumno llega a cuarto semestre de preparatoria a tomar uno de sus dos únicos cursos de literatura en toda su vida escolar. En el medio que prevalece en nuestra región no existe una cultura lectora como lo hacen notar las escasas bibliotecas y librerías. Los medios de comunicación poco espacio ofrecen para temas culturales. De su casa, son raros los que pertenecen a familias lectoras. De su vida estudiantil, trae como antecedentes cinco horas diarias de Español durante toda la primaria y la secundaria, y dos cursos de Taller de Lectura y Redacción, ofrecidos en los dos primeros semestres de su preparatoria.

Durante todos esos cursos, la aportación fundamental de la literatura es proporcionando textos (fragmentos en su mayoría) que permitan ejemplificar el uso de la lengua desde el punto de vista de la Gramática. También, en el mejor de los casos, utilizar los textos con la finalidad de practicar algunas estra-

tegias de la lectura en su fundamental nivel de comprensión. Hasta donde yo sé, no se proporcionan actividades o estrategias que permitan acceder al alumno a un nivel de lectura más profundo, encaminado al análisis, menos a la creación y mucho menos a cultivar el placer estético e intelectual que puede proporcionar la lectura literaria.

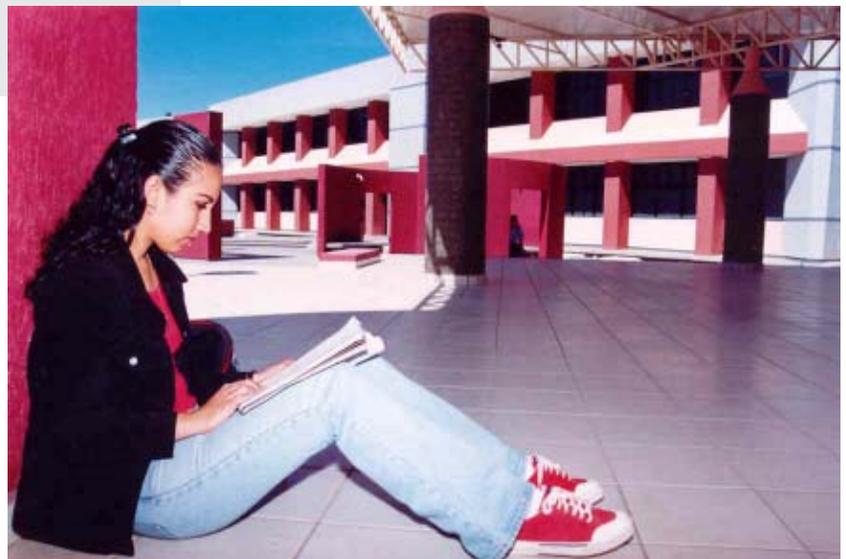
En un terreno tan reducido como desierto y abandonado por años escolares, el programa de literatura de preparatoria pretende que el maestro logre un vergel fructífero y tan extenso, que abarque la historia de dos siglos de literatura, la comprensión biográfica de los autores, capacidad de análisis de sus obras representativas e interpretación de marcos socioculturales, como mínimo y además, que el alumno también amplíe su visión del mundo y su cultura general. Si se corre con suerte, el maestro será un profesional entusiasta de la literatura y equipado con un arsenal de creatividad para enfrentar tan confuso terreno. Un terreno que carece de importancia en los planes educativos, en el medio comercial y televisivo, en el ambiente familiar y en la conversación de los profesores de las demás materias.

Personalmente reconoz-

co que mis aspiraciones como maestra de literatura lindan en el terreno utópico y, como escribí en otra ocasión, “me conformo con que el alumno distinga las características de algunos movimientos literarios, recuerde algunos autores y los asocie por lo menos con una de sus obras, para cumplir así con el contenido del programa establecido por el IT-SON”. En cuanto a lo demás, y lo más importante para mí, trato de establecer una buena relación entre el alumno y los textos literarios, que no le resulten indiferentes y hasta intuya, la posibilidad de un encuentro con lecturas que le lleguen a ser agradables y satisfactorias.

Lograr medianamente los objetivos anteriores requieren de mucha paciencia e imaginación.

La clase tiene una duración de 50 minutos, por lo cual hice una selección de lecturas basadas en cuentos y poemas (que atienden en orden progresivo el contenido del programa de estudio) para poder ser leídos y comentados durante la sesión. Como preparación general de cada una de las lecturas, el alumno presenta de tarea la biografía del autor correspondiente a la sesión y trae anotado el significado de la lista de palabras que previamente consideré podrían resultar desconocidas para la mayoría de los estudiantes. Con este





trabajo anterior a la lectura, se facilita la comprensión del texto y con los datos del autor se pueden establecer relaciones con el contexto sociocultural.

Cada texto literario propone diferentes formas de abordarlo. Para ello y buscando que resulte un acercamiento lúdico para el alumno, he encontrado algunas estrategias que han resultado eficientes a lo largo de mi quehacer docente. A continuación describo algunas de ellas, sin pretender haber descubierto el “hilo negro” en la enseñanza de la literatura a los jóvenes y sí con el ánimo de que al compartirlas, les sean útiles a otros docentes.

1.- Lectura interrumpida.

Pido a un alumno que comience a leer en voz alta la lectura de la clase. Le aviso que lo voy a interrumpir con frecuencia. Mis intervenciones giran alrededor de preguntas sobre las posibilidades de la historia, tratando de lograr suspicacias o establecer relaciones de semejanza entre ellos y los personajes, entre más cómicas y sugerentes resultan las comparaciones, más atención se consigue de los alumnos. El ambiente

en el salón no es de silencio, es difícil a ve-

ces controlar el desborde de comentarios que se provocan, pero se logra una sesión divertida. Uno de los cuentos que se prestan especialmente para esta estrategia es “Boles” de Máximo Gorki. Ésta es una narración que permite la reflexión sobre varios comportamientos. Los alumnos comentan sobre el valor del tiempo, la relación entre la apariencia exterior y la riqueza interior de las personas, entre otros planteamientos. Resulta muy interesante observar la capacidad sensible de los alumnos.

2.- Pregunta tramposa.

Antes de iniciar la lectura, como sino estuviera relacionada con el tema, lanzo una pregunta al grupo que permita una respuesta corta y simple, pero precisa: sí o no.

Después de la lectura les vuelvo a hacer la pregunta, la cual ya no es tan simple de contestar. De hecho, se genera polémica que trasciende el tiempo de la sesión. Uno de los cuentos que

resulta ideal para esta actividad es el cuento regionalista de la sonorenses Blanca Zamora, “La Cuca no trabaja, Jelipe sí” y la pregunta que lanzo al aire es si todo trabajo debe ser remunerado. Generalmente el desenlace de esta lectura es una confrontación entre hombres y mujeres.

3.- Respuestas escondidas.

Pido a los alumnos que lean en silencio la lectura correspondiente a la clase. Mientras, escribo en el pizarrón una serie de preguntas para ser contestadas con la información proporcionada por la historia. Las respuestas requieren ser inferidas por los alumnos quienes esperan encontrarlas escritas en las oraciones leídas, pero no. Su trabajo les pene-

ce imposible en un principio, pero tras el reto y alguna guía, se entusiasman en una actividad detectivesca. “El almohadón de plumas” de Horacio Quiroga permite realizar este ejercicio de forma dinámica. Les he pedido el dibujo, nombre común, color, peso y tamaño del victimario de Alicia y lo han inferido y hasta establecido una estrecha relación entre éste parásito y el distante Jordán como causantes de la muerte de Alicia.

4.- Visualización.

Esta estrategia es la que más disfruto por su versatilidad y variedad de presentaciones. Además es una herramienta muy útil para activar la facilidad de concretar en sensaciones sólidas, la abstracta vaguedad que tienen las palabras para los lectores primerizos. Honestamente creo que hacerlos ver, escuchar y sentir la experiencia que viven los personajes de las historias leídas es el mejor avance que se puede hacer para acercar al alumno al disfrute y gus-

to por la literatura. En la visualización existen múltiples posibilidades. Las Rimas de Bécquer entregadas en hojas para que el alumno con colores dibuje los sentimientos, resulta un ejercicio conmovedor e interesante. El cuento hecho historieta, o "comic" como dicen mis alumnos, presenta la habilidad plástica y capacidad de observación de detalles de algunos alumnos. Hacer maquetas para recrear una historia, muestra su percepción del entorno.

5.-PPL (Pago Por Leer)

Aquí hay libertad para elegir una novela y leerla en el poco tiempo que quede libre antes, durante y después de la clase, académicamente hablando. El alumno no entrega un reporte, no tiene fecha límite para concluirla, puede cambiar de libro si no es de su agrado. Se paga con un punto de calificación extra por su constancia en la lectura de la cual se lleva un registro tanto del título como de la lectura en clase. Sorprende a veces cómo algunos alumnos se llegan a interesar en los libros. Los comentan y hasta contagian a otros la curiosidad por leerlos. Después de tres semestres, las novelas en los escritorios de los alumnos son parte del paisaje áulico. Es importante señalar que el ejemplo es trascendental. Esta fórmula surgió de la pregunta que me hiciera una alumna "¿Le gusta mucho leer?" Le contesté "Claro, si yo pago por leer".

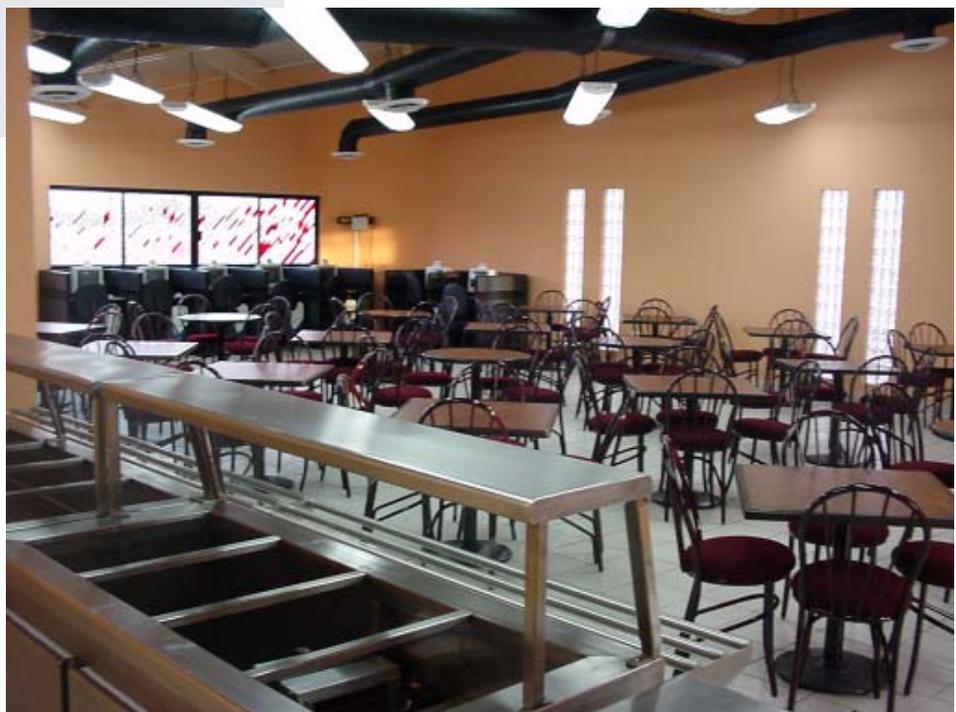
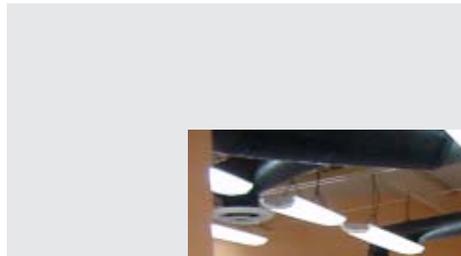
Básicamente en estas cinco formas de crear ejercicios que resulten agradables y enriquecedores para los alumnos baso la forma de impartir mis clases. El principio que me motiva y que siempre procuro tener presente es lograr un acercamiento significativo y placentero entre mi alumno y el texto literario.

Y cada ciclo me hago la misma pregunta. ¿Qué hago para trabajar con jóvenes que no tienen ni herencia, formación, inclinaciones o intereses literarios? Experimento. Hace mucho tiempo que acepté la enseñanza de la literatura como reto permanente y también acepté que no hay ni recetas ni fórmulas ni remedios ni consejos que duren más de un semestre. La única magia repetible es el enamoramiento que ejerce la literatura sobre mi ánimo y que de alguna manera se refleja en muchas ideas para atrapar a mis alumnos, que al fin y al cabo son inexpertos, mientras la literatura y yo, más viejas y también más diablas, los seducimos con textos que los atraen, los sorprenden y, un tanto confundidos, comienzan a seguir las palabras, buscando ese otro lado provocativo que les reveló la trampa de las emociones, sus emociones que creían únicas y exclusivas, y que aparecieron bellas y tangibles en poemas románticos; éste es el inicio. Después, ya algo domados y presintiendo un halo de estatus interesante, se van acer-

cando un poco a otros textos, actuales y complejos.

Motivar a leer es como invitar a estudiar algo que no interesa. La mayoría de las personas parten de la idea de que saben hacerlo. Muchas veces he tenido que reflexionar, y no sólo con alumnos, que cada texto propone una lectura distinta. Por tanto, cuando con algunos ejercicios de lectura de diferentes textos se demuestra esta teoría, comienza un nuevo trato para la literatura.

Es interesante y satisfactorio observar cómo los alumnos se van sensibilizando con las lecturas. De pronto en un silencio abrumador, se escucha un suspiro, sí, cursi si se quiere, pero he tenido el privilegio de escuchar suspiros arrancados por un texto literario, lo mismo que cambio de posiciones corporales porque las palabras incomodan o percibido algún ahogo que he apostado esconde lágrimas. Después cuando comenzamos a comentar, cuando se reponen de la sorpresa sensitiva de la que han sido objeto, se atropellan las palabras y los silencios, se interrumpen unos a otros, la emoción es tangible...



No siempre resulta así, pero muchas veces y con la ayuda histriónica de la maestra, se consigue tener estos efectos en adolescentes y adultos. En momentos como éstos, siento que puedo compartir realmente el goce que me produce la literatura, me satisface mi trabajo y me siento importante; sobre todo cuando mis alumnos se acercan a pedirme el título de otras lecturas y, en un atrevimiento que realmente valoro, me preguntan o comentan sobre lo que sintieron... También ha habido quien me ha dado las gracias por compartir eso que comienzan a considerar un regalo: la lectura que les hizo sentir, o recordar, o imaginar, o comprender...

Pero como tengo muchas limitaciones de tiempo y contenido, y tampoco estoy autorizada a alterar tanto los programas de literatura para preparatoria, no es fácil que los alumnos tengan encuentros tan cercanos con la literatura y con frecuencia me recuerdan que a la que le gusta la literatura es a mí y no a ellos. Hay que tener la imaginación siempre a mano para inventar ejercicios que cumplan tanto con los objetivos del programa como con los míos: que les guste y le encuentren alguna función en



su vida cotidiana. Desde esa perspectiva les he pedido que realicen diversas actividades alrededor de la anécdota literaria. Pueden resultar estrategias infantiles, poco o nada metódicas, censurables desde una academia. Y no me importa la clase de comentarios o perros que pudieran generar estas propuestas...en mis clases, con mis

alumnos, las hemos realizado y se logró entretenimiento, diversión y oportunidad de mostrar otras cualidades y habilidades que por lo general no se manifiestan en la escuela. Los trabajos creados han sido sorprendentes. Han hecho revistas, teatro guiñol, maquetas, representaciones teatrales, rompecabezas, procesos y juicios para algunos personajes literarios, alteraciones en la estructura de ciertos cuentos, dramatización... Si yo hablo de imaginación, mis alumnos la multiplican con creatividad y espíritu de aventura cuando logran salvar el abismo que regularmente existe entre las personas y la literatura.

RESEÑA DE LA AUTORA

La autora es profesora del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, es especialista en la enseñanza de las asignaturas para el desarrollo de las habilidades de la lectura y la redacción. Posee una amplia experiencia en los programas de nivel medio superior y actualmente colabora como revisora del Comité editorial en este Instituto.



GESTIÓN DE LA CALIDAD Y DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Herramientas poderosas para la competitividad empresarial

Sergio P. Mariscal Alvarado y Ramón Francis García

1.- ANTECEDENTES.

1.1. Contexto Económico Industrial.

En la segunda mitad del siglo XX, se ha dedicado una atención extraordinaria a la Gestión de la calidad, a saber, planeación, control, aseguramiento y mejoramiento, particularmente a partir de los años 80's y hasta la actualidad, teniendo como referencia al llamado «milagro industrial japonés» del cual el «mundo occidental apenas comienza a entender los factores ... [de su] ... éxito» (Schonberger, 1992).

En México esto ha venido prendiendo desde principios de la década de los 90's aunque con un ritmo lento y con fuertes altibajos, si lo comparamos con el de los países del primer mundo. La firma del Tratado de Libre Comercio entre Estados Unidos de América, Canadá y México en 1993, síntoma de que la globalización se ha intensificado, se convirtió en un proceso catalizador de esta preocupación mexicana por el desarrollo industrial, debido entre otras cosas, a las exigencias de estandarización en la constitución y reconstitución de las cadenas productivas internacionales en las cuales México vislumbraba su inserción en el corto y mediano plazos.

La industria mexicana por su parte acentuó el proceso de adquisición y desarrollo de tecnología, mediante la firma de convenios universidad-industria, desarrollando el fomento a la consultoría, mediante el impulso a la diagnosis industrial en los ámbitos micro y macro así como en la planeación y seguimiento de casos, etc. adquiriendo con todo ello, un auge sin precedentes la ingeniería industrial, y de manera específica las metodologías, herramientas, técnicas y el uso de métodos estadísticos para el necesario replanteamiento de la vocación industrial mexicana.

En una perspectiva de corto y mediano plazo, los esfuerzos de política industrial del



gobierno federal en México, se orientaron a modificar el comportamiento histórico-coyuntural de la balanza comercial, buscando ampliar esencialmente las exportaciones manufactureras para mejorar su correlación con respecto a las importaciones y a las exportaciones de los productos del petróleo, sentando las bases para el desarrollo tecnológico doméstico y la independencia en el uso de la tecnología no nacional.

En el nivel de las empresas industriales y de servicios del ámbito de la mediana y gran empresa, la adaptación se ha venido dando a pasos de mayor intensidad, ya que su soporte tecnológico-financiero y el desarrollo de sus recursos humanos se lo ha permitido.

En la pequeña y microempresa, particularmente ésta última, la adaptación al nuevo ambiente de máxima competitividad y estandarización se ha dado a ritmos significativamente lentos o no se ha dado, de tal manera que su diseminación, escaso soporte tecnológico y administrativo, así como el no contar con cuadros técnicos preparados en términos generales las ha mantenido con baja productividad y limitadas al mercado local y en el mejor de los casos al mercado regional interno del país.

Sin embargo, este eslabón débil de la cadena de producción de valor agregado, en México se ha visto atendido desde el segundo lustro de la década de los 90's mediante diversos programas de apoyo y fomento orientados no sólo al financiamiento, sino a la creación de una cultura de alta productividad; aquí llamamos la atención a la Red CETRO-CRECE (Centro para la Competitividad Empresarial) o a las Comisiones de Promoción Económica de las entidades federativas en México. La administración pública federal mexicana actual, iniciada el 1 de diciembre de 2000 ha configurado que ampliará la cobertura de esta política de fomento.

Todo este ambiente en la búsqueda de la competitividad global de las em-

presas que implica calidad y productividad, de una mayor eficiencia y racionalidad en el uso de los recursos, de los procesos de mejora generales y parciales de las empresas, de los replanteamientos de la cultura de trabajo y el rediseño de procesos productivos, de la diversificación de productos, de la adecuación de los sistemas y normas de las empresas para la exportación, de la responsabilidad social y ambiental de las empresas y de la perspectiva histórica de la agenda industrial mexicana y latinoamericana, le ha abierto las puertas al pensamiento estadístico de la gerencia y a la utilización cada vez más amplia y generalizada en algunos segmentos importantes de la economía (gran empresa pública y privada), de los métodos estadísticos y el diseño experimental.

1.2 Aspecto Educativo.

Este ambiente económico e industrial que se presenta, está demandando la inserción de los ingenieros, docentes de la ingeniería, tecnólogos e investigadores de México y Latinoamérica en la generación de conocimiento en el campo de la Estadística Industrial y en la búsqueda de aportes al desarrollo de tecnología estadística que se expresen en la mejora de los métodos de diseño, análisis, estimación, predicción, control, aseguramiento, en fin gestión de la calidad para la competitividad empresarial.

Lo anterior establece una relación directa con el ámbito de la educación superior, ya que marca la necesidad imperiosa de adecuar pertinentemente a este contexto, los procesos educativos en el nivel licenciatura y posgrado, particularmente en las áreas que competen a la ingeniería industrial, negocios internacionales y gestión de la calidad. Estas áreas requieren adecuarse con el ritmo que demanda el entorno y con ello anticiparse para garantizar egresados que respondan eficientemente al

desarrollo en estos campos.

Con este fin, desde enero de 1998, se ha venido replanteando el currículo de las carreras de ingeniería, mediante el Programa de Evaluación y Revisión Curricular implantado en el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.

1.3 Importancia de Desarrollar el Campo de la Estadística Industrial.

En casi cualquier estudio experimental donde se aplican metodologías y procedimientos estadísticos a un conjunto de datos científicos, los métodos implican realizar ciertas operaciones o cálculos sobre la información muestral, siendo estos, premisa de la obtención de inferencias acerca de la población o poblaciones que se estudian.

Se puede afirmar que con importante frecuencia, existen características del experimento en la línea de producción, en la máquina de pruebas experimentales o en el proceso productivo global (producto, sistema de manufactura, etc.), que se sujetan al control del experimentador tales como: tamaño de la muestra, número de niveles de los factores, número de combinaciones por utilizar, etc.

Las características del experimento, tales como las mencionadas (parámetros experimentales) a menudo pueden tener un gran efecto sobre la precisión requerida para la prueba de hipótesis o la realización de una estimación y esto, en términos industriales, puede significar el éxito o el fracaso de las empresas y con ello, de acuerdo a la experiencia internacional, el aporte significativo al éxito o al fracaso de las políticas industriales nacionales y regionales.

Cabe destacar el uso del diseño de experimentos para conocer y desarrollar procesos científicos y de ingeniería que redundan en la mejora de la eficacia, el rendimiento y la productividad de sistemas industriales, «...[desde los

años 30's]... en las industrias textil y de la lana británicas...[y posteriormente a la]... segunda guerra mundial ...[en la década de los 50's]... los métodos del diseño experimental se introdujeron en las industrias química y de transformación de Estados Unidos y de Europa» (Montgomery, 1993). En el caso donde el proceso implica un producto, el diseño experimental se puede utilizar para proporcionar el mejoramiento del producto o de la calidad. «Un aspecto importante de este esfuerzo de mejora de la calidad en los 80's y los 90's es el diseño de la calidad en procesos y productos en la etapa de investigación o en la etapa de diseño del proceso» (Walpole y otros, 1998).

Gran parte de este fuerte impulso que tuvieron los métodos de mejora de la calidad lo motivó el éxito que ingenieros y científicos japoneses tuvieron con el uso del diseño experimental.

Las premisas generales que configuran el contexto económico, sus implicaciones y la importancia de desarrollar el campo de la estadística industrial hacia la Gestión de la calidad son: 1. Incorporar la calidad de diseño en cada producto y en los procesos por los que éste se fabrica; y 2. Los métodos de diseño experimental se han desaprovechado como instrumentos de Ingeniería.

1.4. Contexto Temático.

Para mejorar los procesos habrá que hacer cambios y los cambios racionales deben basarse en datos objetivos: ¿Qué datos recoger? ¿Cómo extraer la información contenida en ellos? La respuesta la encontramos en la Estadística. Sin embargo la Estadística no es un sustituto del conocimiento técnico que se tenga acerca de los procesos, sino un catalizador (Romero y Zuñiga, 1999) por lo que se retoma el triángulo de calidad, *all a team* y método científico (Joner, 1985).

La búsqueda histórica por la competitividad ha transitado desde el control en las salidas al control en las entradas para concluir en la calidad en el diseño del proceso y del producto, un tránsito desde el enfoque en la detección al enfoque en la prevención: 1. Inspección; 2. SPC; 3. Off line QC, esto último a partir de los 80's, impactando el sistema y el ambiente de las empresas en general, de aquí que esto implique lazos de retroalimentación cliente-empresa, cliente-proveedor, etc. garantizando con ello calidad en la fuente, calidad en los procesos y calidad en el producto y/o servicio.

La idea básica del Off line QC es aplicar en la Industria los principios y técnicas del método científico, las cuales se expresan principalmente en las siguientes técnicas estadísticas: 1. Diseños Factoriales Clásicos; 2. Arreglos Ortogonales o Fracciones Factoriales; 3. Superficies de Respuesta; 4. Diseños Mixtos; y 5. Diseño Robusto de Taguchi.

Se destaca este último, dentro de la Ingeniería de Calidad de Taguchi, ya que su impacto ha sido sobresaliente en el plano internacional, sobre todo en Japón y los países del primer mundo.

1.5. La Ingeniería de Calidad de Taguchi.

En el principio de la década de los 80's el Dr. Genichi Taguchi, Ingeniero Japonés, introdujo un método en su país para utilizar el diseño experimental en el desarrollo de productos y procesos, el cual empezó a producir importantes resultados.

Conceptos y Principios. Este método define que la calidad de un producto debe ser medida en términos de abatir al mínimo las pérdidas que ese producto le trae a la sociedad desde que se inicia su fabricación hasta concluir su ciclo de vida, estas pérdidas sociales equivalen a las pérdidas de la empresa

en el mediano y largo plazo. Enfoque al cliente (sociedad) en vez de enfoque al fabricante. Taguchi retoma el contexto del Off line QC planteando que: 1. Inspección y control de proceso no son suficientes para alcanzar una calidad competitiva; y 2. Niveles elevados de calidad sólo pueden lograrse económicamente en las fases de diseño (producto y proceso).

El objetivo del método de Taguchi es lograr productos y procesos «robustos» frente a las causas de la variabilidad (ruidos) que hacen que las características funcionales de los productos se desvíen de sus valores óptimos provocando costos de calidad.

La propuesta de Taguchi es una filosofía y un conjunto de métodos y procedimientos que se ha dado en llamar «Diseño Robusto de Parámetros» (Taguchi y Wu, 1980) cuyas principales propiedades de producto o proceso son: 1. Insensible a las condiciones del medio; 2. Insensible a los factores que dificultan el control; y 3. Proporciona variación mínima en su funcionamiento.

El término diseño en el nombre del método de Taguchi se refiere al diseño del proceso o sistema y el término parámetro se refiere a los parámetros del sistema, conocidos comúnmente como «factores o variables» (Montgomery, 1993).

Ahora, el término robusto se explica, ya que un producto o proceso «cuyo funcionamiento es consistente cuando se expone a estas condiciones cambiantes del medio, se le denomina producto robusto o proceso robusto» (Myers y Montgomery, 1995).

El enfoque Taguchiano y de otros tecnólogos e ingenieros de la estadística práctica, es el uso de variables de control y de ruido en el mismo experimento como efectos fijos por lo que los diseños o arreglos ortogonales son comunes en este esfuerzo.

El instrumental metodológico de Taguchi establece tres metas: 1. Diseños

robustos ante el medio ambiente para productos y procesos; 2. Diseño y desarrollo de productos de modo que sean robustos a la variación de componentes; y 3. Minimización de las variaciones respecto a un valor objetivo.

Las tres propiedades y tres metas de la filosofía de Taguchi se expresan en tres etapas en el desarrollo de un producto: 1. Diseño del sistema: el ingeniero utiliza principios científicos y de Ingeniería para determinar la configuración básica; 2. Diseño de parámetros: se determinan los valores específicos para los parámetros del sistema minimizando la variabilidad aportada por las variables de ruido; y 3. Diseño de tolerancias: se determinan las mejores tolerancias para los parámetros.

Diseño de Parámetros. Taguchi establece que pueden emplearse métodos de diseño experimental para hallar un mejor diseño del producto y/o del proceso. Aunque la búsqueda de diseños robustos no es algo nuevo, Taguchi merece el crédito por observar que el diseño experimental puede utilizarse como una parte formal del proceso de diseño técnico, siendo la estrategia clave de Taguchi la reducción de la variabilidad.

Función de Pérdida. La función de pérdida o de costo social establece una medida financiera del descontento del usuario con la actuación de un producto cuando se desvía de un valor designado como meta ($t = \text{target}$). Esta se expresa algebraicamente así $L(y) = k(y-t)^2$ donde «y» es variable aleatoria de la característica de funcionamiento (característica de calidad) en estudio de un proceso o producto. El pensamiento tradicional occidental penaliza sólo si y está fuera de los límites inferior o superior de especificaciones, en cambio el pensamiento Taguchi mediante la función de pérdida, penaliza todo «y» diferente de la meta t . Lo anterior es consistente con el mejoramiento continuo de Deming y Juran, buscando minimizar cos-

tos.

2.- JUSTIFICACIÓN.

Teniendo en cuenta los antecedentes, así como los que se desprenden de la descripción de la Ingeniería de Calidad en un marco de Off line QC, se presenta una crítica al método de Taguchi que habrá de constituirse en justificación que permita la configuración del problema científico.

Rescatando las contribuciones de Taguchi a la Ingeniería de Diseño y a la optimización, teniendo en cuenta los elementos presentados y reconociendo que: 1. Su trabajo ha impulsado a un replanteamiento de los métodos estadísticos en términos de sensibilidad a las variables del medio; 2. Ha retomado aspectos antiguos y con ello generado nuevas mezclas metodológicas con elementos nuevos utilizando la variabilidad del producto y del proceso como una parte importante del criterio de rendimiento; y 3. Su conducción, estímulo y formación de importantes recursos humanos estadísticos en general y de la mejora de la calidad en particular, se establecen las áreas de oportunidad del método de Taguchi en lo que respecta a los ámbitos de la polémica, es decir el diseño y el análisis de datos.

De manera paralela se expresa la crítica del aspecto educativo y curricular derivado del estudio de esta temática.

2.1. Crítica a la autoría de arreglos ortogonales y al diseño experimental.

- 1: Utiliza arreglos ortogonales L8, L9, L4, L12, L16, L18 Y L27 que no fueron desarrollados por Taguchi

- Arreglos usados son factorial fraccionario L8 = 2^{7-2III}, L9 = 34-2III, L16 = 2^{15-11III}, L12 = Diseño de Plackett-Burman.

- 2: Los diseños tienen estructuras de alias muy complejas particularmente el L12 y todos aquéllos que utilizan factores de 3 niveles implican relaciones de alias parciales entre efectos principales e interacciones bifactoriales, si estas últimas son grandes, implica situaciones donde el experimentador no obtiene la respuesta correcta (según Box, Bisgaard y Fung 1988).

- 3: La falta de antecedentes para tratar adecuadamente las interacciones potenciales entre los factores controlables del proceso llevan a que sea necesario especificar correctamente las respuestas y los factores de diseño ó empleando un método de asignación de factores deslizantes para elegir los niveles de éstos.

- 4: Se pueden ajustar los efectos lineales y cuadrático de los x, efectos lineales de z y todas las interacciones bifactoriales de z y zx, sin embargo se ignoran las interacciones de los x (guardan una relación de alias con los efectos principales).

- 5: Experimentos muy grandes.

- 6: Empleo de gráficas lineales para asignar factores a las columnas del arreglo ortogonal mediante diseño heurístico e ineficiente.

2.2. Crítica al análisis de datos.

- 7: «Seleccionar al ganador» mediante promedios marginales no garantiza que se obtenga el resultado óptimo, ni aún agregando un experimento de confirmación.

- 8: No hay seguridad de una transformación logarítmica siempre desacoplará los efectos de localización y de dispersión ya que esto implica usar SNt como equivalente de un análisis de la desviación estándar del logaritmo de los datos originales (revisar Leon et al. 1987)

- 9: En este caso el uso de Log S2 requeriría menos cálculos, tiene un as-

pecto más intuitivo y permitiría comprender mejor el proceso.

- **10:** Las razones de señal sobre ruido SNt y SNI son ineficaces para identificar efectos de dispersión o variabilidad aunque pueden ser recomendadas para medidas de localización.

- **11:** SNS confunde los efectos de dispersión y de localización.

- **12:** Al utilizar SNS como variable de respuesta en el análisis de varianza produce conclusiones erróneas.

2.3 Crítica al aspecto educativo y curricular.

- **13:** Escaso desarrollo curricular en Ingeniería y acentuada insuficiencia en el campo de la Ingeniería Industrial, áreas educativas de negocios y Diseño de Experimentos.

- **14:** Ausencia significativa de elementos metodológicos eficientes de actualización curricular en el nivel licenciatura y posgrado de ingeniería.

3.- CONCLUSIONES.

Las conclusiones de esta exploración han sido 1. Esbozar el planteamiento del problema científico y educativo; 2. Configurar las hipótesis de investigación; 3. Definir los objetivos generales de investigación; y 4. Establecer actividades que delimitan el método de investigación.

3.1. Planteamiento del Problema Científico.

La crítica general hecha a la Ingeniería de Calidad, circunscrita al diseño de experimentos y al análisis de datos, establece la sintomatología caracterizada por «aparentes y expuestas» debilidades que de ser atendidas cuidadosamente, pueden constituirse en un poderoso instrumento que venga a potenciar la optimización de importantes procesos industriales.

En este sentido, la búsqueda por aportar al desarrollo del método de Taguchi, implica abrirle la puerta a un área de oportunidades inusitada para el desarrollo de la competitividad empresarial a través de la Calidad en un contexto amplio, pero haciendo un énfasis en el diseño de experimentos, catalizador de la propia gestión de la calidad en general y particularmente en el Diseño robusto de parámetros de Taguchi, el cual en las últimas 2 décadas del S.XX, ha dado resultados irrefutables en este ámbito.

Por esto expuesto es necesario retomar la crítica positiva de la ingeniería de calidad de Taguchi en contraste y complementariedad con los diseños considerados clásicos, así como los planteamientos presentados en las últimas 2 décadas del S.XX, tales como el criterio y método de mínima aberración, el diseño de momentos óptimos entre otros.

Lo anterior deberá permitir establecer una estrategia de gestión de la calidad en las empresas en donde se evalúen los diseños para poder contrastarlos de manera práctica. Ésto significa Ingeniería de Diseño en acción, de modo que el problema científico se aborde de tal manera que permita atender problemas concretos de calidad en las empresas. Todo ello retroalimentado en el enriquecimiento del perfil de egreso de las áreas de competencia profesional.

Entonces, este trabajo presenta el esfuerzo por plantear la problemática y esbozar un proyecto de investigación que permita encontrar alternativas robustas a la gestión de la calidad, pero además paralelamente ir configurando métodos, planes y programas de estudio en el campo de la estadística industrial y la gestión de la calidad, los cuales permitan perfiles de egreso de alta competitividad en el mercado de trabajo y masa crítica para el desarrollo científico y tecnológico en el plano nacional

e internacional.

3.2 Hipótesis Científicas.

Es factible la mejora de la Ingeniería de Calidad de Taguchi en el ámbito del diseño de experimentos y el análisis de datos, asimismo, la Gestión de la Calidad en las empresas donde se evalúen los diseños de Taguchi en contraste y complementariedad con los diseños clásicos, propuestas novedosas y método mejorado. Es factible además, el desarrollo del currículo institucional y la configuración de una metodología para la actualización del mismo, en las carreras de Ingeniería en los campos de la estadística industrial, gestión de la calidad y diseño de experimentos.

3.3. Objetivos Generales de Investigación.

- Analizar y evaluar en contraste y complementariedad con los diseños reconocidos como clásicos y novedosos, como una herramienta estratégica de gestión de la calidad en un contexto amplio, proponiendo un método mejorado para el «Diseño Robusto de Parámetros».

- Producir un aporte coherentemente estructurado para el desarrollo del currículo de las carreras de Ingeniería de un Instituto Tecnológico Superior en el campo de la estadística industrial, gestión de la calidad y diseño de experimentos.

3.4. Actividades que delimitan Método de Investigación.

1: Evaluar la eficiencia de los arreglos ortogonales utilizados por Taguchi comparándolos en certidumbre y tiempo de experimentación con respecto a otros diseños en la gestión de calidad en empresas muestras.

2: Evaluar la ventaja de considerar las interacciones bifactoriales principa-

les en el diseño experimental versus el tener gran conocimiento técnico del proceso en empresa muestra.

3: Revisar y evaluar la técnica de factores deslizantes de Taguchi en empresa muestra.

4: Proponer un método que permita mejorar la comprensión global del proceso y mejorar la eficiencia. Pudiese partirse a la inversa, determinando factores principales e interacciones relevantes para que después se determinen curvaturas de éstos solamente.

5: Evaluar la consideración relativa del gran número de experimentos (corridos) sin dejar de considerar información relevante con el método mejorado propuesto en empresa muestra.

6: Evaluar la eficiencia de las colecciones de gráficas de Taguchi, buscar su fundamento estadístico en empresa muestra.

7: Revisar y evaluar el método de selección del ganador de Taguchi en contraste con otros diseños en empresa muestra.

8: Aislar efectos de localización y dispersión en la Señal sobre ruido, revisando la viabilidad del Log S2.

9: Desarrollar el currículo de las carreras de Ingeniería Industrial en Manufactura, Ingeniería Mecánica en Control de Procesos e Ingeniería en Sistemas Computacionales en lo que compete a los campos de estadística Industrial, gestión de la calidad y diseño de experimentos.

10: Proponer un método para la actualización curricular en términos de planes y programas de estudio, así como diseños instruccionales en el ámbito del nivel de licenciatura y posgrado de ingeniería.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOX, G.E.P. 1988. Signal to Noise Ratios, Performance Criteria and Transformations (with discussion). Technome-

trics, 307 1-40.

BOX, G.E.P. y Fung, C.A. 1988. Studies in Quality Improvement: Minimizing Transmitted Variation by Parameter Design. Report 8, Universidad de Wisconsin-Madison. Center for Quality and Productivity Improvement. U.S.A.

KACKAR, R. 1985. Off-Line Quality Control, Parameter Design and the Taguchi Methods. Journal of Quality Technology, 17, 176-188.

MONTGOMERY, Douglas C. 1993. Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica. México.

MYERS, R. H. y Montgomery, Douglas C. 1995. Response Surface Methodology: Product and Process Optimization Using Designed Experiments. Jhon Wiley and Sons, Inc. New York, U.S.A.

MYERS, R.H., Khuri, A. I. y Vining, G.G. 1992. Response Surface Alternatives to the Taguchi Robust Parameter Design Approach. The American Statistician, Vol. 46, No. 2, 131-139.

SCHONBERGER, Richard J. 1992. Técnicas Japonesas de Fabricación. Cuarta reimpresión. 1er. Edición 1987. Editorial LIMUSA, S.A. de C.V. y Grupo Noriega Editores. Traductor Ricardo Calvet Pérez. México. Obra en inglés ISBN 0-02-929100-3.

SHOEMAKER, A. C., Tsui, K.L. y Wu, F.J. 1989. Economical Experimentation Methods for Robust Parameter Design. Documento presentado en la conferencia técnica de otoño de la American Society of Quality Control. Houston, Tx. U.S.A.

TAGUCHI, G. y Y. Wu. 1980. Introduction to Off-Line Quality Control. Central Japan Quality Control Association (disponible por el American Supplier Institute, Detroit, Mich, U.S.A.

VINING, G.G. y Myers, R.H. 1990. Combining Taguchi and Response Surface Philosophies: A Dual Response Approach. Journal of Quality Technology 22, 38-45.

WALPOLE, Ronald E. 1998. Probabilidad y Estadística para Ingenieros. Sex-

ta edición Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. de C. V. Traductor Ricardo Cruz ISBN 970-17-02646.

WELCH, W. J., Yu, T.K., Kang, S.M. y Sacks, J. 1990. Computer Experiments for Quality Control by Parameter Design. Journal of Quality Technology, 22, 15-22.

Manuales de carreras de ingeniería del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos (SNIT). SEP-México. 1993

RESEÑA DE LOS AUTORES

Sergio Pablo Mariscal Alvarado

Es maestro en Ingeniería, Subdirector Académico del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Posee una amplia y solvente experiencia como profesor en educación superior. Ha escrito artículos sobre el ámbito de la Ingeniería Industrial, relacionado con la enseñanza en la educación superior. Actualmente es alumno del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Industrial del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, de la Habana, Cuba.

Ramón Francis García

Es Ingeniero Industrial con maestría en Sistemas Automatizados de Dirección y doctorado en Ciencias Técnicas. Ha impartido numerosos cursos de posgrado en las asignaturas de Estadística, Diseño de Experimentos y Control de Calidad. Ha realizado numerosos trabajos de consultoría en diversas empresas. Ha sido Presidente del Comité Técnico Nacional Cubano de Normalización para las Técnicas Estadísticas y es autor de numerosas publicaciones de libros de texto. Actualmente es el coordinador de la Maestría y la Especialidad de Aseguramiento de la Calidad que se imparte en la Facultad de Tecnología de la Universidad de La Habana (ISPJAE), Cuba, presidiendo además su Comité Académico. Es miembro del Comité Académico de la Maestría de Dirección.

EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE LA SOSA CÁUSTICA EN ESCAMAS

(NaOH y el tiempo de suministro de Gas Cloro en el Nivel de Concentración de Cloro Activo en la Solución de Javel)
(Mezcla de NaClO, H₂O y NaCl)

Sergio Pablo Mariscal Alvarado y Norma Aidé Ríos Lugo

RESUMEN

Se investigó el efecto combinado del tiempo de reacción y la concentración de Sosa Cáustica (Hidróxido de Sodio) en la concentración de Cloro Activo de un proceso de Fabricación de Hipoclorito de Sodio de una empresa local, con 3 niveles de ambos factores, bajo medio y alto. Se utilizó un diseño factorial 3 con 3 réplicas incrementando el número de tratamientos de 9 a 27. El experimento se realizó en un reactor semicontinuo tipo tanque. La reacción resultó medianamente exotérmica tipo semiestable. El tiempo de reacción se midió con cronómetro analógico y la cantidad de Sosa Cáustica (escamas) en báscula. La variable respuesta se midió mediante procedimiento estequiométrico en porcentaje de Cloro Activo en la solución producto. Los resultados fueron analizados estadísticamente para determinar la combinación óptima de factores y niveles, la cual fue: 95 gr/lit y 75 minutos de suministro de gas cloro a la reacción.

ABSTRACT

A unique opportunity was discovered in an industrial engineering consulting division of a company's production of an integral product that plays an important role in industrial and commercial businesses that produce many other products. The name of this solution is Hypochlorite Sodium. The following are just some of the applications this solution is used for: A whitener for textiles, bleach agent for laundries, cellulose whitener for paper products, disinfectant and deodorant in general (specially in dairies)

JUSTIFICACIÓN

El producto de la empresa alcanza un 8% de concentración de Cloro Activo y el mercado está demandando un grado superior. Lo anterior permite observar el verdadero propósito de este trabajo, que más allá del aspecto académico, da una respuesta favorable a la demanda de productividad y de calidad de nuestras empresas, posibilitando con ello cumplir con las exigencias industriales de mejora en materia de producto, proceso y resultados, así como satisfacer las exigencias de calidad en la fuente de materia prima e indirectos de los productores finales. Como justificaciones adicionales se tiene el hecho de que se inició la fabricación del producto sin estudio previo, y que en la actualidad se utilizan métodos empíricos, lo cual está demandando, de manera especial, un punto de referencia para la mejora continua.

OBJETIVO

Comparar los procedimientos de fabricación del Hipoclorito de Sodio con la finalidad de ratificar el procedimiento actual o encontrar uno que genere una mayor concentración de Cloro Activo, a partir de evaluar el efecto combinado del tiempo de suministro del gas Cloro y la Concentración de Sosa Cáustica (Hidróxido de Sodio).

ANTECEDENTES

Se utiliza el método de fabricación de Raymond Kirk (1962), según el cual el Hipoclorito de Sodio se prepara burbujeando gas Cloro en una solución de Sosa cáustica (Hidróxido de Sodio = NaOH) produciéndose en mezcla con cloruro de sodio (NaCl) precipitado y agua (H₂O). A esta mezcla se le conoce como solución de Javel. La reacción química balanceada es la siguiente: $Cl_2 + 2NaOH \rightarrow 2H_2O + NaOCl + NaCl \downarrow$

precipitado).

Se recomienda por este método una concentración del 35% al 40% y el mantenimiento de una temperatura que oscile en 25° C. El método de Kirk recomienda, en el caso de utilizar Sosa en escamas, como fue en este caso, evitar la contaminación con metales, pudiendo estar la solución en contacto con utensilios de plata, cerámica, caucho, gráfita, hormigón, sin que se altere su estabilidad. Se recomienda además, evitar el hierro u otras similares en la válvula de suministro. Tal y como lo establece Austin (1988), en esta reacción la concentración está en función de la velocidad de reacción y de la composición, mantenimiento temperatura y presión constante. la reacción se llevó a cabo en un sistema abierto. Los reactivos se añaden continuamente. La reacción opera a régimen semiestable y es de tipo medianamente exotérmica. Para esta caracterización De la Peña (1981) recomienda utilizar un reactor semicontinuo tipo tanque.

VARIABLES REVELANTES Y VARIABLE DE RESPUESTA

A partir de la caracterización de la reacción química presente en la fabri-

cación de Hipoclorito de Sodio, se tienen como variables para su estudio, el tiempo de reacción y la concentración de Hidróxido de Sodio, imponiéndose como premisa para destacar las otras variables revelantes (temperatura y presión), de mantenerlas más o menos constantes. El tiempo de reacción se medirá con un cronómetro analógico en minutos y la cantidad de Sosa Cáustica con un báscula analógica en gramos para determinar la concentración en gr/lit. La variable de respuesta es la concentración de Cloro Activo en la solución de Javel, el cual se medirá mediante procedimiento estequiométrico (%) en el laboratorio de muestra de 1 litro en vaso de precipitado.

DEFINICIÓN DE FACTORES Y NIVELES

Se utilizaron 2 factores y 3 niveles. En nuestro proceso experimental no se fraccionó el diseño, por el contrario, se consideró conveniente al menos 3 réplicas en cada combinación de factores (concentración de NaOH vs tiempo de reacción), para totalizar 27 corridas del experimento, tal y como se muestra en la Tabla 1.

FACTOR DE CONCENTRACIÓN DE NaOH				
REPLICAS EN CADA COMBINACIÓN		BAJO	MEDIO	ALTO
FACTOR TIEMPO DE SUMINISTRO DEL GAS CLORO		65	80	95
		gr./lt.	gr./lt.	gr./lt.
BAJO	45 MIN	3	3	3
MEDIO	60 MIN	3	3	3
ALTO	75 MIN	3	3	3
TOTAL CORRIDAS		9	9	9

Tabla 1. Número de réplicas en cada combinación de factores y niveles.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Se elaboraron las instrucciones del proceso para la producción de cada lote, haciéndose llegar las mismas a los operarios encargados de la producción del Hipoclorito de Sodio. La fabricación estuvo bajo supervisión estricta. El reactor es un cilindro de plástico grueso (aproximadamente de 2.5 mm.) al cual se le ha adicionado una línea de suministro de agua que proviene de un enfriador y una línea con una manguera industrial que suministra el agua a temperatura ambiente (25). El tamaño de lote fue de 200 Lts, ya que el reactor utilizado tiene esa capacidad. De cada uno de los lotes se obtuvo una muestra de 1 litro con vaso de precipitado con tapa. Cada muestra se envió a laboratorio industrial para medir el porcentaje de concentración de Cloro Activo. El suministro del gas Cloro se realiza desde un cilindro de 78 Kg. con una válvula y línea de titanio y una línea adicional de manguera acerada industrial. Para la instalación de la válvula se utilizan empaques de plomo que sellan eficientemente el cilindro.

Para realizar las 27 corridas (las cuales se muestran en la Tabla 1), se produjeron 27 lotes de 200 Lts. de solución de Javel, a razón de un lote diario incluyendo los fines de semana, lo cual indica que se tomaron muestras de una producción total de 5400 lts. de solución resultado. Para mantener la temperatura constante de la solución, se utilizó un enfriador de agua para abastecer el líquido a una temperatura media de 15°C en el periodo de suministro del gas Cloro. Para mantener la presión constante, ya que no se contaba con un manómetro especializado, se optó por utilizar un cilindro nuevo en la producción de cada lote lo cual generó que se produjera bastante inventario de producto terminado en la empresa en este período. La operación de producción se

basó en los siguientes pasos:

- Hacer la disolución de la sosa cáustica en escamas en 100 Lts. de H₂O. Para ello se pasaron en el nivel bajo 65 gr. x 200 Lts.= 13 Kg. de sosa cáustica, en el nivel medio 80 gr. x 200 Lts.= 16 Kg. de sosa cáustica y en el nivel alto 95 gr. x 200 lts.= 19 Kg. de sosa cáustica.
- Posteriormente se inició el suministro del gas cloro y paralelamente la alimentación del agua fría con un gasto suficiente para llenar el reactor (200 Lts.) con 100 Lts. faltantes, al mismo tiempo que se concluía el tiempo de reacción del nivel correspondiente.
- Al final, la reacción por sus características, liberó calor de tal forma que elevó su temperatura hasta los 50°C aproximadamente.
- Después de dejar en reposo la solución resultado por un lapso de 30 minutos, se tomó la muestra de un litro

en cada corrida, la cual se llevó a laboratorio para medir el porcentaje de la concentración de Cloro Activo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del experimento dados en porcentaje de Cloro Activo (%) en la solución de Javel que se midieron en laboratorio industrial mediante procedimiento estequiométrico, se presentan en la Tabla 2.

La concentración de Cloro Activo en cada una de las muestras de los correspondientes lotes de 200 Lts. de solución resultado, las cuales totalizan las 27 corridas experimentales, se analizaron estadísticamente.

Para el análisis estadístico se utilizó un modelo estadístico lineal de efectos fijos y se propusieron como hipótesis experimentales las siguientes:

Hipótesis Nula (H₀):

El método de fabricación del Hipoclorito de Sodio para los distintos trata-

FACTOR CONCENTRACIÓN DE NaOH	FACTOR TIEMPO DE SUMINISTRO DE GAS CLORO		
	45 MIN	60 MIN	75 MIN
BAJO 65 gr./lt.	BAJO	MEDIO	ALTO
R1	8.15	7.9	8.2
R2	7.6	8.1	8.25
R3	8	8.2	8.3
PROMEDIO	7.92	8.07	8.25
MEDIO 80 gr./lt	BAJO	MEDIO	ALTO
R1	8.2	8.3	8.4
R2	8.25	7.9	8.35
R3	8.2	8.3	8.5
PROMEDIO	8.25	8.17	8.42
ALTO 95 gr./lt.	BAJO	MEDIO	ALTO
R1	8.2	8.3	8.6
R2	8.25	8.4	8.4
R3	8.3	8.5	8.4
PROMEDIO	8.25	8.4	8.47

Tabla 2. Resultados en porcentajes (%) de concentración de Cloro Activo en las 27 corridas del diseño experimental y los promedios en cada combinación.

ANÁLISIS DE VARIANZA DE EXPERIMENTO SOBRE CONCENTRACIÓN DE CLORO ACTIVO EN SOLUCIÓN DE JAVEL					
FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADROS MEDIOS	F CALCULADA	ALFA DE F CALCULADA
EFFECTOS PRINCIPALES					
CONCENTRACIÓN DE NaOH (T)	0.4005556	2	0.2002778	9.364	0.0016
TIEMPO DE REACCIÓN (B)	0.2916667	2	0.1458333	6.818	0.0062
INTERACCIÓN					
TBÿ	0.0544444	4	0.0136111	0.636	0.6432
RESIDUAL					
Eÿk	0.3850000	18	0.0213889		
TOTAL	1.1316667	26			

Tabla 3. Tabla de Análisis de Varianza (ANOVA)

mientos de factores y niveles no genera diferencia significativa en la concentración de Cloro Activo en la solución resultado.

Hipótesis Alternativa (H₁):

En al menos un método de fabricación del Hipoclorito de Sodio de entre los distintos tratamientos de factores y niveles presenta diferencia significativa en la concentración de Cloro Activo en la solución resultado.

De estas hipótesis generales se derivan 3 hipótesis particulares, una para cada factor y otra para la interacción de los 3 factores. Estas hipótesis se expresan de la siguiente manera:

Hipótesis Nula de la concentración de NaOH:

El método de fabricación del Hipoclorito de sodio para los distintos tratamientos de concentración de NaOH en sus tres niveles no genera diferencia significativa en la concentración de Cloro Activo en la solución resultado .

Hipótesis Alternativa de la concentración de NaOH:

El método de fabricación del Hipoclorito de Sodio para los distintos tratamientos de concentración de NaOH en sus tres niveles genera diferencia significativa en la concentración de Cloro Activo en la solución resultado tal como lo muestra la Tabla 2.

Hipótesis Nula del tiempo de Suministro del gas Cloro:

El método de fabricación del Hipoclorito de Sodio para los distintos tratamientos del tiempo de Suministro del gas Cloro en sus tres niveles no genera diferencia significativa en la concentración de Cloro Activo en la solución resultado.

Hipótesis Alternativa del Tiempo de Suministro del gas Cloro:

El método de fabricación del Hipoclorito de Sodio para los distintos tratamientos del tiempo de suministro del gas Cloro en sus tres niveles genera diferencia significativa en la concentración de Cloro Activo en la solución resultado.

Hipótesis Nula de la interacción de la Concentración de Sosa Cáustica y

tiempo de Suministro del gas Cloro:

El método de fabricación del Hipoclorito de Sodio para los distintos tratamientos de la interacción de los factores en sus tres niveles no genera diferencia significativa en la concentración de Cloro Activo en la solución resultado.

Hipótesis Nula del tiempo de Suministro del gas Cloro:

El método de fabricación del Hipoclorito de Sodio para los distintos tratamientos del tiempo de Suministro del gas Cloro en sus tres niveles no genera diferencia significativa en la concentración de Cloro Activo en la solución resultado.

Hipótesis Alternativa del Tiempo de Suministro del gas Cloro:

El método de fabricación del Hipoclorito de Sodio para los distintos tratamientos del tiempo de suministro del gas Cloro en sus tres niveles genera diferencia significativa en la concentración de Cloro Activo en la solución resultado.

Hipótesis Nula de la interacción de la Concentración de Sosa Cáustica y tiempo de Suministro del gas Cloro:

El método de fabricación del Hipoclorito de Sodio para los distintos tratamientos de la interacción de los factores en sus tres niveles no genera diferencia significativa en la concentración de Cloro Activo en la solución resultado.

Hipótesis Alternativa de la interacción de la concentración de Sosa Cáustica y tiempo de Suministro del gas Cloro:

El método de fabricación del Hipoclorito de Sodio para los distintos trata-

mientos de la interacción de los factores en sus tres niveles genera diferencia significativa en la concentración de Cloro Activo en la solución resultado.

Del análisis de varianza que se resume en la Tabla 3 (Tabla ANOVA), se puede predecir que en ambos factores: concentración de NaOH y tiempo de suministro de gas Cloro, se rechaza la Hipótesis nula, ya que la F crítica con un nivel de confianza del 95% es menor que la F calculada, lo cual se traduce de la siguiente manera:

Entre los diferentes tratamientos tanto de la concentración de NaOH como el tiempo de suministro de gas Cloro se tiene evidencia de que existe diferencia significativa.

De la misma tabla de ANOVA, se puede decir que en la interacción de los factores, se acepta la hipótesis nula, ya que la F crítica con un nivel de confianza del 95 % es mayor que la F calculada.

ANÁLISIS DE RANGO MÚLTIPLE DE EXPERIMENTO SOBRE CONCENTRACIÓN DE CLORO ACTIVO EN SOLUCION DE JAVEL FACTOR TIEMPO DE SUMINISTRO EN EL GAS CLORO

MÉTODOS: MSD 95% DE CONFIANZA			
NIVEL	CONTEO	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
45 MINUTOS	9	8.1277778	X
60 MINUTOS	9	8.2111111	X
75 MINUTOS	9	8.3777778	X
CONTRASTE	DIFERENCIA	LIMITES	
45 MIN-60 MIN	-0.08333	0.14488	
45 MIN-75 MIN	-0.25000	0.14488*	
60 MIN-75 MIN	-0.16667	0.14488*	

*Denota estadísticamente una diferencia significativa

Tabla 5. Análisis de rango múltiple para el factor tiempo de Suministro del gas Cloro

nar el mejor desde la óptica de los propósitos de la investigación y del propio objetivo experimental.

La prueba de DMS a un 95% de confianza, brinda la posibilidad de observar que la media de la concentración de sosa cáustica en nivel bajo mantiene diferencia significativa con la media de la concentración de NaOH de nivel medio y alto, tal y como se muestra en la Tabla 4. En el caso de los tiempos de suministro del gas Cloro, tanto el nivel bajo como el nivel medio, mantienen diferencia significativa con el nivel alto, se muestra en la Tabla 5.

Del análisis anterior queda como re-

sultado que se encontraron las más altas concentraciones de Cloro Activo en la solución resultado en la combinación del nivel medio y alto de concentración de NaOH y el tiempo de Suministro del gas Cloro de 75 minutos. Atendiendo la prueba de rango múltiple de LSD con un nivel de confianza del 95% cualquiera de las dos operaciones se puede considerar máxima; sin embargo, es necesario reconocer un mejor rendimiento relativo de la combinación de los niveles altos de concentración de sosa cáustica y tiempo de suministro del gas Cloro.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que es posible mejorar el nivel de concentración de Cloro Activo en la solución resultado llamada solución de Javel, encontrándose como mejor método, alternativa del método actual, a la combinación de 95 gr./Lt. de concentración de NaOH y 75 minutos del tiempo de suministro del gas Cloro. Esta combinación ofrece una solución de Javel con una concentración media de 8.47% de Cloro Activo.

Es importante señalar que no se determinó el punto óptimo, ya que se observó un agotamiento en la tendencia de crecimiento de la concentración de

ANÁLISIS DE RANGO MÚLTIPLE DE EXPERIMENTO SOBRE CONCENTRACIÓN DE CLORO ACTIVO EN SOLUCION DE JAVEL FACTOR CONCENTRACION DE NaOH

MÉTODOS: MSD 95% DE CONFIANZA			
NIVEL	CONTEO	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
65 gr./lt.	9	8.0077778	
80 gr./lt.	9	8.2666667	X
95 gr./lt.	9	8.3722222	X
CONTRASTE	DIFERENCIA	LIMITES	
65 gr./lt.–80 gr./lt.	-0.18889	0.14489*	
65 gr./lt.–95 gr./lt.	-0.29444	0.14488*	
80 gr./lt.– 95 gr./lt.	-0.10556	0.14488	

*Denota estadísticamente una diferencia significativa

Tabla 4. Análisis de rango múltiple para el factor concentración de NaOH.



Cloro Activo en la solución resultado; sin embargo, se puede disponer de este trabajo para mejorar el método actual y contar con una referencia inicial para la mejora continua. La información resultante permite identificar otras combinaciones más económicas, que más allá de la demanda de estandarización y un producto de alta concentración, pueden satisfacer un segmento importante del mercado con un producto de buena calidad y a más bajo costo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MONTGOMERY, Douglas C. Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Ibero América, México, D.F. 1991.
2. KIRK, Raymond y otros. Enciclopedia de Tecnología Química. Tomo IV

Unión Tipográfica Hispanoamericana. México. 1962.

3. AUSTIN. George T. Manual de Procesos Químicos en la Industria. 5ta. Edición en inglés, 1er. Edición en español, Tomo Y De Mc Graw Hill. México 1988

4. DE LA PEÑA MANRIQUE, R. Introducción al Análisis Ingenieril de los Reactores Químicos. Editorial LIMUSA. México 1981.

5. DELGADILLO G. Y otros. Una metodología de investigación en la Licenciatura de Químico Farmacéutico Biólogo de la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Revista Sociedad Química Vol. 40 No. 1 México, 1996.

RESEÑA DE LOS AUTORES

Sergio Pablo Mariscal Alvarado

Subdirector Académico y Profesor-Investigador de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Ingeniero Industrial y Maestro en Ingeniería de Optimización de Sistemas Productivos y titular de la Línea de Investigación Institucional: Diseño de Experimentos Aplicados a la Gestión de la Calidad. Realiza estudios de Doctorado en Ingeniería Industrial.

Norma Aidé Ríos Lugo

Profesor-Investigador del área de Química y Simulación de Procesos del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Ingeniero Químico y Maestro en Ingeniería de Optimización de Sistemas Productivos.

ENSEÑANZA DE ROBÓTICA MEDIANTE EL PROCESO DE MODELADO Y SIMULACIÓN

Francisco Javier Ochoa Estrella

RESUMEN

En este artículo, se presenta un procedimiento para lograr la simulación computacional de la cinemática de posición del robot Mentor, mecanismo poliarticulado de cinco grados de libertad. Para ello, se establecen modelos matemáticos correspondientes a la cinemática directa e inversa bajo enfoques matricial (Denavit-Hartenberg) y trigonométrico; así también se establece un algoritmo de control de trayectoria mediante la aplicación de un spline cúbico.

Los modelos matemáticos obtenidos, se utilizan para el desarrollo de un

programa en Visual Basic, donde se presentan varios módulos para la visualización del movimiento del brazo mediante un modelo de alambre, un entorno numérico y gráfico que da información sobre posición, velocidad y aceleración de cada articulación y la relación entre la cinemática de posición directa e inversa.

El objetivo es aprovechar tanto el proceso de elaboración de los modelos matemáticos y computacionales como el de la aplicación de la simulación, en el desarrollo de prácticas de laboratorio para la enseñanza básica de robótica.



lizan para el de-
programa en Vi-

visual Basic, donde se presentan varios módulos para la visualización del movimiento del brazo mediante un modelo de alambre, un entorno numérico y gráfico que da información sobre posición, velocidad y aceleración de cada articulación y la relación entre la cinemática de posición directa e inversa.

El objetivo es aprovechar tanto el proceso de elaboración de los modelos matemáticos y computacionales como el de la aplicación de la simulación, en el desarrollo de prácticas de laboratorio para la enseñanza básica de robótica.

ABSTRACT

This article presents a special procedure, the computer simulation of a Mentor Robot by kinematics position in a 5 degrees freedom poly-articulated mechanism. In order to do this, direct and inverted kinematics mathematical models must be established under matrices and trigonometry. Focusing as well on trajectory control algorithms through a cubical Spline application.

The obtained mathematical models are used to develop a Visual Basic Program, Where the visualization of several arm movement modules are presented through a wire model, a numeric and graphic environment which gives out information on positioning, speed and acceleration on each articulation, as well as the relationship between direct kinematics and its inverted positioning.

The goal is taking advantage of mathematics and computer model process elaboration as well as laboratory practice simulation development applied in teaching Basic Robotics.

I.- INTRODUCCIÓN

Uno de los campos tecnológicos que está adquiriendo mayor atención es el de la robótica, importancia debida a su vasto campo de acción en el área industrial, así como en la realización de tareas que involucran alto riesgo o un alto nivel de precisión; sin embargo, es una realidad que su enseñanza en los centros de educación superior, se hace de una manera lenta debido a la falta de recursos para la adquisición de ésta y otra tecnología de punta (máquinas de control numérico). Si además se considera la naturaleza compleja de la robótica, por su carácter interdisciplinario, entonces esta situación obliga a pensar en alternativas que hagan posible la comprensión y el acceso a dicha tecnología a un mayor número de estudiantes; en este sentido en un primer plano

se puede pensar en desarrollar programas de simulación del funcionamiento de este tipo de equipo, lo cual conlleve posteriormente a una investigación más profunda para pasar a un segundo nivel de diseño o rediseño y construcción de los mismos.

Con la finalidad de comprender cómo lograr el control del desplazamiento del brazo, es de primordial importancia resolver los problemas cinemáticos directo e inverso; ésto permitirá diseñar algoritmos, tanto en el espacio de articulaciones, como en el espacio de coordenadas cartesianas, logrando en cualquier momento la traducción de un espacio en otro.

El codificar los modelos matemáticos en un lenguaje de programación, permite lograr una comprensión más completa sobre el comportamiento del objeto de estudio; con la finalidad de lograr una cierta simplicidad en dicha codificación, es necesario determinar información extra inherente al comportamiento del sistema, aunque no forme propiamente parte del modelo matemático establecido; en este caso se ha utilizado como lenguaje de programación Visual Basic por permitir desarrollar aplicaciones típicas para Windows siendo más accesible a los usuarios por su entorno gráfico.

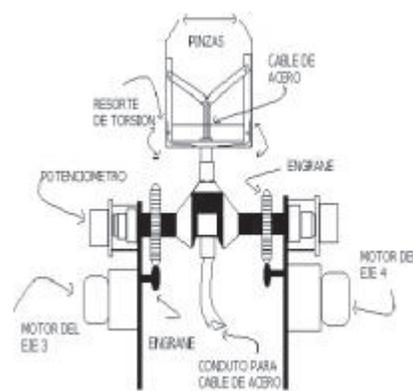


Figura 2.1 Sistema del Mentor diferencial

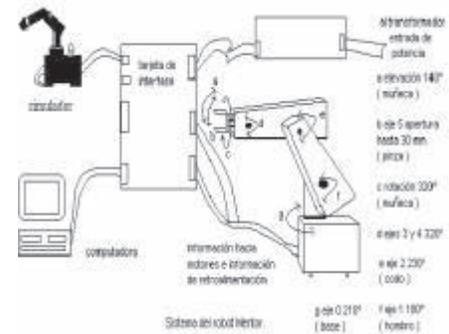


Figura 2.2 Articulación diferencial

II.- SISTEMA DE ESTUDIO: ROBOT MENTOR

El robot mentor es un servomecanismo de seis ejes controlados eléctricamente; el sexto no se considera como grado de libertad sino que sólo es utilizado para el cierre y apertura de la pinza. Los cinco restantes constituyen cada uno un correspondiente grado de libertad: base (θ_1), hombro (θ_2), codo (θ_3), y en la muñeca se tienen el pitch y el roll (θ_4 y θ_5), los cuales en su conjunto permiten ubicar la pinza (mano del brazo) en una posición y con una orientación específicas en el espacio.

En la figura 2.1 se aprecia el sistema completo y en la figura 2.2 se presenta la articulación diferencial de la muñeca.

III.- SIMULACIÓN DEL SISTEMA

En la simulación se busca observar la manera en que cambian las variables del sistema; es decir, ver la relación existente entre los cambios de posición y orientación de la pinza con respecto a la variación en la posición de las articulaciones. Así mismo, observar cómo cambian en éstas su velocidad y aceleración respecto al tiempo. En este caso, la simulación de la cinemática de posición, permite comprender la manera en que opera el mecanismo así como conocer conceptos básico en robótica. Del análisis de la simulación se pueden pro-

poner: mejoras o modificaciones en el sistema, nuevos sistemas alternativos o simplemente establecer modos más eficientes de su uso.

IV.- DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1) Determinar un modelo matemático para poder expresar la posición y orientación de la pinza, tanto en un sistema de coordenadas cartesianas de referencia, como en un sistema de valores angulares de articulaciones para simular el movimiento del sistema.

2) Determinar un modelo matemático que defina la trayectoria por seguir de la pinza en un movimiento dado, para simular la variación necesaria de posición, velocidad y aceleración de cada articulación.

V.- SISTEMATIZACIÓN DEL ESTUDIO

El trabajo es guiado mediante la planeación de los pasos en que se lograrán cada uno de los objetivos. Así, el primer objetivo se logra analizando la



Diagrama de modelos para la Cinemática Directa, Inversa y control de trayectoria.

SISTEMAS DE COORDENADAS: DENAVIT-HARTENBERG

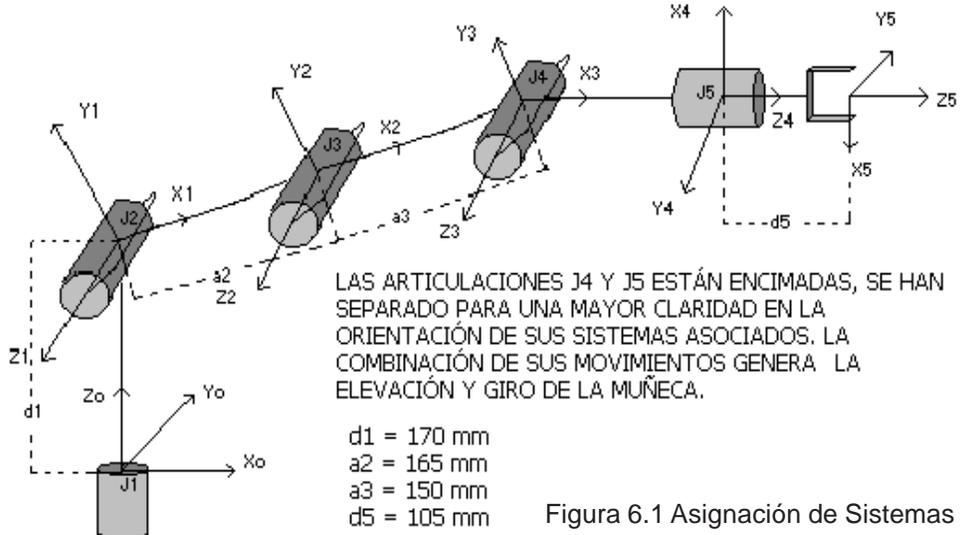


Figura 6.1 Asignación de Sistemas

cinemática de posición utilizando métodos matriciales y trigonométricos para establecer modelos, tanto para la cinemática directa como inversa, en tanto que el segundo correspondiente al control de la trayectoria se logra utilizando el concepto de interpolación de trayectorias aplicando un spline cúbico.

VI.- ESTABLECIMIENTO DE MODELOS

Es importante que los modelos obtenidos sean consistentes y representativos del sistema en estudio, para conseguirlo se han considerado las siguientes acciones:

a) Establecer un diagrama de bloques que indique las formas de lograr los objetivos planteados, visualizando así las posibles conexiones entre los diferentes modelos.

b) Incluir en el modelo sólo los aspectos del sistema que son relevantes a los objetivos de estudio. Así, se toman en cuenta las dimensiones de los elementos del brazo,

como también los rangos válidos de giro de cada una de las articulaciones.

c) Verificar que los resultados obtenidos al ejecutar los modelos, representen las propiedades estudiadas del sistema real.

De la figura 6.1, se obtiene un modelo para la cinemática directa aplicando el método Denavit-Hartenberg. De la misma figura y analizando desde el extremo de la pinza hasta la base, se establecen tanto un modelo para la cinemática directa como para la inversa de acuerdo al método trigonométrico.

Para el modelo de la cinemática inversa por el método matricial, se aplican las propiedades de transposición e igualdad de matrices, obteniéndose expresiones para todas las articulaciones: $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ y θ_5 , sólo que las expresiones para θ_2 y θ_3 son redundantes (quedan expresadas una en función de la otra), por lo que se analiza la figura 6.2 que representa el mecanismo de la muñeca a la base, para obtener una expresión para θ_2 y así justificar todo el conjunto de ecuaciones.

Donde $\theta_2 = \beta + \alpha$ y para encontrar el valor de estos ángulos es necesario conocer los segmentos A y D en el triángulo HMN, y el segmento B en el triángulo HCM, respectivamente.

Esencialmente las tareas realizadas por el robot Mentor, son las de tomar y

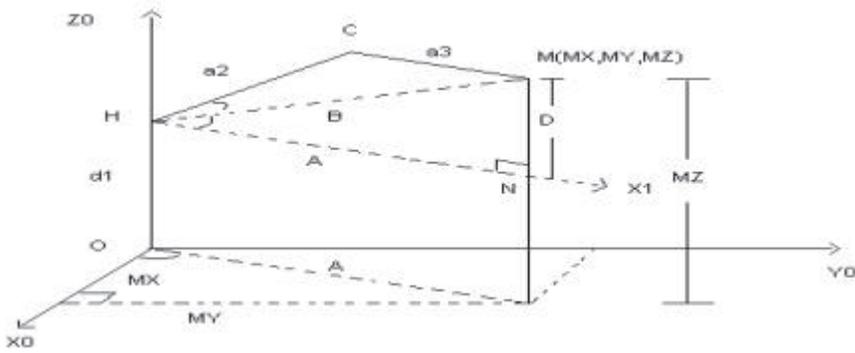


Figura 6.2 Sistema para obtener θ_2, β, α

colocar un objeto desde una posición inicial P_o hasta una posición final P_f por lo que el método conveniente de control de trayectoria es el llamado punto a punto; nuestro interés es entonces definir un polinomio que genere una trayectoria entre ambas posiciones, conteniendo las variaciones en el tiempo de los valores de las variables de articulación y proporcionando además información sobre la velocidad y aceleración en cada punto de la trayectoria.

Se busca un polinomio de tercer grado, por ser éste el de menor grado que proporciona la información requerida, figura 6.3, y es de la forma:

$\theta(t) = a_0 + a_1(t-t_o) + a_2(t-t_o)^2 + a_3(t-t_o)^3$
y debe satisfacer las condiciones siguientes:

- Posición inicial: $\theta_i(t_o) = \theta_o$
- Posición final: $\theta_f(t_f) = \theta_f$
- Velocidad inicial: $\theta_i'(t_o) = \theta_o'$
- Velocidad final: $\theta_f'(t_f) = \theta_f'$

El problema se reduce a resolver el siguiente sistema de ecuaciones:

Posición inicial:

$$\theta_o(t) = a_0 + a_1(t_o) + a_2(t_o)^2 + a_3(t_o)^3$$

Velocidad inicial:

$$\theta_o'(t) = a_1 + 2a_2(t_o) + 3a_3(t_o)^2$$

Posición final:

$$\theta_f(t) = a_0 + a_1(t_f) + a_2(t_f)^2 + a_3(t_f)^3$$

Velocidad final:

$$\theta_f'(t) = a_1 + 2a_2(t_f) + 3a_3(t_f)^2$$

Los coeficientes quedan determinados de la siguiente manera:

$$a_0 = \theta_o$$

$$a_1 = \theta_o'$$

$$a_2 = [3(\theta_f - \theta_o) - (2\theta_o' + \theta_f')(t_f - t_o)] / (t_f - t_o)^2$$

$$a_3 = [2(\theta_o - \theta_f) + (\theta_o' + \theta_f')(t_f - t_o)] / (t_f - t_o)^3$$

VII.- ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE SIMULACIÓN

Esta tarea puede resultar relativamente difícil y tardada, dependiendo de la complejidad y de las exigencias del sistema modelado; es recomendable que las tareas de construcción del modelo matemático y del programa, se efectúen en forma paralela. De esta ma-

nera es posible ver qué tan general es el modelo obtenido y a la vez si es necesario, determinar parámetros extras inherentes al sistema, para proporcionar una mayor información al programa de tal manera que se simplifique su elaboración.

Para la programación de los modelos y lograr los objetivos ya mencionados, el software (en el apéndice se muestran algunas pantallas, figuras 7.1 y 7.2) se compone de las siguientes partes integrantes:

a) **Información general sobre robótica:** Se da información sobre el carácter multidisciplinario de la robótica, se describe el sistema del robot Mentor, se muestra un algoritmo para el control de la trayectoria y los objetivos del trabajo.

b) **Modelos cinemáticos:** Permite comprobar en un entorno numérico la corrección y exactitud de los modelos cinemáticos encontrados.

c) **Control de trayectoria:** Muestra la variación de la posición, velocidad y aceleración de cada articulación en un entorno gráfico y numérico, en un recorrido que toca tres puntos.

d) **Simulación del movimiento:** Se muestra un modelo de alambre que simula los movimientos del robot; puede moverse cada articulación en forma independiente o bien indicar dos posiciones (inicio y fin) para moverse cíclicamente. Muestra además la posición y orientación de la mano en el espacio en forma gráfica y numérica.

VIII.- VALIDACIÓN DEL MODELO

El procedimiento recomendado es el de comprobar que los resultados obtenidos por los modelos se encuentren dentro del rango de variación de los parámetros reales del sistema, en este sentido es muy conveniente tratar de verificar la validez del modelo antes de

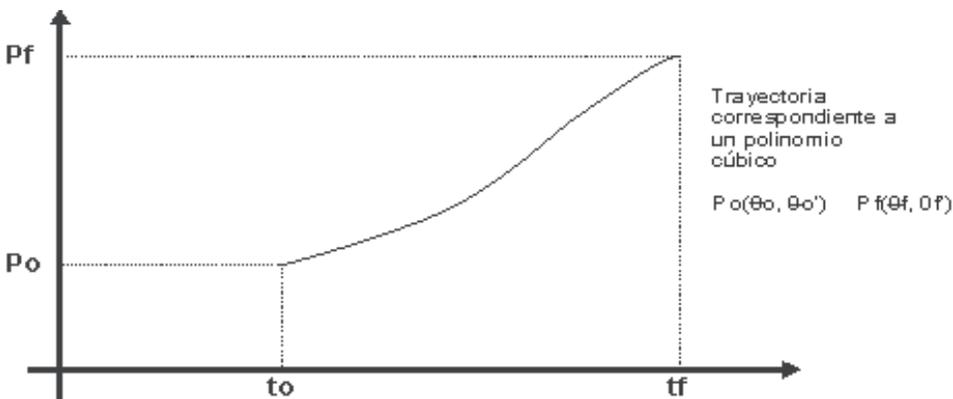


Figura 6.3 Trayectoria de un polinomio cúbico

su programación para poder detectar los errores propios del modelo y los originados en la programación; para ésto, se puede asignar, hasta donde sea posible, un conjunto de variables de entrada al menos de las condiciones más representativas del sistema (posiciones normales y singulares del brazo, por ejemplo; que la pinza esté dentro o en la frontera del volumen de trabajo, posiciones de codo arriba codo abajo, etc.) y analizar las salidas correspondientes.

IX.- DISEÑO DE EXPERIMENTOS

El objetivo es obtener información bajo un cierto orden, efectuando el número de corridas que sea necesario, con la idea de verificar si los modelos cumplen con los objetivos deseados; así se ha definido un conjunto de valores para las variables de entrada (desplazamiento angular de las articulaciones) que caracterizan todas las posiciones posibles que puede adoptar el brazo; de esta manera no sólo se evita evaluar los modelos para valores repetidos de las variables, sino que realmente se prue-

ban los modelos en todos los posibles estados del sistema, es decir, cualquier posición posible alcanzable por el brazo.

X.- SIMULACIÓN Y ANÁLISIS

Finalmente se diseñan prácticas de simulación, para interpretar los resultados en función del sistema real. Así es posible responder a preguntas que impliquen analizar los aspectos más relevantes como: ¿qué significa grados de libertad?, ¿qué relación existe entre la velocidad y la posición de la pinza en los extremos de su trayectoria?, ¿en una posición dada, cuántos resultados debe arrojar el modelo de la cinemática inversa?, ¿cómo determinar el volumen de trabajo del mecanismo?, etc., las respuestas a éstas y más interrogantes, permitirá al usuario del software no sólo entender los conceptos básicos de la robótica, sino también en este caso, poder conocer mejor el funcionamiento del sistema simulado, manejarlo más eficientemente y proponer mejoras en su funcionamiento.

CONCLUSIONES

Se puede considerar que los modelos encontrados, así como los resultados de la simulación, son significativos para el conocimiento de la cinemática de posición del robot MENTOR y pueden ser generalizados para cualquier otro brazo con articulaciones giratorias localizadas en un mismo plano.

Al aplicar el procedimiento descrito, permitirá al personal involucrado en la determinación de los modelos matemáticos, aprender una metodología general en el análisis y simulación de sistemas; además, de lograr comprender en forma integral los problemas relacionados con el manejo de sistemas robóticos. El programa para la simulación es utilizado en la implementación de prácticas virtuales donde los alumnos aprenden conceptos básicos, para luego pasar al sistema real.

Finalmente, para el caso de utilizar los modelos matemáticos establecidos en el control de un sistema real, se debe considerar la necesidad de establecer el menor número de ecuaciones posibles, pues ésto puede ser de vital importancia cuando se programa en tiempo real.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Robot Dynamics Algorithms. Analsys Roy Featherston Kluwer Academic Publishers.
- 2) Robot Dynamics And Control. Mark W. Spong y M. Vidyasagar Wiley International edition
- 3) Robotics for Engineers. Yoram Koren McGraw-Hill
- 4) Robótica: Control Detección e Inteligencia K. S. Fu, R. C. Gzález, C. S. G. Lee. Editorial McGraw-Hill
- 5) Applied Robotic Robert E. Perkin. Prentice-Hall In





APÉNDICE

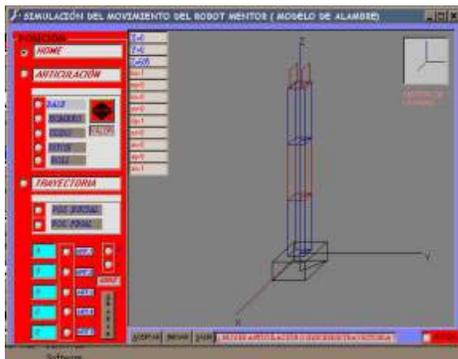


Figura 7.1 Posición de home

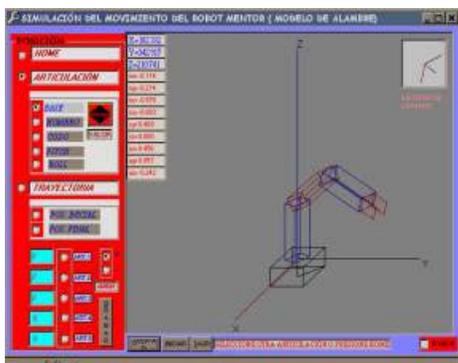


Figura 7.2 Posición arbitraria

RESEÑA DEL AUTOR

Es ingeniero en Electrónica, Jefe de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Posee amplia experiencia en modelado, simulación y control de mecanismos robóticos. La versión original del artículo "Enseñanza de robótica mediante el modelado y simulación computacional", se presentó en el VII Congreso Anual de la SOMIM A.C. Actualmente estudia la Maestría de Ingeniería Mecánica en el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, en colaboración con la Universidad Nacional Autónoma de México.

ANÁLISIS, REPRESENTACIÓN, MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS DE MANUFACTURA

Baldomero Lucero Velásquez

Eusebio Jiménez López

RESUMEN

La técnica CGS (Constructive Solid Geometry) ha sido utilizada para soportar el modelado de sólidos asociado a diversas herramientas computacionales que asisten al diseño y la manufactura de productos. En este reporte interno de investigación se presenta una parametrización y sistematización del álgebra de Boole. Dicha álgebra es la base teórica de la técnica CSG. Sobre el conjunto de sólidos regularizados (B) se definen tres operaciones: «unión» (\cup), «intersección» (\cap) y «diferencia» ($-$) mediante las cuales, se demuestran todas las propiedades de la estructura ($B, \cup, \cap, -$). Posteriormente, se parametrizan en términos de manufactura, tanto al conjunto (B) como a las operaciones booleanas. Fueron utilizados los principios de: encajabilidad, contacto y descomposición entre sólidos, para determinar y caracterizar tres tipos de operaciones de manufactura: «la diferencia de maquinado» y dos tipos de «uniones: por ensamble y por soldadura», todas ellas derivadas de un nivel de abstracción máximo asociada a la información de manufactura. Los





process of manufacture.

Key Words: CAD, CAM, CSG, Algebra of Boole; Modeling of Solids.

INTRODUCCIÓN

El conjunto de sólidos regularizados y las hipótesis fundamentales.

Uno de los primeros modelos que caracterizan la transformación geométrica de componentes basada en la manipulación de cuerpos sólidos y operaciones booleanas es conocida como modelado de sólidos [5]. El CSG

resultados obtenidos podrán ser aplicados en la construcción de modelos representativos de procesos de manufactura.

Palabras clave: CAD, CAM, CSG, álgebra de Boole, modelado de sólidos.

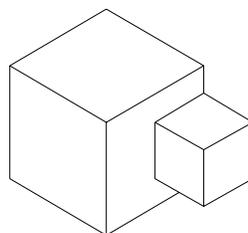
ABSTRACT

The technique CGS (Constructive Solid Geometry) is utilizable to support the modeling of solids associated to diversity of tools to compute that assistant at design and manufacture of products. In these articles of investigation it present itself a parameterization and systematization of the algebra of Boole. The base theory of the technical «CSG» is the algebra of Boole. Above the united of solids regularize (B); by definition three operations: «Union» (\cup); «Intersection» (\cap); Difference(-); by means of these property of the structure (B, \cup , \cap ,-). Subsequently, itself parameterize in terms of manufacture so much at united

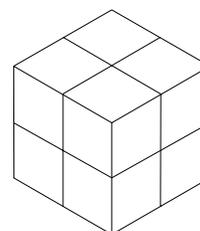
(B) as the operations booleanas. Itself utilizable the principles of: Insertion, contact and decomposition between solids, to determine and characterize three types of operations of manufacture: «The difference of machination» and two types of «Unions: For joint and welding», all it derived of a levels of abstraction maximum associated obtained can be applicable in the construction of models representative of

(Constructive Solid Geometry) es una técnica que se apoya en el álgebra de Boole para representar las operaciones usuales de unión, intersección y diferencia aplicadas a los sólidos. De hecho el CSG forma la base fundamental de los sistemas CAD que integran modeladores sólidos [1].

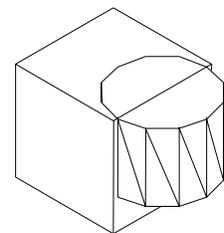
El interés en esta parte, es presentar al conjunto de sólidos regularizados y las hipótesis fundamentales, las cua-



a) Contacto por frontera



b) Descomposición



c) Encajabilidad

Figura 1.1 Estados iniciales.

I_1	Descripción
H	Homogénea
HF	Homogénea en la frontera
NH	No homogénea
C_1	Clase 1
C_2	Clase 2
C_3	Clase 3

Tabla 1.1 Caracterización del conjunto I_1 .

les serán utilizadas más adelante para sistematizar la estructura algebraica $(B, \cup, \cap, -)$ conocida comúnmente como álgebra de Boole[3]. El dominio de dicha estructura representado por «B», es el conjunto de sólidos regularizados. En principio, se puede afirmar bajo el «axioma de impenetrabilidad» que dos sólidos no se pueden penetrar, en realidad sólo se permite el contacto por sus fronteras. Bajo tal argumento, no es posible direccionar el álgebra de Boole hacia la transformación de sólidos en componentes simples o complejos. Para ello, se requiere cambiar de dominio bajo la «hipótesis de encajabilidad», es decir, permitir que dos sólidos puedan encajarse el uno al otro. El CSG se basa en esta hipótesis.

Por otro lado, no es factible para nuestros propósitos, usar el principio de disyunción (manejado comúnmente en los modeladores de sólidos), para caracterizar transformaciones de componentes (representados por sólidos), pues el objetivo es usar el álgebra de Boole para representar transformaciones de mate-

rias primas en productos terminados. En esta parte se presenta la parametrización en términos de geométricos del conjunto de sólidos regularizados y de las operaciones $U: B \times B \rightarrow B$, $\cap: B \times B \rightarrow B$ y $-: B \times B \rightarrow B$. El propósito es caracterizar nuevas operaciones a partir del conjunto $(\cup, \cap, -)$ usando una relación geométrica y el concepto de evento de la operación. Son utilizados las relaciones de contacto, encajabilidad y descomposición de sólidos regularizados para establecer los estados inicial y final de los sólidos, mediante los cuales se caracterizan las variantes del conjunto $(\cup, \cap, -)$ [3].

rias primas en productos terminados.

1. Parametrización geométrica de las operaciones booleanas.

En esta parte se presenta la parametrización

1.1. Caracterización geométrica de las operaciones.

Es de especial interés en esta sección analizar y caracterizar operaciones (de carácter geométrico) derivadas, las operaciones de unión, intersección y diferencia, con el propósito de representar más adelante operaciones reales de manufactura. Asimismo, los principios de contacto, encajabilidad y descomposición de sólidos regularizados son tomados en cuenta para nuestros propósitos. Las operaciones caracterizadas en esta sección dependen de un evento y dos estados, éstos son:

- 1) Estado inicial de los sólidos (contacto, encajabilidad, descomposición).
- 2) Forma geométrica final del sólido generado (estado final).

La figura 1.1 muestra tres estados iniciales asociados al contacto, encajabilidad y descomposición de sólidos.



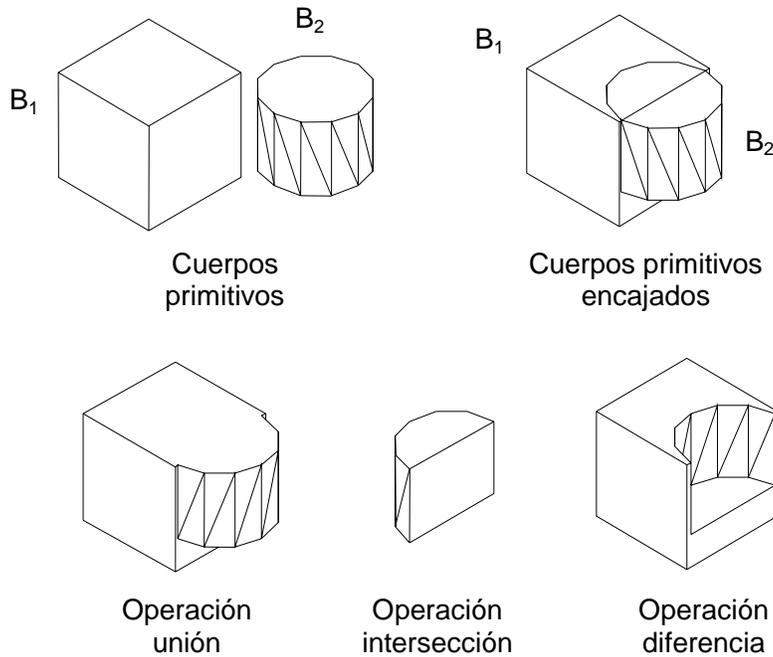


Figura 4.1 Operaciones booleanas.

Consideremos ahora la siguiente función:

$$s : I_1 \rightarrow O_B \quad (1.1)$$

definida por:

$$s(i) = O_{B_{1i}} \quad \forall i \in I_1, O_{B_{1i}} \in O_B$$

Aquí, I_1 es un conjunto de índices y O_B es el conjunto de las operaciones booleanas, es decir, $O_B = \{\cup, \cap, -\}$. Las características del conjunto $I_1 = \{H, HF, NH, C_1, C_2, C_3\}$ se presentan en la tabla 1.1.

En particular, el subconjunto $\{H, HF, NH\}$ está asociado a la operación unión, en tanto el subconjunto $\{C_1, C_2, C_3\}$ está relacionado con la operación diferencia.

Nota: La operación intersección será estudiada en un futuro trabajo.

La asignación de los elementos del conjunto I_1 al conjunto O_B mediante la regla de correspondencia «s» está gobernada por el efecto o estado final del sólido generado por las operaciones, así como de las hipótesis relacionadas con los estados iniciales de los sólidos.

2. Operaciones abstractas de manufactura.

En esta parte, se presentan tres operaciones abstractas de manufactura; unión por soldadura, unión por ensamble y diferencia de maquinado. Para relacionar las operaciones «unión homogénea, unión no homogénea y diferencias clase 1 y clase 3» con las anteriormente descritas, utilizaremos una equivalencia geométrica dada principalmente por el estado final del sólido transformado. Daremos también en esta sección, nombre a los sólidos regularizados en función de manufactura, es decir, «materias primas, material extraído o agregado, sub-parte y producto finalizado».

2.1 Algunas consideraciones sobre las operaciones abstractas de manufactura.

La principal tarea de un sistema de

manufactura es la transformación de materias primas en productos finalizados [3,8]. En dicha acción se requieren operaciones diversas, tales como ensambles, maquinados y soldaduras, entre otras. En particular, algunas operaciones pueden ser representadas por operaciones abstractas como la unión, intersección y diferencia. Asimismo, las materias primas, el material extraído o anexado, los subproductos y los productos finalizados pueden ser idealizados a través de sólidos regularizados. En consecuencia, el álgebra de Boole permite estudiar y generar modelos abstractos de manufactura.

Cada operación real de manufactura tiene características propias que las diferencian, por ejemplo, las soldaduras añaden material a la unión de dos metales, en tanto los maquinados extraen material de las materias primas[3]. Otra característica importante la cual representa la base de la presente investigación, es la transformación geométrica que las operaciones producen en las materias primas. Así, un proceso de ensamble no requiere penetrar fronteras, en tanto, las operaciones de soldadura si necesitan del factor penetración. Los maquinados extraen sólido transformando las fronteras del material base.

Las transformaciones geométricas pueden ser modeladas usando la relación de contacto, la encajabilidad y la descomposición de sólidos regularizados. Geométricamente las operaciones unión, intersección y diferencia definidas en la parte anterior se representan en la figura 4.1.

Observe en la figura anterior que los sólidos B_1 y B_2 están encajados el uno al otro. Por otro lado, las geometrías asociadas a los sólidos regularizados por definición están bien definidas. Para nuestros propósitos utilizaremos geometrías conocidas para modelar las transformaciones de materias primas en productos finalizados.

2.2. Propiedades de manufactura.

En general, una operación real de manufactura, como un taladro, requiere de toda la información de proceso (herramientas, materia prima, maquinaria, tiempos, etc). Analizar una operación real implica integrar no sólo la información propia de la operación, sino también las propiedades, (densidad, energía consumida, fuerzas de corte, etc).

Para aplicar el marco teórico de la Álgebra de Boole y los resultados de las anteriores partes, es necesario utilizar un nivel de abstracción máximo sobre la información de manufactura de las operaciones reales. Este hecho implica usar la mínima información posible para generar las operaciones abstractas de manufactura.

Es bien sabido que los maquinados extraen material de una materia prima reduciendo el volumen y transformando los sólidos. Las soldaduras añaden material e incrementan el volumen. En tanto, los ensambles, dan forma a un producto sin afectar las fronteras de las materias primas. Podemos también agregar que los maquinados rompen fronteras, así como las soldaduras. Los ensambles conservan las fronteras de las materias primas en el estado final.

Es posible estudiar la naturaleza de las operaciones analizando las características del sólido generado, principalmente, la forma, el interior y su frontera, incluyendo, además, el aumento y disminución de volumen de acuerdo al volumen de las materias primas en el estado inicial.

2.3 Caracterización de operaciones abstractas de manufactura

Sea $I_2 \subset I$ el subconjunto de índices compuesto por $I_2 = \{M \text{ (Maquinado), } S \text{ (soldadura), } E \text{ (Ensamble)}\}$. Cada índice representa una operación real de manufactura y la información asociada (nivel máximo de abstracción) se detalla a continuación:

- Los maquinados (M) eliminan fronteras y reducen el volumen de las materias primas. Además, es necesario la existencia de dos sólidos; uno que representa la materia prima y otro la herramienta que remueve el material.
- Las soldaduras (S) eliminan fronteras y añaden material al producto resultante incrementando el volumen. Es necesaria la existencia de dos o más sólidos, en particular, dos materias pri-



mas y un sólido que representa el cordón de soldadura.

• Los ensambles a presión (E) no eliminan fronteras de las materias primas, el volumen del producto resultante, es la suma de los volúmenes de las materias primas. Son necesarios dos o más sólidos en este proceso.

Observación 1.1 La cantidad de información asociada a cada índice (M,S,E) es suficiente para relacionar las operaciones reales de manufactura con las operaciones abstractas, siguiendo un máximo nivel de abstracción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Chris McMahon and Jimmie Browne. CAD/CAM: Principles, practice and manufacturing management. (1997). 2nd Edition. Addison Wesley.

[2] Sarma, Sanjay E., Wright, Paul K. Decision monotonicity in incremental design: a case study of design for manufacture. Research in Engineering Design. (1997). pp 235-245.

[3] L. Marín. Las Ecuaciones de Volúmenes modificadas. Tesis de grado de Maestría en Ingeniería Mecánica. (2000). DEPFI-UNAM.

[4] Hastie, C. And McCausland C.D., An object approach to the development of a constructive geometric model for computer aided design, manufacturing and inspection system. Imech Conference Transactions, (1995), pp. 261-267.

[5] E, Jiménez, L, Reyes, L. Marín, G, Villar, J. Corona, J. Álvarez. Representación de un proceso de maquinado usando una matriz de primitivas. SOMIM. 2001(Próximo a salir).

[6] V. Kumar, D. Burns, D. Dutta, C. Huffman, A framework for object modeling, Computer Aided Design, (1999), N° 31, pp. 541-556.

[7] E, Jiménez, L, Reyes, D. Torres, J. Ruelas, A. Soto. Sobre la sistematización de la planeación operacional de sistemas de manufactura. Parte I: El marco teórico. Sistematización del álgebra de Boole en el conjunto binario. Reporte interno de investigación DEPFI-SME-MME-DMEC-MAV-01-2001. UNAM – ITESCA.(En edición).

[8] L. Rojas. Algunas Consideraciones sobre la planeación táctica y operacional, Tesis de grado de Maestría en Ingeniería Mecánica, 2000, DEPFI-UNAM.

[9] E. Jiménez. Simulación de un pro-

ceso de manufactura con obstáculo en la línea de producción. Tesis de Grado de Maestro en Ingeniería Mecánica.(1998). DEPFI-UNAM.

[10] A. Rubio. Evasión de obstáculos mediante multicuerpos rígidos. Tesis de Grado de Maestro en Ingeniería Mecánica.(2000) DEPFI-UNAM.

[11] Satgandra K. Gupta, Dana S. Nau, William C. Regli, Guangming Zhang. A methodology for systematic generation and evaluation of alternative operation plans. Advances in feature – based manufacturing. (1994). Elsevier / North Holland.

[12] Chuan – Jun Su, Fuha Lin, Lan Ye. A new collision detection method for CSG – representated objects in virtual manufacturing. Computer in Industry. (1999). 40, pp 1-13.

[13] A. Fregoso, Los elementos del lenguaje de la Matemática. Parte I, Lógica y conjuntos, (1977). Ed. Trillas, México D.F.

[14] A. Fregoso, Los elementos del lenguaje de la Matemática. Parte 2, Funciones, (1972).Ed. Trillas, México D.F.

[15] Herbecek, Karel, Introduction to set theory, Marcel Dekker Inc. (1999). New York.

RESEÑA DEL AUTOR

Autor,

Baldomero Lucero Velásquez

Jefe de la Carrera en Ingeniería Industrial. Candidato a Maestro en Ingeniería Mecánica por la Universidad Nacional Autónoma de México. Profesor Investigador del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.

Coautor,

Eusebio Jiménez López

Maestro en Ingeniería Mecánica. Candidato a Doctor en Ingeniería Mecánica. Profesor Investigador por la Universidad Nacional Autónoma de México.





DEL CONFÍN AL SINFÍN DEL MUNDO...

DEL CONFÍN AL SINFÍN DEL MUNDO...

El hombre representa una humanidad que configura su propia humanidad... lo cansado es el esfuerzo constante y la mano en el fuego es el atrevimiento permanente de conocer más..

Conocer más, no más quien rige el universo, pero sí más que nuestros padres... ¿Para qué?

Para vivir mejor...

El conocimiento brota, al romperse el abrupto bloque de la ignorancia, cúbicamente perfecto... punto, línea, triángulo, prisma, cubo, esfera...

Y en lo alto algo superior rige majestuosamente, proyectando hasta el infinito, los movimientos del hombre...

Finalmente el equilibrio, la serenidad, la calma, la sabiduría... y el deseo de mejorar.

Ciclo en el que se configura el avance científico con la inseparable espiritualidad de nuestro género...

Parafraseando a Brunner, el contenido del curso es el hombre: Su naturaleza como especie, las fuerzas que han configurado y siguen configurando su humanidad. A través de todo él se repiten tres preguntas:

¿Qué es propiamente humano en los seres humanos?

¿Cómo emprendieron este camino?

¿Cómo pueden llegar a ser más humanos?



Diseño: Luciano Armando Cervantes García
Plasmada en la entrada principal del ITESCA
por: Francisco Cárdenas Angüis