

# ENTORNO Académico

Investigación - Ciencia - Tecnología - Cultura



Robot CRS de 6 grados  
de Libertad

Año 2, Número 4, Agosto-Diciembre 2003

## **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 Córdoba**

Director General

[hvindiola@itesca.edu.mx](mailto:hvindiola@itesca.edu.mx)

**MI. Sergio Pablo Mariscal Alvarado**

Subdirector Académico

[spma2000@itesca.edu.mx](mailto:spma2000@itesca.edu.mx)

**C.P. Rosa María Moreno Candelas**

Jefa de la División de Administración y Finanzas

[rmoreno@itesca.edu.mx](mailto:rmoreno@itesca.edu.mx)

**Lic. Clara E. Mark Corona**

Jefa del Departamento de Planeación  
y Desarrollo de Sistemas

[cmark@itesca.edu.mx](mailto:cmark@itesca.edu.mx)

**Lic. Lourdes Portela Peñúñuri**

Jefa del Departamento de Vinculación

[lportela@itesca.edu.mx](mailto:lportela@itesca.edu.mx)

**Ing. Alejandro Faccineto Ruiz**

Jefe del Departamento de Desarrollo Académico

[afaccineto@itesca.edu.mx](mailto:afaccineto@itesca.edu.mx)

**Lic. José Luis Delgado López**

Jefe del Departamento de Apoyos Académicos

[jdelgado@itesca.edu.mx](mailto:jdelgado@itesca.edu.mx)

**Ing. Octavio Ibarra Zayas**

Jefe del Departamento de Operación Académica

[oibarra@itesca.edu.mx](mailto:oibarra@itesca.edu.mx)

**Arq. Neptalí Marcial Chávez**

Jefe del Departamento de Infraestructura  
Física y Desarrollo

[nmarcial@itesca.edu.mx](mailto:nmarcial@itesca.edu.mx)

**Mtro. Bruno Pablos Lugo**

Jefe del Departamento de Servicios Escolares

[bpablos@itesca.edu.mx](mailto:bpablos@itesca.edu.mx)

**Ing. José Luis Beltrán Márquez**

Jefe de la Carrera de Ingeniería en  
Sistemas Computacionales

[lbeltran@itesca.edu.mx](mailto:lbeltran@itesca.edu.mx)

**Arq. Jerónimo Takeshi Dohi Fujii**

Jefe de la Carrera de Arquitectura

[dohi@itesca.edu.mx](mailto:dohi@itesca.edu.mx)

**Ing. Rubén Navarro García**

Jefe de la Carrera de Ingeniería en  
Electrónica y Telemática

[navarro@itesca.edu.mx](mailto:navarro@itesca.edu.mx)

**Ing. Adolfo Elías Soto González**

Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica

[asoto@itesca.edu.mx](mailto:asoto@itesca.edu.mx)

**Ing. Baldomero Lucero Velázquez**

Jefe de la Carrera de Ingeniería Industrial  
en Manufactura

[blv@itesca.edu.mx](mailto:blv@itesca.edu.mx)

**Lic. Belinda La Madrid Bours**

Coordinadora de la Carrera de Licenciado  
en Administración

[blamadrid@itesca.edu.mx](mailto:blamadrid@itesca.edu.mx)

**Ing. Fco. Javier Ochoa Estrella**

Jefe del Centro de Tecnología Avanzada

[fochoa@itesca.edu.mx](mailto: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](mailto: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](http://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 cuarto 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 cuarto volumen electrónico que contiene la primera parte de un conjunto de trabajos de investigación aplicada presentado por profesores investigador del ITESCA en el Tecnológico de Ecatepec (Estado de México), en el mes de Septiembre 2004. Estos trabajos de investigación aplicada colocan al ITESCA a la vanguardia de los tecnológicos del sistema como institución encapsuladora de conocimiento y soluciones para problemáticas y necesidades regionales.

## **Perfil de estilos y enfoques de aprendizaje de aspirantes a las carreras de un ITS artijculo**

**Alejandro Jacobo Castelo.**

[ajacoboc@prodigy.net.mx](mailto:ajacoboc@prodigy.net.mx). Tel. (644) 416 40 65

Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.

Carretera Internacional a Nogales, Km. 2.

### **RESUMEN**

Con la finalidad de obtener información acerca de la manera como enfrentan las tareas académicas los aspirantes a ingresar a una institución de educación superior tecnológica, se realizó un estudio exploratorio y descriptivo tendiente a determinar su perfil de estilos y enfoques de aprendizaje. La información recabada es un importante complemento del perfil de conocimientos que se obtiene durante el proceso de admisión a las diversas carreras.

Para recoger los datos se utilizó una versión traducida del Inglés de un inventario corto elaborado por Entwistle (1988), el cual arroja puntuaciones que permiten observar tendencias de estilos de aprendizaje serialista y holístico (preferencia de una lógica determinada) y las patologías asociadas a cada uno de ellos, así como enfoques profundo, superficial y estratégico -intenciones de memorizar, comprender u obtener buenas notas (Entwistle, 1988a).

Participaron en el estudio 463 aspirantes a siete carreras, el 50.3% de sexo masculino y el 49.7% femenino. El 48% aspira a carreras no ingenieriles (Admón. de empresas turísticas y Admón. de negocios internacionales) el resto se distribuyó entre Arquitectura (9.1%), Ing. Industrial en

manufactura(2.4%), Ing. Electrónico en telemática(4.5%), Ing. Mecánico(9.7%) e Ing. en Sistemas computacionales (26.1%).

Los datos se recabaron durante los días 11 al 13 de junio de 2003. Se obtuvo el coeficiente de confiabilidad de las medidas arrojadas y se realizaron diversos análisis estadísticos univariados, bivariados y multivariados. Se obtuvieron los puntajes de siete escalas del inventario(Orientación al logro, Aprendizaje reproductivo, Significado, Comprensión, Aprendizaje operativo, Versatilidad y Patologías de aprendizaje. Con ellos se obtuvo el perfil de estilos y enfoques de aprendizaje y se comparó de acuerdo con las variables sexo, tipo de escuela de procedencia, modalidad de bachillerato de procedencia y carrera a la que aspiran ingresar.

Los resultados generales mostraron puntajes dentro del promedio en las siete escalas; sin embargo al comparar los puntajes agrupados por sexo, modalidad de bachillerato, tipo de escuela y carrera se observaron diferencias en las diversas escalas. En general los aspirantes muestran estilo predominantemente versátil, enfoque de aprendizaje estratégico, tendencia al aprendizaje memorístico y patologías de aprendizaje.

## INTRODUCCION

Los bajos niveles de comprensión alcanzados por los estudiantes universitarios frecuentemente son referidos por los maestros como uno de los principales problemas que tienen que enfrentar diariamente en el aula; a pesar de que las instituciones incluyen en los currícula opciones para el fomento y desarrollo de las habilidades de lectura a través de cursos o asignaturas, los trabajos enfocados a analizar cómo enfrentan la tarea de comprender lo que leen son cuando menos escasos. Se ha llegado a afirmar que en las universidades hay analfabetismo funcional (Argudín, 1992, 1994; Argudín y Luna, 1995). Además, las instituciones educativas carecen de información acerca de aspectos cualitativos del aprendizaje de los estudiantes, esto es de los estilos y enfoques con los que enfrentan las tareas académicas.

En el presente estudio se pretende obtener información sobre los estilos y enfoques de aprendizaje de una cohorte de alumnos que solicitó su ingreso durante el mes de junio de 2003 a un Instituto Tecnológico descentralizado. Esta información, además de ser útil en la descripción de los estilos y enfoques predominantes de los estudiantes que solicitan ingreso a la educación superior, se pretende aportar información adicional a la que se recaba durante el proceso de admisión. En el caso de la institución donde se realizó el estudio, los aspirantes son sometidos a una batería de exámenes que arrojan datos acerca de los conocimientos del alumno en ciencias formales (Matemáticas y Lógica) y naturales (Física y Química), pero carecen de información acerca de los procesos de aprendizaje de los alumnos. El presente estudio intenta ayudar a la comprensión de las formas en que los alumnos se aproximan a sus procesos de aprendizaje.

Los intereses en la investigación de los procesos de la comprensión han sido diversos. Una línea de investigación se ha interesado en los procesos cognitivos (ver por ejemplo Díaz Barriga y Aguilar, 1988) partiendo del principio de que en la comprensión entran en operación esquemas conceptuales previos los cuales permiten la selección, verificación o reestructuración de la información o de los

propios esquemas durante un proceso en el que interactúan intensamente los índices psicolingüísticos del texto y las estrategias cognoscitivas del lector. El lector pone en operación diversas estrategias cognoscitivas para organizar (ordenar la información del texto), focalizar (precisar y reubicar las ideas del texto con la intención de dar respuesta a alguna pregunta), elaborar (creación de nuevos elementos que hacen más significativo el contenido), integrar (resignificar el contenido al relacionarlo con otros conocimientos) y verificar (cotejar la coherencia de las interpretaciones parciales y la inclusión de todos los elementos contenidos en el texto). Las estrategias cognoscitivas son utilizadas de manera más o menos inconsciente; sin embargo hay estrategias metacognitivas utilizadas conscientemente, las cuales sirven para planificar, regular y evaluar su propio proceso de comprensión.

Otra línea de investigación desarrollada desde los años 80 en Gran Bretaña, Suecia, Australia se interesa por conocer los estilos y enfoques preferidos por los alumnos. (Entwistle, 1988a, 1988b), con especial interés en conocer las intenciones y la lógica utilizada al momento de abordar la tarea de leer un artículo académico. Con esta perspectiva se ha llegado a determinar que los estudiantes se aproximan a los textos académicos con estilos y enfoques diferentes los cuales producen diferentes niveles de comprensión. Además, los estilos y enfoques se relacionan estrechamente con algunas prácticas de enseñanza que los promueven o los inhiben en la escuela.

Los estudios, realizados por Ference Marton y Anders Fransson en la Universidad de Gotemburgo (Entwistle, 1988a) revelaron la presencia de tres enfoques de aprendizaje: profundo, superficial y estratégico. En el enfoque profundo lo característico es la intención de comprender; en el superficial, cumplir los requisitos mínimos de la tarea (memorizar mecánicamente) y en el estratégico u obtener las mejores notas. En cada caso la calidad del aprendizaje es diferente: el enfoque profundo produce aprendizaje de alta calidad; el superficial, de baja calidad y el estratégico, pueden obtener resultados combinados. Cuando la intención

es comprender el alumno tiene un enfoque profundo y el resultado es un aprendizaje significativo; si el enfoque es superficial, el alumno obtiene como resultado un nivel bajo de comprensión o aprendizaje mecánico y memorístico, opuesto al significativo (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983). El aprendizaje significativo implica que el alumno establezca vínculos sustantivos entre el material por aprender y lo que ya sabe integrando los nuevos conocimientos a una amplia red y construyendo significado y sentido personal a lo que lee; en cambio el aprendizaje memorístico, opuesto al significativo, se caracteriza por establecer relaciones arbitrarias entre los nuevos conceptos y la estructura cognitiva, obstaculizando la construcción de significados (Coll y Solé, 2001). Cuando el alumno aborda la tarea con enfoque estratégico la intención no es comprender el tema, ni aprenderlo mecánicamente sino obtener la mayor rentabilidad: mejores calificaciones. El interés del alumno es indagar de qué manera se pueden obtener las mejores notas, recurriendo a estrategias tales como detectar pistas acerca del tema o del maestro, planificar sus actividades de estudio, organizar sus notas y tiempo de estudio.

Los estilos de aprendizaje, por otra parte, se definen como las preferencias personales por una lógica determinada al enfrentar la tarea de leer (Pask, en Entwistle, 1988b). Cross y Tilson (1997), siguiendo a Cranston, definieron el estilo de aprendizaje agregando elementos del contexto como "la actitud del estudiante al enfocar los métodos de enseñanza y aprendizaje, así como la relación del estudiante con sus pares y con el docente". Los estudios de Pask estaban interesados en saber la forma cómo los alumnos abordaban una tarea que exigía comprensión. Sus experimentos le llevaron a descubrir dos estilos denominados serialista y holista. El estilo serialista se caracteriza porque el alumno prefiere una lógica de foco estrecho, lineal y de paso por paso al leer un artículo para comprenderlo; cuando asume un estilo holístico prefiere una lógica de amplio espectro en la busca deliberadamente relacionar el tema con sus propias experiencias pasadas y con otros temas.

Estudios posteriores reportados por Entwistle ha encontrado que los estilos serialistas son más aptos para el aprendizaje de ciencias en tanto que los holísticos lo son para disciplinas humanísticas (Entwistle, 1988a: 69), aunque algunos estudiantes de ciencias se acomodaban perfectamente con ambos estilos. A estos, Pask los denominó versátiles. Pask también descubrió que los estilos serialista y holístico llevados al extremo, desembocan en lo que denominó patologías de aprendizaje. Así, el extremo del estilo serialista lleva a una patología de imprevisión caracterizada por falta de cautela para percibir similitudes importantes, atención exagerada en similitudes triviales y construcción de conclusiones poco personales y rígidas. El exceso del estilo holístico lleva al alumno a buscar analogías inadecuadas, generalizaciones inexactas y paso ligero a conclusiones sin suficientes evidencias. Esta patología la denominó trotamundos.

Uno de los instrumentos utilizados para evaluar los estilos y enfoques de aprendizaje son los inventarios. Los trabajos experimentales realizados por Marton, Pask y Entwistle llevaron a éste último a construir un inventario para determinar a través de él un perfil de los estilos y enfoques de aprendizaje. El inventario de 30 reactivos se aplicó a 2208 estudiantes universitarios de Artes, Ciencias y Ciencias Sociales ingleses y suecos. El análisis factorial de los datos reveló la estructura subyacente de 7 escalas que dan información acerca de los estilos, enfoques y patologías del aprendizaje (Entwistle, 1988b).

Gutiérrez y Osuna(1996) realizaron un estudio descriptivo y exploratorio tendiente a indagar los estilos y enfoques predominantes en los alumnos de bachillerato del municipio de Cajeme, Sonora. Ellas analizaron una muestra aleatoria, estratificada y proporcional de 56 estudiantes inscritos en el quinto semestre, de ambos sexos, provenientes de 14 planteles de preparatoria utilizando cuatro instrumentos diferentes. Entre estos instrumentos utilizaron una versión traducida del inventario de estilos y enfoques de aprendizaje propuesto por Entwistle (1988b). Un estudio posterior (Jacobo, en preparación) determinó las propiedades psicométricas del inventario aplicándolo a una muestra de 1064



estudiantes universitarios del Sur de Sonora. Este inventario se utilizó en el presente estudio.

### OBJETIVOS

1. Determinar cuál es el perfil de estilos y enfoques de aprendizaje de los aspirantes a ingresar a una institución de educación superior tecnológica.
2. Aportar información descriptiva acerca de los potenciales procesos de aprendizaje de los alumnos aspirantes a las diferentes carreras para complementar la información recabada durante el procedimiento de admisión.

### MÉTODO

#### Población y muestra.

La población estuvo constituida por un total de 614 alumnos que solicitaron ingreso a siete carreras del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, ubicado en Ciudad Obregón, Cajeme, Sonora. Participaron en el estudio un total de 463 alumnos aspirantes (75.4%). De hecho se pretendió aplicar el instrumento a la totalidad pero los días de la aplicación no se presentaron al proceso el resto de estudiantes. Los alumnos procedían de escuelas públicas (81.2%) y privadas (18.8%) y con modalidades de bachillerato tecnológico (49%) y general (51%). La edad promedio de la muestra fue de 18.2 años (D.E. = 2.1), 50.3% de sexo femenino y 49.7% de sexo masculino. Las carreras a las que aspiraban ingresar fueron Arquitecto (9.1%), Ing. Electrónico en Telemática (4.5%), Ing. Industrial en Manufactura (2.4%), Ing. Mecánico (9.7%), Ing. en Sistemas Computacionales (26.1%), Lic. en Administración. de Empresas Turísticas (17.3%), y Lic. en Administración. de Negocios Internacionales (30.7%).

#### Materiales

Se utilizó un inventario de 30 reactivos en cuya estructura subyacen 7 escalas que arrojan puntuaciones indicadoras de estilos, enfoques y patologías de aprendizaje. (Ver Anexo).

Los reactivos se responden en una escala sumativa de tipo Likert (Summers, 1979) con cinco puntos de anclaje en los que el 4 significaba total acuerdo y el 0 total desacuerdo. Las respuestas se anotaron encerrando en un círculo una de cinco opciones, variadas al azar, en una hoja de respuestas. El Anexo 3 muestra la hoja de respuestas.

#### Procedimiento

Los datos se recogieron durante los días 11 al 13 de junio de 2003, en el horario en que los aspirantes fueron citados para resolver los exámenes que la institución aplica como parte del proceso de admisión. Se pidió el apoyo del departamento encargado del proceso y al docente responsable de cada uno de los grupos se le pidió permitiera al investigador y a tres auxiliares, previamente entrenados, acceder a los grupos al finalizar la aplicación de los exámenes de admisión. La aplicación duró entre 15 y 20 minutos. Aunque no había límite de tiempo para responder, las instrucciones incluidas pedían que se respondiera rápidamente. El inventario se presentó en un fólter y la hoja de respuestas aparte.

Los datos recabados en la hoja de respuestas se capturaron en una matriz donde se registraron en cada fila los datos de cada alumno. Cada columna de la matriz contenía los datos de una variable: Sexo, edad, carrera a la que aspiraba, escuela de procedencia, promedio de calificaciones de bachillerato y las respuestas de cada reactivo del inventario.

Los datos de la matriz se procesaron con las herramientas de Microsoft Excel 97 y con el paquete estadístico SPSS versión 11. Con Excel se calcularon sumas, promedios y desviación estándar de las respuestas a los 30 reactivos del inventario, asimismo se agruparon las columnas pertenecientes a cada una de las siete escalas del inventario y se calcularon los promedios de cada sujeto en cada una de las escalas.

Con el SPSS se calculó el coeficiente de confiabilidad alfa de Cronbach, se realizó análisis de varianza de un factor para obtener los promedios de cada escala agrupados por sexo, tipo de escuela de procedencia,

modalidad de bachillerato, así como estadísticos descriptivos varios. Se graficaron los resultados con Microsoft Excel 97.

### RESULTADOS

#### Confiabilidad de la escala

Como medida de la consistencia interna del inventario se obtuvo un coeficiente alfa de Cronbach = 0.68 para la totalidad de la escala. Este es un coeficiente moderadamente alto que expresa que las respuestas al inventario son confiables.

#### Perfil de estilos y enfoques

Se calcularon los estadísticos descriptivos del total de la muestra en cada una de las escalas. Para interpretar los promedios se utilizó un baremo obtenido al aplicar el inventario a 1064 alumnos en un estudio previo (Jacobo, en preparación). En la escala de Logro, indicadora de Enfoque Estratégico, el promedio observado fue de 3.51(moderadamente alto); en Reproducción, indicadora de Enfoque superficial se observó 2.61(moderadamente bajo); Significado, indicador de Enfoque profundo mostró 3.01(moderadamente alto), Comprensión, escala indicadora del Estilo holístico obtuvo 2.47(moderadamente bajo); Operativo, indicador de Estilo serialista tuvo un promedio de 2.95(moderadamente alto); Versatil, indicador de flexibilidad en el estilo alcanzó 3.12(moderadamente alto) y Patología tuvo un promedio de 2.40(moderadamente alto). Los promedios de cinco escalas se ubicaron por encima de la mediana, pero sin rebasar el percentil 75; dos escalas tuvieron promedios por debajo de la mediana pero por encima del percentil 25. (Ver Tabla 1 y Figura 1 en el Apéndice).

Mediante el ANOVA se obtuvieron los resultados en cada una de las escalas por sexo. No hubo diferencias estadísticamente significativas. Las tendencias generales se manifiestan de igual manera en ambos sexos.

Las mayores diferencias entre carreras se observaron en la escala de Comprensión en las carreras de Arquitecto e Ing. Electrónico en Telemática; sin embargo no resultaron

significativas en ANOVA ( $p > 0.05$ ). Al analizar los datos por escuela de procedencia, el ANOVA reveló diferencias significativas ( $p < 0.005$ ) en la escala Operativo (Estilo serialista). Los alumnos provenientes de escuela pública manifiestan una mayor tendencia al estilo serialista de aprendizaje. Los resultados por carrera se resumen en la Tabla 2 y la Figura 2 del Apéndice.

### CONCLUSIONES

Los datos permitieron establecer que el inventario arroja medidas confiables y puede ser útil su aplicación para los propósitos de diagnosticar enfoques, estilos y patologías de aprendizaje desde la perspectiva de los alumnos. Los aprendizajes más valiosos y útiles que puede realizar un alumno en la escuela son aquellos en los que se movilicen y desarrollen al máximo sus potencialidades cognitivas para construir el mundo circundante. De hecho están actualmente en boga en el ámbito académico las ideas de la perspectiva constructivista y del aprendizaje significativo. En esta perspectiva una de sus ideas más potentes es el reconocimiento del papel del sujeto como quien construye significado y sentido y es responsable de su propio proceso de aprendizaje. El estudio de los enfoques y estilos de aprendizaje se inserta en esa perspectiva en la medida en que indaga las formas en cómo el alumno enfrenta los procesos de comprensión.

El estudio realizado por Gutiérrez y Osuna(1996) con bachilleres arrojó resultados alarmantes: cuando se le pidió a los estudiantes de su muestra que leyeran un artículo y respondieran preguntas relacionadas con el tema, se encontró que el 70% de los alumnos tenían niveles bajos de comprensión, el 91% enfrentó la tarea con un enfoque superficial y el 92% mostraron un estilo serialista. Se esperaba que los alumnos tuviesen niveles altos de comprensión, utilizaran enfoques profundos y estilos versátiles. Si a la universidad ingresan alumnos con esos perfiles difícilmente sobrevivirán, a menos que en este nivel las exigencias de aprendizaje no rebasen lo repetitivo, memorístico y mecánico.

En el presente estudio, es destacable observar que los puntajes observados en la escala de Logro fueron moderadamente altos y homogéneos en todas las carreras. Las puntuaciones de esta escala ofrecen indicadores de buena organización de métodos para estudiar, competitividad y esperanza de éxito, todos ellos indicadores del Enfoque Estratégico del aprendizaje. En la muestra estudiada los alumnos manifestaron un enfoque estratégico moderado. De hecho, es altamente recomendable que un estudiante universitario manifieste un enfoque estratégico moderado porque lleva implícita una alta dosis de motivación de logro y tendencia a ser organizado para el estudio. De acuerdo con el Baremo utilizado, los puntajes en esta escala se ubicaron por encima del promedio pero sin rebasar el percentil 75.

La escala Reproducción ofrece indicadores del Enfoque superficial de aprendizaje, motivación extrínseca y escasa programación de actividades para el estudio. Lo deseable sería que los alumnos manifestaran puntuaciones bajas en esta escala, puesto que puntuaciones altas son indicadores de aprendizaje memorístico y mecánico, opuesto al aprendizaje significativo. Los datos obtenidos, sin embargo, estuvieron por debajo del promedio, pero más cercanos al percentil 50 que al percentil 25. Esto indica una tendencia general al aprendizaje memorístico, que no mostró diferencias en sexo, escuela de procedencia ni en tipo de bachillerato. Este resultado es preocupante porque las tendencias reproductivas se oponen a los procesos de aprendizaje significativo y estos tipos de aprendizaje se consideran actualmente "indeseables" en el ámbito académico. La tendencia mostrada seguramente representa una denuncia de los tipos de aprendizaje que se están promoviendo en las instituciones educativas de bachillerato. Sería de gran interés e importancia realizar un estudio de las estrategias docentes asociadas a estos enfoques de aprendizaje.

Las puntuaciones de la Escala Significado son indicadores de la dimensión de construcción de significado, característica de un Enfoque Profundo de aprendizaje, además de motivación intrínseca y académica para

aprender. Esta escala es opuesta a la de reproducción. Los puntajes observados estuvieron por encima del promedio, pero sin rebasar el percentil 75, esto significa que son moderadamente altos. Teóricamente es deseable que los estudiantes universitarios obtengan puntajes muy altos en esta escala, pues representan la expresión de tendencias a lograr los aprendizajes de más alta calidad.

La Escala Comprensión combina elementos del Estilo holístico de aprendizaje con elementos de la construcción de significado. El aprendiz intenta relacionar los contenidos nuevos con experiencias personales valiéndose para ello de procesos cognitivos tales como la imaginación y el uso de mapas conceptuales para representar y comprender los nuevos conocimientos. Esta escala arrojó, en general, puntajes por debajo del promedio, pero sin caer hasta el percentil 25. Si bien el estilo de aprendizaje es una preferencia personal del alumno con escaso efecto en la calidad del aprendizaje logrado son recomendables puntuaciones moderadamente altas por su asociación con los procesos de comprensión. Los datos de algún modo apoyan los hallazgos reportados por Entwistle(1988b) de la asociación de éstos con estudiantes de humanidades. En la muestra estudiada la mayoría de las carreras son ingenieriles y no se esperarían puntajes altos en esta escala.

Los puntajes de la Escala Operativo ofrecen indicadores del estilo serialista de aprendizaje. En éste estilo hay interés en la lógica y racionalidad de los argumentos, precaución en el uso de datos y énfasis en los hechos y detalles. Los puntajes observados estuvieron ligeramente por encima del promedio (moderadamente altos) pero sin llegar al percentil 75, Se esperaban puntuaciones mayores dado el corte ingenieril de las carreras

La escala versátil está compuesta por una combinación de las escalas de significado, comprensión y aprendizaje operativo. Su puntuación es indicadora de que el alumno se acomoda, dependiendo de sus propósitos con los estilos y enfoques necesarios. Es deseable, por lo tanto, observar puntuaciones altas en esta escala. En el presente estudio los puntajes obtenidos fueron moderadamente

altos, sin llegar al percentil 75. El Estilo de los aspirantes es moderadamente versátil en todas las carreras.

Por último, la escala de patologías del aprendizaje es una combinación de las escalas de aprendizaje reproductivo con las de patologías de imprevisión y "trotamundo". De hecho es deseable que los puntajes de esta escala se mantengan bajos o muy bajos, porque son indicadores de desviaciones extremas de los estilos serialista y holístico y afectan la calidad de la comprensión. La muestra estudiada mostró tendencias moderadas de patologías de aprendizaje.

En síntesis, la información aportada por el perfil de estilos y enfoques de aprendizaje representa un diagnóstico que puede ser de utilidad para la intervención educativa por la vía de la operación del currículo. La versatilidad de estilo sugiere que los profesores de las diversas carreras no tendrían dificultades derivadas de su estilo de enseñanza serialista u holístico; sin embargo, los puntajes moderadamente altos en enfoque superficial y estilo serialista deberían considerarse para la planeación didáctica de las sesiones de clase. Las tendencias al aprendizaje mecánico se deben enfrentar con estrategias de enseñanza para promover el aprendizaje significativo. Será necesaria una especial atención en los requerimientos de evaluación y las estrategias de enseñanza. Los alumnos asumen un enfoque superficial cuando los requerimientos de evaluación generan ansiedad o cuando la enseñanza del profesor enfatiza en la memorización. Una línea de investigación relacionada y abierta a la exploración es la de los estilos y enfoques de enseñanza, pues hay evidencias de relaciones entre estos y los de los alumnos. De especial interés sería indagar las prácticas didácticas de los maestros y de la institución educativa asociadas a los enfoques de aprendizaje superficial, profundo y estratégico. Se requiere obtener conocimiento de estos si lo que se pretende es desarrollar las capacidades de procesamiento de información de nuestros alumnos, las cuales actualmente

se están relevando como pilares de la educación del presente siglo (Delors, 1997).

### Referencias

- Argudín, Yolanda (1992). Habilidades de lectura a nivel superior. *Didac*, 20, 17-20.
- Argudín, Yolanda (1994). Habilidades de lectura a nivel superior: el método y el manual como instrumento del método. *Didac*, 38-40.
- Argudín, Yolanda y Luna, María(1995). Aprender a pensar leyendo bien, Habilidades de lectura a nivel superior. México:Plaza y Valdés/UIA.
- Ausubel, D.P., Novak, J. D. y Hanesian, H. (1983). Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo. México: Trillas.
- Coll, C. y Solé I. (may-jun, 2001). Aprendizaje significativo y ayuda pedagógica. Revista Candidus, No.15 (En Línea). Disponible en: [http://www.revistacandidus.com/secs15/enfoque16 .htm](http://www.revistacandidus.com/secs15/enfoque16.htm) (22 de enero de 2002).
- Delors, J. (1997). La educación encierra un tesoro. México: El Correo de la UNESCO.
- Díaz Barriga, Frida y Aguilar, Javier (1988). Estrategias de aprendizaje para la comprensión de textos académicos en prosa. *Perfiles educativos*, 41-42, 28-47.
- Entwistle, Noel (1988a). La comprensión del aprendizaje en el aula. Barcelona: Paidós/MEC.
- Entwistle, Noel (1988b). Styles of learning and teaching. An integrated outline of educational psychology for students, teachers and lecturers. London: David Fulton publishers
- Entwistle, Noel (1997). Supporting effective learning: a research perspective. Centre for research on learning and instruction. London: University of Edinburgh. (En Línea). Disponible en: [http://cityu.edu.hk/celt/rtf/97\\_035.html](http://cityu.edu.hk/celt/rtf/97_035.html). (18 de junio de 2002).
- Gutiérrez, P. y Osuna, Y. (1996). Estilos y enfoques de aprendizaje en bachilleres de Cajeme. Tesis inédita de licenciatura en psicología. Ciudad Obregón, Sonora: ITSON.
- Summers, G. (1979). Medición de actitudes. México: Trillas.

**ANEXO**

**HOJA DE RESPUESTA  
ESTILOS Y ENFOQUES DE APRENDIZAJE**

Referencia \_\_\_\_\_ Escuela de procedencia \_\_\_\_\_ Carrera \_\_\_\_\_

Edad \_\_\_\_\_ Sexo \_\_\_\_\_ Promedio de Bachillerato \_\_\_\_\_

**Significado**

Opciones

- 4** Definitivamente de acuerdo
- 3** De acuerdo con reservas
- 2** No es aplicable o no puedo responder
- 1** En desacuerdo con reservas
- 0** Definitivamente en desacuerdo

**ENCIERRA SÓLO UNA O P C I O N**

<b>1.</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

**COMPOSICION DEL INVENTARIO**

<b>ESCALAS</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>REACTIVOS</b>	<b>TOTAL</b>
LOGRO (Enfoque Estratégico)	Métodos de estudio organizados y competitividad	1, 6, 9, 14, 19, 24	<b>6</b>
REPRODUCCIÓN (Enfoque superficial)	Programación flexible, intento de memorizar, motivación extrínseca	4, 8, 13, 18, 23,30	<b>6</b>
SIGNIFICADO (Enfoque profundo)	Búsqueda de significado, motivación por el interés en los temas y cursos	7, 11, 16, 21, 26, 28	<b>6</b>
COMPRENSIÓN (Estilo Holístico)	Intento de relacionar las ideas con la vida real, mapas de áreas subjetivas, tendencia a generalizar	2, 3, 12,17, 22, 27	<b>6</b>
OPERATIVO (Estilo Serialista)	Precaución en el uso de datos, interés en problemas de lógica y racionalidad	5, 10, 15, 20, 25 29	<b>6</b>
VERSATILIDAD	Combinación de elementos de los enfoques profundo y superficial así como de los estilos holístico y serialista.	2, 7, 10, 11, 12, 16, 20, 21, 22, 26, 28 y 29	<b>12</b>
PATOLOGÍAS (IMPREVISIÓN TROTAMUNDOS)	Énfasis en hechos y detalles, dificultad para construir una imagen global del tema. Tendencia a saltar prematuramente a las conclusiones o a generalizaciones sin evidencias suficientes.	3, 4, 5, 8, 13, 15, 17, 18, 23, 25, 27, 30,	<b>12</b>

APÉNDICE

Tabla 1. Estadísticos descriptivos por escalas del inventario. La distribución de los promedios de las escalas es aproximadamente normal ligeramente coleada a la izquierda, especialmente la escala de logro.

ESCALA	n	Mean	Std. Dev	Var	Skewness	Std. Error	Kurtosis	BAREMO
LOGRO	463	3.51	0.41	0.17	-1.10	0.11	1.62	<i>Mod. Alto</i>
REPRODUCCIÓN	463	2.61	0.60	0.36	-0.51	0.11	0.26	<i>Mod. Bajo</i>
SIGNIFICADO	463	3.01	0.50	0.25	-0.54	0.11	0.15	<i>Mod. Alto</i>
COMPRENSIÓN	463	2.47	0.49	0.24	-0.08	0.11	-0.05	<i>Mod. Bajo</i>
OPERATIVO	463	2.95	0.46	0.21	-0.43	0.11	0.44	<i>Mod. Alto</i>
VERSÁTIL	463	3.12	0.40	0.16	-0.36	0.11	-0.42	<i>Mod. Alto</i>
PATOLOGÍA	463	2.40	0.48	0.23	-0.20	0.11	-0.23	<i>Mod. Alto</i>

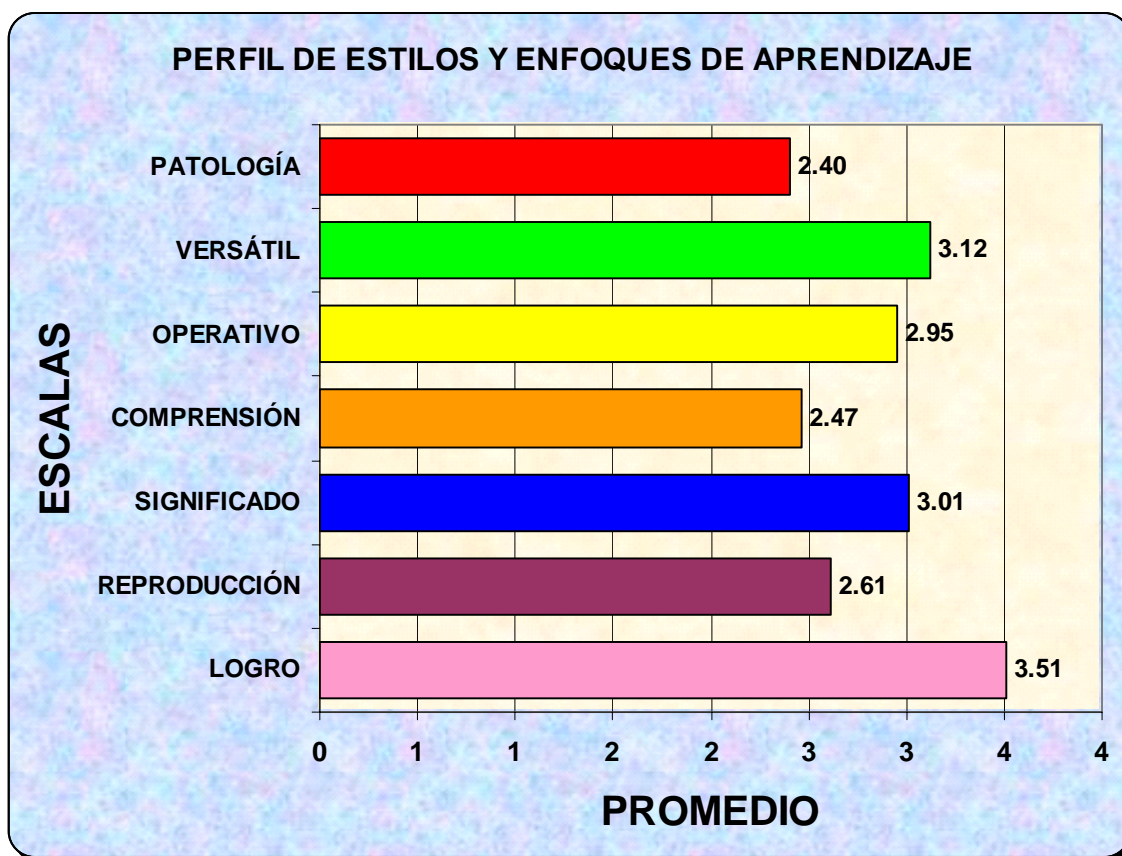


Figura 1. Las barras muestran los puntajes promedio obtenidos en cada escala. Los promedios de la escalas Comprensión y Reproducción están por debajo de la mediana de su propia escala; el resto están por encima, al aplicar el baremo.

Tabla 2. Promedios obtenidos en cada escala por carrera. Las mayores diferencias (aunque no fueron significativas estadísticamente) entre carrera se observaron en la escala de Comprensión. El caso de la columna NO ESP no participó en el ANOVA.

ESCALA	CARRERA							
	ARQ	IET	IIM	IM	ISC	LAET	LANI	NO ESP
LOGRO	3.43	3.47	3.61	3.54	3.47	3.53	3.54	3.17
REPRODUCCIÓN	2.57	2.50	2.58	2.68	2.50	2.73	2.65	2.00
SIGNIFICADO	3.04	3.14	3.11	3.04	3.01	3.02	2.97	3.00
<b>COMPRENSIÓN</b>	<b>2.30</b>	<b>2.65</b>	2.62	2.43	2.55	2.45	2.43	2.17
OPERATIVO	2.94	2.93	3.08	3.06	2.93	2.97	2.91	3.33
VERSÁTIL	3.08	3.21	3.30	3.11	3.15	3.09	3.10	3.33
PATOLOGÍA	2.34	2.40	2.39	2.49	2.34	2.49	2.38	1.92

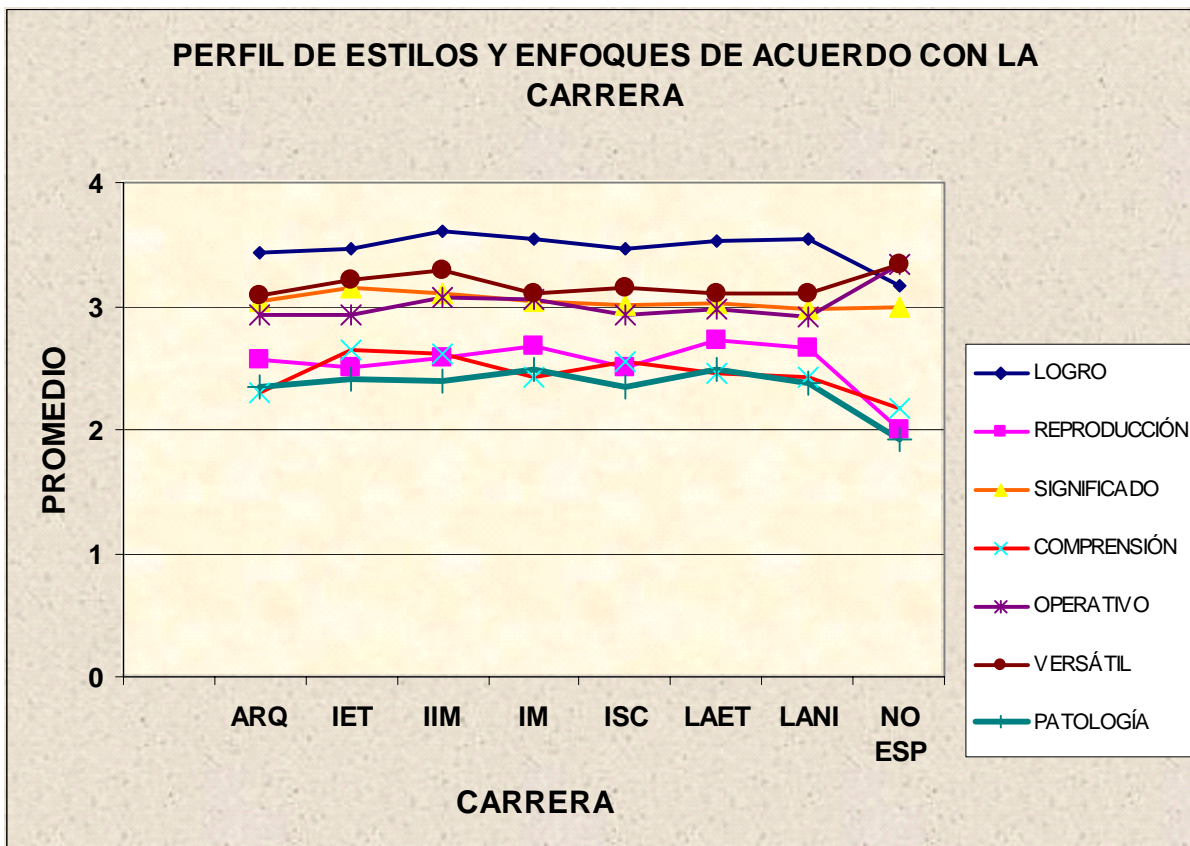


Figura 2. El perfil exhibe que los puntajes más altos en todas las carreras correspondieron a la escala de Logro (Enfoque estratégico) y Estilo versátil. Los puntajes menores corresponden a Comprensión y Patologías de aprendizaje.

**CARACTERIZACIÓN Y REPRESENTACIÓN DE UN PROCESO DE MAQUINADO DE UN COMPONENTE MECÁNICO USANDO PRIMITIVAS Y MATRICES DE PRIMITIVAS****Autor: Baldomero Lucero Velázquez,**

Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, Carretera Internacional a Nogales Km.2 CD.  
Obregón Sonora. [blv@itesca.edu.mx](mailto:blv@itesca.edu.mx) y [blv72@hotmail.com](mailto:blv72@hotmail.com),  
TEL: fax:016444151915, 016444151914.

**Coautor : MI. Eusebio Jiménez López. UNAM,**

Facultad de Ing. Estudios de Posgrado sección mecánica circuito exterior s /n. CP.04510  
Cd. Universitaria México DF.

**Introducción**

Una de las técnicas computacionales que han dado mayor poder de aplicación a los paquetes CAD (Computer Aided Design) es el modelado de sólidos. Actualmente es posible diseñar virtualmente un componente o una máquina a través de una computadora usando un modelador de sólidos.

El método de la construcción geométrica de sólidos o CSG (Constructive Solid Geometry) es la base de los modeladores de sólidos y, a su vez, el álgebra de Boole es el soporte teórico del CSG. Un componente mecánico puede ser construido o formado usando un conjunto de "cuerpos primitivos" sobre los cuales se aplican las operaciones booleanas, unión, intersección y diferencia. El componente virtualmente obtenido, puede ser aplicado para diversos propósitos como por ejemplo, para representar los procesos de manufactura.

**Justificación**

En las aplicaciones típicas del modelado de sólidos se utiliza el álgebra de Boole en forma general y sin darse cuenta, es decir, no se diferencia entre una operación "Unión por ensamble", "Unión por soldadura" puesto que el modelado de sólidos es puramente geométrico sin embargo el sistema de "La construcción de sólidos geométricos", base de los sistemas "CAD", representan en términos

abstractos los "Procesos de Manufactura".

Uno de los problemas más frecuentes al que se enfrentan los Ingenieros es el no saber como aplicar las herramientas Matemáticas, es este caso el álgebra de Boole a las actividades de Diseño y Manufactura.

**Objetivo General**

Utilizar el álgebra de Boole en términos de la Teoría de conjuntos y funciones restringidas al diseño y manufactura, donde es posible establecer un modelo general de diseño y manufactura de un producto o una pieza mediante primitivas y matrices de primitivas.

**Objetivos específicos**

- 1.-Parametrizar el álgebra de Boole para ser aplicada al diseño y manufactura de primitivas a un componente de metal.
- 2.-Clasificar en familia las operaciones y sólidos regularizados.
- 3.-Analizar algunas primitivas de manufactura como: Taladrado, Soldadura, Ensamble.
- 4.-En base a las ecuaciones de forma (EF), y el análisis de las primitivas de manufactura(PM) generar la Matriz de Primitivas del producto(MP).
- 5.-Proponer una forma de representar el modelo del producto sobre una matriz de primitivas.



### Desarrollo del trabajo

En este trabajo de investigación se utilizan primitivas de manufactura para representar las transformaciones de materias primas en un producto terminado. El componente analizado, es una pieza de acoplamiento mecánico. Son construidas tres ecuaciones de volúmenes modificados, a partir de 3 ecuaciones de forma. Fueron generadas dos matrices de entidades de manufactura o también llamadas “de primitivas” las cuales representan el producto terminado en términos de sus componentes y procesos. Finalmente, se utilizó el software BOXFORD Para caracterizar las líneas de un programa de CN en función de la información de las primitivas asociadas con el componente estudiado.

Las primitivas han sido utilizadas para modelar las operaciones de manufactura de componentes mecánicos. De hecho, la tecnología por primitivas permitió eslabonar las técnicas CAD/CAM (Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing).

Diversas han sido las aplicaciones de la tecnología por primitivas. Sin embargo, en la modelación computacional de la planeación de procesos su uso es todavía campo de estudio especializado.

En el diseño y la planeación de sistemas productivos las primitivas de manufactura adquieren un papel relevante, pues una las etapas fundamentales en la planeación de procesos es el análisis de la información geométrica y de manufactura impresas en planos de fabricación. Aquí las primitivas se usan precisamente para recopilar, analizar y representar dicha información.

Se usan primitivas de manufactura para representar operaciones de maquinado realizadas en un componente mecánico. El objetivo es usar un modelo base, llamado “ecuación de forma”, para generar una representación lógica de las

transformaciones de la materia prima en el componente analizado.

La información modelada se obtiene de un plano de fabricación y se caracteriza bajo un nivel de abstracción mínimo. Las primitivas asociadas con los componentes y sus procesos, son representados en una matriz de entidades de manufactura.

El modelo por primitivas obtenido, podrá ser utilizado por diversos propósitos entre ellos para auxiliar la integración CAD/CAM/CAPP (Computer Aided Planning Proceses).

### Nomenclatura

- $P_{MP}$  Primitiva de la materia prima.
- $G_{MP}$  Geometría de la materia prima.
- $l_{MP}$  Dimensiones principales de la MP.
- $M_{MP}$  Material de la materia prima.
- $P_{PP}$  Primitiva del material preparado.
- $P_{Mpi}$  i-ésima primitiva de la materia prima.
- $P_{Mpi+1}$  Primitiva de la materia prima i-ésima +1.
- $P_{MAE}$  Primitiva de los materiales agregados o extraídos.
- $P_{PP}$  Primitiva del producto preparado.
- $G_{MAE}$  Geometría del sólido agregado o extraído.
- $p \in \partial_{PP}$  Punto localizado en la frontera del producto preparado y determina el inicio de una operación.
- $V_{MAE}$  Velocidad de ejecución de la operación.
- $\zeta_{MAE}$  Lugar geométrico de la operación.
- $W_{PP}$  Movimiento del producto preparado.
- $H_{MAE}$  Característica De la herramienta.
- $K_{IJ}$  Parámetros adicionales de información.
- $P_{SUB}$  Primitiva de la subparte.
- $P_{PT}$  Primitiva del producto terminado.
- $P_{SUBi}$  Última primitiva de la subparte.
- $M_E$  Matriz de entidades de manufactura.
- $P_{MP}$  Primitiva de materia prima del producto terminado.

**Primera ecuación de volúmenes modificadas y representación por primitivas.**

En este parte se parametriza el dominio  $B^M$  asociado con la primera ecuación de forma. Se generan las primitivas de manufactura relacionadas con el producto  $PT$  y con la secuencia de operaciones  $O^{F7\ 01234568}$ .

Finalmente, se definen volúmenes parametrizados relacionados con las primitivas y se construye un nuevo modelo de manufactura llamado "ecuación de volúmenes modificados".

**Parametrización de  $B^M$**

De acuerdo con, el dominio de manufactura relacionado con la primera ecuación de forma parametrizado en términos de primitivas es el siguiente:

$$1) P_{MP} = \{P_{A1}, P'_{T1}, P_{SUB1}, P_{SUB2}, P_{SUB3}, P_{SUB4}, P_{SUB5}, P_{SUB6}, P_{SUB7}\}$$

$$2) P_{PP} = \{P_{PP1}, P_{PP2}, P_{PP3}, P_{PP4}, P_{PP5}, P_{PP6}, P_{PP7}\}$$

$$3) P_{MAE} = \{P_{T1}, P_{B1}, P_{B2}, P_{B3}, P_{B4}, P_{C1}, P_{C2}, P_{T2}\}$$

$$4) P_{SUB} = \{P_{SUB1}, P_{SUB2}, P_{SUB3}, P_{SUB4}, P_{SUB5}, P_{SUB6}, P_{SUB7}, P_{SUB8}\}$$

$$5) P_{PT} = \{P_{PT}\}$$

Es importante señalar que el hecho de que las subpartes  $P_{SUB1}, \dots, P_{SUB7}$  estén en la familia  $P_{MP}$  es por la siguiente proposición:

"Toda subparte es una materia prima para la otra operación".

**Representación por primitivas.**

En esta sección se generan las primitivas de manufactura asociadas con el dominio parametrizado  $P(B^M)$ .

- Primitivas de la familia  $P_{MP}$ .

La siguiente tabla muestra las formas geométricas y paramétricas de las materias primas en términos de primitivas de manufactura.

**Matriz de Entidades de Manufactura: Primera ecuación de volúmenes.**

En esta parte se presenta la primitiva del producto terminado en función de una matriz de entidades de manufactura.

Dicha matriz esta formada por la tripleta  $(G^M, P(B^M), V^M)$  y representa la primitiva de máxima jerarquía asociada con un PF y un conjunto de características dadas por el conjunto "P".

**Algunas consideraciones sobre la matriz de entidades de manufactura.**

La gran mayoría de los paquetes computacionales que auxilian el diseño de manufactura y la planeación de procesos integran módulos de primitivas. En la actualidad la concepción de la paquetería es hacia las integraciones CAD / CAM, CAD/ RP (Rapid Prototipe), CAD /CAM /CAPP, CAD / CAM / CAE (Computer Aided Engineering). Para dichas integraciones se requiere del manejo sistemático de la información asociada a un componente, máquina o sistema productivo.

Para el manejo de la información los módulos de las primitivas se han vuelto esenciales. De hecho, algunos investigadores están convencidos de que la tecnología de primitivas es quizás el mayor desarrollo que ha podido eslabonar las técnicas CAD /CAM.

En la integración del Diseño y la Manufactura representada por la técnica CAD / CAM, las formas clásicas de

generar las primitivas siguen siendo tradicionales; es decir, un diseñador manipula cuerpos primitivos en un sistema CAD con el propósito de representar las partes de un componente o propiamente un diseño. La manipulación en el sistema CAD es geométrica. Posteriormente la información generada (geométrica) es enviada a un sistema CAM en el cual se asocian parámetros de manufactura. Es hasta este punto, en donde se concibe el concepto de "primitiva de manufactura".

Otro ejemplo del uso de primitivas es representado por (Borja, V.1997). En este trabajo es diseñado un sistema llamado "agente para torneado". Dicho sistema integra dos módulos: 1) Modelo del producto y 2) Modelo de Manufactura. El primer módulo se basa en un submódulo formado por una matriz de "Primitivas geométricas" de baja escala. El otro módulo se compone de "paquetes" de información de manufactura..

El sistema "agente para torneado" combina la información de ambos módulos y , mediante un algoritmo proporciona información evaluada que se usa para determinar si un sistema productivo puede procesar un componente, para este caso con los recursos que posee o para rediseñar el componente en caso de que ciertas operaciones sean complicadas.

Este otro ejemplo del manejo de primitivas en forma separada; es decir, un módulo geométrico de componentes y un módulo de manufactura. Es hasta el final, como al igual que los sistemas CAD /CAM, que se concibe "la primitiva de manufactura".

Para el caso de los sistemas CAPP, se requiere del manejo de información más extensa, pues la planeación de procesos no solo necesita de información geométrica y de manufactura si no también de los modos operacionales de la maquinaria.

Por tanto es necesario desarrollar sistemas de información mucho más generales, que permitan integrar la planeación de procesos de las técnicas CAD /CAM.

Otro aspecto importante que se debe destacar es la gran variedad de operaciones de manufactura y de formas geométricas de las componentes relacionadas con los sistemas productivos.

Intentar generar una matriz de primitivas que contenga la información necesaria para modelar muchas y diferentes operaciones y procesos es, actualmente, un gran reto.

En este artículo es propuesto un modulo de información llamado "Matriz de entidades de Manufactura" o también conocido como "matriz de primitivas". Dicho modelo integra la información de las transformaciones de materias primas en productos terminados, en forma ordenada; es decir, por una secuencia lógica de operaciones de manufactura.

El modelo puede ser usado para representar diversas operaciones y formas geométricas de componentes tales como: Maquinado, soldadura y ensambles entre componentes.

La forma metodológica usada para generar dicha matriz permite conocer con profundidad las relaciones que existen entre la geometría, la manufactura y en forma parcial, la planeación de procesos de componentes.

Es importante señalar que la matriz de primitivas propuesta en este artículo, es construida por una secuencia de operaciones lógica admisible geoméricamente y, por tanto, la información que contiene requiere ser evaluada por técnicas de optimización. En la mayoría de los casos no siempre la secuencia admisible geoméricamente es la óptima en el sentido de la planeación de procesos y, en ocasiones en la manufactura de componentes.

**Entidad de Manufactura.**

De acuerdo con (Jiménez E. , 2002), una entidad de manufactura ( $E^M$ ) está compuesta por una tripleta ( $G^M$ ,  $P(B^M)$  ,  $V^M$ ); es decir por un elemento geométrico, una primitiva de manufactura del elemento y un volumen parametrizado.

Todo elemento del dominio  $G^M$  o  $P(B^M)$  o  $V^M$ , tiene asociada una entidad de manufactura. Por ejemplo, si  $A_1$  es la materia prima relacionada con el componente estudiado, en términos de entidad de manufactura asociada es representada por lo siguiente:

$$E_{A1}^M = \begin{Bmatrix} G_{A1} \\ P_{A1} \\ V_{A1}^{PM} \end{Bmatrix}$$

Nótese que la entidad de manufactura es una matriz  $E_{3 \times 1}^M$ . La siguiente proposición es fundamental en este artículo:

“El número de entidades de manufactura  $n(E^M)$  relacionadas con un producto terminado satisface la relación:

$$n(E^M) = n(G^M) = n(P(B^M)) = n(V^M)$$

Aquí  $n(G^M)$  es el número de geometrías,  $n(P(B^M))$  es el número de primitivas y  $n(V^M)$  y el número de volúmenes parametrizados.

Por otro lado, las entidades de manufactura se clasifican de la manera siguiente:

1)Entidad general del producto terminado. ( $M_{PT}^E$ )

2)entidades de las matrices primitivas. ( $M_{MP}^E$ )

3)Entidades de los productos preparados ( $M_{PP}^E$ )

4)Entidades de los sólidos agregados o extraídos ( $M_{MAE}^E$ )

5)Entidades de los subproductos. ( $M_{SUB}^E$ )

**La matriz de entidades de manufactura.**

En esta sección se presenta un modelo de primitivas de manufactura genérico denominado “matriz de entidades de manufactura”. Dicho modelo es formado siguiendo el orden de una sucesión lógica de operaciones de manufactura.

De acuerdo con (Jiménez E; 2002), una matriz de primitivas asociada con un producto terminado impreso en un plano de fabricación y con una sucesión admisible geoméricamente de operaciones de manufactura es la siguiente:

$$M_{PT}^E = \{M_{PT}^E\} = (M_{MP}^E, M_{PP}^E, M_{MAE}^E, M_{SUB}^E)$$

Por otro lado, el orden de la matriz se obtiene por medio de la relación:

$$[M_{PT}^E]_{n \times m} = [M_{PT}^E]_{3 \times n} (O^M)$$

Cada entidad de manufactura se ordena de acuerdo con la secuencia de operaciones seleccionada para procesar el componente en estudio. Para ejemplificar una matriz de primitivas considere el caso de estudio analizado.

Las ecuaciones de forma, geométrica y de volúmenes son las siguientes:

$$1) B_{PT} \approx B_{SUB1} \approx (A \underset{M}{\overset{Pr}{U}} B) \underline{M}_{Ta} B'$$

$$2) G_{PT} \approx G_{SUB1} \approx (G_A \underset{+}{\overset{*}{O}} G_B) O - B'$$

$$3) V_{PT}^{PM} \approx V_{SUB1}^{PM} \approx (V_A^{PM} \oplus V_B^{PM}) O \times B'$$

Nótese que para este caso, no existe una sucesión de operaciones, pues sólo fue requerida una operación para manufacturar el producto terminado. Las entidades de manufactura asociadas con las expresiones descritas anteriormente son:

$$1) M_{PT}^E = \begin{pmatrix} G_{PT} \\ P_{PT} \\ V_{PT}^{PM} \end{pmatrix}$$

$$2) M_{MP}^E = \left( \begin{pmatrix} G_A \\ P_A \\ V_A \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} G_B \\ P_B \\ V_B \end{pmatrix} \right)$$

$$3) M_{PP}^E = \begin{pmatrix} G_{PPM} \\ P_{PPM} \\ V_{PP1}^{PM} \end{pmatrix}$$

$$4) M_{MAE}^E = \begin{pmatrix} G_{B'} \\ P_{B'} \\ V_{B'}^{PM} \end{pmatrix}$$

$$5) M_{SUB}^E = \begin{pmatrix} G_{SUB1} \\ P_{SUB1} \\ V_{SUB1}^{PM} \end{pmatrix}$$

Considere ahora que la matriz  $M_{PT}^E$  descrita en la sección anterior es equivalente a la matriz de coeficientes siguiente:

$$M_{PT}^{Ea} = \begin{matrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} & a_{16} & a_{17} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} & a_{26} & a_{27} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} & a_{36} & a_{37} \\ a_{18} & a_{19} & & & & & \\ a_{28} & a_{29} & & & & & \\ a_{38} & a_{39} & & & & & \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} a_{110} & a_{111} & a_{112} & a_{113} & a_{114} & a_{115} & a_{116} & a_{117} \\ a_{210} & a_{211} & a_{212} & a_{213} & a_{214} & a_{215} & a_{216} & a_{217} \\ a_{310} & a_{311} & a_{312} & a_{313} & a_{314} & a_{315} & a_{316} & a_{317} \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} a_{118} & a_{119} & a_{120} & a_{121} & a_{122} & a_{123} & a_{124} & a_{125} \\ a_{218} & a_{219} & a_{220} & a_{221} & a_{222} & a_{223} & a_{224} & a_{225} \\ a_{318} & a_{319} & a_{320} & a_{321} & a_{322} & a_{323} & a_{324} & a_{325} \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} a_{126} & a_{127} & a_{128} & a_{129} & a_{130} & a_{131} & a_{132} & a_{133} \\ a_{226} & a_{227} & a_{228} & a_{229} & a_{230} & a_{231} & a_{232} & a_{233} \\ a_{326} & a_{327} & a_{328} & a_{329} & a_{330} & a_{331} & a_{332} & a_{333} \end{matrix}$$


$a_{pp}$

$a_{MAE}$

$a_{SUB}$

Para la columna  $a_{117}$

$a_{117}$

$G_{117}$		
Geometría de la materia prima	Geometría especial	
Información Topológica	$(V_j, C_j, B_k)$	
Forma Topológica	Bien Definida	

$a_{217}$

$P_{217}$	
Código de primitiva de materia prima o subparte	$P_{21}$
Código de primitiva de operación	$P_{225}$

$a_{317}$

$V_{317}$	
Geometría	$G_{117}$
Manufactura	$P_{21}, P_{225}$
Volumen	$6750.4972 \text{ mm}^3$
Código de Proceso	$V_{31}^* \otimes V_{325}$
Operación	$O_8$
No. De producto preparado	7
Producto preparado final	_____
Secuencia de Operaciones	$SO^{F7O1234568}$

Tabla 1. Valores de la Columna  $a_{117}$

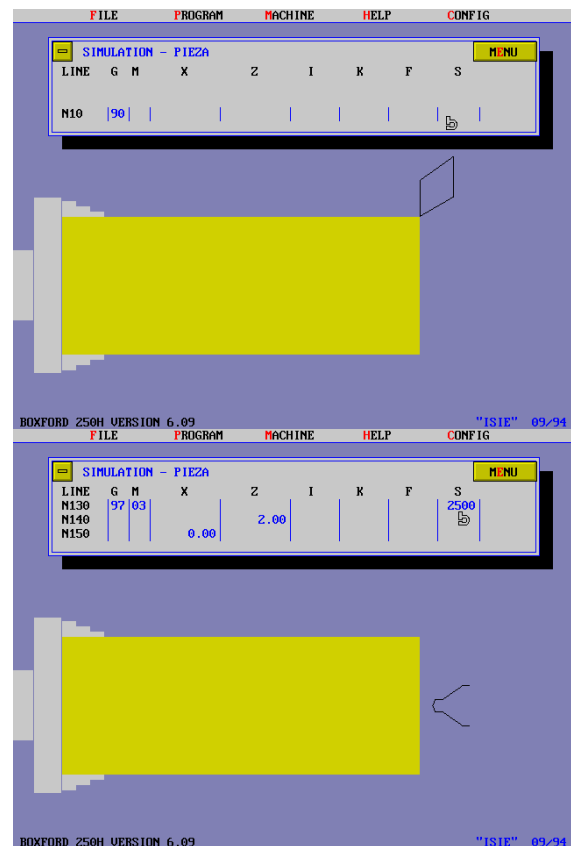
Caracterización de un programa de CNC usando primitivas.

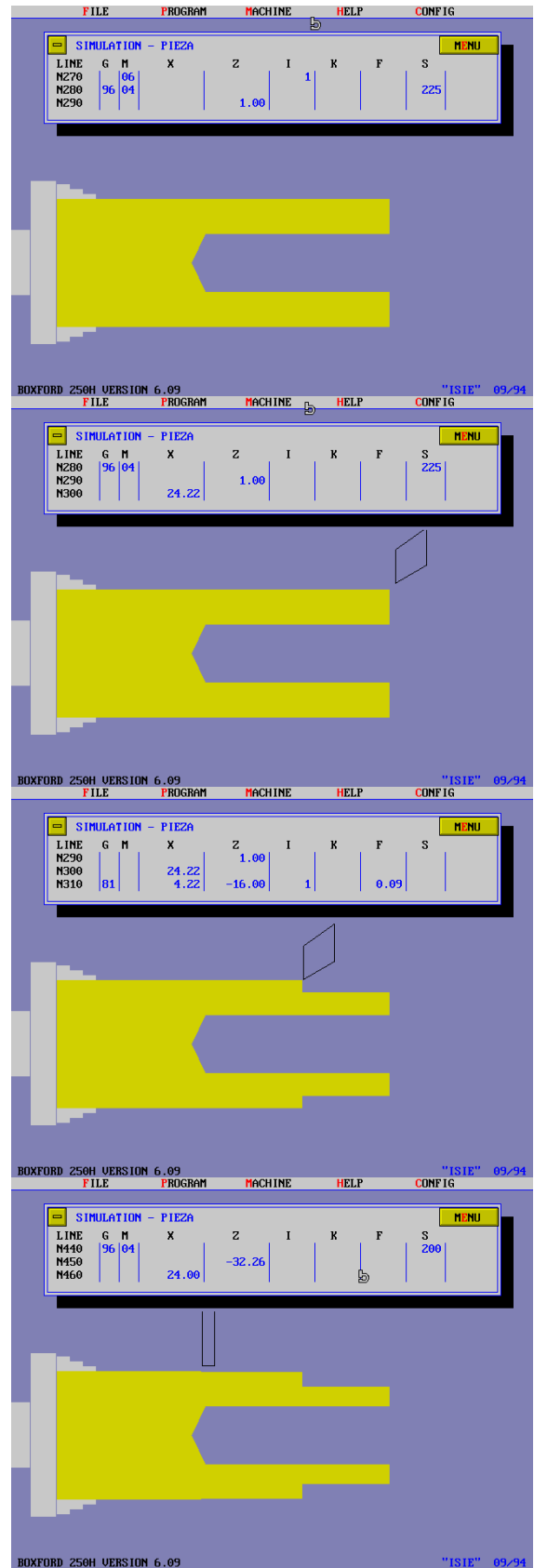
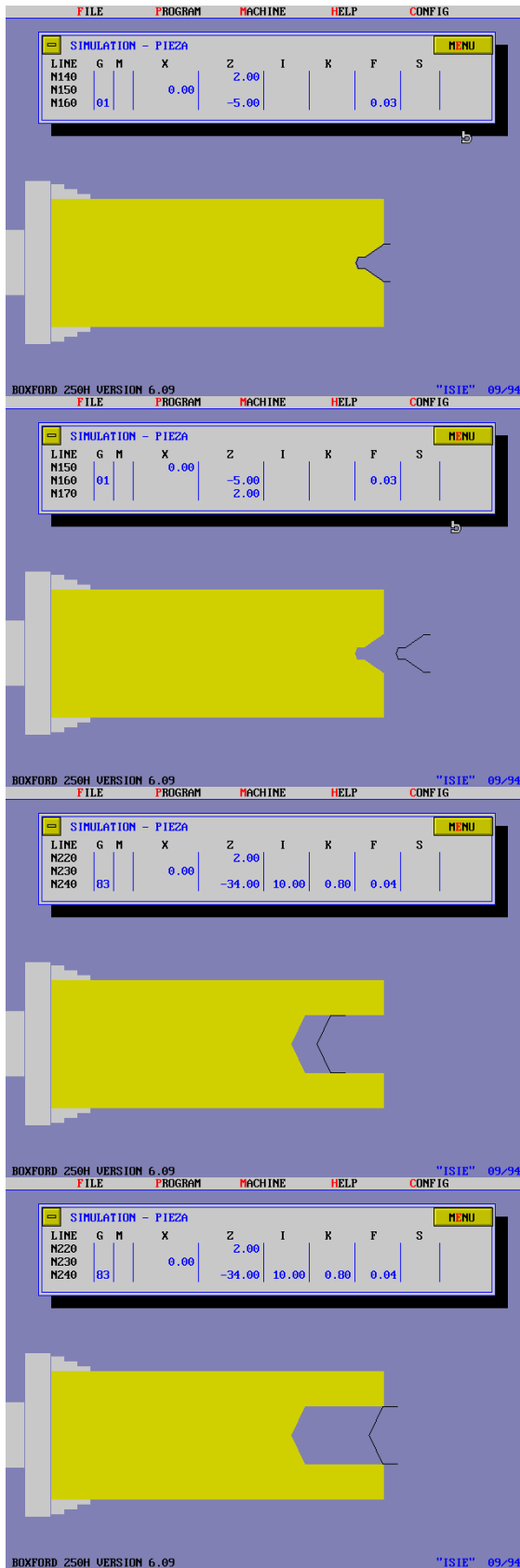
En esta parte se caracteriza un programa de control numérico usando la sucesión  $SO^{F7O1234568}$

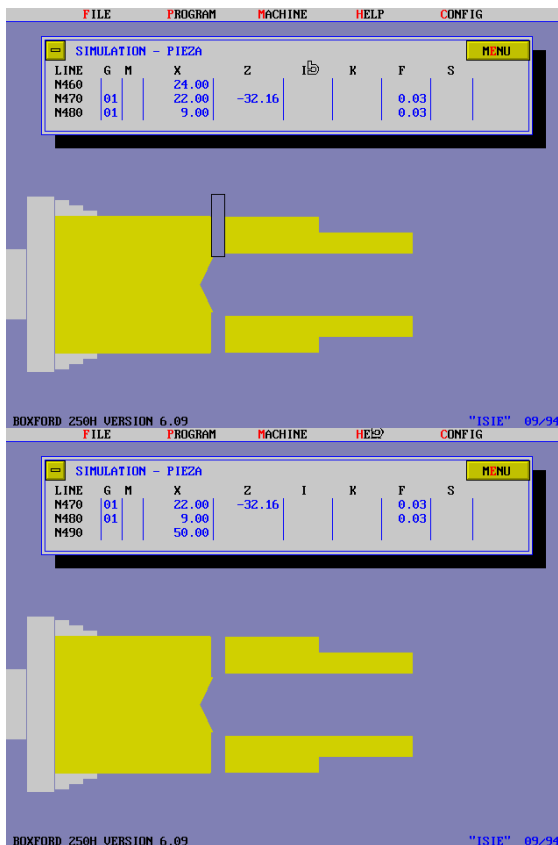
Nuestro propósito en esta sección es dar una descripción del programa que la maquina de control numérico realiza para obtener el producto solicitado, dicho programa se encuentra en el apéndice 1, en el apéndice 2 se muestra la tabla de códigos para interpretar las líneas del programa, lo que puede ser usado para modificar el programa a nuestro parecer.

Para nuestros propósitos, solamente se ejemplificará el resultado con la opción que da la maquina para la obtención de la pieza, es decir la secuencia de operaciones  $F_7O_{1234568}$ .

La posición de "home" es aquella posición donde la máquina realiza los cambios, tanto los de herramientas como los naturales, la maquina empieza a trabajar en esta posición siempre.







## Resultados y Conclusiones

Con este trabajo los interesados obtendrán un beneficio muy importante en sus estudios de diseño y manufactura, ya que obtendrán el conocimiento Matemático mediante el dominio del álgebra de Boole, con estas herramientas podrán elaborar un software de CAD / CAM o algún otro relacionado con éstas ramas de la Ciencia del Diseño y Manufactura.

A través del presente trabajo de investigación se han satisfecho los objetivos siguientes:

- Dos ecuaciones de forma fueron generadas usando los resultados del punto anterior. Para ello se analizó un caso de estudio y se utilizaron dos secuencias de operaciones principales de manufactura.
- Se propuso una nueva forma de caracterizar y jerarquizar primitivas

usando el nivel de información de manufactura asociada el conjunto de sólidos regularizados. Fueron generadas dos ecuaciones de volúmenes modificadas usando las mismas secuencias de operaciones que caracterizaron a las ecuaciones de forma. Una matriz de primitivas fue propuesta para representar el modelo del producto.

- La información detallada de manufactura de los elementos y funciones que constituyen al proceso de maquinado fue concentrada en dos matrices de primitivas.

El modelado de productos es una tarea crítica del diseño y la manufactura. En este trabajo se ha propuesto una metodología para generar de forma sistemática el modelo un producto representado por una matriz de primitivas, en especial énfasis a procesos de maquinado.

Partir desde las operaciones booleanas, unión, intersección y diferencia que representan en forma abstracta las operaciones de manufactura, facilitó la construcción de las ecuaciones de forma y las ecuaciones de volúmenes modificadas. La caracterización y clasificación se basó en el nivel de información de manufactura asociada a cada sólido durante la transformación de materias primas en productos terminados. Esta forma de clasificar primitivas nos conduce a deducir que el plano de fabricación representa la primitiva de máxima jerarquía y las materias primas poseen la mínima jerarquía.

Por este motivo, la metodología propuesta parte del análisis de un plano de fabricación y no del diseño del producto. Por otro lado, la representación del modelo del producto en base a matrices de primitivas adquiere gran importancia para la planeación de procesos, pues la información geométrica y de manufactura del producto está ordenada. De hecho, se han incorporado a dicha matriz algunos



parámetros básicos como lugar geométrico y perfiles de trayectoria referentes a las trayectorias de operación de maquinado. Tales parámetros son necesarios para modelar los movimientos de las herramientas durante las etapas de proceso.

Podemos concluir que las ecuaciones de forma, ecuaciones de volúmenes modificadas y matrices de primitivas son modelos de la planeación de procesos, por el hecho de incluir una secuencia de operaciones principales para generarlas. Por otro lado, las operaciones abstractas de manufactura permitirán visualizar de forma concreta la naturaleza de los procesos de manufactura desde la fase inicial del modelado de sólidos hasta la generación del producto.

Finalmente, para demostrar la efectividad del método propuesto en esta investigación, se utilizó la información de las matrices de primitivas asociadas al caso de estudio para simular dos secuencias de operaciones de maquinado usando el software Boxford. Se logró determinar los tiempos de proceso de ambas secuencias.

### Características de la Máquina de CNC y de la pieza de manufactura.

Pieza de trabajo = 50.00X22.22mm.  
 Longitud del programa =53líneas  
 Tiempo estimado de manufactura =2min 7 seg.  
 Velocidad de la herramienta =676.53(rápido);117.014mm(Trabajo).  
 Herramientas usadas:  
 LH Turning tool; centre drill ;drill(10.00mm);parting tool.  
 Máquina = 250H .  
 Tamaño máx. de barra(mm):  
 Mínimo =10 ;Máximo = 999;Rápida = 2000.  
 Velocidades RPM:  
 Rango =1; Mínima =200;Máxima = 3200.

### REFERENCIAS.

- [1] L. Marín. Las Ecuaciones de Volúmenes modificadas. Tesis de grado de Maestría en Ingeniería Mecánica. (2000). DEPFI-UNAM.
- [2] Borja, V. Redesign Supported by Data Models with Particular Reference to Reverse Engineering, Ph D Thesis, Department of Manufacturing Engineering, Loughborough University. (1997).
- [3] Borja, V., Bell, R., López, M., González, L., Santillán, S., Valeriano, G. Diseño para manufactura asistido por computadora: El agente para torneado. SOMIM'98. (1998).
- [4] Flores A., "Control de Robots Manipuladores", Tesis de grado de Maestría en Ingeniería Mecánica, (1998), DEPFI-UNAM.
- [5] Rojas L., "Algunas Consideraciones sobre la planeación táctica y operacional", Tesis de grado de Maestría en Ingeniería Mecánica, 2000, DEPFI-UNAM.
- [6] Arturo Fregoso, "Los elementos del lenguaje de la Matemática. Parte I, Lógica y conjuntos", Ed. Trillas, México D.F. (1977).
- [7] Eusebio Jiménez López; Luis Reyes Ávila; Javier Corona Cadena, Gustavo Villar Villar ; José Álvarez Sánchez, "Representación de un modelo del producto mediante una matriz de primitivas", reporte interno de investigación; 2001.

### AGRADECIMIENTOS.

- Al M. Eusebio Jiménez López por su aporte a la ciencia y sus enseñanzas en mi desarrollo profesional, por su amistad mostrada .
- Al Dr. Luis Reyes Ávila por su valiosos conocimientos aportados a esta ciencia.
- Al Dr. Luis Ferrer Argote por los valiosos conocimientos transmitidos a la investigación .

## **“Como potenciar la gestión de agenda de los servicios médicos empleando las tecnologías de la Internet alineadas a las tecnologías ON LAMP”**

Ing. Oscar Romo Guillen,  
[oscar@iagenda.com.mx](mailto:oscar@iagenda.com.mx)

Ing. Eduardo Cortes Rocha,  
[cortesro@iagenda.com.mx](mailto:cortesro@iagenda.com.mx)

**ITESCA, Cd. Obregón, Sonora**  
Carretera Internacional a Nogales Km. 2  
Tel/Fax: (644) 415-1914, 415-1915  
Tel-Personal: 01-644-4171303

### **Resumen.**

El recurso tiempo en la sociedad mexicana esta siendo valorado en las relaciones cliente servidor al momento de prestar servicios donde el tiempo es el recurso que se comercializa. Se propone la construcción de un sistema distribuido núcleo (Aplicación Web) especializado en la administración de agendas concurrentes de tiempo que pueda administrar las relaciones cliente servidor que se generen en el proceso de comercialización de los servicios.

*La problemática general* que se visualiza son las relaciones médicos, pacientes y secretaria del doctor, al momento de gestionar la agenda medica. Los médicos, pacientes y secretarias tienen un proceso de comunicación costoso en tiempos y movimientos.

*La propuesta* de este producto tecnológico es de economizar los procesos de gestión de agenda medica y acelerar los procesos de comunicación entre médicos, secretarias y pacientes empleando tecnologías ONLAMP de la Internet y que enfrente y resuelva los desafíos de los sistemas distribuidos que son: Heterogeneidad, Extensibilidad, Transparencia, Seguridad, Escalabilidad, Tratamiento de fallos, Concurrencia.

### **Introducción.**

Este trabajo de investigación es una aplicación de los conocimientos de las tecnologías de la Internet alineadas a las tecnologías ONLAMP donde se obtiene un producto tecnológico núcleo novedoso donde se demuestra que el desarrollo e implementación de sistemas distribuidos concurrentes en tiempo real es económica y factible empleando en su totalidad lenguajes script (php, html y javascript).

Como servidor de base de datos para administrar la concurrencia de las transacciones se emplea el servidor de bases de datos MySQL, el cual es un estándar en los servicios de hospedaje de aplicaciones web y del movimiento Software Opensource.

El hospedaje del sistema distribuido (Aplicación web) se propone que sea hospedado por proveedores de servicio que lo puedan mantener en operación las 24 horas del día y los 365 días del año y cumplir con el concepto de Quality Service (24 hrs x 365 días) y así poder soportar las prestaciones clásicas de los sistemas distribuidos que son: Fiabilidad, Escalabilidad, Movilidad y Calidad del Servicio de las Redes.

*La problemática más detallada* es que el doctor requiere que las 24 horas del día y los 365 días del año poder gestionar, vender y aprovechar muy bien su tiempo de servicios agendados y de asuntos personales. Requiere no realizar desplazamientos en vano por la localidad que le consuma recursos económicos y de tiempo por citas mal concertadas. Requiere que cuando este fuera del consultorio pueda ser informado de sus citas rápidamente por internet, celular o bepper.

Las secretarias de los médicos generalmente manejan varias agendas medicas y requiere operarlas lo mejor posible gestionando la agenda medica y comunicándose económica y rápidamente con pacientes y doctores durante su jornada laboral.

Los pacientes que consumen los servicios médicos y solicitan calidad, valor agregado en el servicio medico y una buena administración de la agenda medica las las 24 horas del día y los 365 días del año, para que les permita a ellos también agendar eficiente y eficazmente su agenda de actividades.

Estos tres actores (medico, paciente y secretaria) del proceso de gestión de agenda médica requieren de medios de comunicación móvil, beeper, celular y correo electrónico que les permita comunicarse en forma rápida y económicamente las 24 horas del día durante los siete días de la semana.

*El objetivo de esta investigación* es proponer un producto tecnológico que optimice y acelere los procesos de comunicación entre los actores de la agenda medica y potencialice la gestión de los servicios médicos empleado tecnologías ONLAMP de la Internet.

*La justificación del objetivo*, es que al resolver esta problemática de la gestión de agenda medica mediante el desarrollo e implementación de sistemas distribuidos concurrentes en tiempo real, se puede encapsular conocimiento y demostrar que las tecnologías ONLAMP evaden los costos de utilización de tecnologías propietarias como Windows, Oracle, Unix.

El conocimiento encapsulado empleado tecnologías ONLAMP de la Internet en esta investigación dará factibilidad de desarrollar muchos tipos de aplicaciones web alineadas al modelo de negocios electrónico (e-business) y que son necesarias para organizaciones empresariales, gubernamentales, instituciones educativas que voltean al modelo e-business y también para las nuevas empresas punto click nativas del modelo e-business.

El modelo e-business es una gran oportunidad para pequeños negocios. Comparado con grandes organizaciones, los pequeños negocios pueden adaptarse rápidamente a los continuos cambios, centrados en necesidades de clientes, que son necesarios para hacer un desarrollo de negocio. Esto solo puede añadir una increíble valoración para sus relaciones de negocio y aportar una seria ventaja sobre su competencia.

Otra justificación es la problemática existente en empresas, organizaciones educativas y gubernamentales que son afectadas por el monopolio de las tecnologías Windows. El costo de utilizar y actualizar las tecnologías Windows en miles de computadora cliente y/o servidor, es muy representativo en los presupuestos de estas organizaciones, además de la complejidad logística inherente el mantener actualizadas

estas tecnologías en las computadoras. En base a esta problemática económica y logística de estas organizaciones este trabajo de investigación busca encapsular conocimiento alineado a las tecnologías ONLAMP de la Internet que optimicen recursos económicos y de tiempo, además de simplificar actividades logísticas de actualización en miles de computadoras de las organizaciones.

### **Justificación.**

Existen una problemática en empresas, organizaciones educativas y gubernamentales que son afectadas por el monopolio de las tecnologías Windows. El costo de utilizar y actualizar las tecnologías Windows en miles de computadora cliente y/o servidor, es muy representativo en los presupuestos de estas organizaciones, más complejidad logística inherente el mantener actualizadas estas tecnologías en las computadoras.

En base a esta problemática económica y logística de estas organizaciones este trabajo de investigación busca construir y proponer un producto tecnológico que alineado a las tecnologías ONLAMP de la Internet que optimicen recursos económicos y de tiempo, además de simplificar actividades logísticas de actualización en miles de computadoras de las organizaciones.

### **Objetivos.**

- Demostrar que es posible construir aplicaciones informáticas empleando en su totalidad tecnologías ONLAMP y romper el paradigma de la tecnologías Windows.
- Proponer como alternativa las tecnologías ON LAMP en los planes de estudios de los tecnológicos descentralizados de México.
- Emplear la tendencia tecnológica de comunicaciones de dispositivos móviles de la Internet GSM (Global System for Mobile communication).
- Optimizar recursos económicos y de tiempo al momento de desarrollar y explotar tecnologías de información en empresas y organizaciones educativas y gubernamentales.

- Desarrollar la computación ubicua y los sistemas omnipresentes, empleando tecnologías de la Internet.

### Resultados.

La obtención de un producto tecnológico con tecnologías ON LAMP que funcione como aplicación distribuida Web en el nombre de dominio [WWW.IAGENDA.COM.MX](http://WWW.IAGENDA.COM.MX) y demuestre la economía de recursos y la simplificación de procesos de actualización al emplear las tecnologías ON LAMP.

Ingeniería de software propuesta por Eric S. Raymon, que se utiliza para desarrollar y actualizar en tiempo real la aplicación web [www.iagenda.com.mx](http://www.iagenda.com.mx).

La Catedral y el Bazar es un artículo (que fue editado como un libro) en donde explica, desde el punto de vista de un programador, como se dió el éxito del desarrollo de Linux. Este documento hizo historia, ya que influyó en la decisión de la empresa AOL-Time Warner de liberar el código fuente del navegador Netscape, dando origen al proyecto Mozilla (<http://www.mozilla.org>). Se Analizo un exitoso proyecto de software libre (fetchmail), que fue realizado para probar deliberadamente algunas sorprendentes ideas sobre la ingeniería de software sugeridas por la historia de Linux. Discuto estas teorías en términos de dos estilos de desarrollo fundamentalmente opuestos: *el modelo catedral de la mayoría de los fabricantes de software comercial contra el modelo bazar del mundo Linux*. En ese artículo se demuestra que estos modelos parten de puntos de vista contrapuestos acerca de la naturaleza de la tarea de depuración del software. Posteriormente, se hace una argumentación, a partir de la experiencia de Linux, de la siguiente sentencia: "si se tienen las miradas suficientes, todas las pulgas saltarán a la vista".

El estilo de desarrollo de Linus Torvalds ("libere rápido y a menudo, delegue todo lo que pueda, sea abierto hasta el punto de la promiscuidad"). No se trataba de ninguna forma reverente de construir la catedral. Al contrario, la comunidad Linux se asemeja más a un bullicioso bazar de Babel, colmado de individuos con propósitos y enfoques dispares (fielmente

representados por los repositorios de archivos de Linux, que pueden aceptar aportaciones de quien sea), de donde surgiría un sistema estable y coherente únicamente a partir de una serie de artilugios.

Utilizando la metodología el bazar en un ambiente de desarrollo y codificación en tiempo real, con una gran base de usuarios comprometidos con la aplicación se puede estar constantemente mejorando y actualizando las aplicaciones web como la que se utiliza para mantener actualizada la aplicación web [www.iagenda.com.mx](http://www.iagenda.com.mx)

Modelo narrado de la aplicación Web.  
Caso IAGENDA.COM.MX.

System Web Enable es una empresa online que se encarga de gestionar el desarrollo, implementación y explotación de aplicaciones Web (Sistemas Distribuidos). SWE propone construir una aplicación Web que gestione la agenda del doctor vía Web y la comunique eficiente e interactivamente al Doctor, Paciente, Secretaria y Administrador empleado para ello computadoras, teléfonos celulares, beepers, direcciones electrónicas y una página Web interactiva.

La aplicación Web debe de ser capaz de realizar todas sus transacciones vía Web. Los servicios se catalogarán por Localidad, Estado, Especialidad del médico, Apellido paterno y Apellido materno. La catalogación será con el fin de clasificar y localizar a los médicos rápidamente. El sistema contará con cuatro tipo de usuarios según su rol y estos son el Tipo Administrador, Tipo Doctor, Tipo Paciente y Tipo Secretaria. Estos roles serán la base para configurar la seguridad basada en roles de usuarios.

La aplicación deberá de poder registrar y gestionar los registros de Doctores, Secretarias, Pacientes y Agendas. Entiéndase por gestionar, dar de alta, de baja y actualizar registros de datos.

Para los usuarios con rol de Administrador, la aplicación deberá de poder gestionar la activación de Doctores y Secretarias. Entiéndase por gestionar, activar el derecho a utilizar los servicios de la aplicación. Los servicios deberán limitar la cantidad de pacientes a utilizar la

agenda de los médicos con la finalidad de poder crecer y controlar el crecimiento en la demanda de servicios. Funcionalidades para el usuario Administrador.

1. Registrar y gestionar datos del Doctor y Secretaria. Esta funcionalidad la podrá realizar solo usuarios tipo Administrador. Vía Web se activarán los servicios de agenda electrónica en los planes de servicios Bronce, Plata, Oro y Premium cuando que el pago por los servicios sea confirmado. Una vez que sea autorizado el servicio el doctor aparecerá en la opción de servicios médicos activos en la agenda electrónica y en el momento que se active el sistema le enviará un email donde se le dará aviso que su servicio de agenda en web fue activado. Y en partir de ese momento el doctor podrá configurar agenda de servicios médicos por día de la semana y proceder a gestionar su catalogo de pacientes.
2. Los planes de servicios de agenda se limitan a una cantidad de pacientes por medico de la siguiente manera:
  - a. Plan Bronce se autoriza 150 pacientes,
  - b. Plan Plata se autoriza 300 pacientes,
  - c. Plan Oro se autoriza 600 pacientes,
  - d. Plan Premium se autoriza 1000 pacientes.

Para los usuarios con rol de Doctor y Secretaria la aplicación podrá registrar y gestionar datos del Doctor. Esta funcionalidad la podrán realizar los usuarios tipo Doctor, Secretar y Administrador. Cada doctor y secretaria solo podrán gestionar los registros de doctor que tengan asignados. El Administrador podrá gestionar todos los registros de Doctor. El Doctor vía Web solicitará los servicios de agenda electrónica, teniendo la oportunidad de llenar una forma con sus datos personales y profesionales la cual dará de alta el registro del Doctor y tendrá el estado de no activo.

1. Los datos se dividen en personales y en opciones de comunicación móvil o email.
2. Opción Subir Imagen para ser publicada en la ficha de servicios del doctor en el

directorio de doctores, esta opción le dará mas presentación a sus servicios médicos a través de la Web.

3. Opción Servicios Médicos donde se detallan todos los servicios médicos que ofrece el doctor a sus pacientes, así nuevos posibles pacientes se informaran del Doctor a través del directorio de doctores.
4. Opción Móviles para configurar los dispositivos móviles para que todos los mensajes de las citas y consultas le lleguen directo al email, bepper, celular o palm, según como el doctor configure su agenda virtual.
5. Opción Secretaria Virtual para seleccionar una y que se encargue de administrar la agenda virtual en caso de que el doctor no pueda estar al pendiente de sus citas en la agenda en web, en ocasiones de viajes, urgencias, etc.
6. Gestionar vía Web la personalización de la Agenda del Doctor, queriendo decir con esto personalizar la agenda diaria en que horarios y días de la semana que prestará consultas. Cada Doctor y Secretaria autorizada por el doctor solo podrán gestionar la personalización de su Agenda. El administrador podrá gestionar vía Web la personalización de la Agenda cualquier Doctor.
7. Gestionar datos de pacientes. El paciente pertenece solo a un doctor y solo puede ser citado por ese doctor. El doctor es el que autoriza y registra nuevos pacientes. Una vez que se registra el paciente, la aplicación web envía al paciente un email con el nombre de usuario y clave que le autoriza gestionar la agenda al doctor y sus datos personales excepto su nombre de usuario.
8. Gestionar vía Web la activación y cancelación de citas en la Agenda del Doctor. Cada Doctor y Secretaria autorizada por el doctor solo podrán activar y cancelar citas de sus pacientes en la agenda del Doctor, sin importar la fecha en que este la cita. El Paciente podrá consultar la agenda del Doctor y podrá ver activar y cancelar citas con su nombre solo en el día actual o días del

futuro, no podrá ver la agenda pasada del doctor, solo la agenda del día actual y futura. Este proceso tiene las siguientes funciones

- a. Si el Doctor, Secretaria o Administrador activan o cancelan citas en la Agenda se le enviará un Email (Email, Celular o Beeper) al Paciente avisándole de la situación de su cita.
  - b. Si el Paciente activa o cancela su cita se le enviará un Email (Email, Celular o Beeper) al Doctor avisándole de la situación de su cita y como se actualizó su agenda.
9. El administrador podrá gestionar citas de la Agenda cualquier Doctor. Al momento de gestionar citas

Para los usuarios con rol Paciente se podrá registrar y gestionar datos del paciente. Cada Doctor y Secretaria solo podrán gestionar los registros de pacientes que ellos registren. El paciente solo podrá gestionar su registro personal. El administrador podrá gestionar la totalidad de los registros tipo Paciente.

1. Los datos se dividen en personales y podrán ser actualizados por el paciente, doctor, secretaria y administrador del sistema.
2. Vías de comunicación por donde le llegarán los mensajes al paciente. Ahí podrá ser configurado solo por el paciente adonde desea recibir todos los mensajes cuando el doctor quiera comunicarse con el paciente, se da la opción de seleccionar la bandejas de Email, Beeper y Celular.
3. El Paciente podrá consultar la agenda del Doctor y podrá ver activar y cancelar citas con su nombre solo en el día actual o días del futuro, no podrá ver la agenda pasada del doctor, solo la agenda del día actual y futura. Este proceso tiene las siguientes funciones:
  - a. Cuando el paciente agenda o cancela cita se le envía un mensaje a los dispositivos móviles y al email del doctor

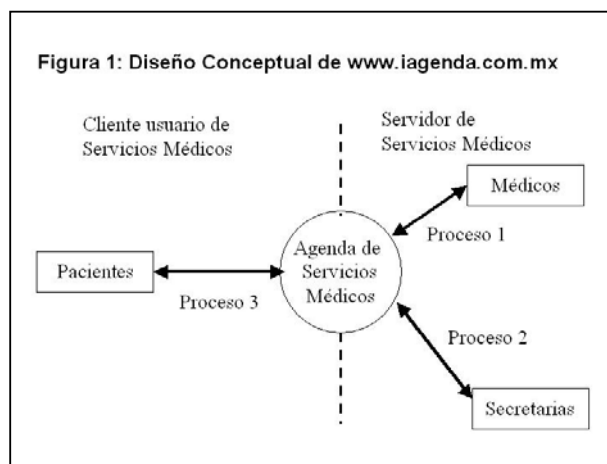
- b. El paciente le puede enviar un mensaje al doctor

Para los clientes potenciales (pacientes) del doctor o de la aplicación Web (Doctores y Secretarias), la aplicación Web proveerá un servicio tipo directorio de médicos donde los podrán buscar inteligentemente los servicios médicos registrados en la aplicación Web.

1. Los servicios se catalogarán por Localidad, Estado, Especialidad del médico, Apellido paterno y Apellido materno.
2. La catalogación será con el fin de clasificar y localizar a los médicos rápidamente.
3. Este servicio desplegará los médicos activos con sus datos básicos y el usuario potencial podrá consultar la ficha medica del doctor donde se mostrarán datos a mejor detalle del medico que quiera ser agendado.

Para los doctores que necesiten publicitar servicios, dispositivos médicos y tratamientos, la aplicación facilitará un espacio publicitario.

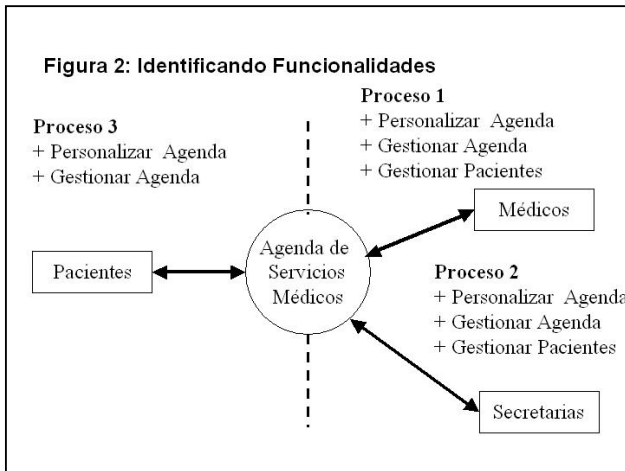
Diseño conceptual de la aplicación Web.



La Figura 1 muestra como interactúan los actores de la aplicación y como la convergencia es la administración de la agenda. Los tres procesos que se identifican son los que se economizan y se aceleran por medio de la COMPUTACIÓN UBICUA que es cuando son utilizados muchos dispositivos de computación pequeños y baratos que están presentes en los

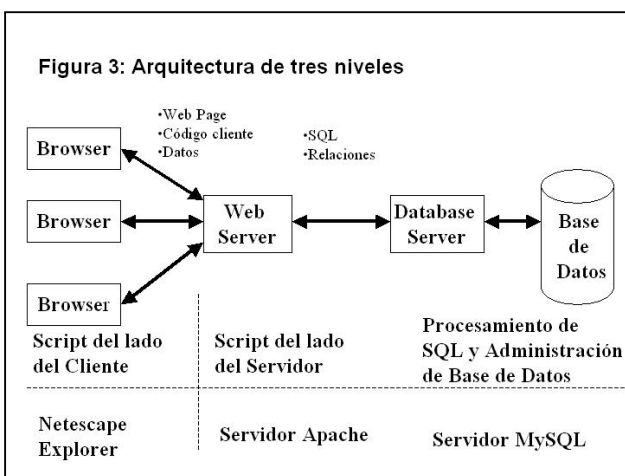
entornos físicos de los usuarios, incluyendo la casa la oficina y otros.

En la siguiente figura 2, se proponen las funcionalidades básicas de la aplicación web,



funcionalidades que son explicadas mejor en el modelo narrado que es la base del análisis y diseño de la aplicación.

En las figura 3, 4 y 5, se muestran las tecnologías script que permiten el desarrollo y codificación de aplicaciones en tiempo real. La



aplicación web [www.iagenda.com.mx](http://www.iagenda.com.mx) emplea puras tecnologías script, por el lado del cliente se emplea HTML, Java Script y por el lado del servidor PHP.

El acronimo de PHP, indica Hypertext Preprocessor, es un lenguaje interpretado de alto nivel embebido en páginas HTML y ejecutado en el servidor.

Lo que distingue a PHP de la tecnología Javascript, la cual se ejecuta en la máquina cliente, es que el código PHP es ejecutado en el

**Figura 4: Tecnologías para Desarrollar Aplicaciones Centradas en la Web**

Tecnologías del lado del Cliente	Tecnologías del lado del Servidor
<ul style="list-style-type: none"> <li>•JavaScript</li> <li>•HTML</li> <li>•XHTML/CCS</li> <li>•XML</li> <li>•Macromedia Flash MX</li> <li>•Macromedia Dreamweaver</li> <li>•Visual Basic .Net</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•ActiveServer Pages (ASP).NET</li> <li>•Macromedia ColdFusion</li> <li>•Web Servers: Apache, IIS</li> <li>•Databases: SQL, MySQL, DBI, ADO, ORACLE</li> <li>•PHP</li> <li>•PERL y CGI</li> <li>•Python</li> </ul>

servidor. Si se tuviese un script similar al de en el servidor, el cliente solamente recibiría el resultado de su ejecución en el servidor, sin ninguna posibilidad de determinar que código ha producido el resultado recibido. El servidor web puede ser incluso configurado para que procese todos los ficheros HTML con PHP.

MySQL es el servidor de bases de datos relacionales más popular, desarrollado y proporcionado por MySQL AB. MySQL AB es una empresa cuyo negocio consiste en proporcionar servicios en torno al servidor de bases de datos MySQL. Una de las razones para el rápido crecimiento de popularidad de MySQL, es que se trata de un producto Open Source, y por lo tanto, va de la mano con este

**Figura 5: Tecnologías Seleccionadas para Desarrollar la Aplicación Web [www.iagenda.com.mx](http://www.iagenda.com.mx)**

Tecnologías del lado del Cliente	Tecnologías del lado del Servidor
<ul style="list-style-type: none"> <li>•JavaScript</li> <li>•HTML</li> <li>•Macromedia Flash MX</li> <li>•Macromedia Dreamweaver</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•WebServer: Apache</li> <li>•Database: MySQL</li> <li>•PHP</li> </ul>

Las tecnologías macromedia flash, dreamweaver facilitan La creación de la interfaz del usuario. No son tecnologías Open Source. Se utilizan por que es una tendencia fuerte la tecnología Richmedia de Macromedia, al momento de desarrollar aplicaciones web.

movimiento. Es el mas utilizado y ofrecido en las empresas proveedoras de servicios de web hosting. La facilidad del MySQL da la posibilidad a los desarrolladores web de proponer la creación de Servicios por la Web a empresas

con limitantes económicas. LA economía que

**Figura 6: Detallando los Servicios y Costos de Hosting de la aplicación web**

- 200 Megabytes de espacio
- 100 direcciones de correo POP3
- 20 Listas de correo
- 5,000 Mb de transferencia mensual
- Panel de control en español
- Registro de su nombre de dominio .com, .net, .org por 1 Año
- Servidor de
- Costo \$ 250.00 m.n. Mensuales + IVA

genera el utilizar las tecnologías OpenSource induce a que las empresas valoren los servicios de hospedajes de paginas y de bases de datos que utilizan en las aplicaciones web.

Es importante para los desarrolladores web conocer los costos de hospedaje y que servicios incluyen los servicios de web hosting, Las figuras 6 y 7 y 8 nos muestran los costos de operación mensual de una aplicación y los servicios adicionales que facilitan desarrollar aplicaciones web.

El web hosting costado en la figura 6 es Ideal para sitios que requieren dar una mayor información a sus visitantes de sus servicios y productos, utilizando un mayor número de fotografías y páginas web, tienen archivos grandes para descargar y un mayor número de visitas diarias. Es Excelente para pequeños portales que generan mayor información y visitantes nuevos, dado que permite una transferencia de datos suficiente, equivalente aproximadamente a 250,000 paginas vistas en un mes ( Tomando como base una pagina promedio de 20 KB ).

Activando a la aplicación en los buscadores.

En un mundo tan competitivo como en el que vivimos aparecen miles de páginas webs nuevas al día, el navegar por tal cantidad de recursos sería caótico si no fuera por los buscadores, ya que gracias a ellos se facilita la tarea de encontrar lo que buscamos en Internet. Por estas razones se hace imprescindible que las aplicaciones web figuren en ellos. Dar de alta

una página web a mano, en la mayor cantidad posible de buscadores, llevaría muchísimo tiempo, además, cada semana nacen nuevos buscadores y directorios, igualmente los buscadores actualizan sus datos mensualmente, bajando de posición las páginas agregadas con anterioridad. Es por lo tanto aconsejable reagregar la aplicación web regularmente, ya que de esta forma, se escala posiciones en los buscadores, a la vez que va siendo agregada a los nuevos que van apareciendo.

Costo promedio del servicio, para aparecer inteligentemente en la lista de los mejores buscadores de la Internet.

Proceso de darse de lata en los buscadores

1.- Alta de forma automática del sitio en:

**Figura 7: Servicios incluidos en los servicios de Web Hosting**

- Direcciones de correo POP3
- Listas de correo
- Acceso via FTP
- FTP anónimo
- Panel de control en Español
- Su propio CGI-BIN
- Shopping cart ( Carrito de compras )
- Protección de paginas por contraseña
- Contador de hits/visitas
- PHP 4
- Estadísticas del sitio
- Protección de directorios.
- Monitorización 24/7
- Tipos de procesadores
- Servidor Standby
- Backup redundante y generador UPS

- 300 Buscadores Hispanos
- 700 Buscadores Internacionales

2.- Alta de forma manual del sitio en :

- 10 Buscadores Internacionales : [Yahoo](#), [Altavista](#), [Webcrawler](#), [Google](#), [Excite](#), [HotBot](#), [Lycos](#), [Northern Light](#), [Infoseek](#), [MSN](#).
- 5 a 10 Buscadores Nacionales mas importantes (Depende del país en donde se este ubicado)

Costo. En este plan el proceso de alta de un sitio en los buscadores se realiza durante doce



meses uno cada mes. ( 12 procesos de alta )  
Costo en México : \$ 1,500.00.

Realizando los servicios de Web Hosting y el concepto .Quality Service 24/7/365.

Infraestructura informática con la que cuenta la empresa Dinamica Net que hospeda y respalda a la aplicación web [www.iagenda.com.mx](http://www.iagenda.com.mx).

Centro de Datos, equipo de Calidad Industrial que Ofrecen un Máximo de Confiabilidad y puede ofrecer servicios en el concepto Quality Services las 24 horas del día los 365 días del año.

Dinámica Net tiene sus servidores con una compañía americana que tiene su centro de operaciones en, Baltimore, Maryland, USA y su conexión y ancho de banda son provistos por GlobalCenter, Qwest Communications, y Genuity, una división de GTE. Estas son las compañías que proveen de servicios de Internet a gigantes como Yahoo, Netscape y USA TODAY, juntos hacen una de las primeras columnas vertebrales de Internet en los Estados Unidos de América.

El Centro de Operaciones cuenta con conexión directa en fibra óptica a éstos proveedores, permitiendo ofrecer una de las más rápidas y confiables conexiones del mercado. El Sistema aloja Web Sites de 85 países y de los 50 estados de los Estados Unidos.

Instalaciones.- El Centro de Operaciones de Red - NOC - (Network Operation Center) está equipado con piso levantado, sistema Raytheon contra incendios, servidores en standby, suministro ininterrumpido de poder Liebert y ambiente de temperatura controlada, todo en unas instalaciones totalmente seguras y permanentemente monitoreadas

El sistema anti-incendios Raytheon y las puertas corredizas del NOC impiden que el fuego se expanda entre las unidades. De este modo cualquier brote de llamas se atiende y ataca inmediatamente sin que haya peligro para el personal y equipo.

Finalmente, el acceso al NOC se controla con tarjetas electrónicas las cuales se distribuyen exclusivamente al personal necesario. Con esto se evita que personas ajenas al NOC puedan entrar a las áreas más sensibles en términos de equipo. Además se lleva un registro de todas las

personas que entran y salen del NOC, por cuestiones de seguridad.

Sistema Redundante Ininterrumpido de Poder.- Para protección de fallas en el suministro de energía local, se tienen dos sistemas industriales Liebert UPS. Estos actúan como baterías de respaldo que mantienen el flujo de poder sin interrupciones en situaciones de bajas o interrupciones en el suministro de la electricidad. En adición a estos sistemas de poder de alta calidad, el NOC está equipado con un generador de gas natural. Este es sólo otro ejemplo del compromiso que se adquiere para mantener los sitio al aire las 24 horas del día, los 7 días de la semana, sin importar los problemas que surjan.

Temperatura Controlada.- Las instalaciones cuentan con 2 acondicionadores de aire Liebert de 10 toneladas, los cuales enfrían los cuartos de cómputo y el centro de operaciones. Los cuartos de cómputo se mantienen a una temperatura óptima de 65 grados Fahrenheit.

Servidores Web.- Los servidores son máquinas de calidad industrial diseñadas para funcionar 24/7.

Enfriamiento Forzado.- Todos los discos, tarjetas madre, y suministros de poder se encuentran en cajas y en un ambiente de aire filtrado de presión positiva. Dos enormes ventiladores jalan el aire a través de filtros y lo dirigen hacia las cajas de protección, y los componentes del interior son enfriados por ventiladores que hacen circular este aire purificado.

Drives Seagate de Cambio Rápido.- Los discos y sus ranuras de expansión están contruidos de aluminio de alto grado, y descansan en una caja montada para discos, lo que le da mayor durabilidad al hardware. Los discos son del tipo Cambio Rápido (Hot Swap), lo que significa que si alguna parte del servidor llega a fallar se puede simplemente insertar un disco en una máquina en standby idéntica. El proceso en su totalidad tarda 5 minutos. El sitio dañado estará al aire y funcionando en cuestión de minutos.

Suministros de Poder Redundantes de Cambio Rápido.- Cada servidor tiene suministros de poder redundantes de cambio rápido. Si alguno de estos suministros de poder llegara a fallar, el servidor no se caería ya que cada uno

de ellos es capaz de soportar por si mismo al servidor de manera indefinida.

Servidores en Standby.- Cuentan con CPUs en línea como repuestos. Si el servidor llegará a experimentar algún problema con el hardware, lo que se haría literalmente sería darle vuelta a una llave, tomar la agarradera del drive, sacarlo, e insertarlo en un CPU idéntico conectado a Internet. Reiniciarían la segunda máquina y el sitio en problemas estaría al aire y funcionando en cuestión de minutos.

Todo lo anterior se narra con la intención de valorar los servicios de calidad que proponen empresas que prestan servicios de web hosting. Siendo esto una verdadera oportunidad para construir sistemas distribuidos apoyándose en servicios externos de web hosting.

Costo anual por utilizar los servicios de hospedaje y servicios de buscadores, en la infraestructura informática de Dinámica Net (EL Hosting).

12 meses de hospedaje  $250 * 12 = 3,000.00$ , más 12 meses de servicios de Buscadores = 1,500.00, Total = 4,500.00 Pesos al año emplear la infraestructura de informática de Dinámica Net y poner a cualquier aplicación web en todas las computadoras o dispositivos móviles conectados a la Internet.

El prototipo real de la aplicación web puede ser accesado y manejado para probar las funcionalidades, interactuar como doctor con pacientes y secretarias virtuales. Se encuentra en [WWW.IAGENDA.COM.MX](http://WWW.IAGENDA.COM.MX), pueden entrar como usuario tipo Doctor DRJAIME (En mayúsculas) con clave de acceso 000000 (Seis ceros), también como tipo Paciente con nombre de usuario gacortes y con clave gacortes los nombre de usuario y claves de acceso son sensibles a minúsculas y mayúsculas.

Una introducción al sistema puede ser accesada en la opción de soporte, acceder el manual del paciente o del doctor. La figura muestra el acceso a la aplicación.

Esta aplicación web prototipo, esta activa y en proceso de alta como aplicación de la empresa Systems's Web Enable, que se encarga de gestionar, desarrollar y comercializar los servicios de aplicaciones web tipo [www.iagenda.com.mx](http://www.iagenda.com.mx).

Los emails de usuarios pacientes y doctor facilitados pueden ser modificados a correos de pruebas que pueda verificar el usuario que este probando la aplicación web.

Como se construyo el prototipo de aplicación.

En los meses de Enero, Febrero, Marzo y Abril se asimilo la tecnologías de programación web Python y PHP para valorarlas y se decidió por el PHP, dado que es más practico para iniciar las programación de HTML dinámico. Durante los meses de Abril se construyo el modelo narrado de la aplicación web y después se diseño el modelo entidad-relación para proceder a codificar la base de datos, empleando la tecnología MySQL. En los meses de Mayo, Junio y Julio se procedió a la codificación en ambiente el ambiente desarrollo Macromedia Dreamweaver, empleando las tecnologías Javascript, PHP, HTML y Flash. Además, durante esos meses se asimiló conocimiento y habilidades en como administrar servicios de hospedaje de paginas y base de



Evidencia de producto tecnológico es el Prototipo de la aplicación Web.

## Artículo de Ingeniería

datos. NE fin se puso en juego el desarrollo en tiempo real empleando solo lenguajes script.

Gestión de seguridad basada en el usuario.

La seguridad basada en el tráfico es controlada por la empresa proveedora de servicios de hosting. La seguridad de la aplicación web es basada en nombre de usuarios y claves de acceso asociadas a los nombre de usuario. Los datos del usuario y clave de acceso residen en el servidor de base de datos MySQL, el cual junto con las paginas webs dinámicas codificadas en los lenguajes script php y html, controlan los proceso de Autenticación, Autorización, y Registro de operaciones que realiza el usuario.

### Conclusiones.

Este trabajo propone un producto tecnológico que funcione como un sistema distribuido concurrente especializado para gestión de agendas medicas por la Internet. El paradigma de negocios que propone es un sistema distribuido, una base de datos, miles de usuarios clientes y una empresa que funcione como una empresa Proveedora de Servicios de Aplicación vía Web.

En el aspecto tecnológico se busca promover el desarrollo de aplicaciones web que estén desarrolladas cien por ciento en lenguajes script. Siendo estos lenguajes los que facilitan la utilización concertada de muchos dispositivos de computación pequeños (beeper, celular, palm) que están presentes en los entornos físicos de los usuarios, incluyendo la casa la oficina y otros (Computación Ubicua).

Por el aspecto académico la propuesta es realzar el empleo de las tecnologías de la Internet alineadas al Open Source como son las tecnologías ON LAMP ( L=Linux, A= Apache, M= MySQL, P= PHP, Python, Perl). También es importante valorar como alternativas los servicios de hospedaje de aplicaciones web y de base de datos. Por otro lado en las organizaciones educativas gubernamentales y empresas se logra demostrar que pueden dejar de depender del monopolio de las tecnologías Windows y pueden promover innovaciones en sus procesos administrativos y productivos.

Para la sociedad se propone un servicio de gestión de agenda que optimice recursos económicos y de tiempo de médicos y pacientes que serían los principales usuarios de la aplicación web propuesta en este trabajo.

En cuanto capacidad de comunicación, la aplicación se comunica con los usuarios empleando a la tecnología GSM que es un estándar de comunicación móvil lográndose con esto construir un sistema distribuido omnipresente.

La aplicación funciona como prototipo para un conjunto de aplicaciones web .

### Bibliografía

- Elsenpeter Robert C. (2001). EBusiness: A Beginner's Guide, First edition. USA: Osborne/McGraw-Hill.
- Kroenke David M. (2002). DataBase Processing, Fundamentals, Design & Implementation, Eighth edition. USA: Prentice Hall.
- Couloris George, Jean Dollimore, Tim Kindberg (2001). Sistemas Distribuidos, Conceptos y Diseño, Tercera Edición. España: Addison Wesley.

### Reseña

I.S.C. Oscar Romo Guillén (ITESCA 2003). Ingeniero en Sistemas Computacionales, con especialidad en redes. Cuenta con amplia experiencia en desarrollo web. Desarrollar y consultor y desarrollador independiente de aplicaciones web actualmente.

I.S.C. Eduardo Cortes Rocha (ITESM 1986). Ingeniero en Sistemas Computacionales. Profesor de tiempo parcial del Itesca desde Septiembre 2003. Estudia desde Septiembre 2001 la Maestría en Comercio Electrónico en la Universidad irtual TEC.COM.MX, 16 años de experiencia como consultor y desarrollar de tecnologías de información en pequeñas y medianas empresas del Noroeste de México. Experiencia en desarrollo de aplicaciones web un año.

## **CARACTERIZACIÓN DE OPERACIONES DE MANUFACTURA DE UN COMPONENTE METAL MECANICO USANDO ALGEBRA DE BOOLE. “ECUACIONES DE FORMA”**

AUTORES: Ing. Adolfo Elías Soto González, M.I. Eusebio Jiménez López. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, Carretera Internacional a Nogales Km.2, Cd. Obregón, Sonora. e-mail: [asoto@tesca.edu.mx](mailto:asoto@tesca.edu.mx); [ejimenezl@msn.com](mailto:ejimenezl@msn.com) Tel. 01-644 – 4-15-19-15

### **RESUMEN.**

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos al caracterizar las operaciones de manufactura de un componente metal mecánico usando ecuaciones de forma. Tomando en cuenta que el objetivo principal es analizar los modos operativos de una máquina de programación numérica (CNC), ya sea de las integradas a una celda didáctica de manufactura o de las que se encuentran en la industria metal mecánica.

Se analizaron las secuencias de operaciones con las cuales se generan las ecuaciones de forma relativas al componente que se estudia. Los resultados obtenidos se usarán para modelar el componente, mediante primitivas de manufactura.

Palabras Clave: Ecuaciones de forma, CNC, caracterización, manufactura CAD/CAM, CAPP, Feature.

### **INTRODUCCIÓN.**

Uno de los problemas principales que se presentan al utilizar de manera eficiente los sistemas integrados de manufactura, es el modelado de productos.

Para estos sistemas de manufactura como son el CAD/CAM, CAD/CAM/CAPP, EL CIM y otros, es necesario utilizar lenguajes estructurados, en forma particular el proporcionado por las matemáticas.

Para Lograr ese lenguaje, se utiliza el concepto de “primitiva” (feature), o modelo de características, el cual es utilizado por la feature technology (tecnología de primitivas) mismo que se formuló para representar información adicional a las características de geometría de un sólido.

El método más usado en el diseño por primitivas es el CSG (Constrictive Solid Geometry) el cual consiste en modelar una pieza a través de cuerpos primitivos y operaciones booleanas. Un cuerpo puede ser creado a partir de la diferencia entre un cuerpo primitivo y otro, creando a su vez un nuevo cuerpo primitivo, al cual se le puede aplicar otra operación de diferencia, etc. Y el último siempre servirá como base a otros cuerpos primitivos para generar una pieza más compleja.

El CSG es utilizado por algunos softwares, como el Pro/engineer, Mechanical Desktop.

Desde luego, el CGS, presenta algunos inconvenientes, como son: 1) relativa ausencia de información de manufactura, 2) la no unicidad del árbol de manufactura que representa el modelo generado por el CSG. La extracción de las primitivas y su reconocimiento es el paso más importante en la conversión de datos de un dibujo en las instrucciones de manufactura.

Para este fin se utilizan diversas técnicas, de las cuales la más utilizada es la llamada B-rep (boundary representation).

Esto es, la representación de un sólido mediante un modelo de frontera, el cual está definido por una combinación de información geométrica de las caras vértices y bordes, y la forma como se conectan, esta forma como se conecta, es la topología del sólido y es la raíz del método B-rep para su modelado. La consistencia topológica evita las anomalías geométricas. Y se pueden jerarquizar por entidades de acuerdo a su complejidad como por ejemplo: el vértice, borde, parche, cara, etc. Y cada entidad tiene su propio juego de restricciones.

La estructura B-rep contiene información que puede ser evaluada, y la información del B-rep asociada a la parte del modelo es única.

Existen otros métodos, que son motivo de análisis cada uno de ellos, pero que se mencionan solamente : Método ASV (Alternating Sum of volume); Método de Seccionado; método PC – basado en código “C” para extraer primitivas y auxiliar la planeación de procesos.

En General, la mayor parte de los métodos de extracción y reconocimiento de primitivas operan bajo las técnicas CSG y B-rep.

## OBJETIVOS.

Los objetivos pues del presente artículo son:

- i. Modelar el proceso de manufactura de una pieza metal mecánica usando ecuaciones de forma.
- ii. Construir su ecuación de forma, a partir de su secuencia operacional.
- iii. Caracterizar operaciones reales de maquinado mediante el álgebra de boole.

## ALGUNOS CONCEPTOS SOBRE EL ÁLGEBRA DE BOOLE.

La estructura  $(B_r, \cup, \cap, -)$  conocida comúnmente como álgebra de Boole, es utilizada ampliamente en la caracterización de las operaciones de manufactura; en donde:

$B_r$  = conjunto de sólidos regularizados.

$\cup$  = Unión.

$\cap$  = intersección.

$-$  = Diferencia.

Un sólido se define como un cuerpo constituido de puntos, masa y ocupa una región del espacio euclidiano.

Algunos otros definen al conjunto de sólidos como un subconjunto compacto, regular, semi-analítico del espacio tridimensional de puntos.

Los cuerpos que se estudian, relacionados con este trabajo, se consideran regularizados, acotados y dimensionados.

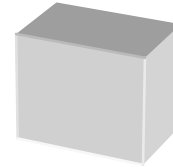


Figura 1.- Sólido Regularizado.

El conjunto de sólidos regularizados tienen asociada la propiedad de geometría bien definida y satisface también las propiedades de:

Es acotado.

Es dimensionado.

Es de geometría bien definida.

Así pues, a partir de un sólido regularizado ( $B_r$ ), es posible realizar operaciones de unión ( $\cup$ ), es decir la unión entre un sólido y otro o varios, mediante operaciones de soldadura, pegadura, etc. De acuerdo a sus condiciones de frontera.



Figura 2.- Unión de dos sólidos.

También es posible la operación llamada de intersección ( $\cap$ ) entre dos cuerpos, conforme a sus condiciones de frontera,

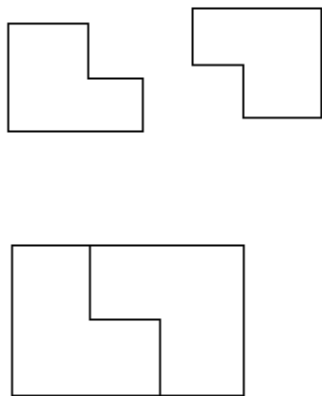


Figura 3.- Intersección de dos sólidos regularizados.

La operación diferencia (—) es posible realizarla, también a partir de un sólido regularizado:

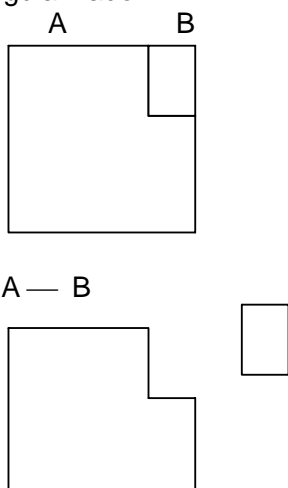


Figura 4.- Diferencia en sólidos regularizados.

**OPERACIONES ABSTRACTAS DE MANUFACTURA.**

Todas las operaciones mencionadas anteriormente, representan desde luego operaciones de maquinado.

Se utiliza el término de “operación perfecta de manufactura” mediante el cual, se pueden representar abstractamente las operaciones de manufactura, en especial a la operación de

arranque de viruta, que implica extracción de materiales en materias primas, a la que se le da el nombre de operación diferencia.

**OPERACIONES REALES DE MANUFACTURA:**

En la industria manufacturera existen una gran cantidad de operaciones, mediante las cuales se transforman materias primas en productos terminados. En este artículo se analizan las operaciones que tengan como característica principal la extracción de material en materias primas.

Los maquinados son operaciones que dan forma a una materia prima mediante la extracción de material, usando herramientas de corte. Estos maquinados son conocidos como “operaciones de arranque de viruta”

Dentro de las operaciones de maquinado de arranque de viruta se pueden clasificar las siguientes:

1. Torneado o cilindrado.
2. Fresado.
3. Taladrado.
4. Tronzado.
5. Rectificado.
6. Cepillado.
7. Brochado.
8. Esmerilado.

Existen además operaciones de corte de excedentes de material.

Las operaciones reales de manufactura se realizan tomando en cuenta diversos parámetros y variables, también utilizan diversas máquinas y herramientas. Por tanto, dichas operaciones son difíciles de modelar si se consideran todas y cada una de las variables y parámetros involucrados.

Para poder caracterizar las operaciones de manufactura, es necesario considerar lo siguiente:

“Toda operación abstracta de manufactura es perfecta”.

Por tanto, las operaciones reales de manufactura se consideran perfectas ; es decir representadas por eventos de operación y estados geométricos.

## LAS ECUACIONES DE FORMA.

Con el objeto de caracterizar las ecuaciones de forma, se construye un modelo de manufactura de una pieza, que integra operaciones de maquinado. Dicho modelo es conocido como "Ecuación de Forma".

Antes de proceder a la construcción del modelo, se establecen algunos conceptos importantes:

Una secuencia de operaciones principales es una sucesión de operaciones sobre una o más materias primas para generar un producto terminado.

Una ecuación de forma es una representación de las etapas de transformación de materias primas en productos terminados.

Los elementos que constituyen una ecuación de forma son sólidos y operaciones abstractas de manufactura.

Si el número de operaciones principales de manufactura es "n", entonces el número de secuencias de operación ( $N_{SO}$ ) está dado a través de la igualdad siguiente:

$$N_{SO} = n!$$

Se tiene también que si "n" es el número de operaciones principales y "r" las familias inadmisibles de operaciones. El conjunto admisible geoméricamente de secuencias de operación se da en la siguiente expresión:

$$N_{TSA} = (n - r)!$$

Si  $\frac{M}{M}$  es la diferencia de maquinado, se dirá que la operación  $\underline{m}: B^M \times B^M \rightarrow B^M$  se dice "perfecta" sí el material extraído es caracterizado en dos estados (inicial y final).

Si  $B_1 \in B_{MAE}$  y supóngase que  $B_1$  admite la descomposición siguiente:

$$B_1 = \bigcup_{i=1}^n B_{1i}$$

o equivalentemente:

$$B_1 = \bigcup_{i=1}^{n-1} B_{1i} \cup B_{1n},$$

entonces:

$\bigcup_{i=1}^{n-1} B_{1i}$  es la sucesión de maquinados burdos y  $B_{1n}$  es el maquinado final.

Se asumirá que todos los maquinados tanto burdos como finos son "perfectos".

Metodología para generar las ecuaciones de forma:

se presenta a continuación una metodología de 5 pasos para generar las ecuaciones de forma.

1. Identificar del plano de fabricación las formas geométricas tridimensionales de las materias primas.
2. Identificar del plano de fabricación los procesos específicos y el número de operaciones principales.
3. Caracterizar el dominio de manufactura de los sólidos.
4. Generar las ecuaciones de subforma, tomando una secuencia finita de operaciones principales.

5. Expandir la última ecuación de subforma para encontrar la ecuación de forma.

6.

El componente metal mecánico que se analiza, mediante el maquinado, se denomina "PT" (producto terminado), y se maquina a partir de una barra cilíndrica de aluminio "A", como materia prima, de acuerdo con las dimensiones y formas geométricas del plano de fabricación, siguiendo los procesos específicos y las operaciones de manufactura.

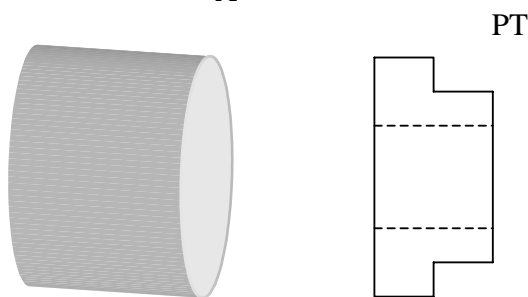


Figura 5.- Materia Prima y producto terminado

Antes de proceder a estudiar la pieza de trabajo, se dará la siguiente descripción de operaciones de arranque de viruta:

$\overset{M}{-}C_i$ ; diferencia de maquinado por cilindrado.

$\overset{M}{-}F_i$ ; diferencia de maquinado por fresado.

$\overset{M}{-}T_i$ ; diferencia de maquinado por tronzado.

$\overset{M}{-}Ma_i$ ; diferencia de maquinado por machuelado (roscado).

$\overset{M}{-}Ta_i$ ; diferencia de maquinado por taladrado.

$\overset{M}{-}Es_i$ ; diferencia de maquinado por esmerilado

Se plantea a continuación la secuencia de operaciones que realiza una máquina de CNC para producir la pieza señalada:

1. Cilindrados (1), suboperaciones (1 burdo; 1 fino).
2. Taladrado múltiple (2), suboperaciones (1 centrado; 2 de aproximación; 1 final).
3. Tronzado (2), suboperaciones (1 careado; 1 tronzado)

Con base en estas operaciones, se define la secuencia en que se puede operar la máquina.

**ECUACIÓN DE FORMA:**

Usando la metodología definida, se construye la ecuación de forma, asociada con la secuencia descrita por la máquina.

Paso 1.

La materia prima (A) de forma geométrica definida.

Paso 2.

Total de operaciones: n = 8.

Secuencia de operaciones

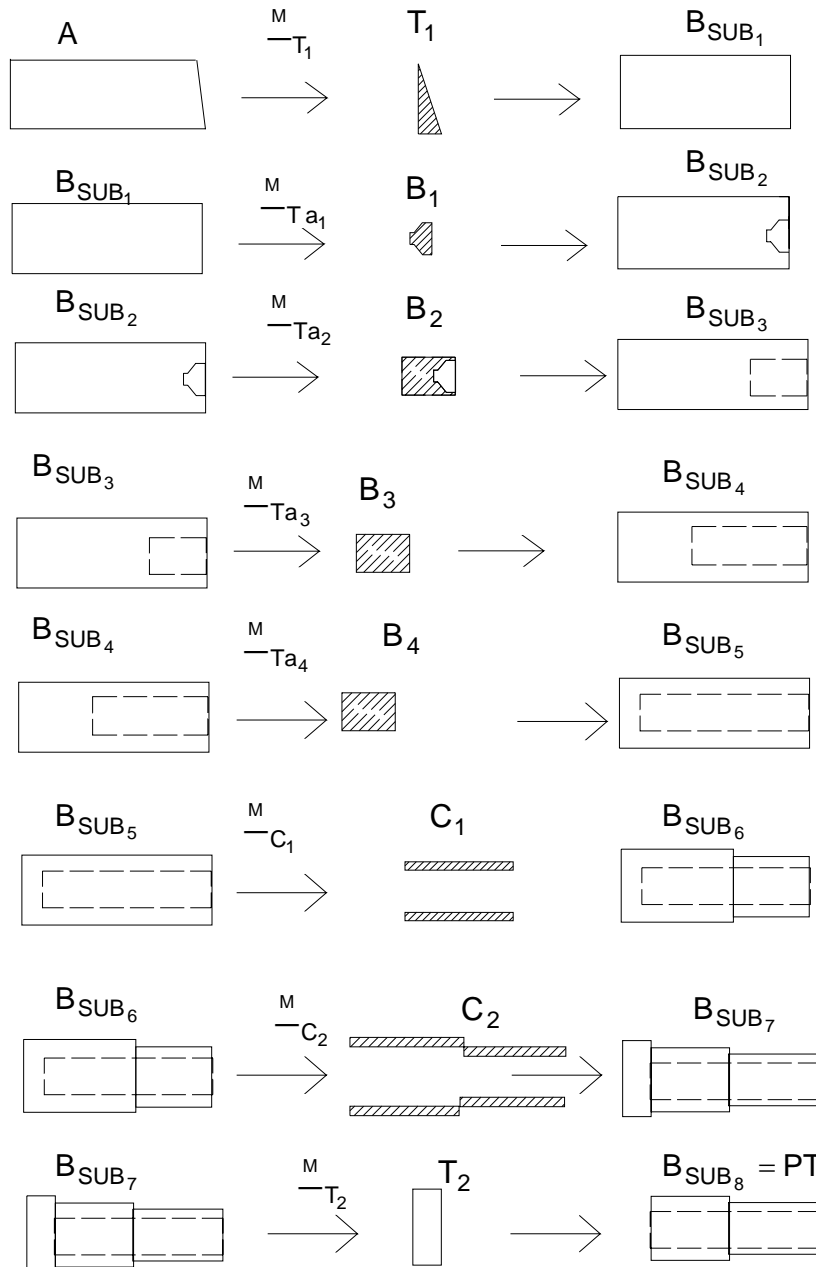
$O_1 \Leftrightarrow \overset{M}{-}Ta_1$	Taladrado de centros
$O_2 \Leftrightarrow \overset{M}{-}Ta_2$	Taladrado de 1 <sup>er</sup> aproximación
$O_3 \Leftrightarrow \overset{M}{-}Ta_3$	Taladrado de 2 <sup>da</sup> aproximación
$O_4 \Leftrightarrow \overset{M}{-}Ta_4$	Taladrado final
$O_5 \Leftrightarrow \overset{M}{-}C_1$	Cilindrado burdo
$O_6 \Leftrightarrow \overset{M}{-}C_2$	Cilindrado fino
$O_7 \Leftrightarrow \overset{M}{-}T_1$	Tronzado cara derecha
$O_8 \Leftrightarrow \overset{M}{-}T_2$	Tronzado cara izquierda

Tabla No. 1.- Representación de la secuencia y tipo de operación.





APÉNDICE:



Representación gráfica de la ecuación de forma de la secuencia de operaciones

## IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROLADOR GAIN SCHEDULING EN UN PLC

Lic. José Guadalupe Castro Lugo  
Carretera a Nogales Km. 2, Cd. Obregón Sonora.  
Teléfono: (644) 4151915, 4151914  
e-mail: jose12\_castro@hotmail.com

### RESUMEN

El documento que se presenta parte de un proceso de producción de botanas en donde la operación del control de temperatura se realiza manualmente por el operador encargado de la línea de producción, esto debido a que en la misma se producen dos tipos de productos, los cuales tienen diferentes valores de humedad lo que ocasiona que existan diferentes grados de temperatura. Debido a todo esto, se implementó un controlador Gain Scheduling para la dinámica determinada del sistema, esto se implementó en un PLC, con el fin de lograr que el proceso trabaje automáticamente en relación a la humedad proporcionada por el sensor.

### INTRODUCCIÓN

El diseño de sistemas de control mediante gain scheduling se concibe con la finalidad de que el controlador se ajuste automáticamente cuando la dinámica del proceso varía. Lo anterior se logra mediante una retroalimentación no lineal a través de la cual se modifican los parámetros del controlador en función de las condiciones de operación en una forma preprogramada (1).

El trabajo parte de un proceso de producción de botanas en donde la operación del controlador de temperatura debe ajustarse en forma automática de acuerdo al nivel de humedad del producto que se va a producir. En dicha línea se elaboran dos productos con diferentes niveles de humedad.

Actualmente el ajuste de los parámetros del controlador se realiza en forma manual por parte del operador de la línea cada vez que se realiza un cambio en la producción.

La finalidad de este trabajo es diseñar un Gain Scheduling para que el ajuste de los parámetros del controlador sea automáticamente, en función de la señal de salida que proporcione un sensor analógico de humedad.

### DESARROLLO

Para la operación estable del proceso se determinan dos valores distintos de los parámetros de sintonización del controlador en función de la humedad, tal y como se muestra en la tabla 1.

Los pasos que se siguieron para esto fue:

- ✓ Se determinó el modelo de la planta (función de transferencia) para cada tipo de producto; utilizando el método de datos experimentales de Sinha y Kuszta.
- ✓ En base al modelo anterior con la ayuda del MATLAB, se llevó a cabo el método de lugar de raíces para determinar los valores del controlador para cada tipo de producto del proceso.

salida del sensor de humedad (Ma)	Parámetros del controlador	Localidad de memoria en el PLC
4 - 12	$k_p= 40$ $T_i = 1.55 \text{ min}$ $T_d = 0.4 \text{ min}$	N11:0 N11:1 N11:2
12 - 20	$k_p= 52$ $T_i = 4.3 \text{ min}$ $T_d=1.075 \text{ min}$	N11:3 N11:4 N11:5

Tabla 1. Variaciones en la dinámica del proceso.

El diagrama de flujo del proceso se presenta en la figura 1, en donde continuamente se está sensando la humedad del producto y cuando se detecta un cambio de rango de humedad por un lapso mayor a 3 minutos, entonces automáticamente el Gaing Scheduling programado en el PLC modifica la sintonización del controlador.

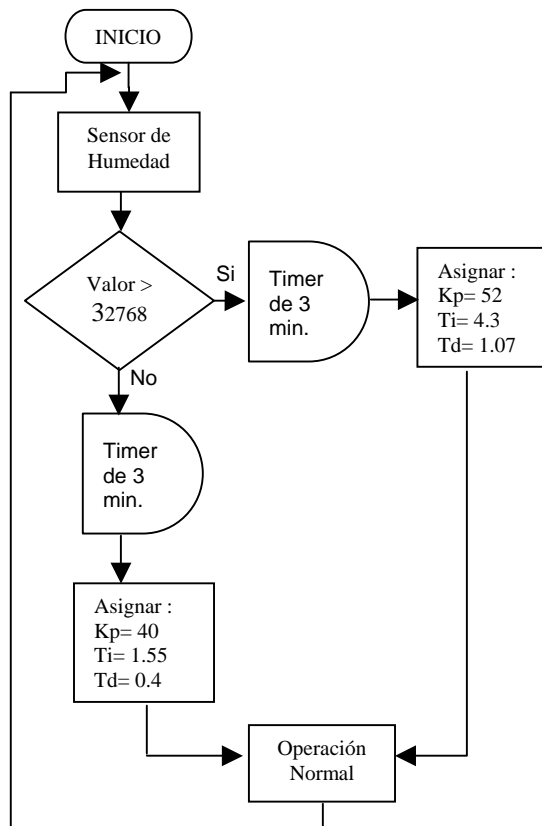


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso.

Es importante mencionar que se ha tomado en cuenta un retardo de 3 minutos, con la finalidad de eliminar perturbaciones que se generan en el medio operativo del sistema y que pueden afectar la medición de humedad en forma temporal. Si la lectura del sensor permanece después de este tiempo la señal que entrega el sensor se valida como dato correcto.

El programa en PLC se muestra en el Apéndice 1, de este trabajo.

### CONCLUSIONES

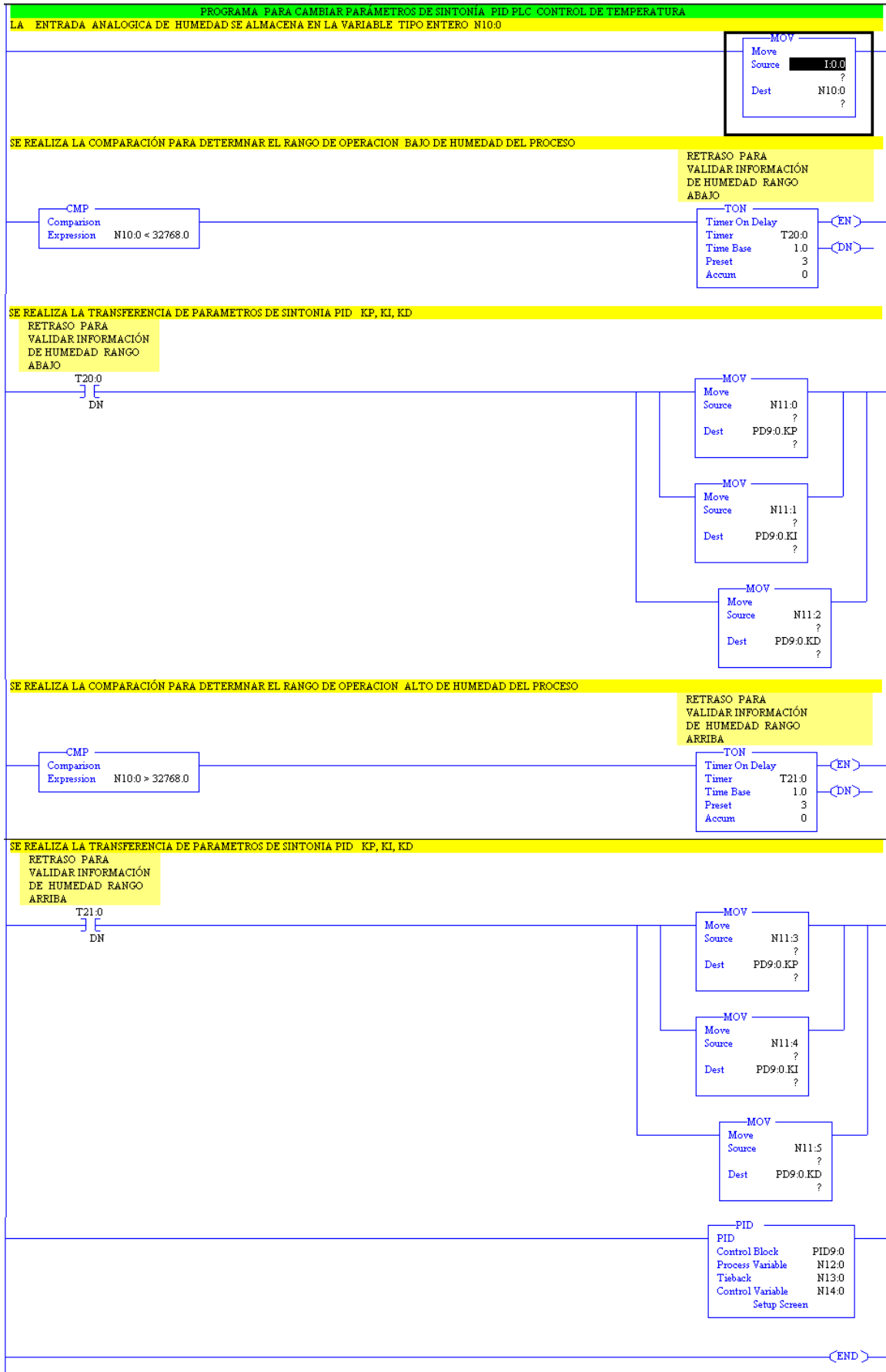
De acuerdo a lo anterior se puede deducir que un PLC presenta la flexibilidad de programarse para operar como un Gaing Scheduling, de acuerdo a los cambios que sean requeridos por cualquier proceso, lo que permite tener un mejor aprovechamiento del mismo.

Además la utilización del mismo brindara al proceso mayor eficiencia y productividad en el proceso.

### BIBLIOGRAFÍA

- (1) Aström Karl J. y Björn Wittenmark, Adaptive Control, Second edition, Addison Wesley, 1995, pp. 382.

# Apéndice 1



**DETERMINACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE Y SISTEMAS  
PROBLÉMICOS RELEVANTES DE LA INGENIERÍA, TECNOLOGÍA ESTADÍSTICA Y  
GESTIÓN DE LA CALIDAD  
(PRIMERA DE DOS PARTES)**

**Mariscal Alvarado, Sergio P<sup>1</sup>. y García, Ramón F.**

Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Carretera Internacional Km. 2 salida a Nogales,  
Cd. Obregón, Sonora, México, C.P. 85000. Tel: (644)4148775. Fax: (644)4151915. E-  
mail: [spma2000@itesca.edu.mx](mailto:spma2000@itesca.edu.mx)

**ABSTRACT**

An evaluation has been made of the State of the Art of Quality Engineering Management and statistical technology applied to Quality. The study has been structured through a quality generations model and a knowledge frontier has been determined in these fields with relevant problem systems being built, defining ramifications based on the research line *Integral Quality Management*.

**RESUMEN**

Se ha realizado una evaluación del Estado del Arte de la Gestión e Ingeniería de la Calidad y de la Tecnología Estadística Aplicada a la Calidad. El estudio se ha estructurado mediante un modelo de generaciones de la calidad y se ha determinado la frontera del conocimiento en estos ámbitos construyéndose sistemas problemáticos relevantes que están definiendo ramificaciones fundamentadas de la Línea de Investigación *Gestión Integral de la Calidad*.

**I. ANTECEDENTES.**

En la segunda mitad del siglo XX, se ha dedicado una atención extraordinaria a la Gestión de la calidad, en sus diversas expresiones y procesos tales como 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 apareciendo en un ritmo más intenso, desde principios de la década de los 90's aunque relativamente lento y con fuertes altibajos, si lo comparamos con el que caracteriza a los países del primer mundo. La firma del Tratado de Libre Comercio entre Estados Unidos de América, Canadá y México en 1993, síntoma inequívoco de que la globalización se intensificó, 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 el control de calidad en línea, el aseguramiento de la calidad a través de la normatividad ISO-9000, la ingeniería de calidad, la calidad total, la reingeniería, así como nuevas y tradicionales metodologías, métodos, herramientas y técnicas estadísticas incluyendo el diseño de experimentos, 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 nacional.

Al 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 micro empresa, particularmente esta 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 solo 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. La administración pública federal mexicana actual, iniciada el uno de diciembre de dos mil, ha venido esbozando una tendencia a la ampliación de la cobertura de esta política de fomento.

Todo este ambiente en la búsqueda de la competitividad global de las empresas 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, de la perspectiva histórica de la agenda industrial mexicana y latinoamericana y en general, implicando tiempos de nuevos paradigmas, todo ello 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* incluyendo el *control estadístico en línea*, el *diseño experimental* clásico y con mayor novedad y en una proporción incipiente aún, diversas vertientes derivadas del *off line quality control*.

Además de lo anteriormente expuesto, es importante señalar que 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 alta 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 a 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.

Es importante mencionar que cuando se han aplicado técnicas estadísticas clásicas y de Taguchi en los procesos, pero particularmente en las fases de diseño y en la industria automotriz, los niveles de creación de valor agregado se han elevado. En este ámbito, existen además críticas hechas a la Ingeniería de Calidad particularmente al diseño robusto de parámetros de Taguchi dentro de lo que se conoce como Control Fuera de Línea, que se aplica, por cierto, con destacados resultados, pero en contraposición con la aplicación de las técnicas clásicas del diseño de experimentos, por lo que será necesario caracterizar esta controversia.

## II. JUSTIFICACIÓN

Las premisas generales que el contexto configura, sus implicaciones y la importancia de desarrollar el campo de la estadística industrial hacia la gestión de la calidad establecen que es necesario:

1. Incorporar la calidad de diseño en cada producto y en los procesos por los que este se fabrica de una manera no reduccionista para desarrollar la gestión de la calidad como elemento fundamental para la competitividad.
2. Precisar las razones e identificar las características de que los métodos de diseño experimental se hayan desaprovechado como instrumentos de Ingeniería para optimizar y potenciar importantes cadenas de valor agregado.
3. Identificar de manera integral el proceso de evolución histórico de la gestión de la calidad implicando a la ingeniería de calidad y la tecnología estadística asociada.
4. Precisar sistemas problemáticos que establezcan líneas de orientación para la búsqueda de soluciones con visión holística que consideren la generación de valor de las organizaciones, particularmente los sistemas industriales de Latinoamérica y México en un contexto de respeto social y al medio ambiente.

Por otro lado, es innegable la desesperada búsqueda de alternativas integrales que permitan reproducir y ampliar la aplicación de métodos y técnicas incluidos en diversas propuestas metodológicas y de gestión de la calidad hoy, que en ciertos sectores como el automotriz han dado evidencias de aportar alto valor agregado y niveles de gran competitividad de productos y servicios.

## III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Por lo anterior se formula el siguiente planteamiento del problema:

¿Qué características históricas y actuales deben ser incluidas en un modelo que además permita esbozar sistemas problemáticos que reclamen el desarrollo de alternativas integrales de gestión de la calidad, asimismo responder eficaz y eficientemente a los requerimientos de optimización de importantes cadenas de valor agregado en Latinoamérica (el caso mexicano), frente a la crítica general hecha a la ingeniería de la calidad, a la administración total de la calidad y a la tecnología estadística contemporánea asociada?

#### IV. OBJETIVO

Configurar un modelo de generaciones de gestión de la calidad y realizar una problematización de relevancia global, social y empresarial para la región en los ámbitos administrativo y técnico, explorando las temáticas de la Gestión de la Calidad, de la Ingeniería de la Calidad y de la Tecnología Estadística Aplicada a la Calidad estableciendo el estado del arte y definiendo una vertiente de investigación en la frontera del conocimiento de este campo interdisciplinario que atienda la disfuncionalidad limitante del desarrollo regional.

#### V. RESULTADOS

El estudio se ha estructurado mediante un modelo de generaciones de la calidad y con el se ha determinado la frontera del conocimiento en esta temática, construyéndose sistemas problemáticos del subsistema administrativo y del subsistema técnico de gestión de la calidad, que deberán atenderse para definir los sistemas operacionales que hagan factible una gestión integral de la calidad.

El modelo propuesto esta constituido de una caracterización de los subsistemas administrativo y técnico que dado el desarrollo de la tecnología en sus diferentes ámbitos, ha propiciado en el tiempo y en el espacio geográfico y geopolítico, la producción de valor en los sistemas industriales y en las organizaciones por medio de la gestión consciente e inconsciente de la calidad. Esta caracterización se expresa en generaciones de la gestión de la calidad y permite identificar la evolución histórica de esta, sus fases secuenciadas y sus fases simultáneas, así como la caracterización de la frontera del conocimiento.

Los capítulos y etapas generacionales que establece el modelo son:

- Surgimiento de la Calidad.
- Primer Generación de la Gestión de la Calidad: Control de Calidad por Inspección.
- Segunda Generación de la Gestión de la Calidad: Control de Calidad en Línea.
- Tercer Generación de la Gestión de la Calidad: Aseguramiento de la Calidad.
- Cuarta Generación de la Gestión de la Calidad: Calidad Total.
- Quinta Generación de la Gestión de la Calidad: Kaizen de la Calidad.
- Sexta Generación de la Gestión de la Calidad: Administración Total de la Calidad (TQM).
- Frontera de la Ingeniería de la Calidad
- Frontera de la Tecnología Estadística Aplicada a la Calidad.
- Frontera de la Gestión de la Calidad: Una Generación emergente a la TQM.
- Sistemas Problemáticos Relevantes de la Ingeniería, Tecnología Estadística y Gestión de la Calidad.

## LA INGENIERÍA DE CALIDAD Y CONCEPTUALIZACIÓN ACTUAL

En el principio de la década de los 80's el Dr. Genichi Taguchi, Ingeniero Japonés, en forma paralela al proceso de maduración de la generación del Kaizén y al desarrollo del concepto de la Administración de la Calidad Total (TQM), introdujo un método en EUA para incorporar la calidad en el diseño y desarrollo de productos y procesos, el cual empezó a producir importantes resultados, de tal manera que un gran número de empresas empezaron a tener un desempeño sobresaliente en el plano internacional, particularmente en Japón y en los países del primer mundo.

El Método de Taguchi, estableció 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" (Taguchi, 1980). Enfoque al Cliente (Sociedad) en vez de enfoque al fabricante.

Taguchi retoma el contexto del Control de Calidad Fuera de Línea, planteando que:

- 1) Inspección y control de proceso no son suficientes para alcanzar una calidad competitiva; y
- 2) Niveles elevados de calidad solo 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. En pocas palabras Robustez es equivalente a calidad elevada para Taguchi.

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 instrumental metodológico de Taguchi establece tres (3) 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.

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<sup>1</sup>, 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).

Se puede decir que "Taguchi resalta la noción del uso de dos tipos de variables de diseño en un estudio. Estos factores son ... de control y ... de ruido" (Walpole y otros, 1998).

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.

Cabe hacer notar que los cambios en las variables de ruido en realidad implican cambios durante el proceso, en el campo, en el medio, en el manejo o uso del consumidor, etc.

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.

Taguchi establece que pueden emplearse métodos de diseño experimental para hallar un mejor diseño del producto y/o del proceso. "Mejor" significa un producto que sea "insensible" (Robusto) a factores incontrolables (Factores de ruido) que se manifestarán en la puesta en marcha (Ross, 1996).

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.

La **filosofía de la ingeniería de la calidad** se sintetiza en la actualidad de la siguiente manera:

1. Una dimensión importante de la calidad de un producto es la pérdida total generada a la sociedad.
2. En una economía competitiva el mejoramiento continuo de la calidad y

la reducción de costos son necesarios para la supervivencia.

3. Un programa de mejoramiento continuo de la calidad incluye la reducción incesante de la variación de las características del producto con respecto al objetivo.
4. La pérdida del consumidor debido a la variación del comportamiento de un producto, es con frecuencia proporcional al cuadrado de la desviación de la característica de su objetivo.
5. La calidad y costo final de un producto manufacturado, son determinados en gran medida por el diseño de ingeniería del producto y su proceso de manufactura.
6. La variación en el comportamiento de un producto o proceso, se puede reducir aprovechando los efectos no lineales de los parámetros de las características.
7. La implementación de experimentos estadísticos se emplea para identificar los valores óptimos de parámetros en productos y procesos que permiten reducir la variabilidad.

La **estrategia de la ingeniería de la calidad** contemporánea se puntualiza:

- 1- El cliente comprará un producto.
  - Deseable y que satisfaga un propósito.
  - Funcional y robusto al medio.
  - Mejor entre productos competitivos.
  - Por características .
  - Por estilo.
  - por costos de compras y posesión.
- 2- Los objetivos del cliente externo se alcanzan gracias a :
  - Optimizar el diseño del producto y procesos para mejorar la calidad y reducir costos.
  - Usar la función de pérdida cuantificando mejoras en la

calidad en términos de costo y mejoras en la definición y uso de tolerancias de diseño.

- Despliegue de la función de calidad: “La Voz del Consumidor” a través de los clientes internos en las fases de:
  - Planeación.
  - Diseño de productos
  - Diseño de procesos
  - Producción
  - Cuentas
  - Servicios

### 3- Pasos:

- Desarrollo del sistema
- Diseño de parámetros
- Diseño de tolerancias

### 4- Métodos:

- Función de pérdidas de calidad
- Arreglos ortogonales
- Gráficas lineales

### 5- Conceptos:

- El resultado del análisis no necesita ser óptimo (en términos de validez estadística o nivel óptimo). El resultado debe ser mejor y rápido (50% de resultados en 10 días es más rentable que 90% de resultados en 200 días).
- Mejoras incrementales pequeñas sobre un gran número de productos y procesos tiene efectos acumulativos superiores que grandes mejoras en problemas conocidos.

## 1 Sergio Pablo Mariscal Alvarado

Es Ingeniero Industrial y Maestro en Ingeniería de Optimización de Sistemas Productivos por el Instituto Tecnológico de Sonora en México. Es Profesor-Investigador del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme en México, en donde es titular de la Línea de Investigación en Gestión de la Calidad y Diseño de Experimentos. Ha desarrollado diversos trabajos en esta temática y del ámbito educativo destacando: “Manufactura de Clase Mundial”, “Diseño de Sistemas Operativos en el Departamento de Tráfico y Logística de una Empresa Manufacturera de la Región” y “Gestión de la Calidad, Ingeniería de la Calidad y Tecnología Estadística Aplicada a la Calidad” entre otros. Actualmente se desempeña como Subdirector Académico del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme en Cd. Obregón, Sonora, México.

## Ramón Francis García

Es Ingeniero Industrial con Maestría en Sistemas Automatizados de Dirección y Doctorado en Ciencias Técnicas. Ha impartido 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 en el Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” de la Habana, Cuba.

## AUTORES

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) ARROYO, José Luis. 2001. Evolución Histórica del Concepto de Calidad. Portal Gesteopolis.com. Argentina.
- 2) BOX, G.E.P. 1957. Evolutionary Operation: A method for Increasing Industrial Productivity. Applied Statistics, Vol. 6, pags. 81-101.
- 3) BOX, G.E.P. y HUNTER, J.S. 1957. Multifactor Experimental Designs for Exploring response Surfaces. Annals of Mathematical Statistics. Vol. 28 pags. 195-242.
- 4) BOX, G.E.P. 1988. Signal to Noise Ratios , Performance Criteria and Transformations (with discussion). Technometrics, 307 1-40.
- 5) BOX, G.E.P., Bisgaard, S. y Furg, C. 1988. An Explanation and Critique of Taguchi's Contributions to Quality Engineering. Quality and Reliability Engineering Internacional, Vol. 4 . U.S.A.
- 6) 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 Improvment. U.S.A.
- 7) BRITISH STANDARDS INSTITUTION, Norma BS 6001. Supplement 1. 1984, England.
- 8) CHAMPY, James. 1995. Reingeniería en la Gerencia. Grupo Editorial Norma. México
- 9) CHEN, Hegang y Hedayat, A.S. 1996.
- 10) CHEN, Jiahua y Wu, C.F.J. 1991.
- 11) CROSBY, Philip B. 1987. La Calidad No Cuesta. Mc Graw Hill Book Company. CECSA. México.
- 12) DEMING, W. Edwards. 1982. Quality, Productivity and Competitive Position. Massachusetts Institute of Technology Center for Advanced Engineerig Study, Cambridge, Mass, U.S.A.
- 13) DEMING, W. Edwards. 1986. Out of the Crisis. Massachusetts Institute of Technology Center for Advanced Engineerig Study, Cambridge, Mass, U.S.A.
- 14) DODGE, H.F. y Roming, Harry G. 1959. Sampling Inspection Tables, Single and Double Sampling. 2da. Ed. John Wiley & Sons, Nueva York, U.S.A.
- 15) DUNCAN, Acheson J. 1996. Control de Calidad y Estadística Industrial. Versión en Español de la obra Quality Control and Industrial Statistics 5ta. Edición. AlfaOmega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- 16) EVANS, James R. Y Lindsay, William M. 1995. Administración y Control de Calidad. Grupo Editorial Iberoamérica. México.
- 17) FRANKLIN, M.F. 1984.
- 18) FISHER, R. A. 1958. Statistical Methods for Research Workers. 13a. Ed. Revisada por Oliver & Boyd, Ltd.
- 19) GONZÁLEZ González, Aleida. 1997. El Impacto Social de la Calidad Total en la Organización. Trabajo para el examen de mínimo de Ciencias Sociales en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.
- 20) HAY, Edward J. 1989. Justo a Tiempo. Editorial Norma, S.A. de C.V.
- 21) MAI, Masaaki. 1992. Kaizen: La Clave de la ventaja Competitiva Japonesa. Compañía Editorial Continental, México.
- 22) ISHIKAWA, Kaoru. 1980. Guide to Quality Control. Asian productivity Organization, Tokio. Unipub Nueva York, U.S.A.
- 23) JOHNSON, N.L. 1975. A Simple Theoretical Approach to Cumulative Sum Control Charts. Journal of the American Statistical Association 70 pags. 83 al final.
- 24) JUAN, Jesús y Palomo, J. Gabriel. 2000. Minimum aberration two level designs of resolution III. España.
- 25) JUAN, Jesús y Pena, Daniel. 1991. Análisis de Disenos Factoriales sin Replicaciones.
- 26) JURAN, J. M. 1994. Manual de Control de Calidad. Mc. Graw Hill. España.
- 27) KACKAR, R. 1985. Off-Line Quality Control, Parameter Design and the

- Taguchi Methods. Journal of Quality Technology, 17, 176-188.
- 28) LAWSON, John y otros. 1992. Estrategias Experimentales para el Mejoramiento de la Calidad en la Industria. Grupo Editorial Iberoamérica. México.
- 29) LEE, Chiang Sh. Y Vardeman, Stephen. 2001. Interval Estimation of a Normal Process Mean from Rounded Data. Journal of Quality Technology. Vol. 33, No. 3, pags. 335 a 348.
- 30) LEWIS, Sharon L y Montgomery, Douglas C. 2001. Examples of Designed Experiments With Nonnormal Responses. Journal of Quality Technology. Vol. 33, No. 3, pags. 265 a 278.
- 31) LEWIS, Sharon L y Montgomery, Douglas C. 2001. Confidence Interval Coverage for Designed Experiments Analyzed With GLMs. Journal of Quality Technology. Vol. 33, No. 3, pags. 279 a 292.
- 32) LU, Chao-Wen y Reynolds Jr, Marion, R. 2001. CUSUM Charts for Monitoring an Autocorrelated Process. Journal of Quality Technology. July. pags. 316-334.
- 33) LUCAS, James M. 1985. Counted Data CUSUM. Technometrics 27 pags 129-144
- 34) MAIN, J. 1994. Quality Wars. Free Press, Nueva York U.S.A.
- 35) MARISCAL, Sergio P. 1997. Manufactura de Clase Mundial: Sustentos y perspectivas. Revista de la Sociedad Académica del Instituto Tecnológico de Sonora. Año V, No. 10, Sem. Agosto-Diciembre. México pag. 49-56.
- 36) MARISCAL, Sergio P. 1997. Diseño de Sistemas Operativos en el Depto. de Tráfico y Logística de una Empresa Manufacturera de la Región. Tesis de la Dirección de Investigación y Estudios de Posgrado del Instituto Tecnológico de Sonora. México.
- 37) MARISCAL, Sergio P. 2002. La Gestión de la Calidad mediante el Kaizen y la Revolución de las 5S. Una aportación para impulsar la administración y desarrollar al grupo y al individuo. Trabajo para examen de mínimo de Ciencias Sociales para Doctorado. Instituto Superior José Antonio Echeverría. Cuba. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. México.
- 38) MONTGOMERY, Douglas C. 1991. Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica. México.
- 39) MONTGOMERY, Douglas C. 1991. Control Estadístico de la Calidad. Grupo Editorial Iberoamérica. México.
- 40) MONTGOMERY, Douglas C y Runger, George C. 1996. Probabilidad y Estadística Aplicadas a la Ingeniería. Mc Graw Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V. México
- 41) 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.
- 42) 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.
- 43) OROZCO, O. Francisco J. y Jiménez S. Rafael. 1998. El Nuevo Paradigma de la Competitividad. Editorial Panorama, México.
- 44) PEARSON, E.S. 1973. Some Historical Reflections on the Introduction of Statistical Methods in Industry. The Statistician 22, England.
- 45) PHADKE, Madhav S. 1989. Quality Engineering Using Robust Design. AT&T Laboratories. Prentice Hall. USA.
- 46) POZO Pino, Augusto. 1993. Como Implantar el Control Total de Calidad. Sección Tecnopolíticas. Tecnoindustria. Julio-Agosto. México.
- 47) QIU, Peihua y Hawkins, Douglas. 2001. A Rank-Based Multivariate

- CUSUM Procedure. Technometrics, Volumen 43, Number 2, May, paginas 120-132.
- 48) ROMERO Y ZUÑIGA. 1999. Notas. España
- 49) ROQUE Orellana, pedro. 1997. Kaizen-ISO9000. Reproducción de Guía Técnica de Seminario. CONACYT del Salvador.
- 50) ROSS, Phillip J. 1996. Taguchi Techniques for Quality Engineering: Loss Function Orthogonal Experiments, Parameter and Tolerance Design. Second Edition. Mc Graw Hill Companies Inc.
- 51) ROTHERY, Brian. 1997. ISO 14000-ISO 9000. Editorial Panorama. Tercer Reimpresión. México.
- 52) SANDOVAL, René Mauricio. 2000. Calidad y Desarrollo organizacional a través de la certificación ISO-9000. Trabajo de investigación de la Maestría en Administración del Instituto Superior de Economía y Administración de Empresas, República del Salvador, Centroamérica.
- 53) 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.
- 54) SERRALDE, Alejandro. 1996. Liderazgo para el Futuro: Un Enfoque Alternativo para la Dirección del Cambio. Management Today en español. Mayo.
- 55) SHEWHART, W.A. 1980. Economic Control of Quality of Manufactured Product. ASQC. EUA.
- 56) 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.
- 57) 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.
- 58) TRIBUS, Miron. 1994. Liderazgo de Clase Mundial. Desarrollo y Comunicación Empresarial, S.A. de C.V. México.
- 59) 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.
- 60) WALPOLE, Ronald E. 1998. Probabilidad y Estadística para Ingenieros. Sexta edición Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. de C. V. Traductor Ricardo Cruz ISBN 970-17-02646.
- 61) 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.



---

**MODELACIÓN, PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS MECANICOS DE CADENA CINEMATICA CERRADA EN PLANO**

Autor: Ing. José Efrén Ruelas Ruiz,  
efren\_ruelas@correo.unam.mx; Teléfono: (644) 415-19-15  
Instituto Tecnológico Superior de Cajeme,  
Carretera Internacional a Nogales kilómetro 2.  
Cd Obregón Sonora;

**RESUMEN**

Este trabajo de investigación tiene como objetivo fundamental homologar el procedimiento de modelación de robots y mecanismos con el proceso de programación de los mismos en el paquete VISUAL BASIC V6. Dicha homologación es realizada para fines pedagógicos; es decir, para facilitar la enseñanza de futuros interesados en la programación y simulación de robots y mecanismos.

Para realizar el proceso de homologación, es necesario re escribir los modelos en términos de una metodología paso a paso y que, cada paso, sea programado en forma sistemática.

Los modelos que serán homologados corresponden a un robot paralelo tipo RRR (modelo cinemático) y a un mecanismo de cuatro barras (síntesis para cuatro puntos de precisión para conducción de cuerpo rígido), además, será incorporado y homologado el modelo de trayectoria sistematizado.

**INTRODUCCIÓN**

Para poder simular el comportamiento mecánico de los sistemas articulados de cuerpos rígidos se debe primero construir, en forma sistemática, los modelos cinemáticos y dinámicos y posteriormente, programarlos en algún lenguaje de programación como Matemática, VISUAL BASIC, DELPHI, VISUAL "C"<sup>++</sup>, Matlab y ensamblador entre otros .

Cada uno de los lenguajes usados para la programación de modelos de robots tiene sus ventajas y desventajas. Por ejemplo, Matemática es un lenguaje de programación simbólica y solo se usa para solucionar modelos, decir, en forma numérica.

La simulación de los movimientos de los mecanismos no se ve limitado en VISUAL BASIC en este lenguaje, además, es posible transferir de forma directa los datos para manejar un prototipo real. se pueden generar ventanas de diálogo que facilitan la introducción de parámetros al programa y, con esto, es probable simular y ejecutar diversas condiciones en las máquinas o robots.

Para poder programar en forma clara, simple y sistemáticamente los modelos de los robots y mecanismos, es necesario que dichos modelos sean claros y sistemáticos. Además, que las operaciones computacionales; es decir, el cálculo de los parámetros, sean de alguna manera reducidos. Aunque los nuevos procesadores realizan millones de operaciones sobre segundo, no deja de ser importante reducir el número de operaciones.

La homogenización de los procesos de modelación de los movimientos de robots y mecanismos con el proceso de programación en algún lenguaje es una tarea que debe realizarse sistemáticamente. Sin embargo, es necesario discutir las consideraciones siguientes:

- 1) Desde le punto de vista pedagógico, el hecho de que los modelos y la programación sean homologados; es decir, análogos tanto en su escritura como en la secuencia de pasos, conducirá a una mejor comprensión del proceso enseñanza-aprendizaje en el estudiante.
- 2) Desde el punto de vista de programación el hecho de seguir paso a paso la modelación conducirá a minimizar los errores de interpretación y programación de los mismos y con

esto, es posible reducir los tiempos en la realización de programas.

- 3) El hecho de que en los lenguajes de alto nivel sea posible simplificar líneas de programación por medio de funciones, implica, por un lado, reducir el código de programación y, por otro, que desde el punto de vista pedagógico los estudiantes se ven limitados a entender el programa. Es necesario, por lo tanto, evaluar las cuestiones de pedagogía con las simplificaciones en los programas.

El lenguaje de programación simbólica ha sido usado para solucionar y simular modelos de robots y mecanismos. Por ejemplo Recientemente, (Reyes L, 1998), (Reyes I, 2001) y (Reyes L, 2003) usó Mathematica para demostrar las propiedades de los números complejos, Cuaterniones y sus variantes y octaniones.

### OBJETIVOS

Se pretende cumplir con los siguientes objetivos:

- 1) Sistematizar paso a paso los modelos cinemáticos y de trayectoria de un robot paralelo plano tipo RRR.
- 2) Sistematizar paso a paso el modelo de síntesis de un mecanismo de cuatro barras usado para conducir un cuerpo rígido por cuatro puntos de precisión.
- 3) Programar sistemáticamente los modelos del robot paralelo y el mecanismo.

### 1.- La modelación cinemática y la síntesis de mecanismos

**Introducción.** En este capítulo se discute el problema de la cinemática de multicuerpos rígidos, así como el problema de síntesis. El objetivo es proporcionar una visión general de dichos problemas, con el propósito de simplificar la comprensión de los modelos cinemáticos del robot paralelo y del

mecanismo de cuatro barras estudiados y programados en este trabajo.

#### 1.1 El problema de la mecánica clásica

El análisis del comportamiento mecánico de robots y mecanismos considerados como multicuerpos rígidos en movimiento debe, partir, en caso mas general, del planteamiento del problema de la mecánica clásica; Esto es:

“El problema de la mecánica clásica consiste en analizar y/o modelar el comportamiento mecánico del medio que nos rodea”

Las restricciones fundamentales que, como todo problema deben indicarse, son las siguientes:

- 1).- El medio es continuo.
- 2).- El medio posee masa.

La restricción de “medio continuo” es en realidad una restricción puramente matemática que implica el uso (hasta hoy en día) de funciones continuas en el modelado del comportamiento mecánico.

Para el caso de la restricción en la que el medio debe poseer masa, dicha propiedad es usada para formular la siguiente hipótesis fundamental:

“El comportamiento mecánico del medio que nos rodea satisface las leyes de Newton”

Como es bien sabido, las premisas o acciones básicas del problema de la mecánica clásica son precisamente las leyes de Newton; estas son:

- 1).- Ley de la Inercia.
- 2).- Leyes de balance.
- 3).- Principio de acción y reacción.

El proceso de sistematización del problema de la mecánica clásica conducirá a generar los modelos cinemáticos y dinámicos de robots y mecánicos usando la secuencia lógica (Proceso de análisis de lo general a lo particular).

#### 1.2.- El problema de la cinemática

En esta sección se discute brevemente el problema de la cinemática de multicuerpos usando para este propósito la segunda ley de Newton, esto es:

- 1).- La cantidad de movimiento lineal es igual a la suma de las fuerzas.
- 2).- La cantidad de movimiento angular es igual a la suma de los momentos.

De acuerdo con la proposiciones definidas anteriormente, los elementos primitivos de la mecánica clásica son:

- 1).- Fuerzas.
- 2).- Cuerpos.
- 3).- Desplazamientos

Dichos elementos están relacionados mediante la siguiente expresión:

$$\frac{d}{dt}(m \cdot v) = \Sigma F$$

Aquí, "m" es la masa del cuerpo o sistemas de cuerpos "v" es la velocidad y F es un sistema de fuerzas. Nótese que por el principio de la conservación de la masa, la expresión anterior se reduce a;

$$\frac{d}{dt}(v) = \Sigma F$$

pues,  $\frac{d}{dt}(m) = 0$

Esta última ecuación se puede escribir de la manera siguiente:

$$F = m \cdot a$$

siendo "a" la aceleración del cuerpo.

En realidad el problema de la cinemática está implícito en el problema de la mecánica clásica, es decir, "Analizar el comportamiento mecánico del medio que nos rodea"

Para reducir el problema de la mecánica al problema puramente cinemático debe introducirse la siguiente restricción:

"En el problema de la cinemática no se incluyen las fuerzas que generan el movimiento"

Esta restricción conduce la siguiente definición:

El problema de la cinemática consiste en analizar el movimiento de un cuerpo o sistema de cuerpos sin considerar las fuerzas que lo producen".

El hecho de no considerar las fuerzas en el problema de la cinemática hace que el estudio se centre en analizar los siguientes problemas.

- 1).- El desplazamiento.
- 2).- La velocidad.
- 3).- La aceleración.
- 4).- La trayectoria.

Dichos Problemas están todos relacionados .

### 1.3.- Cuerpos rígidos

Uno de los elementos primitivos del problema de la mecánica clásica es el cuerpo o sistemas de cuerpos.

Dichos cuerpos en el mas sentido real, son deformables, se expansionan o se fracturan. La restricción de medio continuo conduce a considerar que los cuerpos no se fracturan o en otras palabras que el medio conserva su frontera interior durante el movimiento o bajo un sistema de fuerzas.

En el análisis de robots y mecanismos tradicionalmente se ha considerado otra restricción más asociada con los cuerpos de los cuales se componen. Dicha restricción es la siguiente:

"Los cuerpos son rígidos"

El hecho de que un cuerpo considerado sea rígido o indeformable se refiere a: si se define sobre el cuerpo una distancia entre dos puntos, dicha distancia se preservará antes y después del movimiento.

La restricción de cuerpo rígido es en realidad matemática.

## 1.4.- Sistemas de cuerpos rígidos acoplados

Los robots y mecanismos son generalmente conocidos como sistemas de cuerpos rígidos acoplados. Y se idealizan usando el concepto de cadena cinemática.

Un sistema de cuerpos rígidos es un sistema de cuerpos interconectados por dispositivos llamados comúnmente juntas.

Los sistemas o cadenas cinemáticas pueden estar empotradas a la tierra o sea libres de moverse. Dos tipos de cadenas cinemáticas se usan para modelar los robots y mecanismos.

- 1).- Cadenas cerradas.
- 2).- Cadenas abiertas.

Una cadena es cerrada si el extremo final de un eslabón (o cuerpo) esta conectado con otro eslabón restringiendo el movimiento del primero. Este tipo de cadena es usada para representar los mecanismos. De hecho, la estructura de un robot paralelo es también considerada como un sistema de cadenas cerradas.

En las cadenas abiertas el extremo final de un eslabón es libre de moverse. La figura 1.1 a, b, muestra los dos tipos de cadena cinemática antes descritas.

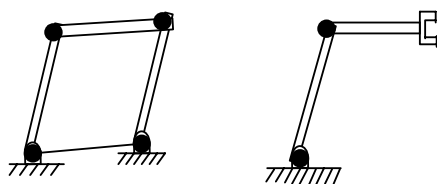


Figura 1.1 Tipos de cadenas cinemáticas; a) cerrada, b)abierto

## 1.5.- Dos configuraciones de análisis cinemático

Para analizar el comportamiento cinemático de un cuerpo o un sistema de cuerpos rígidos acoplados se procede de la siguiente manera:

1).- Estudiar el multicuerpo en su configuración inicial; es decir, antes de iniciar su movimiento.

2).- Estudiar el multicuerpo en la configuración final; es decir, después de haber realizado el movimiento.

3).- Analizar la transición cinemática entre ambas configuraciones.

Todo multicuerpo debe ser referenciado a un sistema de coordenadas y, posteriormente, caracterizado en su posición inicial. En otras palabras, se plantea un modelo con el cual se determine cada una de las coordenadas de los puntos que componen el multicuerpo medidas desde un sistema fijo inercial. En este proceso, el sistema de cuerpos debe estar fijo en el tiempo.

La posición fija del multicuerpo en el tiempo y referenciado, es llamada "inicial" o configuración de referencia o configuración no deformada (en el sentido de rotaciones y translaciones).

Supóngase ahora que, el multicuerpo es movido por alguna acción de su configuración inicial o una nueva posición la cuál es fijada en el tiempo y referencia al sistema de coordenadas fijo. La nueva posición es llamada "configuración deformada".

El análisis de la configuración deformada consiste en determinar las nuevas coordenadas de los puntos de interés asociados con el multicuerpo en la configuración deformada tomando como base el modelo de la configuración no deformada o inicial.

Es importante señalar que tanto la posición inicial como la deformada no dependen (en este trabajo) del tiempo.

Por último se discutirán algunas consideraciones sobre la transición cinemática entre ambas configuraciones.

Los elementos primitivos del problema cinemático son: 1).- cuerpos o puntos, 2).- desplazamiento, 3).- velocidad, 4).-

aceleración y 5).- trayectoria. Todos estos elementos deben estar relacionados con el concepto de "Transición cinemática" el cual se define de la manera siguiente:

" Una transición cinemática es el movimiento de un cuerpo o sistema de cuerpos definidos de la configuración no deformada a la deformada. La transición o movimiento, como es bien sabido, depende del tiempo".

El análisis de la transición cinemática responde a la pregunta: ¿Cómo paso en el tiempo el multicuerpo de una posición inicial a una final?

Para analizar un movimiento se procede de la manera siguiente:

- 1).- Modelar la configuración no deformada.
- 2).- Modelar la configuración deformada.
- 3).- Usar funciones del tipo  $\gamma : J \rightarrow V$  donde  $J$  es un intervalo de tiempo y  $V$  un espacio vectorial, para caracterizar, en función del tiempo, la configuración deformada.
- 4).- Derivar, con respecto al tiempo, el modelo en la configuración deformada del peso anterior, para determinar el modelo de velocidad.
- 5).- Derivar con respeto al tiempo el modelo de velocidad para determinar el modelo de aceleración.
- 6).- Definir una trayectoria y aplicar los pasos 3), 4), 5).

Es importante señalar que los pasos descritos anteriormente, están asociados con un proceso de análisis del tipo temporal.

La figura 1.2, muestra un sistema de cuerpos definido en dos configuraciones y caracterizado por una transición cinemática.

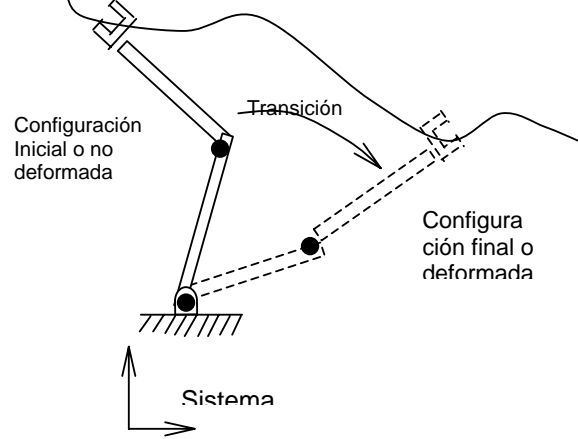


Figura 1.2 Caracterización de una transición cinemática

## 1.6.- El problema inverso y el problema directo

En esta sección se discuten algunos aspectos importantes relacionados con los problemas cinemáticos directo e inverso. Antes de entrar en discusión, es importante señalar que, generalmente, el desplazamiento de un sistema de cuerpos se puede dar de las siguientes tres formas:

- 1).- Rotación .
- 2).- Traslación.
- 3).- Combinación de rotación-traslación.

Para el caso de una rotación, el movimiento de un cuerpo está en función de un desplazamiento angular y un eje de rotación. Una rotación se caracteriza por el desplazamiento angular de un cuerpo entre dos configuraciones o, más bien dicho, de un punto a otro. El movimiento caracterizado por una rotación y una translación combina las características intrínsecas de la rotación pura y translación pura.

Para poder explicar los problemas directo e inverso, considere el siguiente caso:

“Un manipulador compuesto de dos eslabones rígidos conectados, requiere ejecutar una tarea sobre una trayectoria determinada. Los eslabones son movidos por actuadores que producen rotaciones”.

La figura 1.3, muestra el manipulador compuesto por dos eslabones rígidos:

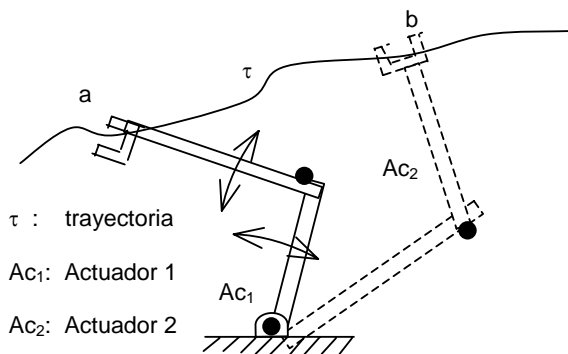


Figura 1.3. Manipulador de 2 GDL

El problema directo se formula de la manera siguiente:

“Si se conocen los desplazamientos angulares de los actuadores y los ejes de rotación, encuéntrase las coordenadas del punto “a” o el punto “b”.

El problema inverso se formula como sigue:

“Si se conocen las coordenadas del punto “a” o “b”, encuéntrase los desplazamientos angulares de los motores y los ejes de rotación”.

El problema inverso para el caso del modelo de posición, consiste en determinar las variables angulares que requieren los actuadores para satisfacer una trayectoria deseada. Por otro lado, el problema directo es la antítesis (lo contrario) del problema inverso entonces se debe formular:

1).- Problema inverso de velocidad: “Conocidas las velocidades lineales de un punto de interés, encuentre las velocidades angulares de los actuadores.

2).- Problema directo de velocidad: “Conocidas las velocidades angulares de los actuadores, encuentre la velocidad lineal de punto de interés”.

3).- Problema inverso de aceleración: “Conocida la aceleración lineal del punto de interés, encuentre las aceleraciones angulares de los actuadores”.

4).- Problema directo de aceleración: “Conocidas las aceleraciones angulares de los actuadores, encuéntrase la aceleración lineal del punto de interés”.

## 1.7.- El problema de síntesis de mecanismos

Los mecanismos son estructuras formadas por eslabones rígidos caracterizados, cinemáticamente por cadenas cerradas. Estos elementos estructurales se usan para realizar movimiento especiales en máquinas o dispositivos. Los mecanismos pueden ser usados para tareas simples como: exprimidores de jugos o limpia parabrisas o tareas complejas como el cierre o para accionar movimientos de los trenes de aterrizaje.

Para estudiar el comportamiento cinemático de los mecanismos se usan dos procesos:

- 1).- El proceso de análisis.
- 2).- El proceso de síntesis.

El análisis de un mecanismo, consiste en modelar la posición, la velocidad y la aceleración de dicho mecanismo, usando la configuración no deformada y la deformada. Para este caso, son conocidas las dimensiones principales de los eslabones que componen el mecanismo.

El proceso de síntesis consiste en determinar las dimensiones principales de los eslabones que componen un mecanismo el cual debe satisfacer ciertas consideraciones cinemáticas. Así, se puede modelar la síntesis de posición, de velocidad y aceleración.

En el diseño y construcción de mecanismos, los procesos de análisis y síntesis están intrínsecamente relacionados, pues por un lado se determina las dimensiones de los eslabones y, por otro, el movimiento de los eslabones que componen el mecanismo.

Por otro lado, existen tres tipos de problemas de síntesis:

- 1).- Generación de función.
- 2).- Conducción de cuerpo rígido.
- 3).- Entrada salida.

En este trabajo, se estudiará un problema de síntesis para conducción de cuerpo rígido, 4 puntos de precisión mostrado en la figura 1.4.

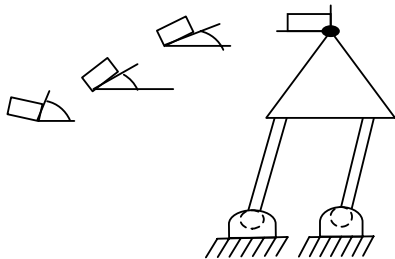


Figura 1.4.- Mecanismo de cuatro barras y 4 puntos de precisión.

### 1.8.- Algunas consideraciones sobre las metodologías usadas para construir modelos cinemáticos

Para modelar el comportamiento cinemático de robots y mecanismos, diversas metodologías han sido utilizadas. Los números complejos en su representación exponencial se han usado, tradicionalmente, para modelar el movimiento plano de mecanismos. Por otro lado, los parámetros de Denavit-Hartenberg se utilizan para modelar los robots que se mueven en el espacio.

Recientemente, se han parametrizado y sistematizado las rotaciones y reflexiones en el plano caracterizados en el espacio vectorial de los números complejos. De dicha sistematización se generaron dos rotaciones y dos reflexiones. También, en un trabajo desarrollado por (Reyes L, 1990) se sistematizó el álgebra de los cuaterniones con lo cual se pueden modelar robots y mecanismos tanto en el plano como en el espacio.

### 1.9.- Descripción de cadenas cinemáticas robot paralelo y mecanismo

En esta sección se presenta los sistemas articulados de cuerpos rígidos las cuales serán modelados en este trabajo de tesis.

El robot paralelo motivo de estudio en este trabajo es mostrado en la figura 1.5 y está formado por ocho eslabones rígidos incluyendo la tierra T del sistema.

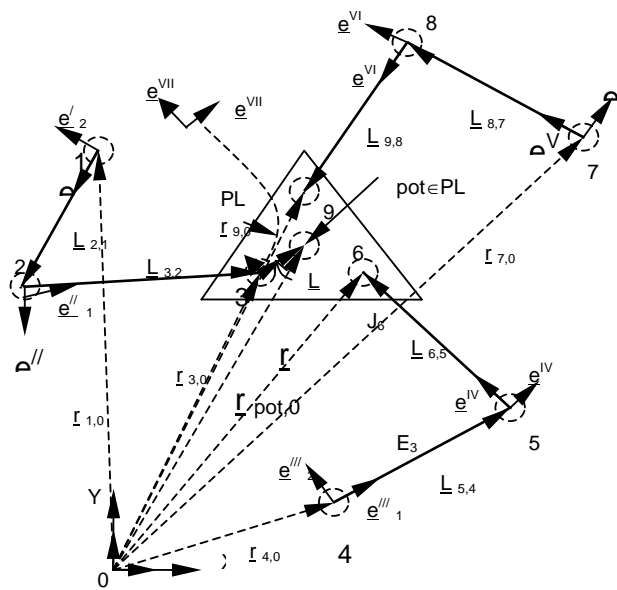


Figura 1.5.- El robot paralelo

El eslabón PL es llamado "plataforma móvil" y el punto PL mostrado en la figura 1.5 es el punto terminal.

El estudio cinemático del robot paralelo consiste en:

- 1).- Modelar la posición en dos configuraciones y formular los problemas directo e inverso.
- 2).- Modelar la velocidad en la configuración deformada y formular los problemas directo e inverso.
- 3).- Modelar la aceleración en la configuración deformada y formular los problemas directo e inverso.
- 4).- Modelar una trayectoria de operación.
- 5).- Programar y simular los modelos resultantes.

## Artículo de Ingeniería

### 2.- Ejemplo de programación sistemática de la cinemática inversa del robot paralelo para el modelo de posición.

En esta sección se describe la programación del modelo cinemático inverso de posicionamiento, se dan aquí, las coordenadas del efector final conocido como  $P_{ot}$  localizado en la plataforma  $P_L$  del robot, estas coordenadas son  $X_{POT}$ ,  $Y_{POT}$  tomadas con relación a un sistema cartesiano de referencia fijo y el ángulo  $\theta_{POT}$  existente entre el eje x y el vector  $L_{pot,3}$  existente entre la junta rotacional 3 y el punto  $P_{OT}$  de la placa triangular  $P_L$  del robot, para encontrar los ángulos de los eslabones conductor llamado para efecto de programación activo y conducido de cada cadena cinemática que conforma el robot, esto con respecto al eje x de referencia.

#### Descripción del programa

- Se definen las banderas de estado para el problema de solución inversa de las cadenas cinemáticas 1, 2 y 3.

Dim banderacc1, banderacc2, banderacc3 As Boolean

Dim incremento As Integer

- Se aplican nuevas coordenadas para modelar su posición.

Private Sub aplicar\_Click()

- Posición home de referencia.  
 $X_{ref} = \text{Int}(\text{Trim}(\text{Text1.Text}))$   
 $Y_{ref} = \text{Int}(\text{Trim}(\text{Text2.Text}))$   
 $tetharef = \text{Int}(\text{Trim}(\text{Text3.Text}))$   
 cinemticalInversa  $X_{ref}$ ,  $Y_{ref}$ ,  $tetharef$

End Sub

Private Sub Form\_Load()

- Se define la posición home de referencia.

$X_{ref} = 0$

$Y_{ref} = 1000$

$tetharef = 150$

cinemticalInversa  $X_{ref}$ ,  $Y_{ref}$ ,  $tetharef$

End Sub

- Se sale de la ventana de modelación de posición.

Private Sub Salir\_Click()

Unload Me

End Sub

- En el siguiente segmento de código se determina la solución de la cinemática inversa del robot

Public Sub cinemticalInversa(x As Single, y As Single, angulo As Single)

- Definición del ángulo de referencia bpl de  $P_L$ .

Dim Bpl As Single

- Definición de ángulos temporales.

Dim angulo1 As Single

Dim angulo2 As Single

'Tolerancia

rango = 10

- Base de referencia.

$e1(0) = 1$

$e1(1) = 0$

- Definición del ángulo tethapot.

$tethapot = \text{GtoR}(\text{angulo})$

- Las siguientes 4 líneas describen las coordenadas de referencia.

$R_{pot}(0) = x$

$R_{pot}(1) = y$

$X_{pot} = R_{pot}(0)$

$Y_{pot} = R_{pot}(1)$

- Definición de los vectores que componen al robot.

$B_{pl} = \text{GtoR}(30)$

$L_{pot} = 400$

$L_{36} = L_{pot} * 2$

$L_{39} = L_{pot} * 2$

$L_1 = L_{36}$

$L_2 = L_1$

$L_3 = L_1$

$L_4 = L_1$

$L_5 = L_1$

$L_6 = L_1$

$L = 2 * L_1$

- Modelo referido a  $P_1$ .

$p1(0) = 0$

$p1(1) = 0$

- Determinación de  $R_3()$ ,  $R_6()$  y  $R_9()$  en la configuración no deformada.

$R_3(0) = \text{Int}(X_{pot} - L_{pot} * \text{Cos}(tethapot))$

$R_3(1) = \text{Int}(Y_{pot} - L_{pot} * \text{Sin}(tethapot))$

$p3(0) = R_3(0)$

$p3(1) = R_3(1)$

$R_6(0) = \text{Int}(p3(0) + L_{36} * \text{Cos}(tethapot - B_{pl}))$

$R_6(1) = \text{Int}(p3(1) + L_{36} * \text{Sin}(tethapot - B_{pl}))$

$R_9(0) = \text{Int}(p3(0) + L_{39} * \text{Cos}(tethapot + B_{pl}))$

$R_9(1) = \text{Int}(p3(1) + L_{39} * \text{Sin}(tethapot + B_{pl}))$

- Función de la cinemática inversa de cadena CC1.

cadenacc1

- Función de la cinemática inversa de cadena CC2.



## Artículo de Ingeniería

cadenacc2

- Función de la cinemática inversa de cadena CC3.

cadenacc3

- Gráfica el robot en la pantalla.

Graficarobot

End Sub

- Función de la cinemática inversa de cadena CC1.

Private Sub cadenacc1()

- Definición de ángulos temporales para encontrar solución.

Dim angulo1 As Single

Dim angulo2 As Single

- Bandera de estado de solución.

banderacc1 = True

- Complejos de la cadena cinemática.

For angulo1 = 0 To 360 Step 0.9

P(0) = Cos(GtoR(angulo1))

P(1) = Sin(GtoR(angulo1))

For angulo2 = 0 To 360 Step 0.9

Q(0) = Cos(GtoR(angulo2))

Q(1) = Sin(GtoR(angulo2))

- Determinación de las bases móviles.

e11(0) = ropq(P(), e1()).x(o)

e11(1) = ropq(P(), e1()).x(1)

e12(0) = ropq(Q(), e1()).x(o)

e12(1) = ropq(Q(), e1()).x(1)

- Determinación de la posición de los vectores L1,L2.

LL1t(0) = Int(L1 \* e11(0))

LL1t(1) = Int(L1 \* e11(1))

LL2t(0) = Int(L2 \* e12(0))

LL2t(1) = Int(L2 \* e12(1))

- Determinación de la condición R3=l1+l2.

If (R3(0) + rango > LL1t(0) + LL2t(0) And R3(1) + rango > LL1t(1) + LL2t(1)) And (R3(0) - rango < LL1t(0) + LL2t(0) And R3(1) - rango < LL1t(1) + LL2t(1)) Then

- Ángulos para las cadenas cinemáticas.

tetha1 = angulo1

tetha2 = angulo2

- Determinación de la condición.

L11(0) = Int(L1 \* e11(0))

L11(1) = Int(L1 \* e11(1))

L22(0) = Int(L2 \* e12(0))

L22(1) = Int(L2 \* e12(1))

- Se verifica que cumpla con condición de los cuadrados Po+P1=1, Q0+Q1=1.

If ((P(0) \* P(0) + P(1) \* P(1) = 1) And (Q(0) \* Q(0) + Q(1) \* Q(1) = 1)) Then

Exit Sub

End If

End If

Next

Next

banderacc1 = False

End Sub

- Función de la cinemática inversa de cadena CC2.

- Función de la cinemática inversa de cadena CC3.

- Grafica el robot en el la caja de dibujo.

Private Sub Graficarobot()

- Variables temporales para el sistema de la pantalla.

Dim ofsetx As Single

Dim ofsety As Single

Dim Rtpot(1) As Single

Dim RT1(1) As Single

Dim RT2(1) As Single

Dim RT3(1) As Single

Dim RT4(1) As Single

Dim RT6(1) As Single

Dim RT9(1) As Single

- Verificación de soluciones.

If (banderacc1 = False Or banderacc2 = False Or banderacc3 = False) Then

MsgBox "El sistema no tubo solucion "

Exit Sub

End If

- Ofset en x+2500 ofset en y -2100, centrado referido a CC1.

ofsetx = 2500

ofsety = 1500

- Adecuación al sistema en de pantalla.

Rtpot(0) = Rpot(0) + ofsetx

Rtpot(1) = Rpot(1) + ofsety

RT3(0) = R3(0) + ofsetx

RT3(1) = R3(1) + ofsety

RT6(0) = R6(0) + ofsetx

RT6(1) = R6(1) + ofsety

RT9(0) = R9(0) + ofsetx

RT9(1) = R9(1) + ofsety

- Graficación del vector Bpl.

Line3.X1 = Int(Rtpot(0))

Line3.Y1 = Int(Rtpot(1))

Line3.X2 = Int(RT3(0))

Line3.Y2 = Int(RT3(1))

- Graficación del vector L36.

Line4.X1 = Int(RT3(0))

Line4.Y1 = Int(RT3(1))

Line4.X2 = Int(RT6(0))  
 Line4.Y2 = Int(RT6(1))

- Graficación del vector L39.

Line5.X1 = Int(RT3(0))  
 Line5.Y1 = Int(RT3(1))  
 Line5.X2 = Int(RT9(0))  
 Line5.Y2 = Int(RT9(1))

- Graficación del vector L96.

Line6.X1 = Int(RT9(0))  
 Line6.Y1 = Int(RT9(1))  
 Line6.X2 = Int(RT6(0))  
 Line6.Y2 = Int(RT6(1))

- Graficación de CC1.
- Vector L1.

Line7.X1 = ofsetx  
 Line7.Y1 = ofsety  
 Line7.X2 = ofsetx + L11(0)  
 Line7.Y2 = ofsety + L11(1)

- Vector L2

Line8.X1 = ofsetx + L11(0)  
 Line8.Y1 = ofsety + L11(1)  
 Line8.X2 = ofsetx + L11(0) + L22(0)  
 Line8.Y2 = ofsety + L11(1) + L22(1)

- Graficación de CC2.
- Vector L3.

Line9.X1 = ofsetx + L14(0)  
 Line9.Y1 = ofsety + L14(1)  
 Line9.X2 = ofsetx + L14(0) + L33(0)  
 Line9.Y2 = ofsety + L14(1) + L33(1)

- Vector L4.

Line10.X1 = ofsetx + L14(0) + L33(0)  
 Line10.Y1 = ofsety + L14(1) + L33(1)  
 Line10.X2 = ofsetx + L14(0) + L33(0) + L44(0)  
 Line10.Y2 = ofsety + L14(1) + L33(1) + L44(1)

- Graficación de CC3.
- Vector L5.

Line11.X1 = ofsetx + L17(0)  
 Line11.Y1 = ofsety + L17(1)  
 Line11.X2 = ofsetx + L17(0) + L55(0)  
 Line11.Y2 = ofsety + L17(1) + L55(1)

- Vector L6.

Line12.X1 = ofsetx + L17(0) + L55(0)  
 Line12.Y1 = ofsety + L17(1) + L55(1)  
 Line12.X2 = ofsetx + L17(0) + L55(0) + L66(0)  
 Line12.Y2 = ofsety + L17(1) + L55(1) + L66(1)

- Valores de los controles

Text1.Text = Int(Rpot(0))  
 Text2.Text = Int(Rpot(1))  
 Text3.Text = RtoG(tethapot)

- Valores de los ángulos de las cadena cinemática.

Label13.Caption = Int(tetha1)  
 Label16.Caption = Int(tetha2)  
 Label14.Caption = Int(tetha3)  
 Label17.Caption = Int(tetha4)  
 Label19.Caption = Int(tetha5)  
 Label20.Caption = Int(tetha6)  
 End Sub  
 Private Sub VScroll1\_Change()  
 incremento = VScroll1.Value  
 Text4.Text = incremento  
 End Sub

El ejecutar el programa anterior da como resultado la salida gráfica que se muestra en la figura siguiente, donde se dan los valores de x, y, theta pot y la solución al modelo permite mostrar su nuevo posicionamiento de cada eslabón que compone el robot.

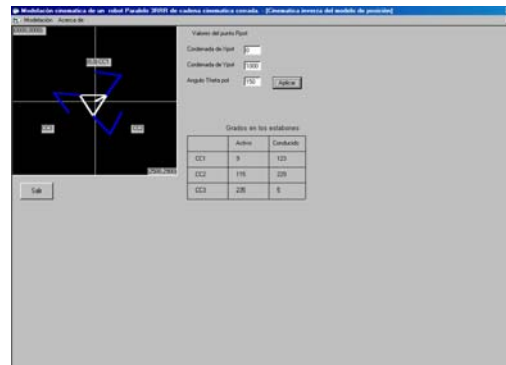


Figura 2 Interfase gráfica de usuario de la cinemática inversa del modelo de posición del robot paralelo.

**CONCLUSIONES**

Estos resultados se usan para simular el comportamiento cinemático de un robot paralelo y mecanismo de 4 barras, utilizando el lenguaje de programación VISUAL BASIC V6 y un prototipo de robot paralelo.

La modelación de la cinemática utilizando complejos y la manera de resolver sistemáticamente el problema de la cinemática de sistemas mecánicos de cadena cerrada. Presenta una ventaja de que el modelo matemático resultante genera sistemas algebraicos no lineales y por lo general la solución de estos sistemas es única. Dichos modelos al ser programados en el lenguaje Visual Basic V6 presentan una simplicidad

para la obtención de los resultados y da una la solución que es única se evita cometer errores en los desarrollos del programa. se recomienda para futuros trabajos desarrollar otros métodos numéricos para lo obtener comparaciones desde el punto de vista computacional y integrar modelos dinámicos para fundamentar un simulador de dichos sistemas.

### REFERENCIAS

[1] Jiménez E. (2002) sobre la parametrización de las rotaciones y reflexiones de multicuerpos rígidos en el plano: Informe interno de investigación UNAM.

[2] Reyes, Luis (2002) Sobre la parametrización de las rotaciones y reflexiones de multicuerpos rígidos en el plano: Informe interno de investigación UNAM. ISBN 968-36-9841-7.

[3] Microsoft Corporation (1999) USA Visual Basic 6.0, manual de programación.

[4] J. Ángeles. "Fundamentals of Robotics Mechanical System". Springer-Verlany, New York (1997).

[5] Groupe de Robotique Parallele Definitions (Robot Industriales seriales, paralelos y híbridos).

[6] Joseph Edward Shigley; Análisis Cinemático de Mecanismos, Editorial McGraw-Hill, edición 1970.

[7] Méndez Canseco Mauricio C., Modelado Cinemático de Sistemas Mecánicos de Cadena Cerrada. Tesis de Grado de Maestro en Ingeniería Mecánica. UNAM-DEPFI, México D. F., 1995.

**METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE CRITERIOS DE EVASIÓN APLICABLES A UN ROBOT DE 2 GDL**

Autor: Francisco Javier Ochoa Estrella, Coautores: Dr. Luis Reyes, C. Dr. Eusebio Jiménez López  
Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, Carretera Internacional a Nogales Km. 2 S. N.  
Apdo. Postal No. 754, FAX 15 – 18 – 80 CD. Obregón, Sonora México.  
e-mail: fochoa@itesca.edu.mx

**RESUMEN**

En este trabajo se modela y simula un problema de evasión de obstáculos en el plano, entre un robot de 2 grados de libertad y un obstáculo de geometría circular. Se analizan dos tipos de evasión:

- i) Usando clases de movimientos del robot y
- ii) A través de una trayectoria de contorno expandido.

En ambos procesos de evasión se utilizaron dos configuraciones del robot: codo arriba y codo abajo. Dichas configuraciones fueron modeladas usando el álgebra de los números complejos. La trayectoria de trabajo del robot fue del tipo pick and place y sigue un segmento rectilíneo. Fueron generados 5 criterios de evasión los cuales fueron programados y simulados con el lenguaje de programación VISUAL BASIC V6.

Palabras clave: Evasión de obstáculos, movimientos, álgebra de complejos.

**ABSTRACT**

In this work it models and simulates an evasion of obstacles problem on the plane, between a robot of 2 grades of freedom and an obstacle of circular geometry. Two types of evasion are analyzed:

- i) Using type of movements of the robot and
- ii) Through trajectory of expanded outline.

In both processes of evasion two configurations of the robot were used: elbow up and elbow down. These configurations were modeled using the algebra of the complex numbers. The trajectory of work of the robot was from the type "pick and place" and it follows a rectilinear segment. 5 points of evasion were generated which were programmed and simulated with the language of programming VISUAL BASIC V6.

Keywords: Evasion of obstacles, movements, algebra of complexes.

**INTRODUCCIÓN**

Un problema industrial de gran interés, lo constituye el de la planeación de la trayectoria a seguir por los mecanismos robóticos. Básicamente este problema consiste en encontrar una secuencia de movimientos para el robot desde una cierta configuración de inicio, hasta una configuración final evitando colisiones con cualquier obstáculo del entorno.

Se han planteado diferentes enfoques para la solución del problema de evasión de obstáculos, considerando la modelación matemática, la representación de objetos, así como los problemas relacionados con la programación para efectos de simulación y de control en tiempo real.

En el presente trabajo, se considera un robot articulado de dos grados de libertad tipo RR y un obstáculo fijo. En la figura 1 se muestra un modelo de alambre del mecanismo así como el área y trayectoria de trabajo. La metodología aplicada consiste en determinar posiciones límites entre el robot y el obstáculo, a partir de las cuales es posible determinar las configuraciones y movimientos que debe realizar el robot para lograr la evasión, la nueva ruta libre de obstáculos se determina a través de la aplicación de

criterios geométricos. El alcance de este trabajo, es validar los modelos y criterios de evasión a través del desarrollo de un programa de simulación, donde se presente el movimiento del robot en un entorno gráfico.

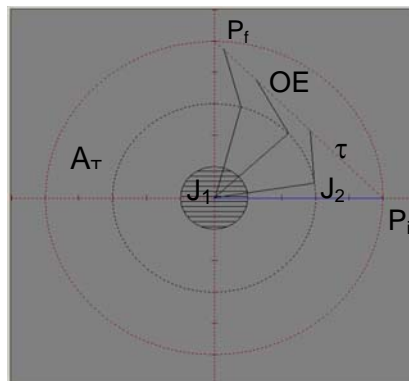


Figura 1 Área ( $A_T$ ) y trayectoria ( $\tau$ ) de trabajo, Robot ( $R_o$ ) articulaciones  $J_1$  y  $J_2$ , órgano efector  $OE$ .

**OBJETIVOS**

En este trabajo se pretende cumplir con los siguientes objetivos:

- Construir los modelos cinemáticos del robot.
- Establecer criterios para la planificación de una nueva trayectoria que permita al robot evadir el obstáculo y seguir su tarea encomendada.
- Validar los modelos obtenidos, desarrollando un programa de simulación que muestre: la capacidad del robot para ejecutar diferentes secuencias de movimientos, el movimiento repetitivo del órgano efector sobre la trayectoria de trabajo y la capacidad de evasión de obstáculos.

**I PROBLEMA DE EVASIÓN DE OBSTÁCULOS.**

*“Se requiere modelar y simular el comportamiento cinemático de posicionamiento de un robot ( $R_o$ ) de 2 grados de libertad cuando encuentra obstáculos ( $O_b$ ) en el área de trabajo ( $A_T$ ). El robot debe ser capaz de evadir los obstáculos localizados en posiciones específicas de  $A_T$  o en su caso, determinar si es imposible la evasión”.*

Las restricciones del problema planteado anteriormente son las siguientes:

1. El robot posee dos eslabones rígidos articulados por juntas rotacionales cada uno de ellos puede girar  $360^\circ$  y está empotrado en una base fija ( $R_1$ ).
2. Las dimensiones principales de los eslabones, siendo  $L_1$  y  $L_2$  las longitudes del primero y segundo eslabón, satisfacen la restricción  $L_1 > L_2$  ( $R_2$ ).
3. La trayectoria ( $\tau$ ) ejecutada por el robot es rectilínea del tipo Pick and Place ( $R_3$ ).
4. El área total de trabajo ( $A_T$ ) es conocida ( $R_4$ ).
5. El obstáculo posee geometría circular y se caracteriza por la siguiente relación, siendo  $O_b$  un obstáculo:  
 $O_b = I_o \cap \delta_o$ .  
 Aquí,  $I_o$  es el interior de  $O_b$  y  $\delta_o$  su frontera ( $R_5$ ).
6. El obstáculo permanece fijo en el área de trabajo ( $R_6$ ).

7. El robot evade o no evade el obstáculo de acuerdo con la posición de dicho obstáculo ( $R_7$ ).
8. El movimiento del robot es en el plano X-Y ( $R_8$ ).

El problema y sus restricciones planteados anteriormente se pueden sintetizar de la manera siguiente:

“Conocido  $R_o, O_b$ , la posición de  $O_b$  en  $A_T$  y  $\tau$ , encontrar un conjunto de criterios CE tal que:  $R_o \cap O_b = \emptyset$  en  $A_T$  y las restricciones:

- |                      |                      |                      |                      |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1) $R_1 = \hat{R}_1$ | 2) $R_2 = \hat{R}_2$ | 3) $R_3 = \hat{R}_3$ | 4) $R_4 = \hat{R}_4$ |
| 5) $R_5 = \hat{R}_5$ | 6) $R_6 = \hat{R}_6$ | 7) $R_7 = \hat{R}_7$ | 8) $R_8 = \hat{R}_8$ |

sean satisfechas”.

## I.1 HIPÓTESIS Y AXIOMAS

En esta sección se formula una hipótesis, así como un sistema de axiomas la cual permitirá solucionar el problema planteado en la sección anterior.

### Hipótesis:

Si  $O_b$  es tal que:

$O^E$  con  $O_b \subset O^E$  en  $A_T$

y si  $R_o = T \cup E_1 \cup E_2$

con  $J_1 = T \cup E_1$  y  $J_2 = E_1 \cup E_2$ , entonces

$R_o \cap O_b = \emptyset$

si y solo si:

existe  $K: O \rightarrow O^E$  tal que:

$K(O) = O^E$  es una función de expansión.

$J_1 \cap \delta O^E = \emptyset$

$J_2 \cap \delta O^E = \emptyset$

$O^E \subseteq R_{AT}^{ADM}$

Aquí :

$O_b$  es el obstáculo.

$O^E$  es el obstáculo expandido

$E_1, E_2$  son los eslabones del robot.

$J_1, J_2$  son las juntas del robot.

$K$  es la función de expansión.

$R_{AT}^{ADM}$  son regiones admisibles del área de trabajo.

### El sistema de axiomas asociado con el problema son:

Axioma 1. El movimiento del robot satisface las leyes de Newton.

Axioma 2. Para todo “ $O_b$ ” en  $A_T$  existe  $O^E$ .

Axioma 3. La función  $K: O_b \rightarrow O^E$  es continua.

Axioma 4. Si  $O^E$  existe en  $A_T$  tal que  $R_i(R_o, O^E) = 1$ , entonces:

4.1)  $R_o \cup O^E = \emptyset$  ó

4.2)  $R_o \cup O^E \neq \emptyset$

Aquí,

$R_i: R_o \times O^E \rightarrow \{1,0\}$  es una relación de impacto definido por:

a)  $R_i(R_o, O^E) = 1 \Leftrightarrow O^E \subseteq A_T$

b)  $R_i(R_o, O^E) = 0 \Leftrightarrow O^E \not\subseteq A_T$

## II. MODELO DE POSICIÓN DEL ROBOT.

Se establece el modelo cinemático de posición utilizando el álgebra de los complejos (Reyes A., 1998), se han aplicado dos operaciones: una rotación para establecer la configuración de codo abajo y una reflexión para determinar la configuración de codo arriba. La figura 2.1 muestra ambas configuraciones.

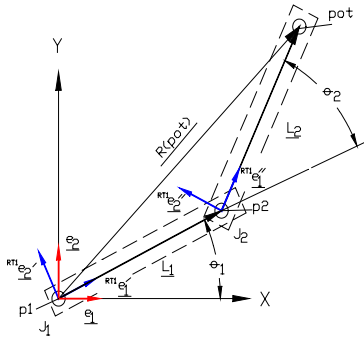


Figura 2.1 a) Codo abajo

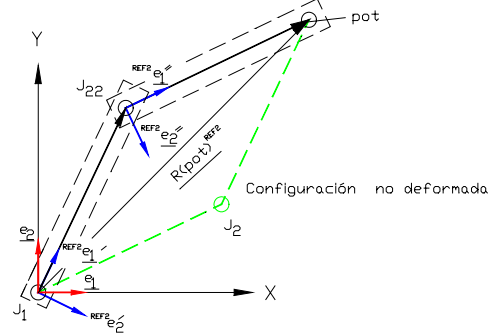


Figura 2.1 b) Codo arriba

Las

longitudes principales de los eslabones  $L_1$  y  $L_2$  serán denotadas con  $l_1$  y  $l_2$ .

### 2.1 Aplicando rotación y reflexión.

Los vectores de posición que unen el centro de la junta  $J_1$  con la junta  $J_2$  y de la junta  $J_2$  al punto  $p_{OT} \in L_2$  mostrado en la figura 2.1, al cual se le llamará punto final de  $R_o$ , están definidos con respecto a las bases locales, esto es:

i) Mediante rotación, el vector de posición de  $p_{ot} \in C_2$ , está dado por:

$$\underline{R}(p_{ot}) = l_1 \cdot {}^{RT1} \underline{e}'_1 + l_2 \cdot {}^{RT1} \underline{e}''_1 \quad (1)$$

tales rotaciones pueden expresarse, en el caso de complejos unitarios por:

$${}^{RT1} \underline{e}'_1 = \rho(p, \underline{e}_1) \equiv p * \underline{e}_1 \quad {}^{RT1} \underline{e}''_1 = \rho(q, {}^{RT1} \underline{e}'_1) = \rho(q, \rho(p, \underline{e}_1)) \equiv q * p * \underline{e}_1 \quad (2)$$

donde  $\rho(p, \bullet): \mathfrak{R}^2 \rightarrow \mathfrak{R}^2$ ,  $p \in \mathfrak{R}^2$ , es la transformación lineal (Reyes L., 1998) asociada con la rotación ROT1. Sobre la base de la expresión (2), la ecuación (1) puede ser escrita de la forma siguiente:

$$\underline{R}(p_{ot}) = l_1 \cdot \{ p * \underline{e}_1 \} + l_2 \cdot \{ q * p * \underline{e}_1 \} \quad (3)$$

ii) Mediante una reflexión, en la figura 2.1 se observa que el vector de posición que localiza el punto terminal  $p_{ot}$  puede ser escrito en la forma siguiente:

$$\underline{R}(p_{ot})^{REF2} = l_1 \cdot {}^{REF2} \underline{e}'_1 + l_2 \cdot {}^{REF2} \underline{e}''_1 \quad (4)$$

El vector  $\underline{R}(p_{ot})^{REF2} \in \mathfrak{R}^2$  será llamado el vector reflejado bajo la transformación  $R_2(p, \bullet): \mathfrak{R}^2 \rightarrow \mathfrak{R}^2$ , las bases reflejadas  ${}^{REF2} \underline{e}'_1$ ,  ${}^{REF2} \underline{e}''_1 \in \mathfrak{R}^2$ , pueden expresarse de la manera siguiente:

$${}^{REF2} \underline{e}'_1 = \rho_2(p, \underline{e}_1) \equiv p \circledast \underline{e}_1$$

$${}^{REF2} \underline{e}''_1 = \rho_2(q, {}^{REF2} \underline{e}'_1) = \rho_2(q, \rho_2(p, \underline{e}_1)) \equiv q \circledast p \circledast \underline{e}_1 \quad (5)$$

De acuerdo a la expresión (5), la ecuación (4) puede ser escrita de la forma siguiente:

$$\underline{R}(p_{ot})^{REF2} = l_1 \cdot \{ p \circledast \underline{e}_1 \} + l_2 \cdot \{ q \circledast p \circledast \underline{e}_1 \} \quad (6)$$

Los componentes de los complejos asociados  $p, q \in \mathfrak{R}^2$  son definidos como:

$p \in \mathfrak{R}^2$	$p = (p_0, p_1)$		
$p_0 \in \mathfrak{R}$	$p_0 = \text{Cos } \theta_1$	$p_1 \in \mathfrak{R}$	$p_1 = \pm \text{Sen } \theta_1$
$q \in \mathfrak{R}^2$	$q = (q_0, q_1)$		
$q_0 \in \mathfrak{R}$	$q_0 = \text{Cos } \theta_2$	$q_1 \in \mathfrak{R}$	$q_1 = \pm \text{Sen } \theta_2$

con  $\| p \| = \| q \| = 1$  (7)

Aquí  $\theta_1$  y  $\theta_2 \in \mathbb{R}^2$  son los desplazamientos angulares de los eslabones medidos desde el eje X y sobre la proyección de la recta del eslabón primario, en tanto que  $e_3 \in \mathbb{R}^2$  es el eje de rotación.

**III. ALGUNAS CONSIDERACIONES FUNDAMENTALES PARA LA PLANIFICACIÓN DE TRAYECTORIAS**

Para planificar los movimientos de un robot, sobre un área de trabajo libre de obstáculos, es necesario establecer un algoritmo de control que tome en cuenta las siguientes consideraciones:

**3.1 Propiedades cinemáticas del robot**

Cada uno de los actuadores puede proporcionar un giro de 360° tanto en sentido positivo como negativo.

**3.2 Requerimientos de las tareas**

La naturaleza de las tareas por realizar, determinan no solo la ruta a seguir por el órgano efector, sino también la orientación que debe tener en cada punto del recorrido. En este caso de estudio, la tarea por realizar es la del tipo correspondiente al de la aplicación de pegamento a lo largo de un segmento rectilíneo por lo que:

- a) No se requiere control sobre la orientación del órgano efector.
- b) Se requiere una ruta rectilínea con dos puntos arbitrarios que indican la configuración inicial ( $P_i$ ) y final ( $P_f$ ) del robot.
- c) La tarea debe ejecutarse cíclicamente sin considerar el tiempo.

**3.3 Área de trabajo**

El área de trabajo definida por el robot  $R_0$  se observa en la figura 1, la cual corresponde a una circunferencia de radio  $R_{R0} = l_1 + l_2$ .

La manera de precisar el área de trabajo real ocupada por el robot, es ubicar la posición adoptada para acceder a cada uno de los puntos de dicha trayectoria, considerando a su vez las diferentes configuraciones correspondientes a cada punto. En la figura 3.1 se observan las dos posibles configuraciones del punto arbitrario de la ruta  $\tau$ .

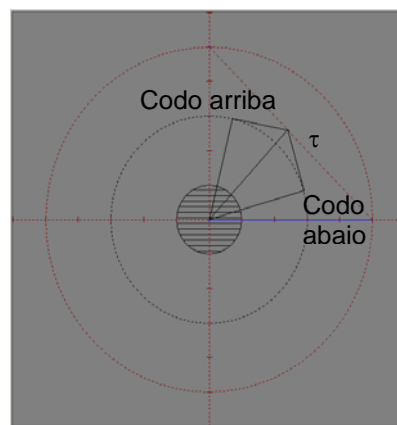


Figura 3.1 Configuraciones de codo.



Los extremos de la ruta  $\tau$  son alcanzados cuando el multicuerpo está completamente extendido (alcance máximo  $R_{RO} = l_1 + l_2$ ), cualquier otro punto asociado con la ruta, podrá ser alcanzado por las configuraciones mostradas en la figura anterior.

De acuerdo con lo anterior, el área de trabajo es obtenida a través de la simulación como se muestra en la figura 3.2.

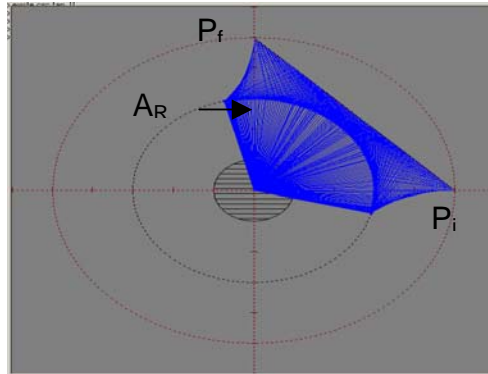


Figura 3.2 Área de trabajo reducida  $A_{RR}$

### 3.4 Características del objeto

Las características principales del objeto en estudio, son:

- i) Presenta una geometría de forma circular.
- ii) Se presenta en cualquier posición dentro del I cuadrante ( $A_{RR}$ ).
- iii) No presenta movimiento.
- iv) Es de un tamaño arbitrario.

## IV Metodología para determinar los criterios de evasión.

De acuerdo con  $A_{RR}$ , es posible establecer las siguientes relaciones:

- i)  $\delta O_b \cap \delta A_{RR} = \emptyset$  : objeto totalmente ajeno con el área de trabajo real reducida ( $A_{RR}$ ).
- ii)  $O_b \subseteq A_{RR}$  : objeto totalmente contenido en el área de trabajo real reducida.
- iii)  $O_b \subset A_{RR}$  : objeto parcialmente contenido en el área de trabajo real reducida.

Partiendo de estas relaciones, se establecieron criterios para determinar los movimientos requeridos por el robot para evadir los obstáculos, manteniendo el órgano efector sobre la trayectoria. La proposición  $\delta O_b \cap \delta A_{RR} = \emptyset$  implica que el objeto es totalmente ajeno con el área de trabajo real reducida, por lo que no existe colisión entre el robot y el obstáculo, en este caso, el multicuerpo puede ejecutar su tarea libremente, siendo necesario determinar los criterios de evasión o de no colisión en las dos restantes:

La segunda condición será considerada para lograr la evasión, mediante las secuencias de movimientos permisibles por los actuadores, en tanto que en la tercera, se establece una evasión a través de una nueva trayectoria paralela al contorno del obstáculo; es decir, por medio de un barrido de frontera.

La metodología se muestra en el siguiente procedimiento:

- 1.- Determinar el lugar geométrico de los centros  $C_1(h_1, k_1)$  y  $C_2(h_2, k_2)$  de los objetos que son tangentes al robot en  $L_1$  y  $L_2$  y con el órgano efector sobre la trayectoria, ver figura 4.1 y 4.2.

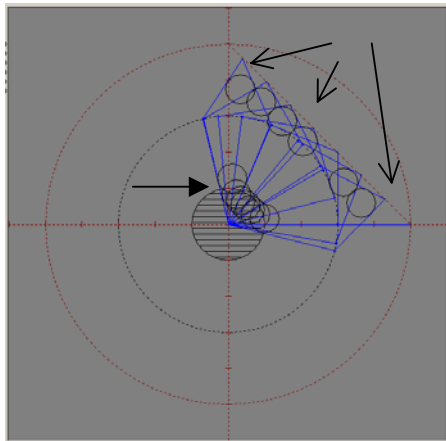


Figura 4.1  $O_b$  tangente a  $L_1$  y  $L_2$  .

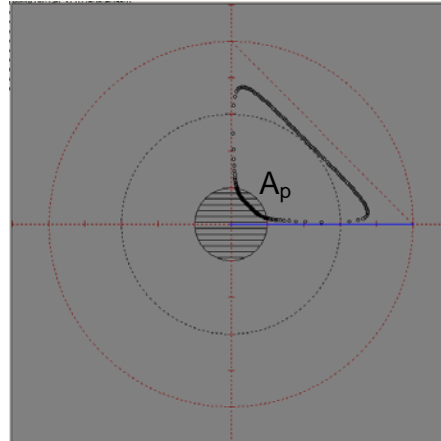


Figura 4.2 Lugar geométrico de  $C(h_i, k_i)$

- 2.- Obtener las coordenadas  $(h,k)$  del centro del objeto real, de acuerdo con la figura 4.3.
- 3.- Discriminar el criterio de evasión aplicable, de acuerdo con los siguientes:

*Criterio 1.-* Si  $h_1 < h < h_2$ , entonces la trayectoria  $\tau$  puede cubrirse totalmente utilizando ángulos complementarios y las configuraciones de codo arriba y codo abajo, ver figura 4.3.

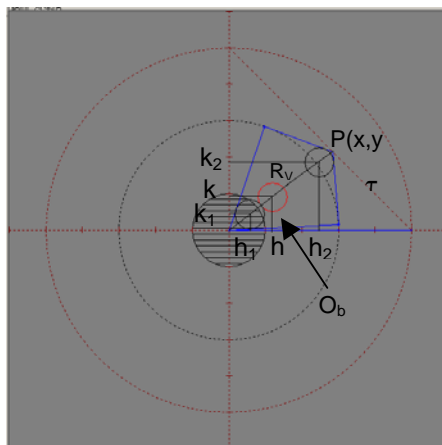


Figura 4.3 Posición real del objeto  $O_b$

Movimientos asociados:

- i) De  $P_i$  a  $P$  en configuración de codo abajo con secuencias simultáneas.
- ii) De  $P$  a  $P_i$  en configuración de codo abajo con secuencias simultáneas.
- iii) De  $P_i$  a  $P$  en configuración de codo arriba con secuencias uno a uno y movimientos complementarios.
- iv) De  $P$  a  $P_f$  en configuración de codo arriba con secuencias simultáneas.
- v) De  $P_f$  a  $P$  en configuración de codo arriba con secuencias simultáneas.
- vi) De  $P$  a  $P_i$  en configuración de codo arriba con secuencias uno a uno.

Aquí:

- $(h,k)$  : son las coordenadas del centro del objeto, en posición arbitraria.
- $(h_1,k_1)$  : son las coordenadas del centro del objeto en posición tangente al eslabón  $L_1$  en ambas configuraciones de codo.
- $(h_2,k_2)$  : son las coordenadas del centro del objeto en posición tangente al eslabón  $L_2$  en ambas configuraciones de codo.

*Criterio 2.-* Si  $h < h_1$ , entonces el eslabón  $L_1$  debe ser movido hasta la posición de tangencia con  $Ob$ , por lo que quedará un segmento  $S$  sobre  $\tau$  imposible de tocar. Se deberán usar movimientos complementarios, requiriendo además, ambas configuraciones, ver figura 4.4.

Movimientos asociados:

- i) De  $P_i$  a  $P_3$  en configuración de codo abajo con secuencias simultáneas.
- ii) De  $P_3$  a  $P_i$  en configuración de codo abajo con secuencias simultáneas.
- iii) De  $P_i$  a  $P_2$  en configuración de codo arriba con secuencias uno a uno y movimientos complementarios.
- iv) De  $P_2$  a  $P_f$  en configuración de codo arriba con secuencias simultáneas.
- v) De  $P_f$  a  $P_2$  en configuración de codo arriba con secuencias simultáneas.
- vi) De  $P_2$  a  $P_i$  en configuración de codo arriba con secuencias uno a uno.

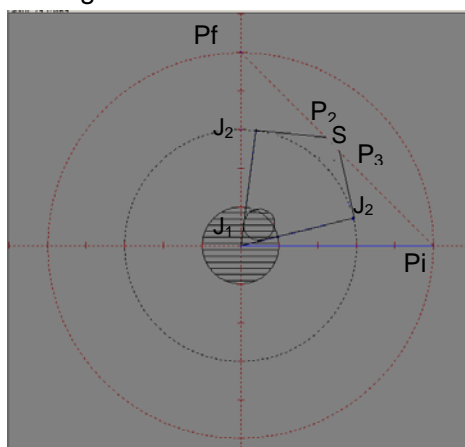


Figura 4.4 Colisión con  $L_1$

*Criterio 3.-* Si  $h > h_2$  y  $L_R+r < R_v$ , entonces  $L_2$  debe ser movido hasta la posición de tangencia por lo que quedará un segmento de  $\tau$  imposible de seguir, y la parte factible de alcanzar será a través de movimientos complementarios y aplicando las dos configuraciones del codo, ver figura 4.5.

Movimientos asociados:

- i) De  $P_i$  a  $P_2$  en configuración de codo abajo con secuencias simultáneas.
- ii) De  $P_2$  a  $P_i$  en configuración de codo abajo con secuencias simultáneas.
- iii) De  $P_i$  a  $P_1$  en configuración de codo arriba con secuencias uno a uno y movimientos complementarios.
- iv) De  $P_1$  a  $P_f$  en configuración de codo arriba con secuencias simultáneas.
- v) De  $P_f$  a  $P_1$  en configuración de codo arriba con secuencias simultáneas.
- vi) De  $P_1$  a  $P_i$  en configuración de codo arriba con secuencias uno a uno.

La longitud del segmento  $S$  de  $\tau$  no tocado por el órgano efector será determinado por la distancia entre los puntos  $P_1$  y  $P_2$ .

$L_R$  : es la longitud del segmento (OC) definido del origen del sistema cartesiano al centro del objeto.

$r$  : es la longitud del radio del obstáculo.

En este caso la posición del objeto es tal que: Intersecta el lugar geométrico de  $J_2$ , no intersecta a  $\tau$ .

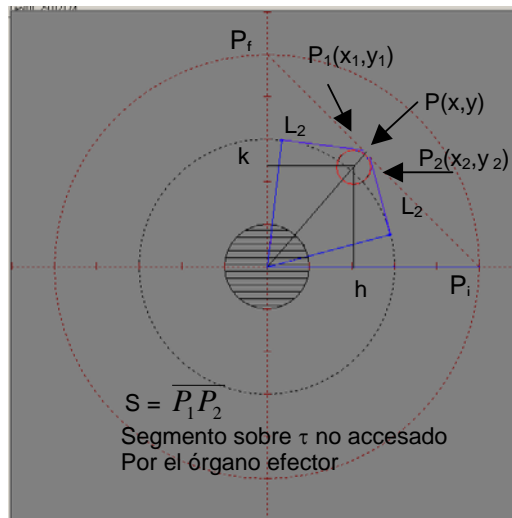


Figura 4.5 Colisión con  $L_2$ .

**Criterio 4.-** Si  $h > h_2$  y  $L_R - r > L_1$  y  $L_R + r \leq R_v + r$ , entonces la evasión ya no se hará a través de movimientos complementarios sino a través de una trayectoria paralela a la frontera del objeto. Se deberá usar ambas configuraciones de codo, ver figura 4.6.

Para evitar el contacto entre el órgano efector y el objeto, se debe expandir el contorno de éste último, incrementando el radio del objeto en un cierto valor  $\Delta r$  arbitrario (puede ser utilizado el criterio de tangencia), en la figura 4.6 se muestra la nueva trayectoria correspondiente al contorno expandido del objeto.

Con base en tal figura 4.6:

$C_e$  es el contorno expandido dado por:  $(x - k)^2 + (y - k)^2 = (r + \Delta r)^2$  y

$P_e, P_{1e}, P_{2e}$  son puntos elementos de  $C_e$ .

La trayectoria está definida por:

- i)  $P_i \rightarrow P_{1e}$  ; configuración de codo abajo con movimientos simultáneos.
- ii)  $P_{1e} \rightarrow P_e$  ; configuración de codo abajo con movimientos simultáneos.
- iii)  $P_e \rightarrow P_e$  ; movimiento 1 a 1 con complementos.
- iv)  $P_e \rightarrow P_{2e}$  ; configuración de codo arriba con movimientos simultáneos.
- v)  $P_{2e} \rightarrow P_f$  ; configuración de codo arriba con movimientos simultáneos.

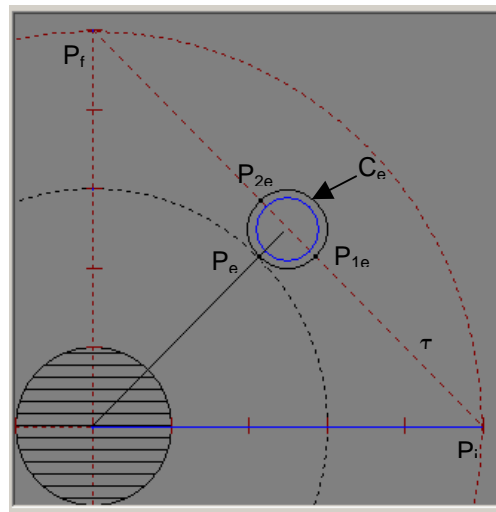


Figura 4.6 Objeto sobre trayectoria  $\tau$ .

$R_v$  es el segmento desde el origen del sistema de coordenadas, hasta  $\tau$  y pasa por  $C(h,k)$ . En este caso la posición del objeto es tal que: no intersecta el lugar geométrico de  $J_2$ , intersecta o no a  $\tau$ .

*Criterio 5.-* Si  $L_R - r > R_v$ , entonces la posición del objeto no toca a  $\tau$  y queda completamente fuera de  $A_{RR}$  por lo que el robot podrá ejecutar su operación normalmente.

- La relación  $O_b \cap A_{RR} = \emptyset$ , es satisfecha por el criterio 5.
- La relación  $\delta O_b \subseteq A_{RR}$ , es satisfecha por los criterios 1, 2 y 3.
- La relación  $O_b \subset A_{RR}$ , es satisfecha por el criterio 4.

### Conclusiones

En el presente trabajo, fueron satisfechos los siguientes objetivos:

- 1) Se establecieron modelos matemáticos representativos de un robot de 2 GDL con juntas rotacionales, aplicando las operaciones de rotación y reflexión.
- 2) Se elaboró un módulo de programación donde se simulan los diferentes tipos de movimientos que puede realizar el robot de 2 GDL, permitiendo observar el lugar geométrico descrito por el órgano efector al pasar de la posición no deformada a la deformada.
- 3) Se determinaron cinco criterios para establecer nuevas trayectorias de trabajo para el robot, logrando evadir un obstáculo presente en el área de trabajo.
- 4) Utilizando los 5 criterios de evasión, se establecieron algoritmos para la determinación de nuevas trayectorias de trabajo libres de obstáculos.
- 5) Se elaboró un módulo de programación donde se simula el movimiento del robot cubriendo una trayectoria de trabajo y mostrando su capacidad de evasión de obstáculos.

Recomendaciones para futuros trabajos:

- i) Implementar los algoritmos de evasión en un sistema con control en tiempo real, para ello solo se requiere el diseño de un medio de sensado que proporcione información sobre la posición del obstáculo.
- ii) Determinar algoritmos con un alto grado de eficiencia que permitan el control en tiempo real.
- iii) Generalizar los algoritmos para objetos de diferente geometría.
- iv) Generalizar la metodología para el estudio del problema de evasión de obstáculos en tres dimensiones.

## REFERENCIAS

- [1] Fregoso A., (1997), Los elementos del lenguaje de las matemáticas.
- [2] Fu K. S., González R. C., Lee C. S. G. (1987) Robotics: Control, Sensing, Vision and Intelligence.
- [3] Geoffrey Gordon (1999) Simulación de sistemas.
- [4] Jiménez E. (2002) Sobre la parametrización de las rotaciones y reflexiones de multicuerpos rígidos en el plano. Informe interno de investigación UNAM.
- [5] Kuu-Young, Chun-Yuh Huang, (1995) Collision-free Path Planning and Modification Based on Task Requirements.
- [6] Mark Spong, (1998) Robot Dynamics and control.
- [7] Microsoft Corporation (1999) USA, Visual Basic 6.0, manual de programación.
- [8] Reyes, Luis (2002) Sobre la parametrización de las Rotaciones y Reflexiones de Multicuerpos Rígidos en el plano. UNAM, ISBN 968-36-9841-7.
- [9] Roy Fetherson, (1997) Robot dynamics algorithms.
- [10] S. W. Lee, (1997) Sub-Optimal Collision-Free Motion Planning of a two-robot system Using free Arc .
- [11] Stephen Wolfram (1996) The Matemática Book, Cambridge University.
- [12] Yoram Koren (1990) Robotics for engineers.
- [13] Z. H. Zhu, R. V. Mayorga, A. K. C. Wong, (1998) Dynamic Robot Manipulator Trajectory Planning for Obstacle Avoidance.

## RESEÑA DEL AUTOR

Nombre: Fco. Javier Ochoa Estrella  
Profesión: Ingeniero en Electrónica  
e-mail.: [fochoa@itesca.edu.mx](mailto:fochoa@itesca.edu.mx)

### DATOS ACADÉMICOS.

Ingeniero en electrónica egresado del Instituto Tecnológico de Sonora, graduado con mención especial.  
Candidato a Maestro en Ingeniería mecánica, por la Universidad Nacional Autónoma de México.

### AREA DE INTERÉS.

Modelado, Simulación y Control de mecanismos robóticos.

### DIPLOMADOS CURSADOS.

Astronomía General: Centro de Investigación de Física de la Universidad de Sonora.  
Física: Centro de Investigación de Física de la Universidad de Sonora.  
Matemáticas: departamento de Altos Estudios de la Universidad de Sonora.  
Images and Robotics: Centre National de la Recherche Scientifique (Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systems), Toulouse, Francia.

### EXPERIENCIA LABORAL.

En industrias como: Gamesa, Conasupo, Industrias Vázquez, Fundidoras (EEUU) a nivel técnico (área electromecánica).

Profesor de asignatura y presidente de academia en áreas como:  
Informática.

Matemáticas.

Física.

Sistemas de Control .

Sistemas digitales .

Programación.

Desempeño actual:

Institución: Instituto Tecnológico superior de Cajeme.

Puesto: Jefe de Departamento de Investigación y Posgrado.

Dirección: Carretera Internacional a Nogales Km 2, Cd. Obregón, Sonora.

Apdo. postal: 754

Teléfonos: 415-19-14, 415-19-15 y 415-18-80



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**