



# ENTORNO ACADÉMICO

REVISTA ACADÉMICA Y CIENTÍFICA DEL  
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE CAJEME  
Año 5, Números 7 y 8, DIC de 2008 - ISSN 1870 - 5316



[www.itesca.edu.mx](http://www.itesca.edu.mx)

## Directorio General

Mtro. Oscar Ochoa Patrón *Secretario de Educación y Cultura del Gobierno del Estado de Sonora*  
 Lic. Vicente Pacheco Castañeda *Subsecretario de Educación Media Superior y Superior de la SEC del Estado de Sonora*  
 C.P. José Alberto Ruibal Santa Ana *Subsecretario de Planeación y Administración de la SEC del Estado de Sonora*  
 Profr. Fausto Lara Aguirre *Subsecretario de Educación Básica de la SEC en el Estado de Sonora*  
 Lic. Alonso Lujambio Irazábal *Secretario de Educación Pública*  
 Dr. Rodolfo Tuirán Gutiérrez *Subsecretario de Educación Superior*  
 Dr. Carlos Alfonso García Ibarra *Director General de Educación Superior Tecnológica*  
 M.C. Erasmo Martínez Rodríguez *Director de Institutos Tecnológicos Descentralizados*

## Directorio Institucional Comité Editorial Interno

Mtro. Paulino Antonio Sánchez López *Director General*  
 M.I. Francisco Javier Ochoa Estrella *Subdirector Académico*  
 Mtro. Florentino Ruiz Cervantes *Subdirector*  
 Mtro. Alejandro Faccinnetto Ruíz *Jefe de División Técnica*  
 Lic. Obed Valenzuela Fraijo *Jefe de División de Administración y Finanzas*  
 Mtra. Lilia Beatriz Navarro Fragozo *Jefa de Unidad de Desarrollo Académico y Servicios Estudiantiles*  
 Lic. Christopher Alberto Navarro Fregoso *Jefe de la Unidad de Estudios Profesionales*  
 Lic. Ana Luisa Aguilar Mendivil *Jefa de Unidad de Extensión y Gestión Tecnológica*  
 Mtro. Rubén Navarro García *Jefe de Unidad de Tecnologías de Información y Comunicación*  
 M.I. Marco Antonio Brambilla Ramírez *Jefe del Departamento de Planeación y Programación*  
 Lic. Alberto Carlos Castro Franco *Jefe del Departamento de Personal*  
 M.I. Guadalupe Vásquez Chávez *Jefa del Departamento de Calidad*  
 M.I. Ana Mayra Luna Rodríguez *Jefa del Departamento de Sistemas de Información*  
 Ing. Octavio Ibarra Zayas *Jefe del Departamento de Operación y Control Escolar*  
 Mtra. Fabiola Morales Ortega *Jefa del Departamento de Administración*  
 Lic. Luis Alfonso López Martínez *Jefe del Departamento de Infraestructura Física y Desarrollo*  
 Mtro. José Manuel Romero Balderrama *Coordinador de Arquitectura*  
 Mtro. Carlos Neira Sáenz *Coordinador de Ingeniería Ambiental*  
 Mtro. Flavio Muñoz Beltrán *Coordinador de Ingeniería en Electrónica*  
 Mtra. Anabel Gutiérrez Espinoza *Coordinadora de Ingeniería en Sistemas Computacionales*  
 M.C. Gabriel Mendivil Salgueiro *Coordinador de Ingeniería Industrial*  
 Ing. Pedro Alberto Pérez Olivas *Coordinador de Ingeniería Mecánica*  
 Mtra. Manuela Ruiz Castro *Coordinadora de Licenciatura en Administración*  
 Mtro. Juan Enrique Palomares Ruiz *Coordinador de Ciencias Básicas*  
 Mtra. Linda Patricia Pritasil Reyna *Coordinadora de Idiomas*  
 Mtra. María Lourdes Sánchez Cruz *Coordinadora de Desarrollo Empresarial*  
 Mtro. Jaime Martínez Ochoa *Coordinador de Vinculación*  
 Mtra. Maribel Alvarado Valdez *Coordinadora de Maestría en Ciencias de la Educación*  
 Mtro. Héctor Islas Azaís *Coordinador de Cultura y Humanidades*  
 M.I. Norma Aideé Ríos Lugo *Coordinadora de Seguridad e Higiene*  
 Dr. Martín Villa Ibarra *Coordinador del Centro de Investigación en Tecnología del Agua y Ambiente*  
 Dr. Alberto Ramírez Treviño *Coordinador del Centro de Tecnología Avanzada*  
 M.A. Rigoberto Anguiano Aldama *Coordinador del Centro de Estudios de Marketing y Desarrollo Urbano*  
 Dr. Ernesto Alonso Carlos Martínez *Coordinador del Centro de Estudios para la Calidad Educativa*  
 Ing. Sonia Beltrán Esparza *Coordinadora Técnica de Asuntos Jurídicos y de Dirección General*  
**EDITORES TITULARES**  
 Mtro. Héctor Raoul Islas Azaiz  
 Dr. Martín Villa Ibarra  
 M.I. Francisco Javier Ochoa Estrella  
 Mtro. Paulino Antonio Sánchez López  
**EDITORES ASOCIADOS**  
 Dr. Alberto Ramírez Treviño  
 Mtro. Alejandro Jacobo Castelo  
 Mtro. Rigoberto Anguiano Aldama  
 Mtro. Manuel Romero Balderrama  
 Dr. Melchor Rodríguez Madrigal  
**Comité Editorial Nacional**  
 Dr. Otilio Arturo Acevedo Sandoval *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*  
 Dr. Luis Felipe Beltrán Morales *Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C*  
 Dra. Adriana Elizabeth Flores *Universidad Autónoma de Nuevo León*  
 Dr. Adrian Espinoza Bautista *Universidad Nacional Autónoma de México*  
 Dr. Ramón Pacheco Aguilar *Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.*  
 Dr. Rubén Bugarín Montoya *Universidad Autónoma de Nayarit.*  
**Comité Editorial Internacional**  
 Dr. Karl Kohlhof *Universidad de Ciencias Aplicadas de Colonia, Alemania*  
 Dr. Jose Pancorbo de Sandoval *Universidad de Matanzas, Cuba*  
 Dr. Arsenio Miguel Iznaga Benitez *Instituto Superior Politecnico "José Antonio Echeverría", Cuba*  
 Dr. Gerardo Buelna *Centro de Investigación Industrial de Quebec, Canadá*  
**Comité de Producción**  
 Mtro. Hector Raoul Islas Azaiz *Editor en Jefe*  
 Lic. Jonathan Monteverde López  
 Lic. Iván Pedroza García *Diseño y Producción Digital.*

# Índice

Reseña El calendario cósmico de Carl Sagan <i>José Alfredo Arreola Lizárraga</i> .....	6
Reseña La tecnología y la medicina aplicadas en el desarrollo de sistemas que faciliten la interacción entre humanos y su medio ambiente <i>Alberto Ramírez Treviño</i> .....	9
An approach for an embodied procedural reasoning architecture <i>Fernando Orduña Cabrera, Miguel Sánchez-Marré, Valeria Javarela Rincón</i> .....	12
Simulador CRS-A465 de 6 GDL usando LabVIEW-OpenGL <i>Iván Oswaldo Luna Rodríguez, Marco Fabricio Islas Sánchez</i> .....	17
Sistemas de organización para líneas de ensamblado en ambiente justo a tiempo <i>Samuel González López, Fernando Orduña Cabrera</i> .....	22
Cálculo de un panel fotovoltaico para encender una lámpara piloto en la región de Cd. Obregón, Sonora <i>José L. Salazar Huerta, Gabriel Núñez Román, Rafael León Velásquez</i> .....	29
Producción de madera en una plantación de mezquite ( <i>Prosopis</i> spp) en el sur de Sonora, México <i>Martín Villa Ibarra, Ignacio Ruiz Hernández, Lázaro Félix Armendáriz y Carmen Molina Maldonado</i> .....	34
Pasta de Harina de garbanzo enriquecida con trigo: Solución para la desnutrición <i>Guadalupe Bojórquez y Martín Villa Ibarra</i> .....	39



# posgrados.10

Nuestros programas de posgrados, buscan maximizar las capacidades y habilidades de los profesionistas en los distintos ámbitos de las ciencias.

Maestría en Ingeniería Mecatrónica  
Maestría en Ingeniería Industrial  
Maestría en Educación  
Especialización en Docencia

#### MAYORES INFORMES

Dr. Alberto Ramírez Treviño  
Responsable de Maestría  
en Ingeniería  
(644) 4108668  
aramirez@itesca.edu.mx



Mtra. Maribel Alvarado  
Responsable de la Maestría en  
Educación y Especialización  
en Docencia  
(644) 4108650 Ext. 1515  
malvarado@itesca.edu.mx

M.I. Francisco Javier Ochoa Estrella  
Subdirector Académico  
email: fochoa@itesca.edu.mx



[www.itesca.edu.mx/posgrados.asp](http://www.itesca.edu.mx/posgrados.asp)

Casa abierta al tiempo y las ideas

## Maestría en Ingeniería Mecatrónica

El acelerado desarrollo mundial que vivimos actualmente exige del individuo una superación constante que le permita estar a la vanguardia de todos los adelantos que en las distintas disciplinas del conocimiento se tienen. Esta superación y actualización, además de brindarles beneficios personales, redundará en un mejoramiento de las condiciones sociales y económicas del país.


## Maestría en Ingeniería Industrial

El programa de Maestría en Ciencias de la Ingeniería Industrial tiene un enfoque en logística y ergo diseño orientado a la formación de recurso humano capaz de utilizar las herramientas de la ingeniería industrial para la optimización de los recursos industriales y comerciales, mediante el diseño e implantación de mejoras dentro de los sistemas organizacionales, productivos y sociales de la región, el cual además cuente con la ventaja de aplicar el enfoque ergonómico para mejorar el medio ambiente laboral e impulsar el desarrollo tecnológico de la región.

## Maestría en Educación

El Programa de la Maestría en Ciencias de la Educación es el resultado del estudio sobre los requerimientos de los docentes de este nuevo milenio, y que deben dar respuesta al reto de mejorar la calidad y pertinencia de su quehacer académico.

# Editorial



A cinco años de la primera publicación de la revista Entorno Académico hemos considerado la necesidad de hacer un ejercicio de reflexión y análisis. La comunidad del ITESCA inició este compromiso de integración y difusión de la producción académica con la inquietud de trascender y compartir las experiencias, conocimientos y resultados derivados del trabajo continuo de quienes conformamos esta Casa de estudios. En esta nueva etapa nos reconocemos como una institución diferente, más madura, consolidada en su calidad y co-responsable del desarrollo regional a través de acciones y programas que a lo largo de trece años de existencia se han desplegado en territorio estatal y nacional posesionándonos como un Instituto Tecnológico Superior con reconocimiento a nivel nacional.

La Divulgación científica y tecnológica, la reflexión, el análisis y la crítica son compromisos explícitos del ITESCA. Este nuevo lustro, representa

una etapa de crecimiento que nos exige transitar en el camino de la mejora continua.

Estoy seguro de que cada uno de nosotros, los miembros de la comunidad académica, tiene algo que decir acerca de lo que está sucediendo y desarrollará estrategias, ya sean individuales o grupales, para enfrentar una realidad tan cambiante como amenazadora. Se requiere un espacio serio, formal y confiable para difundir los productos de esta reflexión compartida y hacerlos a estudiantes y docentes pero también a la sociedad en general que vive día a día los problemas que a través de nuestro trabajo intentamos resolver mediante la investigación.

A futuro, nos hemos impuesto varias metas de corto y mediano plazo. Entre ellas, gestionar nuestra presencia en un mayor número de índices de publicaciones y mejorar las vías de comunicación con los investigadores nacionales y extranjeros, para seguir contando con materiales de calidad. Es posible crear y difundir una revista de alto nivel académico, nuestras capacidades son crecientes, el horizonte de la investigación es inacabable y nuestro compromiso sigue siendo sólido.

---

*Director General*

# Presentación

De acuerdo con las declaraciones de la UNESCO sobre Ciencia y el uso del saber científico, es posible identificar las siguientes tendencias más relevantes:

Se acentúa la polarización del conocimiento, la ciencia y la tecnología.

Se transforman las políticas científicas y tecnológicas, dando prioridad a la innovación y la búsqueda de oportunidades estratégicas para el desarrollo.

Transnacionalización de la ciencia y la innovación.

Se constituye un nuevo modo de producción de ciencia.

Se promueven cambios en la percepción social de la ciencia.

Aunado a estas tendencias, la nueva Economía del Conocimiento, exige la atención de la formación de recurso humano en el ámbito científico y tecnológico, el establecimiento de las áreas prioritarias para promover el desarrollo económico y social de las regiones y la integración de grupos interdisciplinarios de investigadores para la atención de esas áreas prioritarias.

ITESCA, considera estas tendencias y de manera muy particular las atiende a través de sus funciones sustantivas de Educación, Vinculación e Investigación. Particularmente ha

identificado líneas de investigación que son relevantes para el desarrollo de nuestro estado, las cuales fortalece a través de proyectos científicos y tecnológicos y mediante la organización de su recurso humano en cuerpos académicos los cuales colaboran con otros centros de investigación e IES a nivel nacional e internacional, dando a conocer a la comunidad, los resultados obtenidos a través de su revista Entorno Académico.

El presente número de Entorno Académico, presenta algunos resultados de proyectos que atienden temas centrales a nivel mundial, tal es el caso de los artículos que abordan las siguientes temáticas:

Sistemas embebidos con aplicaciones basadas en procedimientos de reconocimiento como; multiagentes y sistemas de manufactura, sistemas inteligentes mecatrónicos, máquinas de estado, etc.

Simulador de robótica industrial utilizando herramientas como LabVIEW -OPEN GL y modelación matemática en el campo de los Cuaterniones. Sistemas de organización para líneas de ensamblado en ambientes justo a tiempo con algoritmos de optimización.

Desarrollos de prototipos para generar

fuentes alternativas de energía mediante el aprovechamiento de la energía solar.

Desarrollo de productos alimenticios mediante el aprovechamiento del garbanzo, enriquecido con trigo para la atención de grupos marginales y de regímenes especiales, así como producción de madera en plantaciones de mezquite bajo enfoques sustentables.

ITESCA, considera el concepto de desarrollo sustentable dentro de los modelos y filosofía de diseño de los sistemas tecnológicos y da suma importancia a la formación de una cultura que respete el entorno.

Esperamos que la información presentada, pueda ser analizada por otros grupos de investigación, con el propósito de identificar áreas de interés común o fortalezas complementarias, que nos permitan implementar estrategias de colaboración, para potenciar la capacidad de generación y aplicación del conocimiento de cada una de nuestras instituciones en la atención de las necesidades que aquejan a la comunidad, con el fin de conseguir mejores condiciones de vida para la sociedad en general y respetando el entorno natural.

---

*M.I. Francisco Javier Ochoa Estrella*





RESEÑA

## *Calendario Cósmico de Carl Sagan*

*Por: José Alfredo Arreola Lizárraga*

Carl Sagan (1934-1996), uno de los más prestigiosos astrónomos de nuestro tiempo, ha escrito que “vivimos realmente una época extraordinaria; desde que existe, el hombre se ha planteado profundas interrogantes acerca de los orígenes de la conciencia, la vida sobre nuestro planeta, los primeros tiempos de la Tierra, el origen del Sol o la posibilidad de vida inteligente en algún otro lugar del cosmos, así como el más complejo e inquietante de todos: el advenimiento, naturaleza y futuro del universo. Excepto en las más recientes fases de la historia humana esos temas fueron propiedad exclusiva de filósofos y poetas, chamanes y teólogos; pero hoy, como resultado del cono-

cimiento tan penosamente arrancado a la naturaleza a través de generaciones dedicadas a pensar, observar y experimentar, estamos a punto de vislumbrar algunas primeras respuestas aproximadas a muchos de ellos.”

En uno de sus últimos libros, *Los dragones del edén*, Sagan incluye en el segundo capítulo lo que él llamó un “calendario cósmico”, elaborado en un esfuerzo por hacernos comprender la velocidad relativa con que se sucedieron las diversas etapas desde que se formó el universo.

Supongamos, dice Sagan, que pudiéramos comprimir los quince mil millones de años que han transcurrido desde la Gran Explosión (el origen del universo) hasta nuestros días en un solo año. Así, cada mil millones de años corresponderían a 24 días del calendario cósmico, en tanto que un segundo del año cósmico equivaldría a 475 vueltas de la Tierra alrededor del Sol. Así, el primer año cósmico habría transcurrido de la siguiente manera: la gran explosión que dispersa la materia con la cual se formarán las galaxias tiene lugar el primer día

del año, en tanto que la Vía Láctea (la galaxia en la que vivimos) no se forma sino hasta el 1 de mayo. Varios meses cósmicos después, y cuando muchas estrellas han aparecido y muchas otras han desaparecido, se forma el Sistema Solar, en tanto que la tierra no se forma sino hasta el 14 de septiembre. Para el 25 de septiembre, y tras un largo proceso de evolución química, las primeras formas de vida aparecen sobre la Tierra.

Las rocas más antiguas que hoy existen sobre la superficie de la tierra se forman hacia el 2 de octubre. Y los fósiles más antiguos que conocemos, que podemos identificar como bacterias y algas verde-azules, quedan depositados sobre la superficie hacia el 9 de octubre. Aproximadamente el 1 de noviembre aparece la sexualidad entre los microorganismos. Y once días más tarde aparecen los primeros organismos fotosintéticos pluricelulares. Tres días más tarde, las primeras células con núcleo flotan en las aguas de los mares primitivos.

Las formas de vida que existen para finales de noviembre son, sin embargo, aún muy sencillas. En el último mes del año cósmico los acontecimientos más notables son los siguientes: gracias a la actividad fotosintética, hacia el 1 de diciembre se empiezan a acumular en la atmósfera terrestre cantidades considerables de oxígeno libre. Para el 16 de diciembre ya hay gusanos en el fondo de los mares terrestres y, al día siguiente, un gran número de diversas especies de invertebrados marinos han aparecido. Un día más y el plancton marino empieza a desarrollarse y florecen los trilobites. Para el 19 de diciembre aparecen primero los vertebrados más primitivos y, el mismo día pero un poco más tarde, los primeros peces. Al día siguiente aparecen las plantas vasculares; más tarde las plantas empiezan a poblar las tierras emergidas. Para el 21 de diciembre aparecen ya los primeros insectos. Los animales empiezan a poblar la tierra. Al otro día

tenemos ya los primeros anfibios y los insectos alados.

El 23 de diciembre grandes selvas cubren las tierras del planeta, y entre sus habitantes están los primeros reptiles que, para el día siguiente, 24 de diciembre, dominan el planeta. Este día es también el día de los dinosaurios. El 25 de diciembre termina la era Paleozoica y comienza la Mesozoica. Dos días más tarde los primeros mamíferos hacen su aparición, y el 27 de diciembre surcan los cielos el vuelo de las primeras aves. Un día después surgen las primeras flores y se extinguen los dinosaurios. ¿Y cuándo aparece el hombre si faltan sólo tres días para que concluya el primer año cósmico?

El 29 de diciembre termina la era Mesozoica y hacen su aparición los cetáceos y los primates más antiguos (el hombre pertenece al orden taxonómico de los primates). El 30 de diciembre se registra la primera evolución de los lóbulos frontales en el cerebro de los primates. Aparecen los primeros homínidos y los mamíferos gigantes, e inicia así el último día del primer año cósmico. En ese último día aparecen los primeros humanos.

A partir de la 1:30 de la tarde los eventos se precipitan. Aparecen el Procónsul y el Ramapiteco, probables antecesores del hombre. A las 10:30 de la noche ya existen los primeros humanos (no son como nosotros, pero son nuestros ancestros más o menos directos). Media hora más tarde se ha generalizado entre ellos el uso de los útiles de piedra. A las 11:46 el hombre de Pekín logra domesticar el fuego. Diez minutos más tarde inicia el último periodo glacial de que tenemos noticia; dos minutos más tarde, algunos navegantes se establecen en Australia; a las 11:59 la pintura rupestre se extiende a lo ancho de Europa; veinte segundos después se inventa la agricultura y, 15 segundos más tarde, a las 11:59, surge la civilización neolítica, se fundan las primeras ciudades y se establecen las

primeras dinastías en Sumeria y Egipto. La agricultura lleva al desarrollo de la astronomía, que permite al hombre medir el tiempo. Son ya las 11 de la noche con 59 minutos y 50 segundos del 31 de diciembre del primer año cósmico. Y, nos dice Sagan, toda la historia registrada ocupa apenas los últimos 10 segundos del último día del año.

Llega la invención del alfabeto, el *Código de Hammurabi* en Babilonia, el Reino Medio en Egipto, la metalurgia del bronce, la cultura micénica, la guerra de Troya, la cultura olmeca, la invención del compás, el primer imperio asirio, el reino de Israel, los fenicios fundan Cartago, la dinastía Chin en China, la Atenas de Pericles, el nacimiento de Buda, la geometría euclidiana, la física de Arquímedes, la astronomía tolemaica, el imperio romano, el nacimiento de Cristo, se inventa el cero y los decimales en la aritmética indoamericana, cae Roma, surgen la civilización maya, la dinastía Sung en China y el imperio bizantino. Las Cruzadas tienen lugar apenas tres segundos antes de concluir el primer año cósmico.

En el penúltimo segundo del primer año cósmico, y en el primero del segundo año cósmico, Sagan ubica la propagación de la ciencia y la tecnología; el surgimiento de una cultura global, los primeros pasos en la exploración espacial y la búsqueda, hasta ahora sin éxito, de inteligencia extraterrestre. Sin embargo, junto a las más recientes hazañas del hombre surgen también civilizaciones incapaces de desarrollarse armónicamente sin alterar el equilibrio de la naturaleza y, asimismo, se generan las armas atómicas. La forma en que se han condensado los sucesos pueden ser comprendidos mejor si convertimos el tiempo en distancia: hace cuatro millones de años apareció el hombre. Hace aproximadamente cuatro mil quinientos millones de años se formó la tierra. Y hace 15 mil millones de años



se originó el universo. El calendario cósmico de Sagan comprende todo lo sucedido a partir de la Gran Explosión en la escala de un año y sólo a esa velocidad es posible percibir la presencia humana en el contexto universal. Fue elaborado a partir de la información más confiable con que contamos hoy en día.

Es posible, sin duda alguna, que admita modificaciones a medida que avance el conocimiento científico. Sin embargo, no cambiará la conclusión de que somos parte de un proceso de evolución que se inició con el origen mismo del universo; ni alterará, como dijo Sagan, la conciencia de que las grandes hazañas del hombre ocupan apenas unos cuantos segundos de este primer año. Lo que ocurra durante el segundo año cósmico en la Tierra y cerca de ella dependerá en gran medida de la capacidad y de las decisiones humanas, de la ciencia, de la tecnología y del uso que de ellas haga el hombre.

A propósito de lo anterior, habrá que agregar que en tan sólo milésimas de segundo de un año cósmico los humanos hemos puesto las condiciones para estar en una encrucijada sin precedentes: el calentamiento global del planeta. La última evaluación del Panel Intergubernamental del Cambio Climático divulgada en su Cuarto informe del año 2007 (<http://www.un.org/spanish/climatechange>), señala una tendencia creciente en los eventos extremos observados en los pasados 50 años y considera probable que las altas temperaturas, olas de calor y fuertes precipitaciones continuarán siendo más frecuentes en el futuro y pueden ser fatales para millones de personas.

Este panel está integrado por más de 2000 científicos expertos en el tema y representantes de alrededor de 100 países. Y revertir el calentamiento global implica lograr dos objetivos fundamentales: (1) cambiar significativamente nuestra actual forma de vida y (2) imponer

el interés general (de la humanidad) sobre el particular (de los gobiernos, corporaciones, organizaciones, etc). Efectivamente, el desafío es enorme, pero, una vez más, el papel de la ciencia como productora de conocimientos y de la tecnología como proveedora de alternativas, es elemental.

---

### **Contacto:**

José Alfredo Arreola Lizárraga,  
Investigador Titular,  
CIBNOR, S. C.  
aaerreola04@cibnor.mx

---

### **Bibliografía**

*Sagan, Carl, 1977, The Dragons of Eden: Speculations on the Evolution of Human Intelligence, The Ballantine, Publishing Group, Nueva York, 271 pp.*

A woman with blonde hair is looking at a medical device, possibly an ultrasound machine. The device is white and blue, with a large screen and various controls. The woman is wearing a light-colored top. The background is a plain, light color.

RESEÑA

## *La Tecnología y la medicina aplicadas en el desarrollo de sistemas que faciliten la interacción entre humanos y su medio ambiente.*

*Por: Alberto Ramírez Treviño*

### **T***ecnologías de asistencia*

Cuando Marconi inició las radio-comunicaciones a principios del siglo pasado no imaginó todas las posibilidades de la disciplina de la que estaba siendo precursor: la electrónica. Aunque su invento era una radio muy básico que transmitía sólo descargas electromagnéticas a través de una antena, lograba enviar mensajes a largas distancias por medio del código Morse. Esta radio sencilla, pero útil, puede ser vista como una extensión de los oídos de una persona; por primera vez fue posible saber lo que alguien a kilómetros de distancia quería decir, fue posible la comunicación entre dos continentes con un simple telégrafo sin necesidad de Internet.

Actualmente la electrónica ha diversificado su campo de acción y la encontramos hoy en casi todas partes: en los autos, electrodomésticos, naves, aviones, barcos, industrias, medidores de todo tipo y hasta en la cocina; si no lo cree, piense en los nuevos refrigeradores y los hornos de microondas.

### **La tecnología aplicada a la medicina**

Sin embargo, existe un campo más que no fue mencionado en la lista anterior: la medicina. Así es, la medicina es una de las ramas más beneficiadas por el desarrollo de los sensores y de la electrónica.

Actualmente es común obtener imágenes del cuerpo humano ya sea de tejido blando, con el ultrasonido y la resonancia magnética, o del sistema óseo con rayos X. Además de la obtención de imágenes, del equipo de diagnóstico o de resucitación, existe una gama de aplicaciones formada por las llamadas tecnologías de asistencia. Éstas son desarrollos de la ingeniería

que, en ocasiones, parecen inútiles pero que sirven de ayuda para una persona que ha perdido su capacidad de movimiento parcial o totalmente. Las tecnologías de asistencia existen desde hace mucho tiempo. Se dice que en un inicio eran objetos meramente cosméticos, como las piernas de palo o los garfios para sustituir manos; sin embargo, estas prótesis primitivas no eran solamente un adorno ya que tenían funciones limitadas y le permitían al sujeto amputado realizar movimientos con rapidez o sujetar objetos. Posteriormente estas prótesis se fueron haciendo más complejas: poseían más grados de libertad pero eran gobernadas con alambres o con mecanismos sujetos a partes del cuerpo que conservaban la totalidad de sus movimientos. Para que funcionara la prótesis los pacientes realizaban una secuencia de movimientos poco naturales; esto significaba un periodo de entrenamiento y además estos artefactos eran una incomodidad muy grande para el paciente ya que tenía cables que le recorrían todo el cuerpo.

Además, las prótesis antiguas eran sujetas con correas de cuero y estaban hechas de madera y acero por lo que su peso era excesivo.

Al paso del tiempo, con la llegada de los dispositivos electrónicos se empezaron a construir aparatos que sirvieran de ayuda a personas que habían sufrido la pérdida de alguno de sus sentidos. Al principio, como en todos los casos, estas ayudas eran meramente mecánicas, como las trompetas que usaban las personas de edad avanzada para poder escuchar. Éstas fueron sustituidas por amplificadores que se podían llevar a la cintura y un audífono conectado en la oreja; posteriormente fue posible construir un amplificador tan pequeño que se podía ocultar en el audífono. Estas primeras ayudas auditivas resultaron dañinas ya que sólo amplificaban el sonido. Si ocurría que el usuario se exponía a grandes intensidades de ruido,

lo que escuchaba con su pequeño amplificador resultaba molesto, y a veces afectaba las estructuras internas auditivas. Así fue que las ayudas auditivas fueron rediseñadas utilizando controladores automáticos de ganancia y ecualizadores para enfatizar las frecuencias a las cuales el oído no responde bien; recuerde que escuchamos mejor a frecuencias medias que a frecuencias altas o bajas.

La ayuda auditiva es un claro ejemplo de cómo un sistema de ingeniería no puede resolver un problema clínico; para lograr buenos resultados se deben tomar en cuenta conocimientos de fisiología y anatomía del órgano con que se interactúa.

### ***Generación de comandos de control***

Existe un sistema de ayuda para pacientes parapléjicos que consiste en construir un dispositivo que detecta los movimientos de la cabeza para usarlos como señales de control y que, cuando es incluido en una silla de ruedas, proporciona al paciente una herramienta que le permite cierto grado de movilidad. Este tipo de sistema se puede confeccionar de manera sencilla con el uso de sensores ópticos o de emisores ultrasónicos, aunque se prefieren los últimos en este tipo de aplicaciones porque un receptor ultrasónico capta de manera sencilla el reflejo de una onda sonora cuya amplitud aumenta o disminuye dependiendo de la distancia entre la cabeza y el emisor ultrasónico.

Otra tecnología de asistencia que se puede construir con dispositivos ópticos es un "ratón" controlado por el movimiento de ojos. Este dispositivo permite seleccionar un objeto de una lista que se muestra en una pantalla de computadora; puede servir para escribir, controlar electrodomésticos o para cualquier actividad que involucre un "ratón". Se puede construir montando un emisor y un

receptor infrarrojo en un par de lentes: un emisor envía un rayo de luz infrarroja en dirección al ojo, mientras que el órgano refleja la luz con mayor o menor amplitud dependiendo de la zona en que incida el rayo.

El problema de este sistema radica en el calentamiento que puede producir la luz infrarroja y que podría llegar a causar un daño al ojo. Actualmente se puede construir un "ratón" utilizando cámaras y procesando la imagen que se está filmando, y esto no influye ni le transmite ningún tipo de energía al ojo. Una de las aplicaciones más difundidas, además de los controles de sillas de ruedas eléctricas, es el del control de aparatos por medio de comandos hablados; es decir, un sujeto habla, un sistema electrónico lo reconoce y otro sistema opera algunos aparatos electrodomésticos.

Así es posible encender una televisión, marcar un teléfono, activar una radio o incluso calentar comida aunque, claro, esto requeriría un sistema que le acercara de algún modo la comida al paciente. Algunos sistemas son de fácil construcción, incluso en países que, como el nuestro, no se ven beneficiados con los dispositivos electrónicos más avanzados, ya que para desarrollar tecnologías de asistencia se necesita imaginación.

Si pensamos en el sistema de reconocimiento de voz, ¿cómo podría construirse? La primera parte es un micrófono, de más o menos mediana calidad para que el sistema tenga la suficiente información y un sonido claro. Existen líneas económicas de micrófonos de marcas reconocidas que pueden ser muy útiles en este tipo de proyectos. Una vez seleccionado el micrófono se debe amplificar la señal; en esta tarea se debe tener cuidado de no distorsionar el audio registrado. En el mercado existen amplificadores operacionales de bajo costo y que presentan una distorsión y un buen ancho de banda; una vez que se tiene la señal amplificada debe ser digitalizada para que pueda ser leída



en una computadora. Posteriormente la información deberá ser procesada para reconocer lo que diga un locutor. Existen convertidores analógico-digitales de bajo costo, y todos los estudiantes de ingeniería electrónica los han utilizado en alguna práctica.

Se puede usar el convertidor más sencillo del mercado considerando que, para el reconocimiento de voz, el ancho de banda de la señal se puede restringir hasta 3.4 KHz, que es el de la línea telefónica.

La señal digital debe ser leída por alguno de los puertos de la computadora; una manera sencilla de lograr esto es usar el puerto de la impresora. Si se cuenta con el suficiente capital, se puede comprar una tarjeta digitalizadora, que es un sistema electrónico realizado con el objetivo de leer la señal de un sensor, en este caso, un micrófono, y que esta información pueda ser leída desde una computadora.

Sin embargo, estas tarjetas cuentan con su propio software y, en ocasiones, no es posible utilizar la información más que en el entorno que proporciona el fabricante. Ya dentro de la computadora, la información se debe procesar.

Una manera de conocer el fonema que un locutor produce es conociendo las frecuencias que ese fonema contiene. La herramienta que se enseña en todas las universidades para este propósito es la Transformada de Fourier.

Hasta aquí el proyecto pareciera ser de ingeniería solamente, pero si se requiere reconocer lo que dice una persona, se deben estudiar los mecanismos del habla; de este modo será posible interpretar los resultados de los análisis realizados a la señal de audio. El procesamiento y la clasificación requieren de una computadora y horas de trabajo para programar los algoritmos de procesamiento y reconocimiento de patrones que al final indiquen la palabra pronunciada por un locutor.

De este modo se puede construir

un sistema de bajo costo para que una persona pueda proporcionar señales de control simplemente hablando.

### ***Miembros artificiales***

Uno de los sistemas más complejos y espectaculares por su funcionamiento son las prótesis y, aunque algunas son meramente mecánicas, existen las controladas utilizando la señal eléctrica registrada de la actividad muscular, también conocida como señal mioeléctrica.

La construcción de una prótesis mioeléctrica implica el registro de la señal, la que será captada conectando electrodos en la superficie de algún músculo remanente. En el caso de estas prótesis el paciente deberá tener un periodo de entrenamiento. Es necesario además el estudio de la electrofisiología muscular con el fin de establecer una correspondencia entre la señal y la fuerza que ejerce el músculo, aunque esto aún no ha sido reportado y, de hecho, es uno de los problemas que detienen el desarrollo de este tipo de sistemas. Hasta ahora, la señal muscular registrada en la superficie no corresponde en su totalidad con lo que pasa internamente en el músculo.

Una prótesis controlada eléctricamente significa tener a un paciente conectado a unos electrodos a todas horas y todos los días, y estos electrodos no deben moverse si se desea una señal estable para que pueda ser interpretada correctamente. Si no se cuenta con esto, entonces el trabajo de procesamiento deberá ser mayor. Desafortunadamente no ha habido una respuesta alternativa de los ingenieros para resolver estos problemas.

Una de las tareas para los ingenieros es proporcionar un sistema que pueda servir como prótesis funcional con la mínima interacción con el paciente. Para concluir, es importante mencionar que todos los sistemas mencionados, a excepción

de la cirugía, han sido desarrollados en México por estudiantes de licenciatura o maestría de diferentes universidades, y que las instituciones hospitalarias han apoyado con conocimientos y algunos materiales y muchos médicos y pacientes entusiastas han colaborado en el desarrollo de este tipo de sistemas. La difusión y la necesidad de generar este tipo de tecnologías aún no es comprendida del todo; en México, instituciones como el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) y la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) hacen investigaciones en este campo; sin embargo, no existe un centro que capte las necesidades de los pacientes y que tenga cuadros de ingenieros capaces de resolver estos problemas en un tiempo razonable y con el nivel de comodidad y facilidad de uso que necesita una persona que ha perdido alguno de sus movimientos.

---

### ***Contacto:***

Alberto Ramírez Treviño,  
Profesor Investigador del  
Instituto Tecnológico Superior de  
Cajeme.  
aramirez@itesca.edu.mx.

---

### ***Bibliografía***

- Chen H., Medical Informatics, Springer, 2005.*  
*Enderle, J., Introduction to Biomedical Engineering, Elsevier Academic Press, 2005.*  
*Jennings, D., Introduction to Medical Electronics Applications, Edward Arnold, 1995.*  
*Moore, J., Biomedical Technology Devices, CRC Press, 2004.*  
*Prutchi, D., Design and Development of Medical Instrumentation, Wiley Interscience, 2005.*  
*Wu J., "Complex Medical Engineering", Springer, 2007.*



# *An approach for an embodied procedural reasoning architecture*

## *Keywords:*

*Intelligent Mechatronic System (IMS), Holonic Manufacturing System (HMS), Extended Machine State (EMS), RT-MESSAGE (Real Time MESSAGE), JADE, JADEX*

*Por: Fernando Orduña Cabrera, Miquel Sánchez-Marré, Valeria Javalera Rincón.*

## *Abstract*

*Research in intelligent manufacturing system summarizes the importance of developing new methods and techniques that should be more knowledge intensive, applied at the level of embedded devices. To bring a solution for this demand we propose to unify related topics like RT-MESSAGE, JADE, JADEX, EMS, IMS, HMS into an embedded architecture for micro-controllers based on the question formulated by Deepak Kumar: Is it possible to apply a BDI approach to model agents that are physically embedded in the world?*

## *Introduction*

Several works of research [1,2,3,4,5,6] and some research reports like [7] have formulated the need of developing new techniques for embedded intelligent methods.

This research is focused on the development of the first draft of an architecture which provides reasoning as an answer to complicated task executables by an embodied system, including the intelligent part based on the procedural reasoning (BDI).

The aim of the proposed architecture is to be applicable for several domains like intelligent mechatronic devices, intelligent machines, multi-agent distributed control, monitoring, and supervisory control. The goal

considered, hereafter, is to create architecture for developing intelligent embedded systems using elements like RT-MESSAGE (RTM), JADE, JADEX, EMS, IMS, HMS into procedural embedded architecture.

The paper is structured in sections. Section two outlines the related topics implemented and show the way how it is done. In Section three, the first draft is described and the first level of the architecture is developed and finally future work of the research is considered in Section four.

## *Related Topics Manufacturing Systems and Multi-agent Systems (MAS)*

Manufacturing systems will constantly modify their operational data and knowledge in response to real-time changes in schedule, goals, and decision criteria [2]. Nowadays agent based software systems are becoming a key technology for smart manufacturing control systems.

This platform can offer distributed intelligent control functions with com-

munication, cooperation, and synchronization capabilities [3]. Increasingly intelligent embedded devices indicate how this approach can benefit the manufacturing industry and outline the issues and approaches for cohesively coordinating manufacturing services at various levels of the manufacturing device hierarchy [2].

In order to overcome the aforementioned challenge, a new paradigm's needed in terms of how intelligent components represent and process knowledge about themselves, other components, and the environment.

The mandate for this new paradigm is that knowledge be made explicit and be given machine interpretable semantics.

Through machine-based reasoning and inference, components previously unknown to each other can gain understanding about their respective skill sets, goals and interaction models, and therefore interact intelligently [2].

### ***Intelligent Mechatronic System (IMS)***

Rolf Isermann in his paper [8] illustrated a diagram for an advanced intelligent automatic system with multi-control levels, knowledge base, inference mechanism, and interfaces, describing the different levels as: low level control, high level control, supervision including fault diagnosis, optimization, coordination (of processes), and general process management.

Isermann concludes: "Process model-based methods allow the generation of analytical symptoms and even a fault diagnosis by reasoning methods" and "Mechatronic systems will become more and more intelligent, making use of quantitative and qualitative process knowledge bases and inference mechanisms in the higher automation levels".

For the aim of this research we are focusing on the intelligent system section.

### ***Holonic Manufacturing System (HMS)***

For the issue of our architecture the following definition and important description of Holon is assumed: "the essence of the holonic approach is the capability to decompose a complex problem into stable intermediate sub-problems, using hierarchy structures" [9]. There are four types of basic holons assumed for our architecture cited in [10]:

- A Product Holon (PH) holds information about the process status of product components during manufacturing, time constraint variables, quality status, and decision knowledge relating to the order request.
- A Product-Model Holon (PMH) holds up-to-date engineering information relating to the product life cycle.
- A Resource Holon (RH) contains physical and information components.
- A Mediator Holon (MH) can be itself a holarchy, can create Dynamic Mediator Holon for new task; this MH can be used to create the negotiation between holons.

As Danna Voithand reported, Holonic systems bring the intelligence closer to the machines and have the machines work out what needs to be done [11].

Vladimír Marík in [4] concluded that to add more intelligence to holonic decision making you need to apply methods and techniques that are more knowledge intensive, and in [7] that collaborative production environments characterized by production components with embedded intelligence will be the result of the integration of agent technology, mechatronics and advanced control for doing network control systems.

The specific and important points for our goal are:

- Holonic manufacturing is just a system engineering methodology.

- Each Holon encapsulates the operational, sensing and decision-making and execution of activities of a physical resource.
- The direct negotiation between orders and resources.

### ***Extended State Machine (ESM)***

There are several works on knowledge striving to get embodied Believe Desire Intention (BDI), proposing a different technique with the purpose of getting a novel solution. Some investigations are leading and making inroad like [12, 13, 14]. We made emphasis especially on those papers because they are relevant for our objective and would help fostering our solution as a combination of this recent research.

In his paper [12] Vasu, reference to exploited the essential BDI properties to embed it in software agents that model them. His paper introduces a formal software architectural design of a MAS in which the BDI architecture is embedded.

They embed the BDI properties of agents in an extended state machine (ESM) modeling and suggesting an implementation of the BDI architecture in a high-level programming language, based on this suggestion we are trying to implement this idea in our design specially in the low level section depicted in the figure 2.

### ***First Approach of an Embodied BDI Architecture***

The purpose of a new solution for the need of intensive knowledge embodied methods presented in several works of research is oriented to join the related topics listed before. To do that, we focus on embedded intelligence integrating different topics to yield the architecture like:

- MAS: For distributed intelligent functions using ontologies
- RT-MESSAGE (RTM): For analysis and design based on divide the problem



and getting the small parts to be distributed

- JADE: For special task like getting the inputs and produce outputs
- JADEX: The reasoning engine to be embedded
- EMS: For specific particular tasks based on Finite State Machines (FSM)
- IMS: The base for the intelligent diagram proposing a new one, based on  $\mu$ C-BDI Embedded Architecture showed in figure 1
- HMS: Using the capacity of decompose the problem combining with MASRTMESSAGE, used to define the types of holons PH-PMH-RH-MH, and considering the special characteristic mentioned on section 2.3.

Deepak Kumar [14], was working on a hybrid connectionist and BDI based architecture. The architecture makes specific commitments in order to achieve a harmony among the tasks of reasoning and acting.

The architecture uses a bottom-up learning strategy to acquire rules for reactive behavior. Kumar job propose some relevant questions like "is it possible to apply a BDI approach to model agents that are physically embedded in the world". Using this like a hypothesis, we address the aim of our research to propose a different approach.

In the research [15] and [16], an application case was developed using the methodology of Vicente J. Inglada RTM and they concluded, that methodology was chosen assuming others because it is the best for the application.

The analysis and design developed on [15] was implemented on [16]. In that investigation they argue "the methodology is helpful to divide the problem but not give a complete solution especially because itself constraint programming of software application. In these, sense there is not a clear way to develop it". To solve that, they propose to unify a function of FSM like inference mechanism and

programming reactive JADE agents achieving a final application.

Analyzing the design of [17] and considering the successful case cited before, we got the conclusion that RTM could help for our propose, specially in the sense of getting the different parts of the problem being tackled, that using the methodology of [17].

All the related issues presented summarize the importance of developing new methods and techniques that should be more knowledge intensive, applied at the level of embedded devices.

To solve this requirement, our propose is to unify the mentioned topics into an Embedded Architecture for Micro-Controllers ( $\mu$ C).

A Micro-Controller ( $\mu$ C) will be able to make decisions based on decentralized embodied BDI architecture, striving a solution to the problem presented specially on the need presented in the topic of more embedded intelligent design. Hereafter the research will be driven in different lines:

1. Constraint the investigation on the related topic.
2. Made a fusion of an IMS and RTM.
3. Create all communication protocols based on ontologies.
4. Get a BDI design based on the previous fusion.
5. Design the method to embody the BDI design in a Micro-controller.

## First Level of the Architecture (A General View)

In this level there are structural diagrams where the architecture is described. In figure 1 a general diagram design is depicted where one section show the joined topics IMS-RTM-HMS. This combination is considered the main part of our design because it has the problem that we want to solve (this part is the Software Engineer section). The essence of decompose a complex problem using dual communication with HMS help us to apply this characteristic to solve the requirements.

The Decision (D) and Communication (C) parts contribute to the general ontology. Once identified the important parts of HMS lets apply RTM and work with the analysis and design of the problematic decomposition. An analysis of HMS and RTM showed that RTM groups the main part of concepts presented by HMS. Based on this, we made a fusion of terms getting the first section. Now, once has the union done (HMS-RTM) we got a design.

Next, we need to apply this design to another union between (HMS-RTM-HMS), basing this on Rolf Isermann diagram[8].

Figure 1 depicts the  $\mu$ C-BDI diagram where, it describes three sections: the Methodology and Framework level communicated with BDI section by an arrow, which indicates

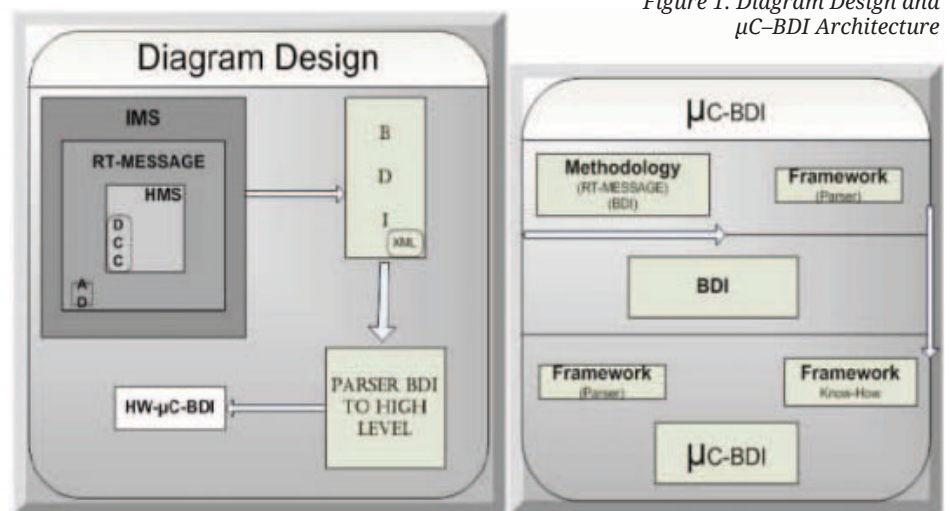


Figure 1. Diagram Design and  $\mu$ C-BDI Architecture

the existence of a protocol of communication constituting an ontology for the BDI agents. The framework on this level indicates that the methodology of the architecture must produce a XML file as JADEX file with Belief Desire and Intention, as is depicted on figure 1. The vertical arrow means another ontology, but in this case, with the task of communicate the BDI file with the physical device  $\mu\text{C}$ -BDI using a high level ontology. The framework Know-How and Parser indicates the need to create a novel method to download the BDI file inside the  $\mu\text{C}$ .

The figure shows in a general way the relation of the related topics constituting the architecture.

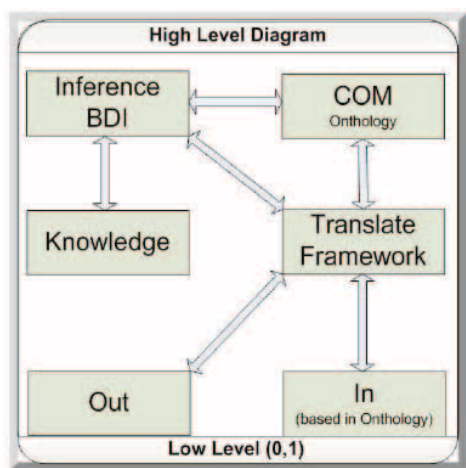


Figure 2.  
Intelligent BDI Diagram

Figure 2 represents a high level diagram where the high level framework to be developed is showed and the relation between the low level and software engineering part. In the figure, the arrows indicate communication with the components (high level ontology and distributed ontology).

Its figure could be seen like an example of a microcontroller which has embodied the  $\mu\text{C}$ -BDI EMBEDDED architecture and has being dedicated to make use of its inference mechanism based on BDI. It has a full communication with the knowledge base. The logic functionality can be described as follows:

1. Having an input stream verified by the established standard of communication which needs to be translated.
2. The translate framework sends one part of the translated stream to the communication section and the other to the inference mechanism.
3. The communication section must interconnected the others devices of the LAN (using the ontology), but even more, has the issue of providing and requesting information about the state of its  $\mu\text{C}$  friends. The information received is send to the inference mechanism.
4. The inference mechanism receives information on two ways; one private way and a public way. The private way information helps to define the wished behavior of the  $\mu\text{C}$  with the aim of getting an intelligent control. Public information is used only to gain knowledge of the state of the system, existing the probability to influence the behavior. When the mechanism decides the behavior that must adopt the  $\mu\text{C}$  it sends back an instruction to the translate framework, and once more, it translate and send the instruction to the output agents.
5. The output agents are reactive JADE agents with specific behaviors. Once done the cycle, it is repeated again, and again, because it is cyclic, and tries to respond in real time.

Isermann in [8] proposes an architecture for a IMS as mentioned before, and our figure 2 is somewhat familiar to Isermann's diagram but in a different way, and are deeply struttred in different levels.

### Future Work

The general view adopted for the architecture depict on the last two figures, is the based of our research. At this point, only the first level has been introduced, and hereafter our research will be focused on the design of following levels. In near feature, our design will be compare with others ap-

proaches with the objective to make an analysis and comparing, which will help to define the futures levels of our architecture.

### Conclusion

This paper proposes and introduces a first approach to an architecture that embodied relevant topics on a  $\mu\text{C}$ , and it is focused on solving control problems. Our research work tries to bring a different solution to solve the important need of developing intelligent embedded devices, as it is named in the literature.

### Contacto:

Fernando Orduña Cabrera,  
Profesor Investigador del  
Instituto Tecnológico Superior de  
Cajeme.

Miquel Sánchez-Marré,  
Estudiante de la Universidad Politecnica de Cataluña

Valeria Javalera Rincóna,  
Profesora Investigadora del  
Instituto Tecnológico Superior de  
Cajeme.

## References

- [1] A.W. Colombo, F. Jammes, y H. Smith, *Service-oriented architectures for collaborative automation*, IEEE, 7803-9252, 2005.
- [2] Harm Smith, José L. Martínez Lastra y Franvois Jammes, *Orchestration of service-oriented manufacturing processes*, IEEE, 1(05):7803-9402, 2005.
- [3] Paulo Leitão, Armando W. Colombo y Francisco J. Restivo, *Adacor: A collaborative production automation and control architecture*, IEEE Intelligent Systems, 1541-1672, 2005.
- [4] Vladimír Marík y Duncan McFarlane, *Industrial adoption of agent-based technologies*, IEEE Computer Society, 14, 27-35, 2005.
- [5] Duncan McFarlane y Stefan Bussmann, *Developments in holonic production planning and control*, International Journal of Production Planning and Control, 11(6):522-536, 2000.
- [6] Duncan McFarlane, Sanjay Sarma, Jin Lung Chirn y Kevin Ashton C.Y. Wong, *Auto id systems and intelligent manufacturing control*, Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2003, 16.
- [7] *ICT for Manufacturing, The Agile, Wireless Manufacturing Plant*, Technical report, febrero, 2005.
- [8] Rolf Isermann, *Modeling and designing methodology for mechatronic systems*, IEEE/ASME Transactions On Mechatronic, 1(1):16-28, 1996.
- [9] Paulo Jorge Pinto Leitão, *An Agile and Adaptive Holonic Architecture for Manufacturing Control*, PhD thesis, Department of Electro technical Engineering Polytechnic Institute of Bragança, 2004.
- [10] Xiaokun ZHANG and The University of Calgary 2500 University Drive Calgary Alberta T2N-1N4 Canada Douglas H. NORRIE, *Division of Manufacturing Engineering. Holonic control at the production and controller levels*, submitted to IMS'99, Lovaina, Belgium, 1999.
- [11] Danna Voth. *Holonics in manufacturing: Bringing intelligence closer to the machine*. Published by the IEEE Computer Society, 1541-1672, 4-7, 2004(1541).
- [12] Vasu S. Alagar and Mao Zheng, *A software architecture for multi-agent systems*. CIS 2005, Part I, LNAI 3801, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [13] Pierangelo Dell'Acqua, Mattias Engberg, y Luis Moniz Pereiray. *An architecture for a rational reactive agent*, Department of Science and Technology - ITN, Linköping University, 601 74 Norrköping, Sweden, EPIA 2003, LNAI 2902, pp. 379 ~ U393, 2003.
- [14] Deepak Kumar y Lisa Meeden, *A hybrid connectionist and bdi architecture for modeling embedded rational agents*, Department of Math and Computer Science Bryn Mawr College, 1998 AAAI Fall Symposium, Technical Report FS-98-02.
- [15] Valeria Javalera Rincon, *Aplicación de la metodología rt-message para el diseño de un sistema multi-agente en tiempo real para el control de clima, riego y nutrición de cultivos en invernaderos*, tesis de maestría, 2005.
- [16] Fernando Orduña Cabrera, *Implementación de un sistema multi-agentes para el control de clima en invernaderos*, tesis de maestría, 2005.
- [17] Julián Inglada, Vicente J. RT-MESSAGE: *Desarrollo de Sistemas Multi-agente de Tiempo Real*, tesis de doctorado, Departamento de Sistemas Informáticos y Computación, Universidad Politécnica de Valencia, 2002.





# *Simulador CRS-A465 de 6 GDL usando LabVIEW - OpenGL*

## *Palabras clave:*

*LabVIEW, OpenGL, trayectorias, cuaterniones, cinemática directa, spline cúbico.*

## *Resumen:*

*La modelación y simulación por computadora de los movimientos de cualquier maquinaria o cuerpo rígido es hoy en día de gran utilidad, [1] muy útil para entender y hacer predicciones sobre el comportamiento de un sistema, sustituyendo los experimentos reales ya que en muchas ocasiones resulta costoso construir un prototipo.*

*Por: Iván Oswaldo Luna Rodríguez,  
Marco Fabricio Islas Sánchez.*

*[2] El presente trabajo presenta el desarrollo de un programa para la modelación y simulación de la cinemática de un robot de 6 gdl utilizando las ventajas del álgebra de cuaterniones. El robot es construido en 3D utilizando las librerías de OpenGL compatibles con LabVIEW 3D Picture Control, lo que hace posible una mayor facilidad en la visualización de objetos, creación y control de los mismos.*

*La finalidad del trabajo es mostrar nuevas herramientas para el desarrollo de programas y modelos de simulación que permitan optimizar tiempo y esfuerzo, dando a los estudiantes y profesores otras opciones para el aprendizaje y la enseñanza de la robótica.*

## **Introducción**

De los inventos del siglo XX los robots pueden considerarse a la cabeza en cuanto a popularidad. La robótica es una nueva disciplina, con sus propios problemas, sus fundamentos y sus leyes. Tiene dos vertientes: la teórica y la práctica. En el aspecto teórico se aúnan las aportaciones de la automatización, la informática y la inteligencia artificial. Por el lado práctico o tecnológico encontramos aspectos de construcción (mecánica, electrónica), y de gestión (control, programación). La robótica presenta pues un marcado carácter multidisciplinario.

El fuerte desarrollo experimentado por la robótica se debe a las crecientes necesidades de automatizar la industria y a la inquietud que a lo largo de los tiempos ha existido en el hombre por crear reproducciones de sí mismo y de otros seres vivos.

Actualmente el robot es una máquina más que podemos encontrar en cualquier empresa en las líneas de producción de fabricación en serie.

El objetivo del presente trabajo es mostrar el desarrollo alcanzado para la construcción de un simulador de robot de 6 gdl en un ambiente tridimensional que siga una trayectoria spline cúbica. Este programa será de utilidad para la enseñanza didáctica de la robótica como herramienta de apoyo para profesores y alumnos.

## **Simulador CRS-A465 de 6 GDL usando LabVIEW-OpenGL**

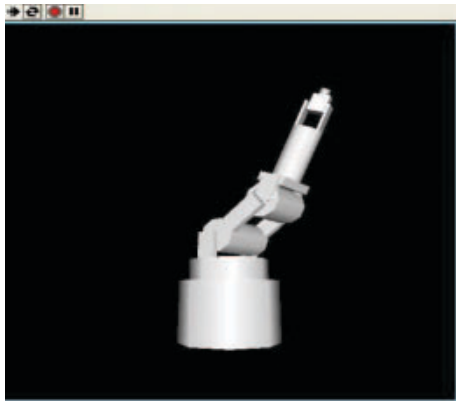
Este trabajo se apoya en el modelo matemático del robot de 6gdl CRS A465 para la construcción de un simulador en visualización 3D. Se utilizan como herramientas el software de control virtual de National Instruments LabVIEW véase. 7.01, y las librerías de visualización en 3D

de OpenGL. Los usuarios de LabVIEW tenían la capacidad de presentar sus datos en gráficos, pero esto fue limitado inicialmente a los gráficos de 2 dimensiones. En LabVIEW 5.1 y 7.1 la capacidad de visualizar gráficamente datos de 3 dimensiones fue introducida con los gráficos 3D.

### Construcción del modelo en 3D Robot 6 gdl

Para la construcción del modelo que da forma al robot de 6 gdl se hace uso de la librería 3D Picture Control de OpenGL para LabVIEW. Dicha librería incluye menú de primitivas, es decir, polígonos tales como cubo, cilindro, cono, esfera y toroide, así como funciones de rotación y traslación. Una vez determinados los objetos, es necesario mostrar la escena aplicando funciones de definición y colocación de cámara (simulación del observador), renderización y sombreado de los objetos (características de los materiales), color ambiente e iluminación (simulación de las variables del medio ambiente como luz solar,

Figura 1. Vista en escena del robot de 6 gdl



lámparas, etcétera, que inciden sobre los objetos). Esto le da un realismo a la modelación y simulación gráfica en 3D (véase la fig. 1).

LabVIEW-OpenGL muestra diferencias con respecto a los lenguajes tradicionales en los que es necesario teclear su código fuente en forma de texto. En lugar de ello, LabVIEW-OpenGL lo hace con programación

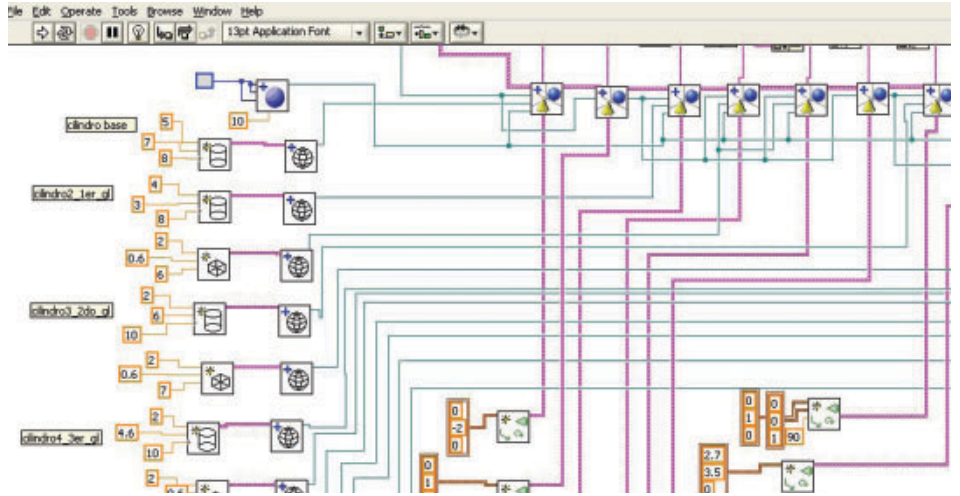


Figura 2 Programación. orientada a objetos de primitivas

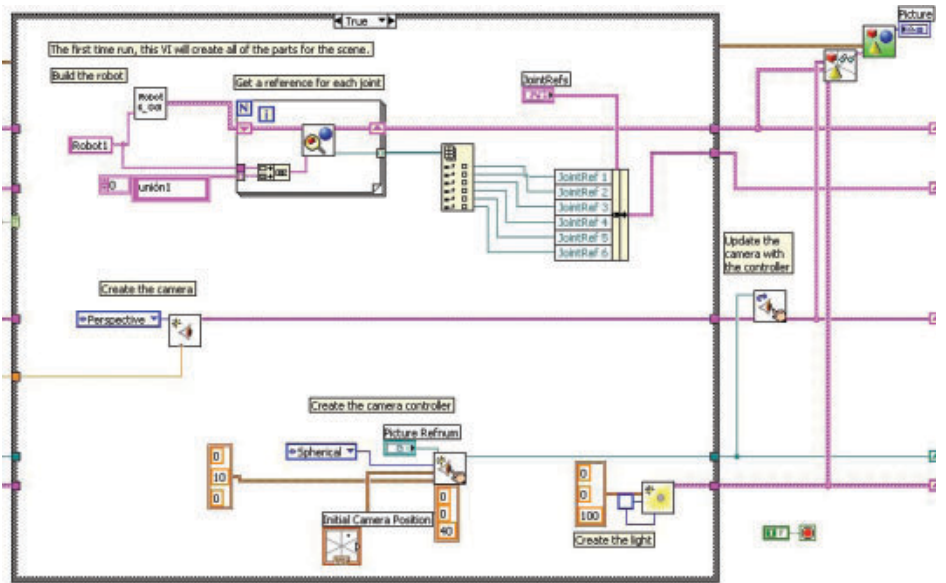


Figura 3. Programación de características de visualización de escena

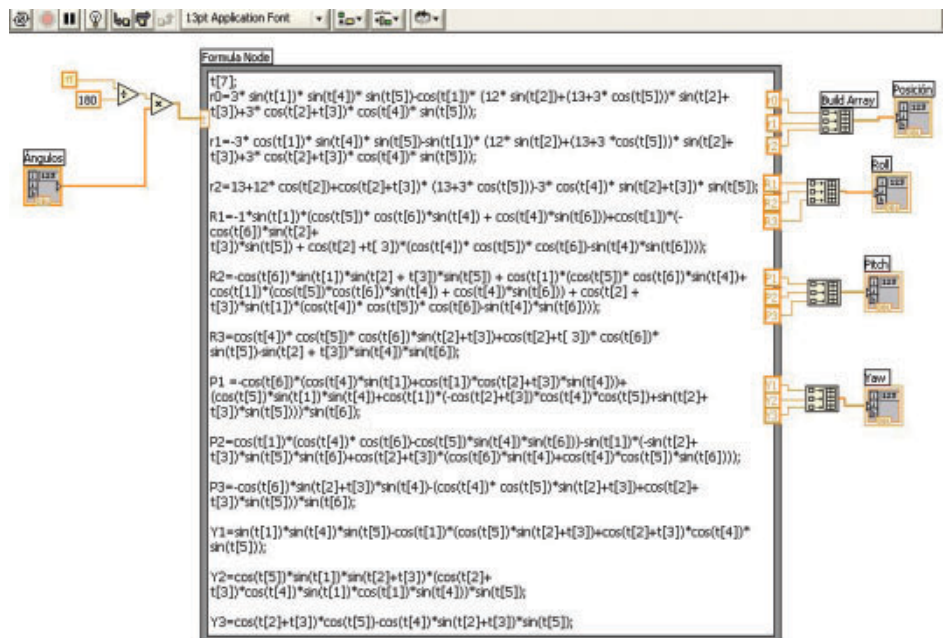


Figura 4. Modelo matemático, álgebra de cuaterniones

orientada a objetos, lo que implica ahorro de tiempo y esfuerzo (véase la figura 2 en la que se muestra parte de la programación de primitivas). En la figura 3 se presenta el código en donde se muestra la definición y colocación de la cámara, así como las funciones de iluminación, tipo de proyección, renderización y ventana de visualización.

### Modelación y simulación

La modelación y simulación está asociado a una serie de ventajas:

- En comparación con los experimentos reales, los virtuales requieren un gasto menor en tiempo y dinero.
- Los experimentos virtuales son repetibles, lo cual no puede garantizarse en un experimento real.
- Los modelos simulados son por lo general controlables, las variables y parámetros del sistema pueden determinarse previamente.[2]

El presente simulador resuelve el problema de la cinemática directa por medio del álgebra de cuaterniones, determinando los ángulos de posición y orientación. En la figura 4 se muestra el modelo matemático para ge-

Figura 5. Modo teach

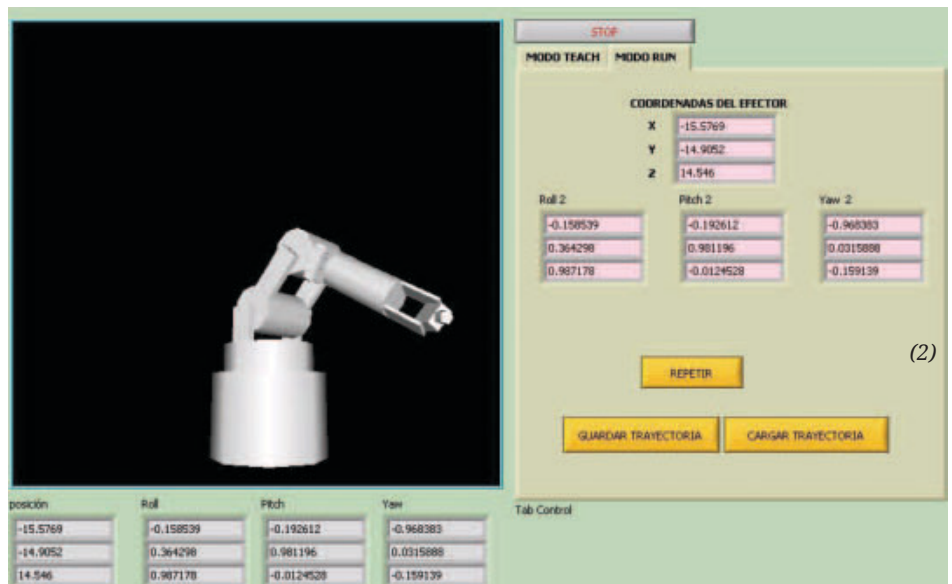
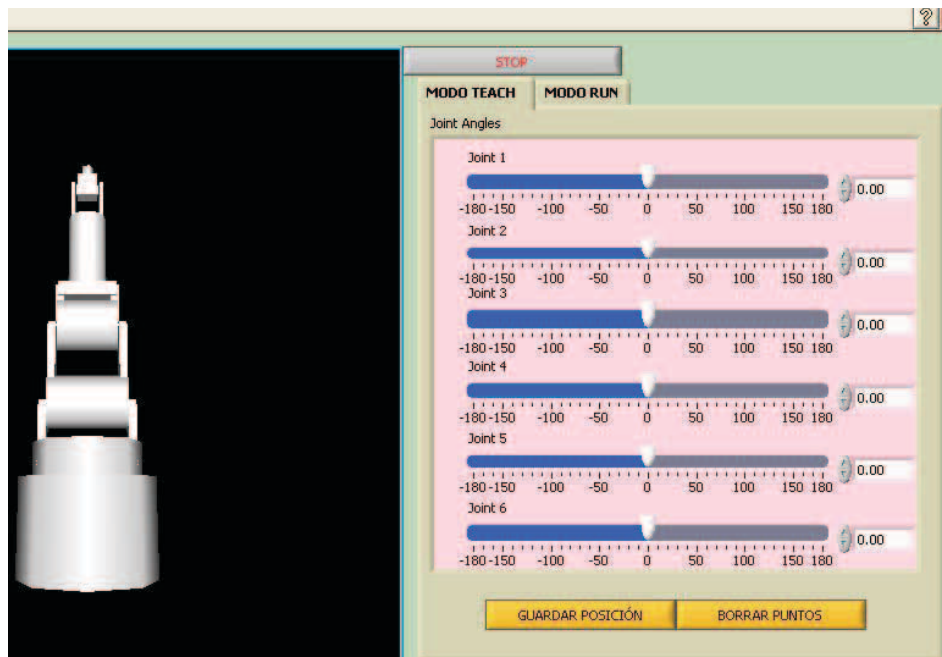


Figura 6. Modo run

nerar la posición y orientación (*yaw*, *pitch*, *roll*) del órgano efector final.

El robot de 6 gdl presenta opciones para el usuario, como la posibilidad de generar movimientos manuales a través de controles individuales para cada articulación del robot (*modo teach*, véase la figura 5). En este menú se generan y guardan posiciones con las cuales el usuario puede manipular el robot para posteriormente recrear la animación en el menú modo *run*.

El modo *run* (figura 6) genera trayectorias para las posiciones previamente cargadas en modo *teach*,

realizando la simulación de movimientos en tiempo real del robot.

### Interpolación spline cúbico

Uno de los problemas fundamentales de la animación por computadora es cómo interpolar una secuencia de posiciones y orientaciones de un cuerpo rígido tal que el resultado del movimiento de la animación parezca suave y natural.

El robot manipulador es un objeto sólido en 3D, su posición y orientación es representado por dos elementos: los vectores en un espacio euclidiano y sus rotaciones.

El movimiento del robot puede ser representado como un producto de la trayectoria en el espacio  $R^3$  y sus rotaciones, dando una secuencia de puntos pares posición-orientación.

La función *spline* cúbico, que es un polinomio de grado tres, es de las más utilizadas para estimar valores intermedios entre valores conocidos debido a que proporciona excelentes ajustes para puntos a tabular y su cálculo no es excesivamente complejo. Sobre cada intervalo:

$$[t_0, t_1], [t_1, t_2], \dots, [t_{n-1}, t_n], S$$

está definido por un polinomio cúbico diferente. Sea  $S_i$  el polinomio cúbico



que representa a  $S$  en el intervalo  $[t_i, t_{i+1}]$ , por tanto:

$$S(x) = \begin{cases} S_0(x) & x \in [t_0, t_1] \\ S_1(x) & x \in [t_1, t_2] \\ \vdots & \vdots \\ S_{n-1}(x) & x \in [t_{n-1}, t_n] \end{cases}$$

Los polinomios  $S_{i-1}$  y  $S_i$  interpolan el mismo valor en el punto  $t_i$ , es decir, se cumple:

$$S_{i-1}(t_i) = y_i = S_i(t_i) \quad (1 \leq i \leq n-1)$$

Con esto se garantiza que es continua en todo el intervalo. Además, se supone que  $S'$  y  $S''$  son continuas, condición que se emplea en la deducción de una expresión para la función del *spline* cúbico.

Aplicando las condiciones de continuidad del *spline*  $S$  y de la primera y segunda derivada de  $S'$  y  $S''$  respectivamente, es posible encontrar la expresión analítica del *spline*. Una vez que se tienen los puntos para tabular, mediante la función *spline* cúbico se obtienen los puntos interpolados. En la figura 7 se muestra la gráfica en panel frontal del resultado de una función *spline* cúbico programada mediante los instrumentos virtuales de LabVIEW, donde los puntos en cruz representan los valores tabulados y los puntos continuos las interpolaciones de la función. De esta manera se genera una trayectoria en la que el robot simula su movimiento al seguir una interpolación puntos de intermedios.

### Análisis de resultados

Los resultados obtenidos del simulador son satisfactorios; se presenta un software para la enseñanza didáctica de la robótica en el que se aplica el modelo matemático del álgebra de cuaterniones para resolver el modelo cinemático directo. Lo anterior ha podido solucionarse aplicando el software de instrumentación LabVIEW

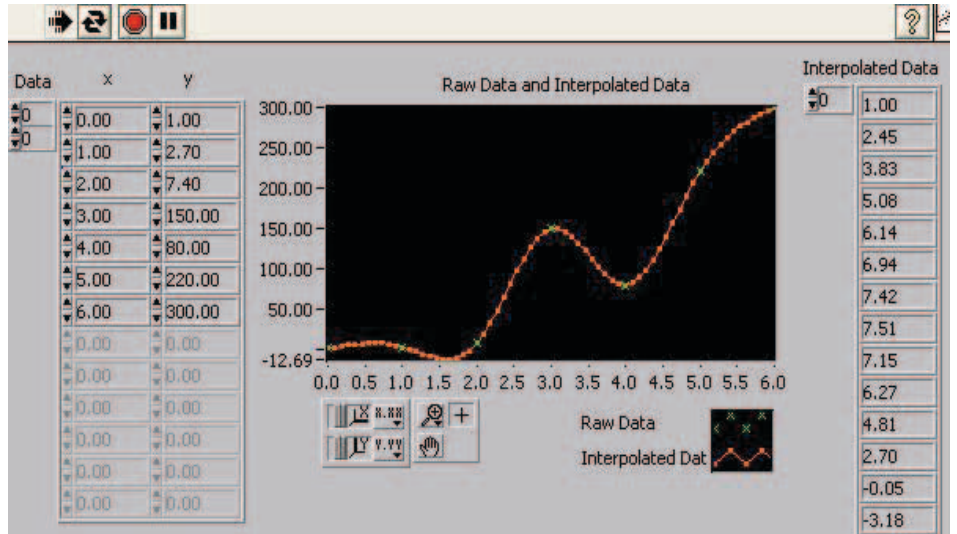


Figura 7. Gráfica de interpolación spline cúbico

integrando la paquetería de OpenGL para el desarrollo de gráficos en 3D. LabVIEW, por su entorno de programación orientado a objetos, facilitó la programación, ahorrando tiempo y esfuerzo. El objetivo de mostrar un software alternativo a los lenguajes tradicionales como lo son C++ o Visual Basic para generar simulación y modelación mostró una gran utilidad.

El software nos ofrece la ventaja de contar con un instrumento para facilitar la enseñanza de la robótica y sus áreas afines y deja abierta la posibilidad de generar nuevas líneas de investigación como la integración de la paquetería de OpenGL para el desarrollo de gráficos en 3D.

### Conclusiones

En este trabajo se ha presentado la integración de la librería OpenGL al software LabVIEW de National Instruments como una alternativa para el desarrollo de programas de modelación y simulación de gráficos en 3D. Se ha realizado una breve descripción de los objetivos buscados en el diseño del simulador de un robot de 6 gdl y su solución de cinemática directa. Se mostraron los detalles relevantes del uso del LabVIEW-OpenGL destacando como características principales:

- Programación orientada a objetos.
- Ahorro de tiempo y esfuerzo en el desarrollo de aplicaciones.

### Contacto:

Iván Oswaldo Luna Rodríguez,  
Profesor Investigador del  
Instituto Tecnológico Superior de  
Cajeme.  
iluna@itesca.edu.mx


Marco Fabricio Islas Sánchez  
Profesor de la Universidad Tecnológica  
de Hermosillo.



---

*Bibliografía*

- [1] Palomares, Juan, *Modelación cinemática del robot CRS A465 utilizando el álgebra de cuaterniones*, México, UNAM, Facultad de Estudios de Posgrado, trabajo de tesis, 2006.
- [2] Pelz, G., *Sistemas Mecatrónicos: modelo y simulación con HDLs*, Editorial Limusa Wiley, 2006.
- [3] Ollero Baturone, A., *Robótica. Manipuladores y robots móviles*, Editorial Marcombo, segunda edición, 2006.
- [4] Jacobo, Javier, *Desarrollo de un programa de simulación de un modelo cinemático de un robot articulado de 6 gdl CRS A465*, trabajo de tesis, UNAM, 2006.
- [5] Lázaro M., Fernández J., *LabVIEW 7.1. Programación gráfica para el control de instrumentación*, México, Paraninfo, primera edición, 2006.
- [6] Barrientos, Antonio, *Fundamentos de robótica*, España, McGraw Hill, segunda edición, 2007.
- [7] Cortés, José, *Curvas y superficies para modelado geométrico*, Editorial Rama, primera edición, 2007.



# Sistema de organización para líneas de ensamblado en ambiente justo a tiempo

**Keywords:**

GRASP, Optimal, Metaheuristic.

**Por: Samuel González López, Fernando Orduña Cabrera.**

**Abstract:**

*Mixed model assembly lines can be found today in many industrial environments. Based on the problematic of knowing the optimal sequence in which each lot in an assembly line is going to be produced, this research considers a design to simulate a meta heuristic algorithm to obtain the optimal sequence that takes into account the maximization of the production lines capacity as well as in the use of components and other programming criteria. The methodology considered along this situation of analysis was the GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedures). A heuristic that minimizes the time of programming and allows the assembly lines to be scheduled in a real time. Based on feasible data, the obtained results of such simulation allow concluding that the lines of production were working in an optimal sequence.*

## Introducción

En las plantas de producción flexible se trabaja con un sistema *pull* (Bard, 1992): producción recibe órdenes a través del departamento de mercadotecnia, lo que lleva a realizar una programación río arriba. Tomando en cuenta que el equilibrado de la línea (reparto de tareas en estaciones) se realiza sobre valores de carga promedio a partir de los tiempos de proceso de las tareas específicas de cada producto y la mezcla de producción, es razonable suponer que la forma de secuenciar los productos en el sistema productivo podrá generar sobrecargas y descargas indeseables, tomando como referencia el tiempo de ciclo en algunas estaciones de la línea.

Aparece entonces el concepto de secuencia óptima, uno de cuyos significados está ligado a cómo se debe ordenar el lanzamiento de los lotes de productos diferentes a la línea de forma que los tiempos requeridos para completar las tareas asignadas a cada estación se ajusten lo mejor posible al tiempo de ciclo.

Los procedimientos metaheurísticos son una clase de métodos aproximados que están diseñados para resolver problemas difíciles de optimización combinatoria en los que los heurísticos clásicos no son ni efectivos ni eficientes. Los metaheurísticos proporcionan un marco general para crear nuevos algoritmos híbridos (Osman y Nelly, 1995).

El propósito de este artículo es el de encontrar la secuencia óptima basándonos en el algoritmo metaheurístico GRASP (procedimientos de búsqueda miopes aleatorizados y adaptativos), y se organiza de la siguiente manera: en la sección 2 se retoman los conceptos principales de GRASP, en la sección 3 se revisa la formulación del problema a detalle, en

el capítulo 4 se presenta una tabla comparativa entre el algoritmo GRASP y su adaptación a la problemática, en el capítulo 5 se muestra el pseudocódigo del algoritmo generado, en el capítulo 6 se explica el funcionamiento del algoritmo y en el capítulo 7 se muestran los resultados obtenidos con la simulación del algoritmo utilizando datos factibles.

### Metodología GRASP

GRASP es un procedimiento iterativo en donde cada paso consiste en una fase de construcción y una de mejora. En la fase de construcción se aplica un procedimiento heurístico constructivo para obtener una buena solución inicial. Esta solución se mejora en la segunda fase mediante un algoritmo de búsqueda local. La mejor de todas las soluciones examinadas se guarda como resultado final.

### Funcionamiento del algoritmo Greedy o Voraz:

voraz (C: conjunto\_candidatos; var S: conjunto\_solución);  
 $S := \emptyset$ ; mientras ( $C \neq \emptyset$ ) y no solución (S) hacer  $x :=$  seleccionar (C); // x elemento de C  
 $C := C - \{x\}$ ; Si  $S \cup \{x\}$  es factible Entonces  $S = S \cup \{x\}$  insertar (S, x); fin mientras si no solución (S) entonces devolver "No se puede encontrar una solución".

### La problemática

El problema se presenta en las líneas de ensamble, donde la variedad de productos y los lotes pequeños prevalecen y además los *setup* son constantes. En el siguiente apartado se explica el objetivo y los criterios con los cuales se realizó el algoritmo.

### Descripción general

Las plantas de clase mundial que trabajan justo a tiempo produciendo a

	CLIENTE	FECHA DE ENTREGA
220 de A	Cliente 1	Martes
330 de B	Cliente 3	Jueves
550 de C	Cliente 1	Miércoles
1000 de A	Cliente 2	Lunes
2000 de B	Cliente 1	Jueves
..	..	..
N de X producto	Cliente N	X fecha (día/mes/año)

Tabla 1. Órdenes recibidas de los clientes

cierto *takttime*, calendarizan la secuencia en la que sus órdenes serán producidas según ciertos criterios de secuenciación. En la actualidad pocas plantas tienen desarrollados aplicaciones y muchas realizan la secuencia con base en la experiencia o por *feeling*. En ocasiones dicha programación de órdenes se ve afectada por los imprevistos que hacen que se tenga que volver a obtener la secuencia, y esto genera tiempo de retardo. En la Tabla 1 se expone la problemática.

De esta entrada de órdenes se espera una secuenciación óptima. Estos son los elementos necesarios para la secuenciación. Las N piezas comienzan desde 1 hasta n piezas donde  $0 < N < n$ . Cada pieza puede ser procesada en alguna de las líneas disponibles con diferente *takttime*. Las M máquinas comenzarán desde 1 hasta n máquinas.  $0 < M < n$ . Los I lotes comienzan desde 1 donde  $0 < I < n$ . Un lote consiste en productos de la misma variedad o modelo y tienen un tamaño definido. Las L líneas de ensamble comienzan desde 1 hasta n líneas.  $0 < L < n$ . Cada línea estará compuesta de n máquinas. Cada línea procesará de acuerdo a los productos que se le hayan configurado previamente.

Los productos se procesarán en una línea de acuerdo a la similitud de operaciones similares. Los componen-

tes serán usados de acuerdo a su disponibilidad y no todas las líneas usarán todos los componentes. Los C componentes pueden comenzar desde 1 hasta n componentes.

$0 < C < n$ . El *takttime* es la tasa de producción de cada uno de los productos; así pues este *takttime* dependerá de la demanda que se esté generando por parte de los clientes. El tiempo de proceso PTP será único para cada producto y representará el tiempo total de proceso para una pieza. Los turnos comenzarán desde un turno en adelante, tendrán un inicio y un fin.

### Criterios de secuenciación

Los criterios de secuenciación para escoger los lotes son: *fecha de entrega de las órdenes* (la política a suponer es "make to order"). Se asignará primero el lote que tenga mayor prioridad en la fecha de entrega.

Capacidad disponible de producción de n línea. Suficiencia de componentes para satisfacer las órdenes. La cantidad de lotes que se pueden secuenciar está planteada para una semana de producción. Esto no limita a programar varias semanas de producción. Los tiempos contemplados en el algoritmo son: *tiempo de preparación (setup)*. *Tiempo de cam-*

bio de herramientas (*change overs*). Tiempo de traslado de una estación a otra (*distancia entre máquinas si existiera*). No se toma en cuenta la capacidad del recurso de transporte, ya que el traslado de estación a estación será unitario y no por lotes. También se asume que el transporte siempre se encuentra disponible para trasladar de estación a estación. Todos estos tiempos se suman y resulta el tiempo total del proceso del producto. Las máquinas son parte de la línea de ensamble; para este caso en particular los tiempos de operación de las máquinas estarán incluidos en el tiempo total del proceso.

Los criterios tomados en cuenta para asignar el lote sobre la línea: pueden ser  $n$  líneas,  $n > 0$ . Las líneas podrán ser de la misma o diferente capacidad de producción. El algoritmo siempre buscará utilizar toda la capacidad de las líneas.

Las piezas que no se finalicen antes de la fecha de entrega establecida serán pasadas a una lista de espera o asignadas desplazando a las siguientes. Criterios para seleccionar los componentes (subensambles): se efectuará una consulta a materiales para saber si podemos en ese instante satisfacer el *takttime*. En caso negativo se producirá la cantidad de piezas que se puedan satisfacer de ese lote y las restantes pasarán a una nueva orden pendiente. El *takttime* definirá en gran parte la secuencia de los productos.

### Adaptación del algoritmo GRASP.

El algoritmo GRASP anteriormente descrito enfatiza su proceso en tres fases: fase constructiva, fase de mejora y fase de actualización.

También indica que en la fase de construcción los candidatos a formar parte de la solución factible óptima serán seleccionados aleatoriamente.

Se puede decir que es un algoritmo voraz porque va formando su solución factible del conjunto de candidatos y que a su vez este conjunto se va re-

Método GRASP	Método GRASP adaptado
Fase constructiva	
Lista restringida de los mejores candidatos. Seleccionar aleatoriamente elementos de la lista restringida.	Lista de todos los posibles lotes a pertenecer al conjunto de candidatos. La aleatoriedad es reemplazada por la prioridad que se le asigne a cada uno de los lotes con el objeto de diversificar y no repetir soluciones en dos construcciones diferentes.
Fase de mejora	
Realizar un proceso de búsqueda local a partir de la solución construida hasta que no se pueda mejorar más.	Del conjunto de candidatos genera la secuencia de lotes que mejor se acomode a los criterios de secuenciación. La secuencia que se obtiene es la mejor ya que fue formada seleccionando los mejores candidatos con base en los criterios. Difiere del GRASP original porque no se realiza un proceso de mejora repetitivo, sino que genera una secuencia con los mejores candidatos.
Actualización	
Si la solución obtenida mejora a la mejor almacenada, actualizarla.	La solución obtenida es factible, se puede mejorar en la medida que los factores sean modificados. Si la solución obtenida no satisface al programador de la producción, entonces tendrá la opción de generar una nueva secuencia realizando los cambios pertinentes en la entrada de los datos. Si la solución obtenida mejora a la anterior, actualizarla.

Tabla 2. Adaptación del método GRASP

duciendo conforme el proceso de secuenciación avanza.

En la Tabla 2 se muestra la comparativa entre el algoritmo GRASP y como se adaptó a la problemática de secuenciación.

### Pseudocódigo del algoritmo generado

Fase constructiva:

Solicitar datos de entrada (órdenes)

Entrada manual (capturar desde teclado)

Entrada semiautomática (archivo de Excel)

Almacenar (órdenes)

Asignar prioridad

Función prioridad (due\_date, personalizado)

Almacenar (órdenes)

Verificar I contra inventario

Consultar *takttime* (P)

Calcular total \_ producir (*takttime*)

Verificar total \_ producir contra materiales

Calcular disponibilidad\_materiales (total \_ producir)

IF disponibilidad = "ok" THEN 'ir a

paso 7' ELSE 'ir a paso 6'

Recalcular total \_ producir

Nuevo\_total\_producir = material \_ disponible

IF nuevo\_total\_producir = '0' THEN

Enviar lista \_ espera (I)

Finaliza I

Calcular PT

Tiempo \_ proceso = Total \_ producir\*PTP

Tiempo\_proceso = Nuevo\_Total\_producir\*PTP

Verificar capacidad de L

Verificar calendario de instantes (INICIO y FIN) de la  $n$  línea



```

IF (FIN < Fecha _ entrega) y (FIN <
Turno_fin) THEN
Asigna_sobre_línea ().
Actualizar calendario de instantes
(INICIO Y FIN)
Solución _óptima (l)
ELSE
Enviar lote a lista _ espera (l)
Finaliza l
IF (l = true) THEN
Ir al paso número 3
ELSE
Ir al paso 11

```

Etapa de mejora:

```

IF (Iniciar el proceso desde el
comienzo) THEN
Modifica_parámetros (fecha_entrega,
taktime, prioridad)
Ir al paso número 1
ELSE
Pasara a la etapa de actualización
Finaliza_proceso

```

Etapa de actualización

```

Almacenar nueva solución optima.
Almacenar_nueva_sol_optima ()
Finaliza_proceso

```

### Funcionamiento general del algoritmo

La secuenciación se realiza cuando se reciben las órdenes; si las órdenes llegan en una fecha fija el algoritmo será iniciado esa fecha, en caso de que las órdenes no tengan una fecha determinada el algoritmo puede ser ejecutado en cualquier momento ya que tiene la capacidad de reprogramar la producción y obtener de nueva cuenta la secuencia óptima; es ahí en donde entra el término tiempo real, que significa que las líneas pueden estar produciendo y en el momento que algún factor intervenga y detenga la producción parcial o total será necesario reprogramar la producción ejecutando el algoritmo con los nuevos parámetros.

El proceso de secuenciación comienza cuando se ingresan los lotes al sistema, ya sea de forma manual

o por medio de un archivo de Excel. Estos lotes forman parte de cada una de las órdenes que vamos a programar para un horizonte determinado de producción.

Se asigna prioridad a cada uno de los lotes; la prioridad puede ser asignada por fecha de entrega o personalizada. Se recibe el primer lote, se consulta el taktime de producción para ese producto, después se realiza una consulta con inventario para verificar la existencia de piezas terminadas de ese tipo de producto que satisfagan el lote, si hay piezas se actualiza el inventario y el tamaño del lote. Se verifica con materiales para saber si en ese instante se satisfacen los componentes que requiere el lote; si es así entonces se continúa el proceso, en caso contrario las piezas del lote que no sean satisfechas pasarán a una lista de espera de lotes pendientes y el resto continuarán el proceso. Se consulta el tiempo de proceso para ese producto, después se calcula el tiempo de proceso total de las piezas a producir.

Posteriormente se selecciona la línea de acuerdo a la configuración previa, se verifica la capacidad de las líneas de producción. Como se tiene un tiempo de inicio y de finalización para cada turno de producción, las

líneas no deberán sobrepasar el tiempo de finalización del turno. Si la línea tiene capacidad para procesar el lote entonces se asignará sobre la línea, en caso contrario el lote será enviado a la lista de espera. Después que se asigna el lote en la línea, este lote pasa a formar parte de la secuencia óptima. Si existen lotes por secuenciar comienza el algoritmo. Cuando se termina el ciclo de secuenciación, se ha alcanzado una secuencia óptima. Si se desea obtener otra secuencia óptima volvemos a cargar los lotes con criterios de secuenciación diferente.

### Estado inicial de las líneas de ensamble.

A continuación se presenta de manera general la forma en que se encontrarían los elementos de una línea de ensamble; en otras palabras, se trata de una foto instantánea al inicio de la secuenciación de una lista de lotes (una orden puede tener uno o más lotes), las órdenes son recibidas tal y como se muestra en la tabla 1. El objetivo será distribuir cada de uno de los lotes sobre las  $n$  líneas de tal forma que se aprovechen ciertos criterios

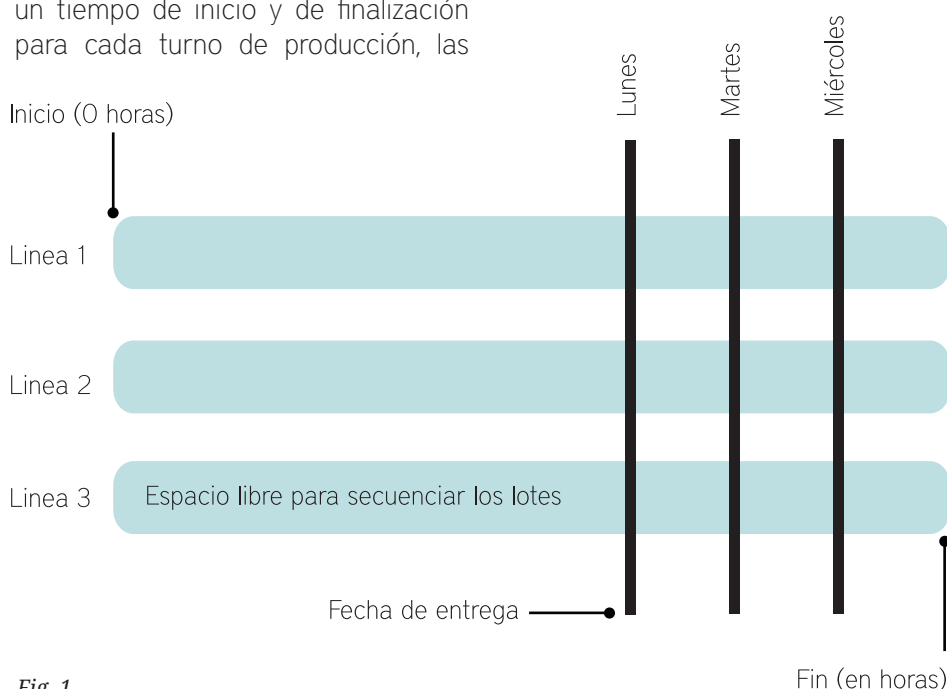


Fig. 1.  
Estado inicial de las líneas de ensamble

que den como resultado la secuencia óptima. Cada lote tendrá un instante de inicio y un instante de finalización con respecto al horizonte de programación y a la fecha de entrega. En la figura 1 se aprecia el inicio de la secuenciación.

El algoritmo generado realizará las operaciones y los cálculos con parámetros definidos previamente al inicio de la simulación, y arrojará la secuencia en la que se producirán los lotes. En la figura 2 se presenta el área de ensamble al finalizar la secuenciación. Los cuadros etiquetados con letras representan a los lotes y al tipo de producto asignado a la línea y el color hace referencia a un producto. Así, en la línea número uno tenemos tres tipos de productos asignados, cada lote puede pertenecer a la misma orden o a diferentes órdenes. La cantidad de piezas asignadas en la línea corresponde al takttime del producto, es por eso que el lote A conforma el *takttime*.

**Simulación del algoritmo**

El algoritmo fue codificado con el lenguaje de programación c++. El siguiente ejemplo presenta la forma en que el algoritmo procesó los lotes y los resultados obtenidos; la cantidad de lotes que se visualiza en este ejemplo es parte de una simulación de 44 órdenes. En la Tabla 3 se muestran los datos factibles de entrada; estos datos se generaron con base en datos reales obtenidos de una planta maquiladora; con estos datos se realizó la simulación del algoritmo.

La simulación se efectuó considerando los siguientes parámetros:

- Productos: 3
- Productos n = Nombre, *takttime*, PTP (horas)
- Producto 1= Bicicleta, 12, 0.02
- Producto 2= Rueda, 13, 0.24
- Producto 3= Asiento, 15, 0.25

Componentes que requiere cada producto:

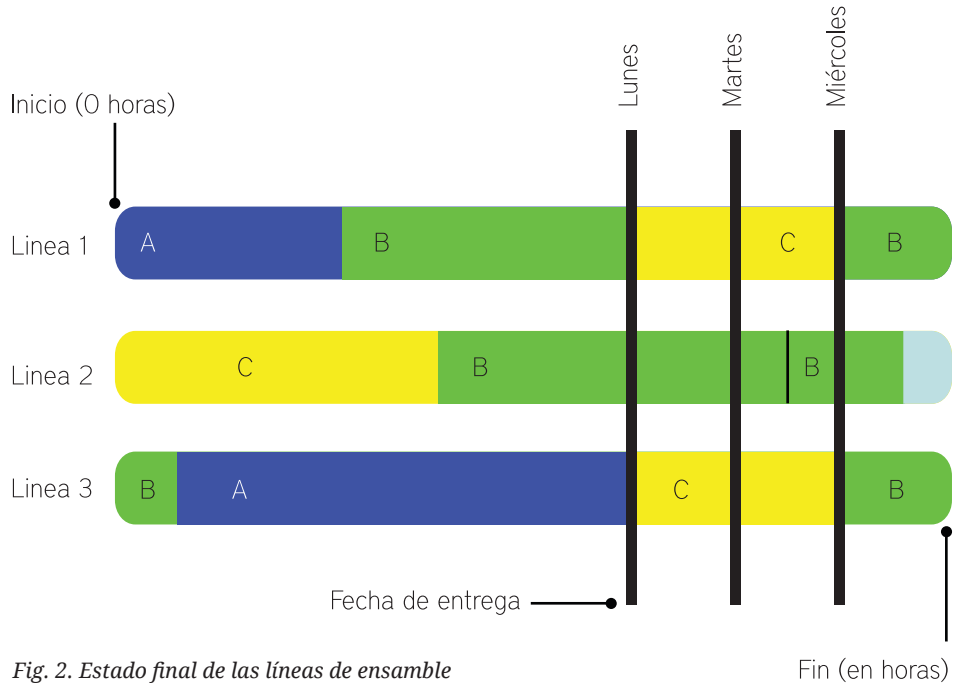


Fig. 2. Estado final de las líneas de ensamble

ÓRDENES A PROGRAMAR					
LOTES	ID_ORDEN	ID_CLIENTE	PRODUCTO	CANTIDAD	FECHA ENTREGA
1	1	1	1	150	12/12/2005
2	1	1	2	100	12/13/2005
3	1	1	3	200	12/14/2005
4	2	2	1	100	12/15/2005
5	2	2	2	180	12/13/2005
6	3	2	2	120	12/14/2005
7	4	2	1	100	12/15/2005
8	5	2	2	200	12/16/2005
9	6	2	3	100	12/17/2005
10	7	2	3	110	12/18/2005
11	8	2	2	100	12/19/2005

Tabla 3. Datos Factibles

- Producto n = (componente 1, cantidad), (componente 2, cantidad)
- Producto 1= (componente 1, 1), (componente 2, 2)
- Producto 2= (componente 1, 2), (componente 4, 2)

- Producto 3= (componente 3, 1)
- Líneas: 3
- A cada línea se le asigna previamente la configuración de los productos a ensamblar de acuerdo a

REPORTE POR LÍNEA

LOTES	ORDEN	PRODUCTO	CANTIDAD	INICIO	FI	TURNO	FECHA TURNO
1	1	1	12	6	8.40	1	2/19/2005
1	1	2	13	8.4	11.52	1	2/19/2006
1	1	3	15	11.52	15.27	1	2/19/2007
1	1	1	12	15.27	17.67	1	2/19/2008
1	1	2	13	17.67	20.79	1	2/19/2009
1	15	2	13	20.79	9.12	2	2/20/2005
1	15	2	13	9.12	12.24	2	2/20/2006
1	15	2	13	12.24	15.36	2	2/20/2007
1	15	2	11	15.36	18.00	2	2/20/2008
1	15	2	13	6	9.12	3	2/21/2005
1	15	2	13	9.12	12.24	3	2/21/2005

*Tabla 4. Secuencia óptima*

la familia a la que pertenezcan.  
 Línea 1: Producto 1, producto 2,  
 producto 3  
 Línea 2: producto 4  
 Línea 3: No tiene productos  
 asignados.

Componentes:

Componente 1, Componente 2,  
 Componente 3, Componente 4.

Inicio del día de trabajo: 6:00 horas

Día de trabajo: 12 horas

Número de turnos: 5 turnos de 12  
 horas c/u

Tamaño de los turnos: 12 horas

Verificar con inventario: activado

Procesar con base en los porcentajes  
 de la demanda: activado

Fechas vencidas: activado

Fecha de inicio: 2/19/2004

Fecha de terminación: 2/19/2004

Con estos parámetros definidos se  
 simuló el algoritmo y se obtuvieron  
 los siguientes resultados que presenta  
 la tabla 4.

### Conclusiones

Es importante recalcar que los  
 resultados generados por el algoritmo  
 están enfocados a producciones mixtas  
 en un entorno justo a tiempo. Basados  
 en los resultados de las réplicas  
 generadas por la simulación del  
 algoritmo, se concluye que el  
 algoritmo genera la secuencia  
 óptima buscando minimizando el  
 tiempo de secuenciación permitiendo  
 la reprogramación en cualquier  
 momento del horizonte de producción,  
 haciendo los ajustes pertinentes  
 a los parámetros de entrada.  
 Además proporciona una visión del  
 cumplimiento de las órdenes.

Haciendo una comparación entre la  
 programación de la producción que se  
 lleva a cabo manualmente y la que se  
 plantea en este trabajo, se encuentran  
 los siguientes beneficios.

De forma manual el programador  
 no puede saber con exactitud si los  
 lotes serán cumplidos en su totalidad  
 o parcialmente. Con el algoritmo

desarrollado se puede conocer de  
 manera más precisa cómo serán  
 secuenciados los lotes, el tiempo que  
 se tomará el lote en ser procesado,  
 así como si habrá suficiencia de  
 materiales. De la manera manual será  
 muy importante que el programador  
 tenga una amplia experiencia; con el  
 algoritmo generado el programador no  
 necesita ser un experto (pero sí tener  
 conocimiento) para la secuenciación  
 de la producción.

Con respecto a los materiales que  
 requiere cada producto, el algoritmo  
 de secuenciación advertirá en su  
 momento la falta de componentes y  
 enviará a una lista de espera los lotes.  
 También se conocerá con exactitud la  
 cantidad necesaria de componentes  
 para cada uno de ellos.

De forma manual no se puede saber  
 si las líneas de ensamble estarán  
 utilizando toda su capacidad; de  
 igual manera no se podrá estimar si  
 todas las órdenes serán cumplidas en

la fecha de entrega. En cambio, con el algoritmo generado se conoce la capacidad a la cual las líneas están trabajando y se tiene un panorama del cumplimiento de las órdenes. El algoritmo presentado en este trabajo incorporó los fundamentos del algoritmo GRASP, adaptado a las condiciones de la problemática que este trabajo planteó.

---

### Contacto:

Samuel González López,  
Departamento de Ingeniería  
Industrial, Universidad de la Sierra.  
sgonzalez@universidaddelasierra.edu.  
mx

Fernando Orduña Cabrera,  
Profesor Investigador del Instituto  
Tecnológico Superior de Cajeme

---

### Bibliografía

*Bukchina Joseph, Ezey M. Dar-Elb, Jacob Rubinovitz, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Tel-Aviv University, Tel-Aviv 69978, Israel. Faculty of Industrial*

*Engineering and Management, Technion -Institute of Technology, Haifa 32000, Israel Accepted August 2001.*


*Joaquín Bautista, Raúl Suárez, Manuel Mateo Amaia Lusa, Instituto de Organización y Control de Sistemas Cataluña – Av. Diagonal 647, planta 11, 08028, Barcelona {bautista, suarez, mateo, lusa}@ioc.ipc.es.*

*Luh, P.B., Gou, L., Zhang, Y., Nagahora, T., Tsuji, M., Yoneda, K., Hasegawa, T., Kyoya, Y. and Kano, T. (1998) Job Shop Scheduling with Group-dependent Setups, Finite Buffers, and Long Time Horizon, Annals of Operations Research, 76, 233-259.*

*Miltenburg, G.J. (1989), Level Schedules for Mixed-Model Assembly Lines in Just-In-Time, "Production Optimization, System Management" Science, 35(2),192-207*

*T.A. Feo y M.G.C. Resende, Greedy Randomized Adaptive Search Procedures, journal of Global Optimization, 6:109–133, 1995.*





# Cálculo de un panel fotovoltaico para encender una lámpara piloto en la región de Cd. Obregón, Sonora

*Por: José L. Salazar Huerta, Gabriel Núñez román y Rafael León Velásquez.*

## *Resumen:*

*La energía solar llega en abundancia a la Tierra en forma de radiación electromagnética formada por luz y calor. Pero, así como es de vasta dicha energía, por la forma dispersa como llega a la superficie terrestre es difícil de recolectar, procesar y almacenar. [1]. Por otra parte, en la actualidad existe un mal uso de la energía eléctrica y cada vez el consumo es mayor, existiendo solamente formas de abastecimiento con recursos no renovables. Todo esto ocasiona un deterioro en el medio ambiente, obligándonos a utilizar otros medios para generar energía eléctrica aprovechando recursos renovables como el sol, el aire, las olas, la biomasa, etcétera. En relación con la energía solar como una fuente de energía alternativa existe la manera de explotarla*

*con métodos artificiales que, por razones de tecnología o económicas, aún no han sido aprovechados por el hombre. Debido a la cantidad de insolación por día, sobre todo en verano, nace la inquietud de calcular un panel fotovoltaico capaz de brindar la cantidad de energía suficiente para encender una carga nocturna en esta región.*

*Describimos este proyecto con un estudio técnico partiendo desde la selección de la carga, el análisis de los datos climatológicos de la región, el cálculo del panel fotovoltaico y una estimación de las pérdidas del sistema. Con lo resultados obtenidos se trata de contribuir al empleo de energía renovable en su modalidad de energía fotovoltaica para aplicaciones domésticas.*

## **I**ntroucción

El conocimiento que se tiene de la energía solar en nuestro país indica que más de la mitad del territorio nacional presenta una densidad promedio energética de 5 kwh/m<sup>2</sup> al día. La energía solar como recurso energético está constituida simplemente por la porción de la luz emitida del sol y que es interceptada por la tierra. Como ya se dijo, México es un país con alta incidencia de energía solar en gran parte de su territorio y la zona norte es de las más soleadas del mundo.[2]

La forma de experimentar el uso de la energía solar es:

- Directa
- Térmica
- Fotovoltaica

Para poder entender los fenómenos de captación de energía solar es necesario saber que la potencia de la radiación solar que se recibe en un instante dado y en una superficie determinada se reconoce como irradiancia, y se expresa en unidades de watt sobre metro cuadrado: W/m<sup>2</sup>. Por otra parte, la palabra "fotovoltaico" está formada por la combinación de dos palabras: "foto", que significa luz, y "voltaico", que significa eléctrico. El proceso fotovoltaico consiste entonces en la transformación directa de energía luminosa en energía eléctrica. El fenómeno fotovoltaico se puede describir cuando la luz incide sobre un semiconductor y el bombardeo de los fotones libera electrones de ciertos átomos creando dos cargas libres, una positiva y la otra negativa. Bajo este principio se creó la celda fotovoltaica con base en materiales semiconductores de unión P-N.

El fenómeno genera un voltaje de corriente continua capaz de producir una potencia eléctrica de salida medida en mili watts.[4]. Como una

celda solar por sí sola no es capaz de producir potencia para aplicaciones convencionales, fue necesario crear el panel fotovoltaico, el cual no es más que un arreglo de varias celdas fotovoltaicas (por lo general de 18 a 72) conectadas en serie o en paralelo, dispuestas en una superficie rectangular enmarcada en aluminio y en una estructura tipo sándwich donde las celdas quedan protegidas en la parte superior por capas plásticas y en la parte inferior con material opaco-resistente.

En estas condiciones la potencia de salida de un panel fotovoltaico va desde unos cuantos watts hasta cientos de watts (véase la figura 1).

## Desarrollo

### Proceso de selección del panel fotovoltaico:

1. Selección de la carga. Consiste en la determinación de las características y el valor de la carga eléctrica. Se recomienda contemplar el peor caso.
2. Análisis de los datos de la región. Con la finalidad de tener una mejor selección del panel solar.
3. Cálculo del panel fotovoltaico. Para elegir el panel fotovoltaico, se deben considerar los parámetros más importantes : voltaje a circuito abierto, potencia, temperatura, etc.
4. Estimación de las pérdidas.
  - 4.1 Pérdidas diversas.
  - 4.2 Cálculo de la batería. [3]

## Selección del panel fotovoltaico

### Datos de la carga eléctrica.

Uso diario nocturno todo el año.

1. Luz fluorescente (12 Vcd / 32 W).  
Uso: 11 hrs. / día en invierno y 9 hrs. / día en verano. La carga representa una luz fluorescente en un pasillo o andador peatonal.

Para la energía requerida por la carga se lleva a cabo un procedimiento que consiste en reducir los valores de consumo de potencia y las estimaciones de tiempo de uso para la misma

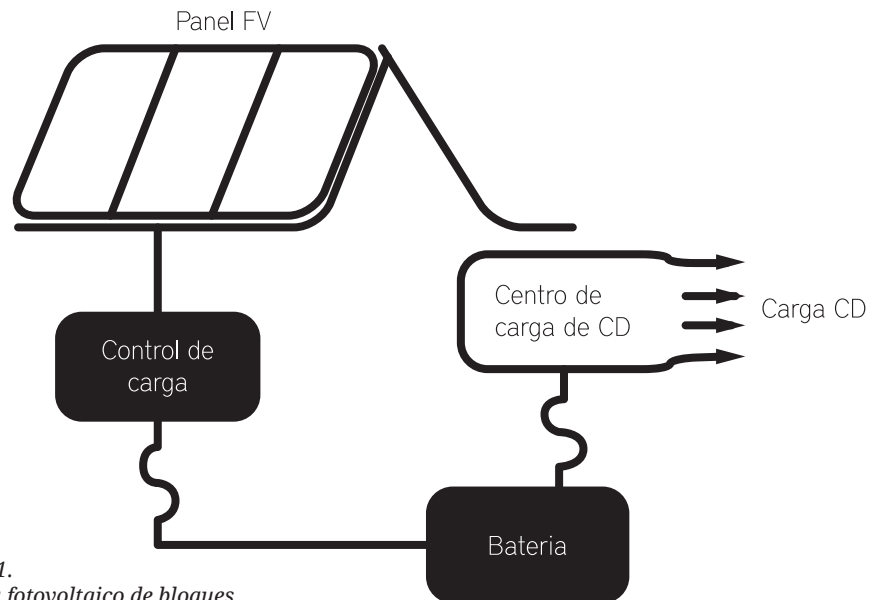


Figura 1. Sistema fotovoltaico de bloques

Operación de la carga	Consumo en invierno
32 W x 11 hrs.	352 Wh / día
Operación de la carga	Consumo en verano
32 W x 9 hr.	288 Wh / día

Tala 1. Datos de la carga

a un valor energético dado en watts horas por día (Wh / día), como en una especie de normalización.

Se observa que el caso más desfavorable es el consumo invernal, debido a que la carga dura más tiempo encendida.

Por fortuna, tal caso se compensa porque en el verano como la temperatura de trabajo del panel es más alta, se ve afectada la potencia de salida. Es decir, en el verano se consume

menos potencia pero también se produce menos.

### Datos de la región

Según el Departamento de Meteorología de la Comisión Nacional del Agua (CNA), con datos de la estación meteorológica ubicada al sur de la ciudad y haciendo referencia a las mediciones realizadas en los años 2003 y 2004, se tiene para la región de Cd. Obregón la siguiente tabla que

Tabla 2. Datos de la locación

	TEMPERATURA °C Máx / Min	VIENTO m / s
Verano	38.8 / 24.5	3.3
Invierno	25.6 / 8	5.1
	INSOLACIÓN Wh / m <sup>2</sup>	HUMEDAD relativa %
Verano	8.93	62
Invierno	5.0	70.5

contiene los valores promedio anuales de los parámetros más importantes para el desarrollo del proyecto:

Los valores de insolación corresponden a la inclinación óptima en ambas estaciones. Se recomienda usar un soporte ajustable que será variado dos veces al año (verano e invierno). Cabe señalar que, como estamos al norte del Ecuador, los paneles deberán orientarse hacia el sur.

## 2 Cálculos para el panel

### fotovoltaico

#### Potencia de salida estacional

Verano

La temperatura máxima de trabajo se calcula de la siguiente manera:

$$T_t = T_a + KR \quad (1)$$

Donde :

$T_t$ : Es la temperatura máxima en verano

$R$ : irradiación solar = 100 MW / cm<sup>2</sup>

$K$ : Coeficiente que depende de la velocidad del viento = 0.4 cm<sup>2</sup> / MW

$T_a$ : máxima temperatura ambiente = 38.8° C

Sustituyendo los datos en la ecuación (1) se tiene:

$$T_t = 38.8^\circ \text{C} + (0.4^\circ \text{C} \cdot \text{cm}^2 / \text{MW}) (100 \text{ MW} / \text{cm}^2) = 38.8^\circ \text{C} + 40^\circ \text{C} = 78.8^\circ \text{C}$$

De la operación anterior obtenemos la temperatura en exceso:

Temperatura ambiente nominal = 25° C

$$\text{Temperatura exceso} = 78.8^\circ \text{C} - 25^\circ \text{C} = 53.8^\circ \text{C}$$

Por otra parte, la potencia de salida se calcula así:

$$P_t = P_p - (P_p \times \sigma \times T) \quad (2)$$

Donde:

$P_t$ : Potencia total,

$P_p$ : Potencia de salida pico mínima deseable

$\sigma$ : factor de deterioro = 0.6%/ ° C sobre 25° C,

$\Delta T$ : Temperatura en exceso = 53.8° C  
Sustituyendo los datos en la ecuación (2) se tiene:

$$P_t = 90 \text{ W} - (90 \text{ W} \times 0.6\% / ^\circ \text{C} \times 53.8^\circ \text{C})$$

$$P_t = 60.95 \text{ W}$$

Invierno

Para calcular la potencia total en invierno se usan las ecuaciones (1) y (2), sólo que se utilizan los valores de la temporada invernal, tales como:

$T_t$ : Es la temperatura máxima en invierno

$R$ : irradiación solar = 80 MW / cm<sup>2</sup>

$K$ : Coeficiente que depende de la velocidad del viento = 0.2 cm<sup>2</sup> / MW

$T_a$ : máxima temperatura ambiente = 25.6° C

Sustituyendo los datos en la ecuación (1) se tiene:

$$T_t = 25.6^\circ \text{C} + (0.2^\circ \text{C} \cdot \text{cm}^2 / \text{MW}) (80 \text{ MW} / \text{cm}^2) = 25.6^\circ \text{C} + 16^\circ \text{C} = 41.6^\circ \text{C}$$

De la operación anterior obtenemos la temperatura en exceso:

Temperatura ambiente nominal = 25° C

$$\text{Temperatura exceso} = 41.6^\circ \text{C} - 25^\circ \text{C} = 16.6^\circ \text{C}$$

Para el cálculo de la potencia de salida al igual que en la época de verano se utiliza la ecuación (2), sólo que ahora la temperatura en exceso ( $T$ ) es de 16.6° C.

Calculando dicha potencia se tiene:

$$P_t = 90 \text{ W} - (90 \text{ W} \times 0.6\% / ^\circ \text{C} \times 16.6^\circ \text{C})$$

$$P_t = 81.05 \text{ W}$$

### Estimación de pérdidas

Hasta ahora hemos calculado la potencia generada por el panel en ambas estaciones pero sin considerar ningún tipo de pérdida. La energía ya convertida en CD se debe conducir hacia su almacenaje y después se

deberá conducir hacia la carga. Estas dos operaciones, aunadas a una etapa de control, generarán cierto tipo de pérdidas, las cuales deberán ser consideradas. Las pérdidas de energía anticipadas en el sistema son:

- Cableado
- Control de carga
- Baterías

Se asume que por los dos primeros puntos las pérdidas representan un 2% del total a generar (eficiencia: 98%). Para dicha eficiencia se recomienda usar cable calibre 12 para exteriores e interiores y que no exceda más de 10 metros desde el colector solar hasta el banco de baterías.

### Eficiencia total del sistema

Las pérdidas por el uso de baterías Pb-ácido dependen de la temperatura. Se desea una capacidad de acumulación del 100% y la eficiencia de carga del 90%.

Por lo tanto, la eficiencia total del sistema es  $0.98 \times 0.90 = 0.882$ .

La energía mínima que deberá generarse en cada estación será entonces:

Verano

$$(288 \text{ Wh} / \text{día}) / (0.882) = 326.53 \text{ Wh} / \text{día.}$$

Invierno

$$(352 \text{ Wh} / \text{día}) / (0.882) = 399.1 \text{ Wh} / \text{día.}$$

Un solo panel genera en:

Verano

$$60.95 \text{ W} \times 8.93 = 544.28 \text{ Wh} / \text{día.}$$

Invierno

$$81.05 \text{ W} \times 5 = 405.25 \text{ Wh} / \text{día.}$$

Por lo tanto, un panel marca Siemens modelo SR-100 es suficiente para generar la potencia demandada por la lámpara. Los datos proporcionados por el fabricante se pueden apreciar en la tabla 3.

Marca	Siemens
Modelo	SR-100
Configuración	12V
Celdas en serie	36
Potencia máxima de salida	100 W
Potencia mínima de salida	90 W
Voltaje de circuito abierto	22 V
Corriente de corto circuito	6.3 A
Voltaje con carga	17.7 V
Corriente en la carga	5.6 A
Tipo de celda	Monocrystalina
Máximo VOC	600 V
Largo	59 pulgadas
Ancho	23.4 pulgadas
Peso	24 libras
Marco	1.56 pulgadas
Diodos de paso	Sí
Factor de deterioro	0.6% / ° C sobre 25° C

*Tabla 3. Datos del panel propuesto*

Cabe mencionar que la figura 1 muestra un sistema fotovoltaico completo, pero en este estudio sólo se hizo un análisis técnico para determinar las características del panel. En futuros estudios se abordará la selección de la batería, el calibre del cable, la parte de control y las protecciones. También en futuros estudios se contempla hacer un análisis de factibilidad (técnico-económico), para determinar el costo de inversión y proyectar su recuperación en un plazo dado.

### Conclusiones

Para la carga específica que hemos contemplado un panel fotovoltaico es

suficiente y, con sus debidas restricciones, se puede observar cómo el uso de energía renovable es una opción viable para la producción de energía eléctrica en los próximos años. En particular en nuestra región puede considerarse una forma de obtener energía alternativa debido a la cantidad de irradiación que se tiene a lo largo del año. Aunque ni económica ni tecnológicamente se está capacitado para su uso, no deja de ser un sistema de desarrollo sostenible capaz de ir desplazando poco a poco a las energías fósiles.

### Contacto:

José L. Salazar Huerta.  
Departamento de Ingeniería  
Electrónica, Instituto Tecnológico  
Superior de Cajeme.  
jsalazar@itesca.edu.mx.

Gabriel Núñez Román.  
Departamento de Ing. Eléctrica,  
Instituto Tecnológico de Sonora.

Rafael León Velásquez,  
Departamento de Ing. Eléctrica,  
Instituto Tecnológico de Sonora.



---


*Bibliografía*

[1] CONAE, documento web, 2004,  
<http://www.conae.gob.mx>

[2] Sandia National Laboratories,  
documento web, 2004, <http://www.sandia.gov/>

[3] Asociación Danesa de la  
Industria Eólica,  
documento web, 2003,  
<http://www.windpower.org/es/tour/>

[4] Markvart, Thomas, (1994) *Solar  
Electricity*, Inglaterra,  
John Wiley & Sons.



## *Producción de madera en una plantación de Mezquite (*Prosopis spp*) en el sur de Sonora, México*

### *Summary*

*In Sonora the mesquite species have been exploited as a provider of firewood and charcoal, but today it is being used for the production of fine crafts and furniture. The present work was developed in a experimental field of the Instituto Tecnológico de Sonora called Block 1517 "Zonas Marginadas", located on 27° 14' 53" N 110° 11' 28" W. There are in the field 11 year old mesquite trees, with 152 mesquites in a hectare; the field was divided in study units and the estimation of hardwood production was calculated using the Smalian method.*

*The dasometric measures fluctuated from 11.40 ± 4.37 m<sup>2</sup> to 38.79 ± 4.88 m<sup>2</sup>; the heights from 2.31 ± 4.69 m to 15.00 m; the height average of the mesquites was of 5.30 m; the basal perimeter was from 1.98 ± 0.33 m to 0.41 ± 0.33 m The hardwood production average was of 1.083 ± 0.88 m<sup>3</sup>/tree, to 0.122 ± 0.065 m<sup>3</sup>/tree; the hardwood production could be profitable by means of a sustainable development.*

*Por: Martín Villa Ibarra, Ignacio Ruiz Hernández, Lazaro Félix Armendáriz y Carmen Molina Maldonado*

### *Resumen*

En Sonora las especies de mezquite han sido explotadas principalmente como proveedoras de leña y carbón. Actualmente se ha diversificado el uso de su madera, cuyas características la hacen muy apreciada en el mercado nacional e internacional para la fabricación de muebles y artesanías. El presente trabajo se realizó en el Campo Experimental 1517 "Zonas Marginadas" del Instituto Tecnológico de Sonora, que se localiza en los 27° 14' 53" de latitud norte y 110° 11' 28" de longitud oeste, y donde hay una plantación de mezquite con 11 años de antigüedad. Los árboles se encuentran equidistantes a 8 m con un total de 152

mezquites en una hectárea; se dividió el área de estudio en 4 cuadrantes donde se seleccionaron 5 unidades de muestreo; se tomó la dasometría de cada unidad de estudio y se utilizó el método de Smalian para la estimación de los volúmenes. Las coberturas van desde los 11.40 ± 4.37 m<sup>2</sup> en el cuadrante A, hasta la mayor de 38.79 ± 4.88 m<sup>2</sup> en el cuadrante D; las alturas van desde 2.31 ± 4.69 m en el cuadrante A hasta la mayor altura que fue de 15.00 m en el mismo cuadrante; la altura promedio en los mezquites es de 5.30 m. El perímetro medido en la base de los mezquites varía desde 1.98 ± 0.33 m en el segundo cuadrante hasta los 0.41 ± 0.33 m.

La mayor producción se determinó en el cuadrante A con un promedio de 1.083 ± 0.88 m<sup>3</sup>/árbol, la menor producción se observó en el cuadrante C con un promedio de 0.122 ± 0.065 m<sup>3</sup>/árbol; el total del volumen en los árboles muestreados de todos los cuadrantes fue de 15.882 m<sup>3</sup>, con un promedio de 0.794 m<sup>3</sup>/árbol, con una desviación estándar de 0.713. La producción de esta plantación puede

ser aprovechada mediante un esquema de sustentabilidad de este recurso.

## Introducción

En Sonora las especies de mezquite han sido explotadas principalmente como proveedoras de leña y carbón. La vaina y la semilla se usan para la alimentación animal, y en algunas partes para la alimentación humana, y la goma o chúcata es utilizada para la fabricación de pegamento. Actualmente se ha diversificado el uso de la madera de mezquite, cuyas características la hacen muy apreciada en el mercado nacional e internacional para la fabricación de muebles, artesanías e incluso duela para pisos.

En las áreas de matorral el mezquite es una especie muy importante, pues bajo su copa se produce una acumulación de materia orgánica y suelo fértil donde se desarrollan plantas conocidas comúnmente como: garambullo, chiltepín, chicura, bachata, vinorama, jécota, batamote, estafiate, rama blanca, brea, sangregado, guayacán, pitahaya, sitiporo, uña de gato, numerosas cactáceas (tasajo, choya, nopal, sina y otras) y gramíneas (grama china, aceitilla, buffel, liebrero, setarias y punta blanca, entre otras).

Felker (1979) y Clavijero (1964) mencionan que el mezquite, así como otras especies de zonas áridas, representan una fuente importante de alimento, material para construcciones rurales, medicamentos y forraje para los indígenas de estas zonas.

En Sonora, Molina y Armendáriz (1989) realizaron un estudio para conocer el uso del mezquite en la tribu yaqui, y encontraron que el principal producto que se obtiene de él es el carbón vegetal, aunque los yaquis también aprovechan el fruto y la goma como golosina. En cada casa tienen una cruz de madera que representa su fortaleza espiritual, precisamente por la dureza de la madera.

Deans *et al.* (2003) evaluaron la producción de biomasa, sobrevivencia,

utilización de nutrientes y fertilidad del suelo durante 10 años con especies del género *Acacia* y *Prosopis*, y encontraron que *P. juliflora* era la que producía mayor biomasa, demostrando así un gran potencial como árbol de usos múltiples. Por otro lado *P. cinereae* mostró mayor fertilidad bajo la sombra. El género *Prosopis* produce una de las maderas con mayor peso específico, lo que la hace muy apreciada. Argentina actualmente produce alrededor de 100,000 toneladas que son cosechadas anualmente de poblaciones silvestres de *P. alba*, por lo que Felker y Guevara (2003) proponen que se realicen plantaciones de esta especie, ya que esta demanda está acabando rápidamente con las poblaciones naturales. En el sureste de los Estados Unidos la demanda de muebles finos se ha incrementado en los últimos años, y el precio de la madera es de alrededor de 1,600 dólares estadounidenses por metro cúbico. Entre 1878 y 1907 la producción de mezquite en nuestro país estuvo entre las 9 especies productoras de madera oscilando entre los 147,992 m<sup>3</sup> en 1897 hasta los 308,767 m<sup>3</sup> en 1907, con un promedio de 195,482 m<sup>3</sup> (El Colegio de México, 1960). Duke (1983) señala que la producción de madera de mezquite con un manejo de 15 años es de 75 a 100 ton/ha; en 10 años se esperaría una producción de 50 a 60 ton/ha. Meza Sánchez y Osuna Leal (2003), en su estudio de dasimetría del mezquite en Baja California Sur, encontraron plantas con altura promedio de 4.43 ± 0.23 m; las coberturas que reportan para esa población son de 24.67 ± 2.81 m<sup>2</sup>, los diámetros basales determinados fueron de 21.1 ± 1.93 cm. y los volúmenes de madera en pie que se estimaron fueron de 67.5 ± 12.6 dm<sup>3</sup>/Ind.

El Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) cuenta con un campo experimental en el Block 1517 "Zonas Marginadas", que se encuentra fuera del distrito de riego y cuyos suelos son salinos por su cercanía con la zona

costera, por lo que Javalera y Ruiz (2000) han realizado diversos experimentos encaminados a la recuperación de los suelos. En 1994 se sembró una hectárea con 152 árboles de mezquite para el mismo fin; en el presente estudio se evaluó la producción de madera con el objetivo de mostrar una alternativa viable para los productores del Valle del Yaqui, quienes han sufrido los efectos de la devaluación de los productos que tradicionalmente se han cultivado en el Valle del Yaqui. El presente trabajo forma parte de una evaluación integral del mezquite con el fin de presentar una opción para la protección de la especie y su aprovechamiento bajo un esquema de sustentabilidad.

## Materiales y métodos

El presente trabajo fue realizado en las instalaciones del campo experimental "Zonas Marginadas" del ITSON que se encuentra en el Block 1517 del Valle del Yaqui en el Municipio de San Ignacio Río Muerto, Sonora, localizado en los 27° 14' 53" de latitud Norte y 110° 11' 28" de longitud Oeste, donde se encuentra ubicada una hectárea sembrada con mezquites (*Prosopis spp*) equidistante a 8 m con un total de 152 unidades; el predio de estudio se dividió en cuatro cuadrantes con 30 árboles cada uno; no se tomaron en cuenta las hileras del perímetro de los cuadrantes y en cada cuadrante se seleccionaron al azar 5 árboles. Para la toma de las medidas dasométricas de las unidades de muestreo se utilizó una cinta diamétrica de 10 m marca Qualitäts-bandmaß, con la que se tomaron los perímetros de los troncos desde la base del tronco hasta la altura de inicio de las ramificaciones; para determinar la cobertura se midió directamente el diámetro de la sombra de cada árbol; la altura del árbol se realizó utilizando un clinómetro marca SUUNTO modelo PM-5/360 PC. Para determinar los volúmenes de madera se realizó una cubicación de

las ramas desde la base hasta las ramas con un perímetro  $\geq 0.10$  m; se utilizó el método de Smalian para el cálculo de los volúmenes; los datos se analizaron calculando estadísticas básicas como máximos, mínimos, promedios y desviación estándar.

### Resultados y discusión

Los resultados de la dasometría de los mezquites del área de estudio se muestran en la tabla 1, donde se puede observar que el árbol con mayor altura se encontró en el cuadrante A con 15.0 4.69 m y el árbol más bajo se encuentra en el mismo cuadrante con 2.31 0.737 m. Meza Sánchez y Osuna Leal (2003), en su estudio realizado en poblaciones silvestres en Baja California, encontraron alturas promedio de 4.43 m; en nuestro estudio los promedios para este parámetro oscilan entre 4.06 m en el cuadrante D hasta 7.37 m en el cuadrante A; las coberturas determinadas por los mismos autores son de 24.67 2.81 m<sup>2</sup>, similar al presente estudio donde se determinaron coberturas mayores, variando desde 11.40 4.37 m<sup>2</sup> la menor hasta 38.79 4.88 m<sup>2</sup>. Podemos notar que la variación es ligeramente superior que la reportada por Meza Sánchez y Osuna Leal (*op cit*). En la plantación de mezquite estudiada se determinaron volúmenes promedio de madera (tabla 2) en pie de 1.084

0.876 m<sup>3</sup> en el cuadrante A hasta 0.123 0.065 en el cuadrante C, donde se observó la menor producción; el promedio total del predio bajo estudio fue de 0.794 m<sup>3</sup>.

Esta producción es mayor que la reportada por Meza Sánchez y Osuna Leal en 2003 en su estudio realizado en Baja California Sur. Por otra parte, Duke (1983), en su manual sobre cultivos energéticos, señala que la producción de madera de mezquite con manejo de 10 años en un cultivo puede alcanzar entre 59 y 60 ton/ha; Felker y Guevara (2003) recomiendan el cultivo de este árbol como medida

Cuadrante A	CB (m <sup>2</sup> )	PB (m)	PS (m)	DBD (m)	H (m)
Máx	38.64	1.02	0.91	2.00	15.00
Mín	11.40	0.38	0.35	0.31	2.31
Med	32.10	0.74	0.67	0.75	7.37
DesvStd	4.37	0.26	0.24	0.70	4.69
Cuadrante B	CB (m <sup>2</sup> )	PB (m)	PS (m)	DSB (m)	H (m)
Máx	32.98	0.86	0.83	0.83	5.70
Mín	18.63	0.71	0.65	0.30	4.30
Med	26.31	0.77	0.75	0.54	5.23
DesvStd	3.33	0.06	0.09	0.20	0.57
Cuadrante C	CB (m <sup>2</sup> )	PB (m)	PS (m)	DBS (m)	H (m)
Máx	34.46	7.90	1.10	0.71	5.90
Mín	17.25	0.60	0.49	0.40	3.40
Med	25.0	2.21	0.70	0.56	4.53
DesvStd	3.96	3.96	0.25	0.14	0.91
Cuadrante D	CB (m <sup>2</sup> )	PB (m)	PS (m)	DBS (m)	H (m)
Máx	38.79	0.97	0.79	0.62	5.40
Mín	20.29	0.57	0.59	0.28	2.61
Med	28.93	0.72	0.68	0.51	4.06
DesvStd	4.88	0.16	0.08	0.14	1.28

Tabla 1. Medidas dasométricas del mezquite en el Block 1517 del Valle del Yaqui.

CB = Cobertura; PB = Perímetro de base; PS = Perímetro superior; DBS = Distancia de la base al inicio de ramificaciones; H = Altura

de protección de las poblaciones silvestres, ya que en el sureste de Estados Unidos la demanda para la industria de muebles de lujo ha ocasionado que la madera de mezquite llegue a alcanzar hasta 1600.00 dólares por metro cúbico.

### Conclusiones

De acuerdo con los resultados estimados de producción de madera de

mezquite en la plantación del Block 1517 del Valle del Yaqui, podemos observar el potencial económico y ecológico si se establece este cultivo de manera comercial ya que, por una parte, la madera tiene un excelente precio en el mercado internacional y, por otra parte, se podría controlar la explotación que se está llevando a cabo en las poblaciones silvestres de nuestro estado.



Árbol	Vol (m <sup>3</sup> )	Árbol	Vol (m <sup>3</sup> )
A4	0.234	B2	0.108
A9	0.081	B4	0.782
A10	1.342	B8	1.1819
A15	1.834	B11	1.759
A20	1.928	B15	1.353
TOTAL	5.419	TOTAL	5.184
MEDIA	1.084	MEDIA	1.037
DESVSTD	0.876	DESVSTD	0.626
Árbol	Vol (m <sup>3</sup> )	Árbol	Vol (m <sup>3</sup> )
C11	0.078	D8	0.129
C12	0.094	D19	0.232
C14	0.077	D22	1.409
C22	0.233	D25	1.297
C24	0.130	D28	1.598
TOTAL	0.613	TOTAL	4.666
MEDIA	0.123	MEDIA	0.933
DESVSTD	0.065	DESVSTD	0.696

Tabla 2. Volumen de madera estimada para el predio de mezquite del Block 1517.

Agradecimientos por trabajo de campo a: Leyva García, Germán; Valenzuela Navarro, Martín; Díaz Esquer, Sergio; Rodríguez Vázquez, Luis; Osuna Yocupicio, Alberto; Álvarez López, Susana y Armenta Ruiz, Ana, todos estudiantes de la licenciatura en Biología del Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, Bácum, Sonora, México.

### Contacto:

Martín Villa Ibarra,  
Profesor Investigador del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
mvilla@itesca.edu.mx

Ignacio Ruiz Hernández,  
Profesor investigador Instituto Tecnológico de Sonora.

Lázaro Félix Armendáriz,  
Profesor Investigador del Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui.

Carmen Molina Maldonado,  
Profesora del Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui.

---

 Bibliografía

- Clavijero, F.J., (1964), *Historia antigua de México*, México, Porrúa, pp. 25-47.
- Deans, J.D., O. Diagne, J. Nizinski, D.K. Lindley, M. Seck, K. Ingleby y R. C. Munro, (2003), *Comparative Growth, Biomass Production, Nutrient Use and Soil Amelioration by Nitrogen-Fixing Tree Species in Semi-Arid Senegal*, *Forest Ecology and Management*, 176 (1-3), pp. 253-264.
- James A. Duke. 1983. *Handbook of Energy Crops*. Unpublished. [http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke\\_energy/refa-f.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/refa-f.html)
- El Colegio de México, (1960), *Estadísticas Económicas del Porfiriato. Fuerza de trabajo y actividad económica por sectores*, México, 1960.
- Felker, P., (1979), *Mezquite: an all-purpose leguminous arid tree*, en: G.A Ritchie (ed.) *New Agricultural Crops*, American Association for the Advancement of Science, Selected Symposium 38, Westview Press, Boulder, Colorado, pp. 89-132.
- Felker, P. y J.C. Guevara, (2003), *Potential of Commercial Hardwood Forestry Plantations in Arid Lands and Economic Analyses of Prosopis Lumber Production in Argentina and the United States*, *Forest ecology and management*, 186 (1-3), pp. 271- 286.
- Javalera Rembao, A. e I. Ruiz Hernández, (2000), *Estudio preliminar para la evaluación de alternativas en la recuperación de suelos salinos, campo experimental 1517*, Informe técnico, Dirección de Investigación y Estudios de Posgrado, Instituto Tecnológico de Sonora.
- Molina-Maldonado, C. y R. Armendáriz-Olivas, (1989), *Aprovechamiento del mezquite (Prosopis juliflora Swartz) en terrenos propiedad de la tribu yaqui*, *Primera Reunión Nacional sobre dendroenergía*, 8 y 9 de noviembre de 1989, Chapingo, México.
- Meza Sánchez, R. y E. Osuna Leal, (2003), *Estudio dasométrico del mezquite en la zona de Las Pocitas*, B.C.S., Folleto científico, núm. 3, CIRNO, Campo Experimental Todos Santos, INIFAP, pp. 5-22.

## **Introducción**

En su *Declaración mundial sobre la nutrición* la FAO señala:

El hambre y la malnutrición son inaceptables en un mundo que posee a la vez los conocimientos y los recursos necesarios para acabar con esta catástrofe humana. Reconocemos que mundialmente hay alimentos suficientes para todos y nos comprometemos a actuar solidariamente para lograr que la liberación del hambre llegue a ser una realidad.

El cálculo de esta institución nos indica que más de 800 millones de personas no tienen acceso a los alimentos suficientes para satisfacer sus necesidades básicas

diarias. La desnutrición se define como la condición patológica derivada de la subutilización de los nutrientes esenciales en las células del cuerpo.

Se estima que en América Latina más o menos nueve millones de niños menores de cinco años padecen desnutrición moderada o grave, y otros tantos desnutrición leve. En México, la desnutrición leve es la que más padece la población infantil y las madres en estado de gravidez, pero también es a la que menos atención se le brinda: Entre más tempranamente ocurra y se prolongue por mayor tiempo, más daños ocasiona. La alimentación que reciba el niño y pero también es a la que menos atención se le brinda: Entre más tempranamente ocurra y se prolongue por mayor tiempo, más daños ocasiona. La alimentación que reciba el niño y la madre con desnutrición leve debe tener las características de una dieta normal, pero fraccionadas en mayor número de comidas al día. Es un compromiso común hacer frente al reto de la nutrición. El estado nutricional de la población debe reconocerse como

# *Pasta de harina de garbanzo enriquecida con trigo: Solución para la desnutrición*

## *Resumen*

*Las fuentes de proteínas completas no están disponibles a precios accesibles para la población. El garbanzo (*Cicer arietinum* L.), contiene entre un 17 y 24% de proteína de alta calidad por su composición en aminoácidos esenciales, lo que lo hace un alimento muy valioso desde el punto de vista nutricional. Sinaloa y Sonora producen el 95% del total de garbanzo en México. La harina de garbanzo se obtiene de la molienda del grano entero y descascarado y se puede mezclar con harina de trigo duro. El uso del trigo duro es importante en la elaboración de pastas. La pasta es un producto elaborado principalmente por una mezcla de harina de cereales y agua, que da lugar a un producto de presentación muy variada, con un bajo contenido en agua.*

*Por: Guadalupe Bojórquez y Martín Villa Ibarra.*

*El producto propuesto es una pasta con un 50% de harina de garbanzo y 50% de harina de trigo duro, sometida a extrusión como tratamiento térmico y moldeado. El proceso de extrusión-cocción y una tecnología de temperatura alta/tiempo corto permite obtener gran variedad de alimentos e ingredientes (Mercier, 1993).*

*Se desarrolló una pasta extruida estable, con un resultado de un 80% de aceptación (gusta mucho), con un valor nutricional alto y dentro de los parámetros que marca la norma NMX-F-023-S-1980.*

indicador fundamental del desarrollo. Lo anterior nos brinda a la población una ocasión sumamente valiosa para participar plenamente en el proceso de desarrollo y tomar iniciativas destinadas a mejorar nuestra situación nutricional.

Los recursos naturales, las técnicas de explotación de la naturaleza, la producción, la preparación y cocina, el consumo, los hábitos alimenticios y el estado nutricional y su efecto sobre la salud son elementos que hasta el momento han estudiado tanto los médicos, nutriólogos de comunidades y los antropólogos interesados en el tema alimentario .

De lo anterior se puede inferir que las pastas alimenticias son un producto de uso primario en los hogares mexicanos y son consumidas por todos los miembros de la familia, desde los niños hasta los adultos mayores, por lo que se considera que uno de los platillos más accesibles para las personas desnutridas podría ser una pasta alimenticia enriquecida con leguminosas como el garbanzo, al mismo tiempo que se instituye un programa de modificación de hábitos alimenticios.

Con el nombre vulgar de "garbanzo" se designa a la especie (*Cicer arietinum* L.), perteneciente a la familia *Fabaceae*. Es una planta anual que puede alcanzar una altura de 60 centímetros. Se trata de la primera leguminosa cultivada por el hombre, entre el año 6000 y 7000 antes de Cristo (en la región sur del Cáucaso y el norte de Irán) y en la actualidad se halla en tercer lugar de importancia mundial, después del frijol y la arveja.

Entre los países exportadores de garbanzo, Turquía mantiene el primer lugar, Australia el segundo y muy cerca se encuentra México con el tercer lugar. En América los principales productores son México, Argentina y Chile. Es una leguminosa de gran importancia comercial en el noroeste de México; Sinaloa, Sonora y Baja California Sur son los principales estados productores. Sinaloa es el líder nacio-

nal de producción de garbanzo blanco de exportación: produce el 79%. En el ciclo 2001 Sinaloa produjo 238,739 toneladas, Sonora 50,263 (17%) y Baja California Sur 13,225 (4%). Por ser producto de exportación, la producción de garbanzo debe atender las normas de calidad exigidas por los países compradores.

Entre las más importantes están las siguientes: grano entero, buen tamaño, daños mínimos ocasionados por plagas y libre de manchas causadas por enfermedades o humedad. Los granos que no cumplan con esta norma son los que podrían utilizarse para la producción de harina de garbanzo. Las leguminosas o legumbres (guisantes, garbanzos, lentejas, judías y habas) son tan ricas en proteínas como las carnes y casi tan ricos en glúcidos como los cereales, constituyendo un alimento muy valioso desde el punto de vista nutricional.

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es una buena fuente de energía, proteínas y algunas vitaminas (tiamina, niacina, ácido ascórbico) y minerales (Ca, P, Fe, Mg, K). Sin embargo, posee atributos indeseables (largos tiempos de cocción, inhibidores enzimáticos, polifenoles, ftatos), que producen flatulencia y que deben ser reducidos o eliminados antes de su consumo. La tabla 1 nos muestra el valor nutricional del garbanzo:

Valor nutricional del garbanzo en 100 g de sustancia	
Agua	8.1
Proteínas	22.1
Glúcidos	57.8
Grasa	5.0
Fibra	4.0
Ceniza	3.0

Tabla 1: Valor nutricional del garbanzo  
Fuente: Agri-Nova Science

La proteína del garbanzo constituye alrededor de 22 gramos de 100 gramos de leguminosa de garbanzo seca.

Este tipo de proteína se considera completo ya que en su estructura contiene los ocho aminoácidos esenciales. Es rico en leucina, isoleucina, fenilalanina, valina y arginina, y pobre en metionina. Los aminoácidos limitantes son, principalmente, los azufrados (cistina y metionina).

Las proteínas que contienen cantidades suficientes de cada uno de los aminoácidos esenciales son proteínas de alto valor biológico y, cuando falta un aminoácido esencial, el valor biológico de esa proteína disminuye.

Los cereales son deficitarios en lisina, mientras que las leguminosas, tubérculos y frutos secos lo son en metionina.

Sin embargo, proteínas incompletas bien combinadas pueden dar lugar a otras proteínas completas de valor equiparable a las de la carne, el pescado y el huevo (este último muy importante en este tipo de alimentación).

Son combinaciones favorables: leche y arroz, trigo, sésamo o patata; leche con maíz y soja; legumbre con arroz, alubia y maíz o trigo; soja con trigo y sésamo o arroz y arroz con frutos secos, entre otras, lográndose así el enriquecimiento nutricional.

En la tabla 2 se observan las proteínas totales del garbanzo comparadas con las proteínas de los principales alimentos proteínicos.

Producto	Proteínas totales %
Leche	3.3
Huevo	12.1
Carne (sin grasa)	20.9
Frijol	19.2
Garbanzo	20.4

Tabla 2. Contenido de proteínas en los principales alimentos proteínicos



En la tabla 3 se puede analizar la comparación de aminoácidos esenciales de la proteína de garbanzo con los del huevo y la carne.

La harina de garbanzo es el resultado de moler la leguminosa entera; el garbanzo molido tiene características que mejoran la calidad de la textura y el perfil de nutrición de los productos cocinados.

Al moler los componentes importantes de la leguminosa se hace más accesible la absorción de estos nutrientes para el cuerpo humano.

A partir de la molienda del grano entero y descascarado se obtiene una harina de origen vegetal que desde el punto de vista nutricional es un alimento rico en proteínas, hidratos de carbono, fibras, minerales y vitaminas. En la tabla 4 se muestra la composición de la harina de garbanzo.

La harina de garbanzo se puede mezclar con harina de trigo blando y se emplea como ingrediente en productos de confitería o con harina de trigo duro para la producción de pastas alimenticias.

El trigo duro (*Triticum vulgare*, L) es reconocido como el cereal más noble por sus excelentes cualidades alimenticias. Se compone de: 14% de proteínas aproximadamente, 67% de hidratos de carbono, 2% de minerales, 2% de grasas, 3% de celulosa y 12% de agua. Contiene todos los minerales importantes para la alimentación: fósforo, magnesio, calcio, hierro, potasio, sodio y oligoelementos varios. Contiene pro-vitamina A, vitamina B1, B2, B6, PP y E y ácidos grasos insaturados, lecitina y esteroides. La calidad de la proteína se fundamenta en el gluten del trigo duro. El gluten deshidratado está formado en un 80% por proteínas llamadas gluteninas y gliadinas.

El objetivo de la molienda del grano de trigo duro es la obtención de sémola, porque tiene un mayor contenido en proteínas (gluten). El principal uso de la sémola es para la fabricación de alimentos moldeados y desecados denominados pastas alimenticias (talla-

Producto	Garbanzo	Carne	Huevo
Aminoácidos Esenciales			
Ile	891	852	778
Leu	1505	1435	1091
Lys	1376	1573	862
Met	209	478	416
Phe	1151	778	709
Thr	756	812	634
Trp	74	198	189
Val	913	886	847
Arg	1891	1118	754
His	531	603	301

Tabla 3. Comparación de aminoácidos esenciales de la proteína de garbanzo

Composición de la harina de garbanzo en 100 gramos de sustancia	
Proteínas (%)	13.0
Grasas (%)	4.7
Hidratos de carbono (%)	67.2
Fibra cruda (%)	3.3
Calcio (mg)	56.3
Sodio (mg)	12.4
Hierro (mg)	7.2
Valor energético (kcal)	359.5

Tabla 4. Composición de la harina de garbanzo.

rines, macarrones, ravioles, espaguetis). Las proteínas contenidas en la harina de garbanzo combinadas con otras de origen vegetal como el trigo duro mejoran la calidad de las mismas y hace que sea más atractiva la combinación para el desarrollo de nuevos productos.

El desarrollo de nuevos productos con el objetivo superior de incremen-

tar el valor nutrimental es una alternativa importante para disminuir los diferentes grados de desnutrición, especialmente en los grupos vulnerables.

Al disponer de nuevas opciones de procesamiento para diversificar la disponibilidad de alimentos, los excedentes de producción de garbanzo y trigo podrían ser aprovechados eficientemente. Además, es importante

que estas alternativas, sin alejarse de los patrones tradicionales de consumo, sean creativas e innovadoras en cuanto a la transformación de los productos agrícolas en alimentos procesados con un incremento de calidad y valor agregado.

El garbanzo tiene problemas de aceptabilidad en la población por su sabor. La modificación del sabor peculiar a un sabor universal (producto "pastas"), manteniendo su apariencia integral y valor nutritivo puede dar origen a un producto de impacto en los consumidores, con atributos de sabor y textura que estén en el contexto de las costumbres alimenticias modernas. Si se dispone de harina de garbanzo que permita la preparación y la conservación de la textura y sabor característicos, las nuevas pastas serán de gran impacto en la ingesta de proteínas completas. La fortificación de pastas con materias primas de alto valor nutritivo como el garbanzo puede ser el inicio para la fabricación competitiva de alimentos funcionales, como fideos o sopas para celíacos con hasta un 60-80% de garbanzo.

El proceso de extrusión-cocción, una tecnología de temperatura alta/tiempo corto, permite obtener una gran variedad de alimentos e ingredientes, es versátil, tiene alta productividad, bajo costo de operación, ahorro de energía y alta calidad en los productos, con una mínima degradación de nutrientes y una mejora sustancial en la digestibilidad y valor biológico de las proteínas (Mercier, 1993).

La combinación de descascarillado, suavización y extrusión es una alternativa tecnológica para cambiar las características fisicoquímicas, funcionales y sensoriales del garbanzo y transformarlo en un producto de buen valor nutricional (Reyes-Moreno y Paredes-López, 1993).

Esta propuesta planteó dos aspectos importantes: El primero, el uso de materias primas nutritivas poco usadas como el garbanzo en productos

alimenticios de alto impacto como las pastas, para fomentar su consumo y para aprovechar su valor nutricional. Segundo, el desarrollo de nuevas alternativas de procesos de alimentos para mejorar el estado nutricional de los posibles consumidores. Las pastas son productos hechos fundamentalmente con una mezcla de harina de cereales y agua, adicionados con otros ingredientes opcionales y aditivos para alimentos, sometidos a proceso de amasado y a un posterior tratamiento de secado, que da lugar a un producto de presentación muy variada, caracterizado por su bajo contenido en agua. En las pastas modernas, para hacerlas más sabrosas, se puede agregar huevo y leche. Últimamente para enriquecerlas se les añade también tomate, zanahorias o espinacas. Se trata de un alimento convenientemente nutritivo, con un gran margen de conservación, fácil y rápido de preparar y, además, económico. Por otro lado, es de fácil digestión pero lenta asimilación, lo que retrasa el estímulo del hambre y el deseo de comer. La calidad de la proteína tiene una gran influencia en la fabricación de pastas y en las propiedades de conservación de la forma y estructura de la pasta durante la cocción, así como en la firmeza, elasticidad y pegajosidad (consistencia *al dente*) de la pasta cocida.

Valores menores al 13% de proteína en grano han sido relacionados con la obtención de pastas de calidad pobre, mientras que niveles superiores a este valor se asocian a la obtención de pastas de calidad aceptable. La pasta de trigo duro de calidad superior requiere mayor tiempo de cocción y aumenta más de volumen (hasta tres veces), no se deforma ni se deshace y deja el agua de cocción limpia e incolora. La Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, en la Norma Mexicana NMX-F-023-S-1980, Pasta de harina de trigo y/o semolina para sopa y sus variedades, establece la siguiente definición: "Pasta de harina de trigo y/o semolina para sopa:

Se entiende por este producto al elaborado por la desecación de las figuras obtenidas del amasado de semolina y/o harina de trigo, agua potable, ingredientes opcionales. Las pastas mexicanas se encuentran entre las mejores del mundo por ser manufacturadas con la más avanzada tecnología para cumplir con los más altos estándares de calidad. Las pastas alimenticias son un producto de uso primario en los hogares, con un 100% de penetración. El mercado de pastas alimenticias presenta un crecimiento acelerado en los últimos años". El objetivo del presente trabajo es desarrollar productos derivados de la harina de garbanzo (pastas extruidas) con alto contenido de proteína completa, además de mejorar la palatabilidad para hacerlos más atractivos al consumidor, utilizando entre un 50 y un 60% de harina de garbanzo y el resto de harinas de trigo duro que proporcionen los beneficios que presentan los aminoácidos esenciales. Buscamos atender las necesidades no sólo de personas con regímenes especiales, sino también a toda persona que guste de comer sano y nutritivo, pero sobre todo con calidad y bajo precio, lo que implica:

1. Determinar las condiciones del proceso para la obtención de harina de garbanzo con aptitud para la formación de masas o pastas extensibles.
2. Formular la mezcla ideal de ingredientes que proporcione la dosis adecuada de proteína y de aminoácidos esenciales.
3. Determinar las condiciones para aplicar la tecnología de extrusión en mezclas de harinas de garbanzo y trigo duro para la obtención de pastas con características sensoriales, físicas, químicas y nutricionales aceptables.

### **Materiales y métodos**

**Materia prima.** La materia prima que se utilizó para la elaboración de la pasta fue garbanzo y harina de trigo

duro. Al momento de recibir la harina de trigo duro se pesa y se verifica que el empaque sea el adecuado para conservar las características funcionales durante el almacenamiento. El garbanzo también se pesa y se toma una muestra de ambos para análisis.

**Limpieza.** Se verifica que el garbanzo no contenga piedras, paja, oleaginosas distintas al garbanzo, metal u otros materiales extraños.

**Remojo.** El remojo de leguminosas en solución acuosa disminuye el tiempo de cocción y el nivel de algunos factores antinutricionales (Deshpande et al., 1989; Paredes-López et al., 1991).

**Descascarillado.** En la mayoría de las leguminosas el manejo y almacenamiento a temperatura de 25° C y humedad relativa alta (HR 65%) causa el endurecimiento que reduce su valor nutricional, incrementa el tiempo de cocción y deteriora sus características sensoriales (Uma-Reddy y Pushpamma, 1986; Reyes-Moreno et al., 2000).

La eliminación de la testa en leguminosas, o descascarillado, disminuye el tiempo de cocción y contenido de taninos e incrementa la digestibilidad de las proteínas (Deshpande et al., 1982).

**Secado del garbanzo.** El secado se hace con la finalidad de disminuir la humedad que gana durante el remojo y acondicionar el grano de garbanzo para que al momento de la molienda se pueda obtener una harina de buena calidad, la cual nos dará un producto terso, mecánicamente fuerte y de color uniforme. La temperatura a la que se somete es de 50° C por un periodo de 8 horas.

**Molienda.** El garbanzo es depositado en el molino en el cual es triturado a alta velocidad de aproximadamente 100 rpm durante 5 minutos. El proceso de molienda incluye dos procesos básicos, los cuales son: trituración (fragmentación del grano) y tamizado (separación de partículas en diferentes fracciones).

**Mezclado.** Se adicionan el garbanzo

y la harina de trigo duro en la mezcladora, posteriormente se va adicionando agua hasta obtener una masa moldeable con una humedad máxima de 31%.

**Extrusión.** El proceso fundamental de extrusión consiste en un aparato generador de presión, el cual causa que el producto se mueva como un líquido en un flujo laminar a través de una resistencia. Estos dos componentes, flujo y resistencia, determinan el proceso de extrusión y el tipo de producto que se pretende obtener, en este caso pasta. Una vez obtenida la mezcla se hace pasar a presión por los moldes que le dan la forma deseada. El lapso que lleva realizar este proceso es relativamente corto, tomando en cuenta toda la problemática que implica la extrusión.

**Secado de la pasta.** Es el proceso más delicado ya que se hace de forma lenta y progresiva, aunque no excesivamente lenta por el peligro de crecimiento de hongos y mohos. Se subdivide en varias etapas: Pre-secado, pseudosecado y secado. Esta última etapa de desecación se realiza sólo en pastas secas. El objetivo final es obtener un producto que duplique su peso aproximadamente en el proceso de cocción por imbibición de agua. La temperatura que se utiliza es de 45° C por 12 horas. Las pastas que salen del horno de secado deben tener la forma y el aspecto correcto y deben pasar a enfriamiento antes de empaquetarlas.

**Empaquetado y almacenamiento.** El empaque se realizó en bolsas de papel celofán de 200 gramos cada una. El objetivo del empaquetado consiste en reunir las pastas en grupos de tamaño adecuado para la venta y protegerlas dentro de cajas de cartón de forma que se conserve su sabor y aspecto durante el periodo más largo posible.

**Vida de anaquel.** Se prepararon 30 paquetes con muestras de 60 y 30 gramos, las cuales fueron empaquetadas en papel celofán de manera individual (dos paquetes de pastas de

30 gramos o 3 paquetes de pastas de 10 gramos aproximadamente) a temperatura ambiente durante dos meses. Durante el almacenamiento se evaluaron cambios de olor, sabor, textura y rancidez oxidativa.

**Actividad del agua.** A las muestras que se evaluaron se les determinó aw usando un hidrómetro electrónico digital marca Aqualab CX-2.

**Determinación de humedad.** Se determinó la humedad de la pasta por el método de prueba gravimétrico.

**Determinación del pH.** A la pasta se le determinó el pH con un potenciómetro de Beckman 40. Se tomó una muestra de 30 gramos de pasta, se le agregaron 30 mililitros de agua destilada, se homogenizó y se procedió a medir el pH.

**Análisis sensorial.** En la prueba de aceptación y preferencia por los consumidores se dio a probar la pasta de garbanzo a 100 consumidores. Después de probarla, se les aplicó una pequeña encuesta en la cual se les preguntaba sobre el grado de aceptación del producto sobre una escala hedónica. En la evaluación sensorial se mide la apreciación de tipo personal afectiva de un alimento. Se usa la escala hedónica de nueve puntos que califica un producto en términos de nivel de agrado, con frases como "gusta mucho", "ni gusta ni disgusta", "disgusta mucho", etcétera (Pedrero, 1996).

El 0% corresponde a la calificación ubicada en la parte inferior de la escala hedónica utilizada en la prueba marcada como "disgusta mucho", y el 100% corresponde a la calificación ubicada en la parte superior de la escala hedónica marcada como "gusta mucho". Los resultados se dan en función de la calificación promedio (%), obtenida de los consumidores que aprobaron el producto.

**Estudio de mercado.** El estudio de mercado se llevó a cabo con la finalidad de conocer la opinión que tiene la gente acerca del producto que se está lanzando al mercado y, al mismo tiempo,

po, para saber si estaría dispuesta a adquirirlo. Para determinar la oferta, demanda, precios y comercialización se aplicó una encuesta. Las encuestas fueron aplicadas a personas de sexos indistintos, de todas las edades y de distintas ocupaciones y profesiones, ya que el producto no está restringido para nadie.

El tamaño de la muestra calculado fue de 106, y en total se encuestaron al azar a 106 personas en tres zonas de la ciudad.

#### **Análisis de costos y rentabilidad.**

Se determinan los costos fijos y los costos variables por unidad de producción para calcular el costo unitario y compararlo con el precio de venta para determinar la ganancia. La rentabilidad se determina comparando la ganancia con el costo unitario. Para determinar si el proyecto es o no rentable se compara la TIR (tasa interna de retorno) del proyecto con la TMAR (tasa mínima atractiva de rendimiento).

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

Análisis de la pasta. Se utilizó garbanzo de Sinaloa debido a su bajo costo, menor porcentaje de impurezas y mayor accesibilidad. Los resultados obtenidos de los análisis bromatológicos realizados por el laboratorio de análisis industriales para la elaboración de la pasta fueron aceptables desde el punto de vista nutricional; en la tabla 5 se muestran los resultados de los análisis de la muestra de pasta.

Como se observa en la tabla 5, los parámetros evaluados se encuentran dentro de las especificaciones que marca la norma. Lo más relevante de los resultados es el incremento en un 50% de proteína con respecto a las pastas que se encuentran en el mercado, y que oscilan entre un 10 y 12% de contenido proteico.

**Humedad.** El resultado de humedad obtenido en dicho análisis fue de

Determinación	Resultado base Humedad %	Método de prueba
Humedad	0.66	Gravimétrico
Cenizas	1.64	Gravimétrico
Proteínas	18.22	Kkeldalh
Extracto Etéreo	2.57	Soxleth
Fibra Cruda	0.23	Wiende
E.L.N.	76.68	Matemático

**Tabla 5. Resultados de los análisis bromatológicos de la pasta de garbanzo**

0.66%, el cual se encuentra dentro de los rangos establecidos por la norma NMX-F-006-1983, que permite un máximo de 6.0% sin reportar el mínimo.

**Actividad de Agua (aw).** El resultado de la evaluación de la *aw* es de 0.461, la cual se considera una actividad de agua bastante aceptable ya que en ella no crecen moho ni levaduras. No se realizaron pruebas microbiológicas de momento debido a que al determinar la *aw* se concluyó que, por el resultado obtenido, estaba por debajo del rango de crecimiento de bacterias, moho y levaduras.

**pH.** El valor obtenido de pH fue de 6.37. Aún cuando la norma NMX-F-023-S-1980 no lo especifica, se calculó para evaluar la influencia del proceso.

**Análisis sensorial.** Los resultados obtenidos de la aplicación de la encuesta para determinar el gusto por la pasta se muestran en la tabla 6.

Producto	Pasta de garbanzo
Gusta mucho	68 %
Gusta ligeramente	21 %
Ni gusta Ni disgusta	6 %
Desagrada ligeramente	4 %
Disgusta mucho	1%

**Tabla 6. Análisis Sensorial**

La pasta que se elaboró cumple con las especificaciones sensoriales que establece la norma NMX-F-023-S-1980, ya que el color que se obtuvo es característico de este tipo de pastas, no presenta áreas negras por quemaduras y tiene un olor y un sabor característico de los ingredientes utilizados en su elaboración. También se evaluó la vida de anaquel de la pasta, la cual se dejó en almacenamiento en condiciones del medio ambiente. Se observó una ligera pérdida de su color original en un periodo aproximado de 4 meses.

**Estudio de mercado.** El estudio se enfocó no sólo en personas con regímenes especiales, sino también en toda persona que guste de comer sano y nutritivo. En los resultados de las encuestas se observó que al 80% de los encuestados les gustó la pasta; el 42% la consume una vez al mes; el 16% una vez a la semana; el 29% la consume diariamente y sólo el 13% nunca la ha consumido.

El 73% la compra en la tienda y el 26% la compra en un supermercado; el 50% de los miembros de la familia que consumen la pasta son los niños, el 30% los adultos, el 15% los adultos mayores y sólo el 15% los jóvenes; el 84% de los encuestados están dispuestos a comprar el producto.

Con base en las encuestas aplicadas concluimos que la mayoría de las personas consumen pastas en su dieta diaria; que el consumidor



está interesado cada vez más en consumir productos más naturales y, por consiguiente, más saludables y que quieren productos alimenticios sin aditivos, conservadores, saborizantes, etcétera. Esta última fue una de las características que impactaron al encuestado, así como lo innovador del proceso. Por otra parte, el porcentaje de las personas que estarían dispuestas a pasar de lo convencional a la innovación es del 84%, por lo que el desafío será ahora asegurar a estas personas basando su decisión en una prueba sensorial.

Por último, según las encuestas la gente estaría dispuesta a pagar por el paquete de pasta de 200 gramos entre 5 y 6 pesos, a pesar de estar por arriba de los precios de la competencia. El consumidor está dispuesto a pagar más debido al valor nutrimental más alto de la pasta de garbanzo en comparación con las pastas comunes. **Consumo aparente.** De acuerdo con la información de INEGI, el 95% de los mexicanos consume sopa diariamente. Suponiendo que, por cada 1000 personas del mercado prueba, sólo el 84% consuman sopa y que de éstas el 29% consuma sopa a diario cada una con un consumo de 40 gramos en promedio, el consumo aparente es de:

$1000 \times 0.84 = 840$  consumidores de pasta  
 $840 \times 0.29 = 243.6$  consumidores de pasta diaria  
 $243.6 \times 0.04 \text{ kg} = 9.744$  kilogramos diarios

Si la presentación de este producto va a ser de paquetes de 200 gramos, el consumo aparente es de  $9,744 / 200 = 48,72$  paquetes diarios. Si se trabajan cinco días a la semana y el mes tiene cuatro semanas, la producción en kilogramos por mes es de 974.4 paquetes de 200 gramos por mes.

**Demanda potencial.** La demanda potencial a corto plazo sería de 9.744

kilogramos diarios. Si se considera un crecimiento promedio del mercado de 100%, para un mediano plazo serán 1800 paquetes de 200 gramos por mes aproximándolo a 2000, y a largo plazo 6000 paquetes al mes en tan sólo 5 años. Este crecimiento se deberá a la distribución del producto a través de otros canales.

La participación de la competencia en la demanda son: Yemina con una participación entre el 50 y el 60% y La Moderna con una participación entre el 30 y 40%. Sin embargo, la pasta de garbanzo es un producto novedoso y más nutritivo, por lo que la penetración al mercado será ventajoso.

**Distribución y puntos de venta.** Para hacerlo accesible a toda la población, el producto (pasta de garbanzo) se va a vender en tiendas de autoservicio y tiendas naturistas. Se eligió este medio de venta porque, según la encuesta, la mayoría de las personas compran su despensa en este tipo de tiendas; es decir, se buscará llegar al consumidor lo más directamente posible para poder competir también con el precio de las pastas que existen en el mercado.

### Análisis de costos y rentabilidad

**Costos de producción.** El costo de la elaboración del paquete de 200 gramos de pasta incluye costos fijos y variables. Se consideró el costo de los ingredientes y la producción; en las tablas 7 y 8 se muestran los valores del cálculo.

Materia Prima	Costo / Kg materia prima	Costo / Unidad producto
Garbanzo	\$7.50	\$1.50
Harina de Trigo	\$6.00	\$1.20
Agua	\$0.45	\$0.02
Envoltura		\$0.30
Total	\$13.95	\$3.02

Tabla 7. Costos variables (por ración de 200 gramos)

Costos fijos	Costos / mes
Luz	Rentado
Agua	Rentado
Gas	Rentado
Total	\$8,400.00

Tabla 8. Costos fijos para la elaboración de pastas

Costos fijos por ración =  $8400/10000 = 0.84$

Costos totales =  $CV + CF = 3.02 + 0.84 = 3.86$  por paquete de 200 g.

Precio de venta = \$5.80/paquete de 200 g.

Ganancia = Precio de venta - Costo unitario =  $5.80 - 3.86 = 1.94$ .

Rentabilidad =  $(\text{Ganancia}/\text{costo unitario}) \times 100 = 1.94/3.86 \times 100 = 50.65\%$ .

Si la TMAR en la actualidad es aproximadamente del 12%, entonces, dado que  $TIR > TMAR$ , el proyecto es rentable.

### Conclusiones

**Pasta.** La pasta con la mezcla del 50% de harina de garbanzo y el 50% de harina de trigo duro presentó un comportamiento similar a la de harina de 100% trigo duro (control). Se comprobó que la pasta elaborada es 50% más nutritiva que el control en cuanto a cantidad.

La cantidad de proteínas que contiene el control (pasta con huevo) es de 12%, y la pasta de harina de gar-

banzo enriquecida con harina de trigo duro cuenta con un 18.22%. Se logró una buena estabilidad fisicoquímica durante los tres meses de almacenamiento, sin adición de conservadores. Se desarrolló una pasta con características sensoriales aceptables según los datos que arrojó la encuesta aplicada, dando como resultado un 68% de aceptación (gusta mucho).

**Harina de garbanzo y extrusión.** El proceso general usado para la elaboración de la harina de garbanzo fue el apropiado, debido a que se logró eliminar el sabor desagradable y los principios activos que producen las flatulencias.

**Mercado y rentabilidad.** La encuesta del estudio de mercado arrojó un resultado del 90% de posibles clientes potenciales. En el análisis de costos y precio de venta resultado de la encuesta se concluye que el proyecto tiene una rentabilidad de un 5.65%; por lo tanto, el proyecto es aceptable.

### **Perspectivas**

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis de mercado y sensorial, para las pastas elaboradas con harina de garbanzo se puede concluir que es posible introducirlas al mercado:

1. como una buena posibilidad de incrementar el consumo de garbanzo para los grupos marginales y de regímenes especiales,
2. como una fuente importante de aminoácidos esenciales; es decir, una proteína completa,
3. con proteína a bajo costo y
4. con márgenes rentables para los posibles inversionistas en el proyecto.

### **Contacto:**

Guadalupe Bojórquez,  
Profesor Investigador invitado del  
Instituto Tecnológico de Culiacán,  
mcbojorquez2002@yahoo.com.

Martín Villa Ibarra,  
Profesor Investigador del Instituto  
Tecnológico Superior de Cajeme.

---

### **Bibliografía**

- Badui Jergal, S., Química de los alimentos, México, Editorial Alambra, 1990.*
- Braverman, J.B.S., Introducción a la bioquímica de alimentos, Barcelona, Omega, 1980.*
- Charley, H., Tecnología de alimentos, Editorial Limusa.*
- Fennema, O., Química de alimentos, Zaragoza, España, Editorial Acribia.*
- Hisrich R.D., Peters, M.P. y Shepherd D.A. Entrepreneurship, Mc Graw Hill, sexta edición.*
- Hoseney, Carl, Principios de ciencia y tecnología de cereales, Editorial Acribia.*
- Kay, Daisy E., Legumbres alimenticias, Editorial Acribia.*
- Kent, N.L, Tecnología de los cereales, Editorial Acribia.*
- Pedrero, F., Daniel L. y Rose M. Pangborn, Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos, Editorial Alambra, primera reimpresión, 1996.*

*La revista Entorno Académico invita a los profesores-investigadores y a todos los interesados en el desarrollo de tecnología e investigación, a colaborar con artículos técnicos, originales e inéditos, de alguna de las áreas contempladas en nuestros programas de licenciatura, maestría y de investigación.*

### Preparación del manuscrito

#### EXTENSIÓN

12 cuartillas como máximo

#### IDIOMA OFICIAL

Los artículos se podrán recibir en español.

#### TÍTULO

El título, deberá informar acerca del contenido del trabajo, y no debe exceder 12 palabras. Se presenta encabezando el trabajo.

#### AUTOR (ES)

Después del título se anotará el nombre completo del autor o autores y su filiación. Al final del artículo, anexar una nota autobiográfica, incluyendo los siguientes datos: nombre, grado, categoría o puesto, institución, departamento, proyectos, dirección, teléfono, fax y correo electrónico.

#### RESUMEN

Deberá ser conciso y proporcionar un amplio panorama de la investigación (problema, objetivo, método, resultados y conclusiones), sin que sobrepase las 200 palabras.

#### ABSTRACT

Se debe contar con un resumen en inglés con una extensión máxima de 200 palabras.

#### PALABRAS CLAVE

Se debe proporcionar una relación de cinco palabras o frases clave redactadas en inglés y en español, para facilitar la búsqueda en bancos de información.

#### PIES DE PÁGINA

No se admiten. Las notas o citas deberán incorporarse al texto.

#### ILUSTRACIONES

Deben ser claras con el suficiente nivel de nitidez y dimensiones para su fácil interpretación. Las ilustraciones pueden ser figuras, gráficas, fotografías, tablas, diagramas, cuadros, etc. Deberán ser numeradas progresivamente en el orden en que sean mencionadas en el texto, y deben estar insertadas en la parte que les corresponda dentro del artículo.

#### EXPRESIONES MATEMÁTICAS

Deberán ser escritas claramente, cuidando que sea entendible la diferenciación entre símbolos.

#### EXTENSIÓN y FORMATO

El manuscrito no deberá exceder de diez páginas, incluyendo ilustraciones. El texto se debe presentar a un espacio en letra Arial de 11 puntos. Los márgenes deberán ser de 3 cm. por cada lado.

#### REFERENCIAS

Se citarán las referencias de la literatura utilizada para elaborar el documento, por el apellido del autor y fecha entre paréntesis, por ejemplo (Basar, 2000).

Deberán ordenarse alfabéticamente, por apellido, asegurándose que estén completas.

Las referencias se deberán presentar en la siguiente forma:

**Libro**

Apellido del autor, nombre, título del libro en mayúsculas y minúsculas y en cursivas, editor, edición, casa editorial, ciudad (sólo se agrega el país si existe confusión o no se sabe a ciencia cierta en donde se ubica tal ciudad), fecha, páginas.

**Artículo en revista**

Apellido del autor, nombre, título del artículo en mayúsculas y minúsculas entrecorillado, nombre de la revista en cursivas, año, volumen, número, mes o meses, ciudad (solo se agrega el país si existe confusión o no se sabe a ciencia cierta en donde se ubica tal ciudad), fecha, páginas.

**Informe técnico**

Apellido del autor, nombre, título del informe en mayúsculas y minúsculas y en cursivas, la frase "informe técnico", siglas de agencia u organización, ciudad (solo se agrega el país si existe confusión o no se sabe a ciencia cierta en donde se ubica tal ciudad), fecha, páginas.

**Congreso**

Apellido del autor, nombre, título de la ponencia en mayúsculas y minúsculas y en cursivas, nombre del congreso, fecha en que se llevó a cabo, ciudad (solo se agrega el país si existe confusión o no se sabe a ciencia cierta en donde se ubica tal ciudad).

**Tesis**

Apellido del autor, nombre, título de la tesis en mayúsculas y minúsculas y en cursivas, la frase "tesis de...", centro de educación superior, ciudad (solo se agrega el país si existe confusión o no se sabe a ciencia cierta en donde se ubica tal ciudad), fecha, páginas.

**CONTENIDO**

El artículo deberá presentar aportes significativos; se podrán presentar trabajos terminados o que hayan cumplido alguna etapa de su ciclo de desarrollo; y estarán respaldados por

una revisión bibliográfica adecuada. Las secciones y subsecciones deberán estar claramente diferenciadas y no numeradas. La estructura básica del artículo deberá seguir el siguiente orden; Título, abstract, resumen, nomenclatura, introducción (Deberá explicar la naturaleza y propósito del trabajo), el desarrollo (Contendrá el mensaje principal del artículo ordenado de manera lógica y sencilla e integrado por subsecciones) y conclusiones (Aportaciones del trabajo, alcances, limitaciones y aplicaciones). Posteriormente se presentan Agradecimientos (Breves y concisos), Referencias y apéndices.

**NOTA**

Todo artículo será sometido a un proceso de revisión por miembros del comité editorial y por expertos del área en cuestión, seleccionados por los editores. El comité editorial considerará sugerencias de nombres de revisores, en cuyo caso se solicita incluir el nombre, afiliación y dirección de correo electrónico.

***Comite Editorial  
Entorno Académico***



>

Reseña

El calendario cósmico de Carl Sagan

*José Alfredo Arreola Lizárraga*

>

Reseña

La tecnología y la medicina aplicadas en el desarrollo de sistemas que faciliten la interacción entre humanos y su medio ambiente

*Alberto Ramírez Treviño*

>

An approach for an embodied procedural reasoning architecture

*Fernando Orduña Cabrera, Miguel Sánchez-Marré, Valeria Javarela Rincón*

>

Simulador CRS-A465 de 6 GDL usando LabVIEW-OpenGL

*Iván Oswaldo Luna Rodríguez, Marco Fabricio Islas Sánchez*

>

Sistemas de organización para líneas de ensamblado en ambiente justo a tiempo

*Samuel González López, Fernando Orduña Cabrera*

>

Cálculo de un panel fotovoltaico para encender una lámpara piloto en la región de Cd. Obregón, Sonora

*José L. Salazar Huerta, Gabriel Nuñez Román, Rafael León Velásquez*

>

Producción de madera en una plantación de mezquite (Prosopis spp) en el sur de Sonora, México

*Martín Villa Ibarra, Ignacio Ruíz Hernández, Lázaro Félix Armendáriz y Carmen Molina Maldonado*

>

Pasta de harina de garbanzo enriquecida con trigo: Solución para la desnutrición

*Guadalupe Bojórquez y Martín Villa Ibarra*

>

Imagen:

Infraestructura del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.

Los alcances de las ideas suelen ser infinitos, pensar en alcanzar los límites es aquello que nos lleva a lograr momentos trascendentales

Nuestra imagen de portada busca nuevos espacios, un pensamiento más libre, representado por los alcances del cielo.

Carretera Internacional a Nogales Km 2,  
Cd. Obregón, Sonora.  
Tiraje de 300 ejemplares.

