



Scientia Et Technica  
Universidad Tecnológica de Pereira  
scientia@utp.edu.co  
ISSN (Versión impresa): 0122-1701  
COLOMBIA

2007

Osiel Arbeláez Salazar / Jairo A. Mendoza Vargas  
LA INGENIERÍA MECATRÓNICA POR CICLOS EN COLOMBIA  
*Scientia Et Technica*, agosto, año/vol. XIII, número 035  
Universidad Tecnológica de Pereira  
Pereira, Colombia  
pp. 421-426

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Universidad Autónoma del Estado de México

<http://redalyc.uaemex.mx>



# LA INGENIERÍA MECATRÓNICA POR CICLOS EN COLOMBIA

## The Mechatronic Engineering by Cycles in Colombia

### RESUMEN

Este artículo presenta un acercamiento sobre la Mecatrónica en el mundo, sus principales características y áreas del conocimiento. Luego la Mecatrónica se introduce en el contexto de la educación por ciclos en la Universidad Tecnológica de Pereira.

**PALABRAS CLAVES:** Educación, Ingeniería, Mecatrónica.

### ABSTRACT

*The present article makes an approach to the mechatronic on the world, its main characteristics and knowledge areas. Then the mechatronic is introduced to the context of education by cycles on the Universidad Tecnológica de Pereira.*

**KEYWORDS:** Education, Engineering, Mechatronics.

### OSIEL ARBELÁEZ SALAZAR

Ingeniero en Control Electrónico e Instrumentación, candidato a Magíster en Instrumentación Física  
Profesor Asistente  
Universidad Tecnológica de Pereira  
osiel@utp.edu.co

### JAIRO A. MENDOZA VARGAS

Ingeniero Electricista, M.Sc.  
Profesor Asistente  
Universidad Tecnológica de Pereira  
jam@utp.edu.co

## 1. INTRODUCCIÓN

En recientes años, países desarrollados han implementado nuevas líneas en ingeniería como la *Ingeniería Mecatrónica*. Los profesionales egresados de estos programas poseen una formación multidisciplinaria en áreas tales como la mecánica clásica, electricidad, electrónica y ciencias de la computación.

El mercado laboral actual demanda o proyecta demandar profesionales con competencias en las áreas del conocimiento anteriormente referenciadas, mas aún con las expectativas que se tienen en el país y específicamente en la región, frente a tratados de libre comercio e inversiones extranjeras, que posiblemente empujarán industrialmente al medio. La Universidad Tecnológica de Pereira atendiendo el presente de la región y del país planteó un nuevo programa que busca generar personas capacitadas a nivel técnico, tecnológico y profesional en el campo de la Mecatrónica.

Este artículo hace un corto resumen sobre la Mecatrónica basado en la investigación de sus antecedentes históricos y los conceptos de algunos autores. Posteriormente se hace una breve justificación a la educación por ciclos introduciendo al contexto la Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Tecnológica de Pereira.

## 2. CONTENIDO

### 2.1 Antecedentes históricos

La palabra “*Mecatrónica*” se usó por primera vez a finales de los años sesenta, un ingeniero de la compañía

eléctrica Yaskawa, Japón, para referirse al control computarizado de motores eléctricos, y desde entonces, este término ha denotado la combinación sinérgica entre la mecánica y la electrónica.

En los años setenta, la Mecatrónica se ocupó principalmente de la tecnología de servomecanismos usada en productos como puertas automáticas, máquinas automáticas de autoservicio y cámaras auto-focus. En este enfoque pronto se aplicaron métodos avanzados de control. En los años ochenta, cuando la tecnología de la información fue introducida, los ingenieros empezaron a incluir microprocesadores en los sistemas mecánicos para mejorar su desempeño. Las máquinas de control numérico y los robots se volvieron más compactos, mientras que las aplicaciones automotrices como los mandos electrónicos del motor y los sistemas anticerrado y frenando se hicieron extensas. Por los años noventa, se agregó la tecnología de comunicaciones, creando productos que podían conectarse en amplias redes. Este avance hizo posibles funciones como la operación remota de manipuladores robóticos. Al mismo tiempo, se están usando novedosos microsensors y microactuadores en nuevos productos. Los sistemas microelectromecánicos como los diminutos acelerómetros de silicio que activan las bolsas de aire de los automóviles.

El término “*Mecatrónica*” continúa siendo popular en Japón, y ha sido empleado en Europa durante muchos años. Aunque ha sido lenta en ganar aceptación industrial y académica en Gran Bretaña y los Estados Unidos como un campo de estudio y práctica, su progresivo y prominente lugar en el mundo se atestigua por el creciente número de cursos en Mecatrónica ofrecidos a

nivel profesional y de postgrado. Esta tendencia tecnológica ya ha ganado un amplio reconocimiento [1]:

- Desde 1983 la Universidad Toyohashi en Japón ha tenido un programa de maestría en Ingeniería Mecatrónica.
- La Universidad Tohoku en Japón cambió el nombre de su “Departamento de Ingeniería de Precisión” por el de “Departamento de Mecatrónica e Ingeniería de Precisión”.
- En el Reino Unido el “Engineering & Physical Sciences Research Council” (EPSRC) ha identificado a la Mecatrónica como una tecnología clave emergente que provee las habilidades necesarias para una industria exitosa del nuevo milenio (“Emerging core technology for next century”).
- El Consorcio Industrial Japonés (JIC) declaró a la Mecatrónica como una área actual de escasez en habilidades clave (“Current area of major skills shortage”).
- La Mecatrónica está emergiendo en la currícula profesional y de postgrado de los Estados Unidos (U.C. Berkeley, Rensselaer, Stanford, Ohio State U., Virginia Tech), Europa y Asia.
- Desde marzo de 1996 se comenzó a publicar la revista de la asociación IEEE/ASME “Transactions on Mechatronics”. La revista cubre un rango de áreas técnicas relacionadas, que incluyen el modelado y diseño, integración de sistemas, actuadores y sensores, control inteligente, robótica, manufactura, control de movimiento, control de vibraciones y ruido, microdispositivos, sistemas optoelectrónicos y sistemas automotrices.
- También apareció la revista “Mechatronics” de la casa editorial Pergamon Press. Un sistema mecatrónico típico recoge señales, las procesa, y como una salida, genera fuerzas y movimientos. Sus sistemas mecánicos están complementados e integrados con sensores, microprocesadores y controladores. El hecho de que tales sistemas detecten cambios en su ambiente mediante sensores, y después de un procesamiento adecuado, la información reaccione a esos cambios, los hace completamente diferentes de las máquinas y sistemas mecánicos convencionales.

## 2.2 Aspectos y definición de la Mecatrónica

La Mecatrónica es un nuevo concepto que enfatiza la necesidad de integración y de una intensa interacción entre diferentes ramas de la ingeniería. Es una tendencia relevante del diseño que tiene una marcada influencia en el proceso de desarrollo del producto. Así, la Mecatrónica no es una nueva disciplina, sino más bien un enfoque de la aplicación de las últimas técnicas en ingeniería

mecánica de precisión, teoría del control, ciencias computacionales y electrónica al proceso de diseño para la creación de productos más funcionales y adaptables.

Para que un diseño tenga éxito en la actualidad, se necesita que la electrónica y el control computacional sean incluidos en el proceso de diseño a la vez que se definen las funciones y propiedades básicas del producto. Prácticamente, cada nuevo diseño mecánico (por ejemplo, en los productos de consumo, productos de oficina, instrumentación de laboratorio, en la automatización industrial, en los sistemas aeroespaciales) puede incluir un sistema con microprocesadores como parte integral de sus posibles alternativas.

Un especialista en Mecatrónica adquiere un conocimiento general de varias técnicas interdisciplinarias que lo capacitan para dominar el proceso entero de diseño. Es capaz de comprender y aplicar la mezcla particular de tecnologías y los recursos cognoscitivos de otros especialistas que garantizarán la solución más económica, innovadora, elegante y apropiada al problema. Así, el verdadero beneficio del enfoque mecatrónico en el diseño para la industria son menores tiempos de ciclo en el desarrollo de productos, menores costos, mejor calidad, confiabilidad, funcionalidad y desempeño.

Las disciplinas centrales de la Mecatrónica están establecidas por su mismo nombre, mecánica y electrónica. Literalmente, el término “meca” se debe entender como un amplio aspecto de la ingeniería mecánica, mientras que por “trónica” se debe entender un conjunto de disciplinas relacionadas con la microelectrónica y las tecnologías de la información.

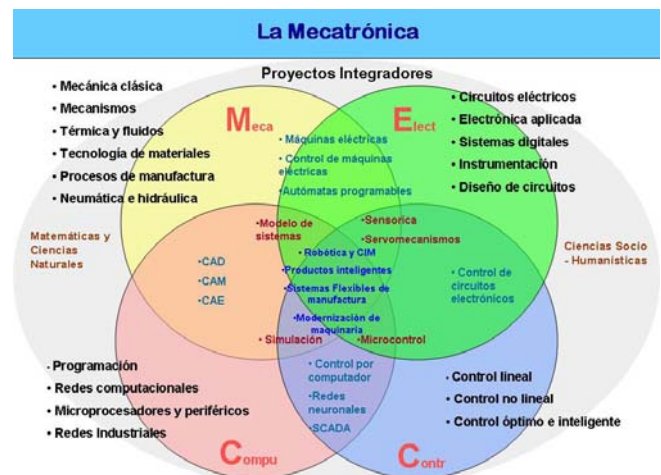


Figura 1. Mapa conceptual de la Mecatrónica.

La definición adoptada por la Comunidad Económica Europea es: “la Mecatrónica es la combinación sinérgica de la ingeniería mecánica de precisión, la electrónica, los sistemas de control, las ciencias computacionales y el pensamiento sistémico en el diseño de productos y

procesos de manufactura”. En la figura 1 se aprecia un ejemplo de las áreas del conocimiento involucradas en la Mecatrónica.

Para Takashi Yamaguchi del Laboratorio de Ingeniería Mecánica de Hitachi Ltd en Ibaraki, Japón, la Mecatrónica es “una metodología para diseñar productos que requieren de un desempeño rápido y preciso. Estas características se pueden alcanzar no sólo considerando el diseño mecánico sino también el uso de servomecanismos, sensores y electrónica” [2].

La definición que proporciona Giorgio Rizzoni, profesor asociado de ingeniería mecánica de la Universidad Estatal de Ohio en Colón, “es la Mecatrónica la confluencia de métodos de diseño tradicional con sensores y tecnología de instrumentación, control y tecnología de actuadores, sistemas a microprocesadores y software de tiempo real. Los productos mecatrónicos, exhiben ciertos rasgos distintivos, como el reemplazo de muchas funciones mecánicas por electrónicas, las cuales generan una mayor flexibilidad y facilidad de rediseño o reprogramación; la habilidad de llevar a cabo control distribuido en sistemas complejos; y la habilidad de dirigir adquisición automatizada de datos y monitoreo”.

Según Masayoshi Tomizuka, profesor de ingeniería mecánica en la Universidad de California, Berkeley, y editor en jefe de la revista trimestral *Transacciones de la IEEE/ASME sobre Mecatrónica*, “La Mecatrónica no es más que la buena práctica del diseño”. La idea básica es aplicar nuevos sistemas de control para extraer nuevos niveles de desempeño de un dispositivo mecánico. Esto significa usar tecnología moderna y rentable para mejorar el desempeño y flexibilidad de un producto o proceso. En muchos casos, la aplicación de la computadora y la tecnología de control llevan a una solución de diseño más elegante que si se hubiera llevado uno puramente mecánico. Teniendo una idea buena de lo que puede hacerse usando otros medios además de los mecánicos, la libertad en el diseño aumenta y los resultados mejoran”.

Charles Ume y Marc Timmerman, profesores de ingeniería mecánica del Instituto Tecnológico de Georgia y de la Universidad de Tulsa respectivamente, definieron la Mecatrónica como una aplicación del concepto de ingeniería concurrente al diseño de sistemas electromecánicos [3].

A continuación se exponen las posiciones de algunos reconocidos especialistas del ramo sobre el objetivo y el desarrollo de la Mecatrónica [4].

*Ernest O. Doebelin* profesor emérito de la Universidad Estatal de Ohio y miembro de la ASME, permanece escéptico sobre la idea de integrar las distintas disciplinas en un campo de la ingeniería llamada Mecatrónica: “es ciertamente una palabra atrayente, pero es un desarrollo evolutivo, más que revolucionario. Ahora que las

computadoras son pequeñas y relativamente baratas, apenas tiene sentido para los diseñadores incluirlas en los productos. La Mecatrónica es realmente la familiaridad con todas las demás tecnologías: computadoras, software, mandos avanzados, sensores, actuadores, para hacer posible productos de alta tecnología”.

Para *Davor Hrovat*, jefe del personal de especialistas técnicos del Laboratorio de Investigación de Ford en Dearborn, Michigan: “la palabra singulariza una área que quizás no es una sola área. Mecatrónica es una mezcla de tecnologías y técnicas que juntas ayudan a diseñar mejores productos”.

*David M. Auslander*, profesor de ingeniería mecánica de la Universidad de California en Berkeley comenta: “nosotros tenemos ahora una tecnología viable para el control computarizado de sistemas mecánicos en todos los niveles, desde tostadores hasta automóviles. Hoy tenemos sistemas mecánicos para los cuales su desempeño se define por lo que contiene su computadora, como sus algoritmos de software, redes neuronales, o lógica difusa. Sólo eso lo hace diferente de cualquier cosa que se pudo haber hecho hace 25 años”.

El enfoque del investigador en robótica belga *Hendrik M. J. Van Brussel*, publicado en *Transacciones* en junio de 1996, sigue un tema similar: “en el pasado, el diseño de máquinas y productos ha sido, casi exclusivamente, la preocupación de ingenieros mecánicos. Las soluciones para controlar y programar funciones eran agregadas por ingenieros de control programadores, después de que la máquina había sido diseñada por ingenieros mecánicos. Esta forma de ingeniería secuencial normalmente producía diseños sub-óptimos. Recientemente, el diseño de máquinas ha sido influenciado profundamente por la evolución de la microelectrónica, la ingeniería de control y las ciencias computacionales. Lo que se necesita como una base sólida para diseñar máquinas de alto rendimiento, es una sinergia entre las distintas disciplinas de la ingeniería. Esto es exactamente a lo que la Mecatrónica está apuntando; es un enfoque de ingeniería concurrente en el diseño de máquinas. Para mí, la Mecatrónica abarca la base de conocimiento y las tecnologías requeridas para la generación flexible del movimiento controlado... pues un rasgo esencial en el comportamiento de una máquina, es la ocurrencia de movimientos controlados y/o coordinados de uno o más elementos de la máquina. La generación y coordinación de los movimientos requeridos, de tal forma que la *raison d'être* de la Mecatrónica es el cumplimiento de un desempeño y exactitud cada vez mejor”.

Por tanto, la posición de muchos expertos coincide en que la Mecatrónica, aunque no es una disciplina nueva, sí es un nuevo enfoque de la ingeniería mecánica que reside en la aplicación concurrente de nuevas y múltiples tecnologías de software y hardware en el proceso de

diseño para la construcción de productos y procesos de mejor calidad y desempeño.

### 2.3 La educación por ciclos propedéuticos

Parece claro que la modernización de la Sociedad Colombiana, independientemente de la estrategia que se adopte, requiere del fortalecimiento de su infraestructura científica y tecnológica como base del plan de desarrollo, ya que las ventajas comparativas de los países tienden a cimentarse progresivamente en intangibles, como el conocimiento, la capacidad empresarial y el desarrollo de nuevas formas organizacionales [5]. Las experiencias exitosas de los llamados “nuevos países industrializados”, localizados en el sudeste asiático, nos muestra cómo se puede evitar la dependencia de la exportación de productos básicos y acceder al mercado de bienes manufacturados o productos básicos con un alto valor agregado, con lo que las ventajas comparativas relacionadas con el bajo costo de la mano de obra o fácil acceso a las fuentes de materias primas, resultan sustentadas en el proceso de desarrollo de los recursos humanos. Diversos analistas han concluido que el énfasis en la educación permitió generar un gran acervo de profesionales y trabajadores calificados, capaces de responder a las necesidades de la economía mundial [6].

Hoy más que antes, nuestro país debe luchar por la adaptación y apropiación de nuevas tecnologías y su aplicación con un enfoque concurrente para mantener competencias en los mercados y en la producción masiva de bienes y servicios, al tiempo que aseguren la creación de nuevos empleos calificados. Nuestra universidad no puede mantenerse al margen de esta lucha ni ignorar el marco científico y tecnológico en que ella se desenvuelve. Si la Universidad Tecnológica de Pereira quiere mantener y mejorar su condición de desarrollo, ella debe aportar estrategias adecuadas entre las cuales están:

1. La creación de nuevos programas que integren las diferentes competencias del ingeniero y tecnólogo<sup>1</sup>.
2. La generación de nuevos programas que integren las carreras técnicas tradicionales, las tecnologías e ingenierías y los postgrados.

La primera de las estrategias es puntual y busca que un ingeniero además de las competencias propias de la ingeniería, deba poseer las competencias de tecnólogo; esto con el propósito de hacer un profesional más integro. La segunda de las estrategias proviene de la necesidad de

consolidar un ciclo formativo integral, desde la misma secundaria hasta el nivel de postgrado en todas las áreas del conocimiento.

La educación profesional tradicional conlleva a una persona a hacer de forma secuencial la tecnología y posterior la ingeniería, lo cual genera resultados poco efectivos. Esto debido a que en el medio en términos prácticos, pesa considerablemente más el título de mayor valor, es decir, el título de tecnólogo palidece en contraste al de ingeniero. Esto no parece ser justo, pero es el resultado de una educación que no obedece a una estratagema por ciclos del conocimiento.

El real objetivo es que cada persona fije el nivel educativo en el cual quiera desempeñarse, por ejemplo, partiendo desde la media técnica, puede orientarse por ser técnico, tecnólogo, ingeniero, especialista, magíster, etc. Todo esto siguiendo un ciclo coherente de competencias adquiridas, proporcionando un fundamento sólido en el área del conocimiento. Esto beneficiará al medio y a la universidad; el medio contará con personas capacitadas específicamente en sus necesidades y las cuales pueden seguir su formación y la universidad hará más eficiente el manejo de sus recursos al tener programas académicos afines en un mismo hilo y no como entidades independientes del conocimiento.

### 2.4 La Mecatrónica en la educación por ciclos propedéuticos en la Universidad Tecnológica de Pereira

Recientemente, el proceso de industrialización de una región o país está influenciado por los avances e implementaciones en microelectrónica, control electrónico, ingeniería y tecnología eléctrica y mecánica, ciencias de la computación y conocimientos afines. Estos son necesarios para el diseño y construcción de productos óptimos que permitan competir en los mercados y que aseguren estándares de calidad aceptables. La sinergia entre las distintas disciplinas de la ingeniería y tecnología, con las diferentes disciplinas técnicas, impulsan la creación de la Ingeniería Mecatrónica por ciclos propedéuticos; un enfoque nuevo en la educación donde convergen varias disciplinas del conocimiento y destrezas en la adaptación, aplicación y desarrollo de nuevas tecnologías para el diseño y producción de bienes y servicios de calidad.

La Corporación Tecnológica Colombiana fue una de las gestoras de esta especialidad estructurando dos programas: Instrumentación y Control Industrial e Hidroneumática, los cuales posteriormente se convirtieron en Tecnología Mecatrónica. Luego se desarrolló como ingeniería en la Universidad Militar Nueva Granada, La UNAB y la Universidad Santo Tomás de Aquino. De estas primeras experiencias y del análisis del sector productivo en el ámbito nacional y regional que mostró una carencia en los procesos industriales debido a la falta de automatización y eficiencia de sus sistemas, se concluyó que los nuevos

<sup>1</sup> En la Universidad Tecnológica de Pereira los programas académicos solo agregan competencias, no las integran, por ejemplo, la tecnología y la ingeniería son carreras aparte y pueden desarrollarse por separado sin tener un lazo en común.

ingenieros egresados integrarán conocimientos de diversas ramas de la ciencia con el fin de lograr un adecuado automatismo y control de procesos industriales, obteniendo reducción de tiempos de producción, costos, eficiencia, precisión, estabilidad, alto rendimiento, inteligencia, flexibilidad y alta confiabilidad.

La Universidad Tecnológica de Pereira cuenta con ingenierías en: Mecánica, Industrial, Sistemas, Eléctrica, Electrónica, Física, lo que proporciona una gran ventaja a la hora de establecer proyectos interdisciplinarios, aplicar diversas tecnologías, generar actividades de extensión, reforzar las actividades de docencia y fortalecer los proyectos de investigación.

La Universidad Tecnológica de Pereira plantea la Mecatrónica en el marco de la Ley 749 de 2002 (ciclos propedéuticos) en tres ciclos así: *Primer ciclo: Técnico profesional en Mecatrónica, segundo ciclo: Tecnólogo en Mecatrónica y tercer ciclo: Ingeniero en Mecatrónica*, como se ilustra en la figura 2.

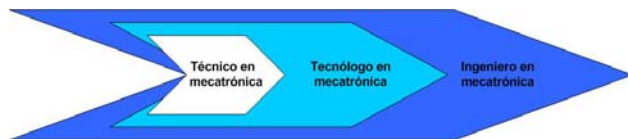


Figura 2. Ingeniería Mecatrónica en ciclos propedéuticos

El programa se enmarca dentro de las políticas promovidas por el Gobierno Nacional en lo referente al proyecto del *Ministerio de Educación Nacional (MEN)* para el desarrollo científico y técnico del país.

A continuación se describen algunos estudios, normativas y oportunidades que demuestran las necesidades de innovación tecnológica que sustentan la creación del programa de Mecatrónica por ciclos propedéuticos en el departamento de Risaralda, la Ecorregión del Eje Cafetero y en el país:

- Lineamientos básicos para la consolidación de una política orientada al aumento de la cobertura con calidad en el marco de Visión Colombia II Centenario: 2019.<sup>1</sup>
- Proyecto del MEN para el “Fortalecimiento de la Educación Técnica y Tecnológica en Colombia”, bajo el documento Conpes 3360 de 2005.
- Alianza departamental por una educación pertinente, Técnica y Tecnológica en Risaralda bajo la convocatoria del MEN para el fortalecimiento de la educación Técnica y Tecnológica en Colombia.

- Zonas Económicas Especiales de Exportación – ZEEEX.
- El programa nacional de Electrónica, Telecomunicaciones e Informática, ETI.
- Plan Estratégico del Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico, Industrial y Calidad, 2000-2010.
- Boletines del Observatorio Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Agenda de ciencia y tecnología para el Risaralda.
- Informe general de desarrollo humano 2004 del PNUD para el eje cafetero.
- Estudio del medio social externo para el desarrollo de la estructura curricular del programa de Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de Pereira

### 3. CONCLUSIONES

De acuerdo a la perspectiva de la industria colombiana, la Universidad Tecnológica de Pereira decidió crear el programa de Mecatrónica por ciclos propedéuticos como respuesta a la necesidad para proveer educación y entrenamiento para un nuevo semillero de técnicos profesionales, tecnólogos e ingenieros que sean proficientes en la aplicación combinada de mecánica, electrónica, control y ciencias de la computación para realizar y manejar procesos sofisticados de manufactura y operaciones tecnológicas que redunden en productos de alto valor agregado y calidad, acorde a las exigencias del mercado laboral.

El programa de Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de Pereira se diferencia de los otros programas de igual denominación en el ámbito nacional, por la modalidad de educación. La principal diferencia esta relacionada con los ciclos propedéuticos; para ser ingeniero mecatrónico, el estudiante pasará por ciclos de formación técnico, tecnológico y profesional. La Mecatrónica por ciclos podrá interactuar transversalmente, inicialmente con las tecnologías e ingenierías que ofrece la Universidad actualmente.

### 4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] KEVIN CRAIG. Mechatronics in university and professional education. ¿Is there anything really new here? Department of Mechanical Engineering, Aeronautical & Mechanics, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy NY
- [2] STEVEN ASHLEY. Getting a hold on Mechatronics. Mechanical Engineering Magazine. May 1997.

<sup>1</sup> Documento Visión Colombia 2019, Departamento Nacional de Planeación: www.dnp.gov.co

- [3] CHARLES UME, MARC TIMMERMAN. Mechatronics instruction in mechanical engineering curriculum at Georgia Tech. Proceedings of the Workshop on Mechatronics Education. Stanford University. July 21-22, 1994.
- [4] MEMIS ACAR. Mechatronics Education in the UK. Mechatronics Forum Newsletter. No. 13. Winter 1995.
- [5] ORDUZ, R. Infraestructura científica y ambiental. Plantación y desarrollo, Vol. XXIII, No.1 Mayo, 1992.
- [6] NAYA, S; ILMADA, P. Por que las económicas de Asia Oriental han sido exitosas, lecciones para Latinoamérica. Coyuntura economic, Vol., No. 2, Junio, 1991.