

**CDMX a 31 de marzo de 2023**

**H. Consejo Divisional de DCBI**

Presente

Tengo planeado solicitar sabático por seis meses en el 2024 para hacer un libro de Aplicaciones de Ecuaciones Diferenciales y poder trabajar en un proyecto de automatización en el sector textil por lograrse. Además, soy presidente del Consejo Editorial de la División, Integrante del comité Internacional del CIIF y del comité editorial de la propuesta de una Revista de Divulgación de la División.

Soy coordinador junto con otros dos profesores de DCSH y DCyAD del Programa Interdivisional de consultoría en Ingeniería, Economía y Diseño que ofrece la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco a la Industria manufacturera de la Zona Industrial Vallejo, adjunto el Programa.

Po lo anterior está vez solicito ser excluido para ser integrante de la Dictaminadora del Área de ingeniería.

**Atentamente**



**M. en C. Gerardo Aragón González**

**Programa de Desarrollo Profesional en Automatización**

**No. Eco. 1363**

# **Programa Interdivisional de consultoría en Ingeniería, Economía y Diseño que ofrece la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco a la Industria manufacturera de la Zona Industrial Vallejo**

## **Introducción.**

Desde hace poco más de treinta años, el desarrollo vertiginoso de los sistemas de control electrónicos, su aplicación a procesos de manufactura y en particular a los sistemas que transmiten potencia a través de un fluido (hidráulica y neumática), condujeron a una recomposición de las disciplinas de ingeniería.

En todo el mundo, principalmente en Estados Unidos y Canadá, comenzó a tomar cuerpo la identificación de un nuevo perfil profesional en ingeniería, el de un especialista que combina capacidades propias de la ingeniería electrónica o eléctrica —como son el diseño y operación de sistemas de control y de alimentación de potencia eléctrica— con habilidades tradicionalmente reservadas para los ingenieros mecánicos —como es el diseño y operación de mecanismos, la aplicación de sistemas de potencia fluida y el conocimiento de los fenómenos de transporte.

Estos nuevos profesionales trabajan con las aplicaciones tecnológicas que la mayoría denomina «automatización», o que se enuncian con nombres de invención más reciente como el de «mecatrónica». En la actualidad, en el norte del continente se denomina «control de movimiento» a un campo muy importante de la automatización, que atiende las tecnologías para impulsar el movimiento de las máquinas por medio de actuadores electromecánicos, servomotores, actuadores neumáticos e hidráulicos y motores a pasos.

El control de movimiento reúne un amplio conjunto de recursos tecnológicos, la mayoría de los cuales pertenece a los estados más avanzados de complejidad y evolución técnica contemporánea. De hecho, si se revisa en forma somera a las empresas involucradas en la creación de tecnología, comercialización e investigación básica para el control de movimiento, nos encontraremos con algunas de los grupos industriales multinacionales más poderosos y diversificados (Mitsubishi, Parker Hannifin Corp., Festo Corp., The Rexroth Corp., Racine Bosch Group, Honeywell Inc., Allen Bradley Co. Inc., Siemens, etc.), alrededor de los cuales funciona un amplio conjunto de empresas muy variadas en capacidades y alcances comerciales.

## **La Industria 4.0.**

Alrededor de 2009 maduró lo que se considera la cuarta revolución industrial, denominada Industria 4.0, un conjunto de tecnologías relacionadas con la integración, innovación y autonomía de los procesos productivos, de consumo y de transferencia de información. En el contexto de la Industria 4.0 se desarrolló el «Internet de las Cosas» (IoT, las siglas de la expresión en inglés *Internet of Things*). IoT consiste en una red de objetos físicos que llevan sensores integrados, software y otras tecnologías con el fin de conectar e intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas a través de Internet. Algunos ejemplos inmediatos son los sistemas Smart Home de Alexa y de Google, que permiten conectar a Internet y controlar objetos cotidianos como aparatos de cocina, vehículos, termostatos, iluminación, cámaras de vigilancia, mediante el uso de dispositivos integrados.

El Internet de las Cosas aplicado a la industria se denomina «Internet Industrial de las Cosas» (IIoT, las siglas de *Industrial Internet of Things*). El IIoT se enfoca en las comunicaciones máquina a máquina a través de sensores (M2M, del inglés *machine to machine*), y en el análisis avanzado de grandes volúmenes de datos para descubrir patrones ocultos, correlaciones, tendencias del mercado y otros conocimientos (el llamado *Big Data*), conectando fases de procesamiento basadas en IoT.

En varios países se llevan a cabo desarrollos tecnológicos dentro de la Industria 4.0. Grandes empresas tienen laboratorios dedicados a la investigación y prueba de nuevas tecnologías. Volkswagen tiene el Laboratorio de Producción Inteligente (SPL, *Smart Production Lab* en inglés), situado en Wolfsburg, Alemania. En este laboratorio los ingenieros expertos en IoT desarrollan software y hardware, construyen prototipos y experimentan con nuevas tecnologías directamente en las líneas de producción de la planta de producción en Wolfsburg.

Uno de los proyectos que desarrollan en la actualidad en el SPL es una tecnología de sensores que mide constantemente diversos parámetros de las máquinas: intensidad de corriente, flujos de aire y presiones, entre otros. Toda la información proveniente de los sensores se concentra en un sistema de evaluación que predice cuándo podría fallar cierta máquina. Así, las máquinas pueden ser intervenidas y recibir mantenimiento preventivo, antes que se produzca una falla y se susciten paros de producción.

En la actualidad, un amplio conjunto de industrias trabaja con esquemas de producción fragmentados y deslocalizados, con sistemas de control de las máquinas que todavía dependen de la presencia inmediata de un supervisor. El uso del IIoT ofrece una solución viable para paliar las limitaciones de estos sistemas productivos.

La distancia que separa a la mediana industria mexicana del estado de desarrollo que caracteriza a las corporaciones multinacionales de la tecnología, expresada en términos del tiempo necesario para acceder a formas tan elaboradas de investigación, desarrollo, manufactura y comercialización, es de varias decenas de años. En el estado actual del país, al

menos en lo correspondiente a fortaleza económica y producción del conocimiento, parece un sueño la pretensión de competir con adversarios tan descomunales.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Ofrecer servicios de consultoría en ingeniería, para atender las necesidades de evolución tecnológica de las industrias manufactureras de la Zona Industrial Vallejo.

### **Objetivos particulares**

1. Desarrollar diagnósticos técnico-económicos sobre el estado operativo de los procesos productivos en las industrias.
2. Diseñar soluciones que permitan superar las principales problemáticas de las empresas.
3. Propiciar una mejora en la rentabilidad de las empresas.

## **Métodos**

El trabajo de consultoría incluye ejecutar un diagnóstico de las empresas, de su funcionamiento, los recursos que tienen disponibles y —sobre todo— de la viabilidad de sus planes de ingeniería. La importancia de ese análisis se explica por la enfática heterogeneidad que existe entre las empresas en México y América Latina. En 2016 la productividad del trabajo de una empresa mediana era, en promedio, menos de la mitad de la correspondiente a una empresa grande. En las empresas pequeñas la productividad laboral alcanzaba apenas el 23% de la productividad de una empresa grande y las microempresas presentaban una productividad laboral equivalente a solo 6% de la correspondiente a las empresas grandes [1].

Con base en el diagnóstico se diseñarán soluciones para superar los problemas específicos que enfrenta la empresa, subrayando el efecto social que traería el conjunto de soluciones propuestas y la viabilidad de financiamiento para su instrumentación. Una vez que las posibles soluciones se hayan consensuado con la empresa, se establecerá un plan de acción con el fin de implementar las mejoras propuestas a nivel de planta.

---

1 Cepal (2020). Sectores y empresas frente al COVID-19: emergencia y reactivación. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45734/4/S2000438\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45734/4/S2000438_es.pdf)

Las acciones para mejorar la rentabilidad de las empresas deberán incidir en los siguientes aspectos:

- a. Una reducción de costos, debido a la disminución de costos en la compra de materiales, la reducción de la tasa de defectos y del tiempo innecesario que se consume para hacer funcionar una máquina, la reutilización de materiales sobrantes y la subcontratación de la entrega a una empresa externa.
- b. Abreviar el tiempo empleado para llevar a cabo cada proceso de fabricación, reduciendo el costo de la mano de obra. Actividades tales como enumerar elementos para inspección, ordenar, acortar la vía de movimiento de materiales y minimizar y simplificar tareas, pueden impactar en una reducción de costos de mano de obra y acelerar el tiempo de entrega de los productos terminados.
- c. Mejorar la capacidad de producción y posibilitar el aumento de las ventas estimadas. Por ejemplo, al tener mejor capacidad de respuesta se pueden mantener las existencias en función de las necesidades, para evitar la acumulación de stock y mejorar la productividad general y la de largo plazo.

Las soluciones tecnológicas propuestas —y el diseño de escenarios prospectivos sobre sus efectos sociales— permitirán presentar proyectos a las administraciones públicas, de cara a procesos de concesiones en sectores que no afecten la seguridad nacional. También se auxiliará en la gestión de las obras, necesarias para la consolidación de las soluciones técnico-económicas en los diversos tipos de empresas.

El empleo del programa PyMES-Digitales —orientado a proveer información sobre tecnologías innovadoras, computación en la nube, servicios para enfrentar nuevos procesos y calificaciones con evaluación de calidad— puede apoyar en transformación digital de las micro, pequeñas y medianas empresas.

## **Alcances**

Los programas de asistencia técnica diseñados por la oficina de consultoría se orientarán, en un principio, a los siguientes campos:

- Automatización y control de plantas de manufactura
- Diseño de redes industriales.
- Medición de la productividad y costos.
- Medición de la rentabilidad.

Y en el mediano y largo plazo a desarrollar propuestas tecnológicas con las capacidades de la industria 4.0, a saber:

- La personalización de la producción en masa: la nueva industria permite una producción más flexible y una personalización asequible.
- Trazabilidad y mantenimiento predictivo: las tecnologías 4.0 permiten el monitoreo en tiempo real de dispositivos, máquinas y datos, lo que facilita la rápida detección y solución de problemas y una monitorización más precisa.
- Virtualización: los sensores, los datos en la nube y la conectividad permiten gestionar todos los procesos a distancia.
- Descentralización: como las máquinas son inteligentes, pueden autorregularse en función de los cambios y la demanda del mercado, liberando así al personal para realizar otras funciones más estratégicas.
- SaaS (Software como Servicio): en la Industria 4.0 los programas informáticos se ofrecen como servicios en lugar de como productos, alojados en la nube y ofrecidos a los compradores con cargos recurrentes para proporcionar una mayor asistencia al cliente.
- Intercomunicación: los sistemas y máquinas están conectados entre sí y pueden comunicarse.

## Participantes

**1. M. en C. Gerardo Aragón González.** Profesor (fundador) Titular “C” desde 1994, en el Departamento de Energía, en la UAM Azcapotzalco. Fundador e integrante desde 1992 del *Programa de Desarrollo Profesional en Automatización* en esta universidad. Teléfono (55) 5318-9057, email: [gag@azc.uam.mx](mailto:gag@azc.uam.mx)

Licenciado en Física y Matemáticas de la ESFM del Instituto Politécnico Nacional (1977). Maestro en Ciencias en Matemáticas (1979), en la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESFM, en el Instituto Politécnico Nacional.

Ha recibido continuamente las becas de reconocimiento docente, de los grados académicos, de la permanencia (desde 1996) y de la trayectoria académica (desde 2002) y estímulo a la docencia e investigación (18 veces). Ha participado como sinodal en dos exámenes de Maestría y veinte de licenciatura, ESFM (IPN), y dirigido dos tesis de maestría, ESFM (IPN). Ha dirigido nueve tesis de licenciatura individuales y una colectiva, ESFM (IPN) y veinte Proyectos de Integración (UAM Azcapotzalco). Ha impartido más de quince asignaturas en licenciatura y posgrado.

Ha desarrollado más de veinte prototipos para la pequeña y mediana industria. Autor de seis capítulos de libro, diez libros de texto (tres han sido premiados). Autor de múltiples publicaciones en el Journal Citations Reports (45; 268 citas). Líneas de Investigación: Optimización de Ciclos de Potencia. Aplicaciones de Álgebras de Clifford en Cristalografía y CAD/CAM. Su perfil se encuentra en:

[http://scholar.google.es/citations?hl=es&user=kRY33gQAAAAJ&view\\_op=list\\_works&pagesize=100](http://scholar.google.es/citations?hl=es&user=kRY33gQAAAAJ&view_op=list_works&pagesize=100).

**2. Mtra. Verónica Arroyo Pedroza.** Profesora Titular “C” en el departamento de Evaluación del Diseño en el Tiempo de la UAM Azcapotzalco, desde 1991. Teléfono (55) 5318-9179, email: [vap@azc.uam.mx](mailto:vap@azc.uam.mx)

Estudió la licenciatura en Diseño de la Comunicación Gráfica en la Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco. Cursó una especialidad en Psicología cognitiva y la Maestría en Diseño de Nuevas tecnologías. Del 2008 al 2015 coordina el Diplomado profesionalizante en Animación de Personaje *Animaturas*. De 2009 a 2010 fungió como Secretaria Académica de la División de Diseño de la Unidad Azcapotzalco. En 2018 es nombrada Secretaria de Unidad y funge como Rectora en funciones de la UAM Azcapotzalco hasta octubre de 2019

**3. Dr. Israel Barragán Santiago.** Profesor Asociado “D” en el Departamento de Energía de la UAM Azcapotzalco, desde 2017. Teléfono (55) 5318-9057, email: [isbasa@azc.uam.mx](mailto:isbasa@azc.uam.mx)

Estudió la licenciatura en Ing. Mecánica en la Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco. Realizó estudios de Maestría en Producción automatizada en la Université de Franche-Comté, Besanzón, Francia (2003) y obtuvo el grado de Doctorado en Automatización en la École Normale Supérieure de Cachan, France (2007). De 2007 a 2016, se desempeñó como Líder de proyectos en el Centro de Tecnología Avanzada CIATEQ - CONACyT.

Es especialista en el diseño y puesta en marcha de sistemas automatizados industriales, así como en el manejo de tecnologías y equipos de automatización como la programación de PLC's, de HMI's, de control numérico computarizado CNC, dibujo mecánico, servomotores, neumática e hidráulica industrial. Durante su estancia en CIATEQ dirigió y participó en diez proyectos de desarrollo tecnológico e implantación de soluciones llave en mano.

Posee amplia experiencia en la gestión, coordinación y desarrollo de proyectos, industriales y de desarrollo tecnológico, así como en el manejo de personal especializado, en atención a clientes, y en la elaboración y negociación de propuestas técnico-económicas. Es capaz de llevar a cabo proyectos considerando aspectos implicados como tecnología, recursos humanos, financieros y factor tiempo. Sus áreas de interés incluyen la detección de errores de funcionamiento de automatismos industriales, así como el análisis de seguridad, modelado y verificación de sistemas automatizados.

**4. Dr. Armando Gómez Vieyra.** Profesor Titular “C” en el Departamento de Ciencias Básicas de la UAM Azcapotzalco, desde 2008. Teléfono (55) 5318-9382, email: [agvte@azc.uam.mx](mailto:agvte@azc.uam.mx)

Estudió la licenciatura en Ingeniería Electrónica en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco y sus estudios de maestría y doctorado en el Centro de Investigaciones en Óptica A.C. Ha pertenecido al Sistema Nacional de Investigadores Candidato y Nivel 1 y es miembro regular de la OSA y SPIE. Ha realizado estancias de investigación en la Universidad de Murcia (España), en la Universidad de Rochester (EU) y en la Universidad de California-

Santa Cruz (EU). Ha escrito más de 40 trabajos de investigación publicados en diseño óptico, ciencias de la visión e instrumentación electrónica y tres capítulos en libros.

Ha dirigido 42 tesis de licenciatura en el IPN y proyectos de integración en la UAM, 3 tesis de maestría y una de doctorado. Su trabajo de investigación se centra en el desarrollo de instrumentos oftalmológicos y optométricos, además de realizar investigación en ingeniería óptica, optoelectrónica y sensores ópticos. Fue ganador del Premio a la Docencia otorgado por Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, División de Ciencias Básicas e Ingeniería en 2017. Ha organizado diversos eventos especializados y de divulgación científica. Ha recibido financiamiento para sus investigaciones por CONACyT y PROMEP. Habitualmente imparte docencia en licenciatura y posgrado en el área de óptica e instrumentación electrónica.

**5. Dr. Jesús Vicente González Sosa.** Profesor Asociado "D" en el Departamento de Sistemas de la UAM Azcapotzalco. Teléfono (55) 5318-9000, email: [jvgs@azc.uam.mx](mailto:jvgs@azc.uam.mx)

Es Ingeniero Mecánico por la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Estudio la Maestría y el Doctorado en Ingeniería Mecánica en el Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. En el periodo del 2005 al 2018 formó parte del personal académico de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Ha redactado artículos indexados, artículos de divulgación, participado como ponente en congresos nacionales e internacionales, foros, simposio, seminarios, coloquios. Ha colaborado en diversas actividades con el CENEVAL, en comités técnicos de congresos y en proyectos PAPIIT y PAPIIME en la UNAM. Participa en proyectos de investigación de la UAM Azcapotzalco. Coordinador del Proyecto PRODEP del Departamento de Sistemas, de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería en la UAM Azcapotzalco.

Sus áreas de interés y desarrollo para capacitación y asesoría incluyen la aplicación de las ciencias en ingeniería, mantenimiento Industrial, desarrollo de equipos de prueba, aplicación y evaluación de materiales, análisis de procesos de manufactura, manufactura aditiva (impresión 3D), diseño y desarrollo de nuevos productos, instalaciones industriales y manejo de materiales, algoritmos aplicados a la ingeniería y Pilares de la Industria 4.0.

**6. Dr. Luis Kato Maldonado.** Profesor Titular "C" en el Departamento de Economía, en la División de Ciencias Sociales y HUMANIDADES de la UAM Azcapotzalco. Teléfono 55 5318 9377, email: [katomaldonado@gmail.com](mailto:katomaldonado@gmail.com)

Realizó estudios de licenciatura en Economía en UAM-A (1979-1983), de Maestría en Economía en la Facultad de Economía de la UNAM, con especialización en Economía Política de la Ciencia y la Tecnología (1986-1988) y de Doctorado en Economía en la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Economía de la UNAM (2003 - marzo 2009).

Su experiencia como investigador incluye la participación y coordinación de numerosos proyectos de prospectiva tecnológica, análisis económico y gestión administrativa en diversos sectores productivos. Ha publicado numerosos artículos de investigación en revistas indizadas y dirigido tesis de licenciatura y tesis de posgrado sobre cadenas productivas y gestión empresarial.



**7. M. en C. Alejandro León Galicia.** Profesor Titular en el Departamento de Energía en la UAM Azcapotzalco, desde 1982. Fundador e integrante desde 1992 del *Programa de Desarrollo Profesional en Automatización* (PDPA). Teléfono (55) 5318-9057, email: [alg@azc.uam.mx](mailto:alg@azc.uam.mx)

Es Ingeniero Mecánico egresado de la Universidad Autónoma Metropolitana (1980). Obtuvo su MSc. en el Instituto Politécnico Nacional (1997). Sus actividades se desarrollan en el PDPA, un grupo académico que brinda capacitación y asesoría, desarrolla procesos y diseña prototipos para satisfacer necesidades específicas.

Ha desarrollado más de veinte prototipos para la pequeña y mediana industria. Autor de seis capítulos de libro, diez libros de texto (tres han sido premiados). Autor de múltiples publicaciones en revistas indizadas. Ha coordinado la generación de soluciones para satisfacer necesidades tecnológicas de las pequeñas y medianas empresas, relacionadas con las aplicaciones de la potencia fluida, control de movimiento y la automatización de procesos de manufactura. Cuenta con el Reconocimiento de perfil deseable por parte del PRODEP.

**8. Dr. César Augusto Real Ramírez** realizó sus estudios de licenciatura en Ingeniería Mecánica en el Instituto Politécnico Nacional (2000). Realizó sus estudios de maestría en Ingeniería Mecánica (2004) en el IPN. Concluyó su doctorado en la UAM (2008). Es profesor Titular C.

Tiene 22 artículos publicados en revistas de alto impacto. Ha publicado un libro y dos capítulos de libros. Coordinador Académico Divisional de Tecnologías de la Información en la División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma Metropolitana de 2015 a 2021. Forma parte del comité académico de validación de casos del CENEVAL en Ingeniería Mecánica. Tiene la distinción por parte de la Secretaría de Educación Pública del perfil PRODEP. Es Investigador Nacional nivel 1.

Sus áreas de interés son: el desarrollo de sistemas de logística y las diferentes áreas de ventas a medida con implementación local, también puede implementar de sistemas en internet Amazon; sin embargo, puede ser el proveedor de su elección. Diseño de sistemas mecánicos; por ejemplo. el caso de bandas transportadoras. Diseño y fabricación de sistemas para el aseguramiento de la calidad mediante el uso de técnicas ópticas y procesamiento de imágenes. Diseño y fabricación de equipos para el transporte de líquidos y sustancias.

**9. Dr. Iván Vázquez Álvarez.** Es Profesor Asociado "D" en el Departamento de Electrónica de la UAM Azcapotzalco. Teléfono (55) 5318-9551, ext. 1040, email: [iva@azc.uam.mx](mailto:iva@azc.uam.mx)

Estudió la licenciatura en Ingeniería en Electrónica con área de concentración en control e instrumentación, en la UAM Azcapotzalco. Es Maestro en Ciencias con especialidad en Ingeniería Eléctrica (opción control automático), por el CINVESTAV Guadalajara. Obtuvo el

Doctorado en Ciencias Físico Matemáticas en el Departamento de Mecánica aplicada y control, de la Facultad de Mecánica y Matemáticas, Universidad Estatal de Moscú Lomonosov.

Ha impartido cursos relacionados con las áreas de Control, Circuitos Eléctricos y Electrónica. Cuenta con diversas publicaciones en las áreas de modelado y control de sistemas. Sus áreas de interés y desarrollo incluyen la automatización de procesos y el modelado y control de sistemas dinámicos.

**10. Dra. Alethia Vázquez Morillas.** Profesora Titular “C” en el Departamento de Energía de la UAM Azcapotzalco. Teléfono (55) 5318-9057, email: [alethia@azc.uam.mx](mailto:alethia@azc.uam.mx)

Es Ingeniera Química por la UAM-Azcapotzalco, M. en C. en Integración de Procesos por la Universidad de Manchester y Dra. en Ciencias e Ingeniería Ambientales por la UAM-Azcapotzalco. Imparte asignaturas a nivel licenciatura y posgrado en temas relacionados con la gestión de residuos. Ha sido Coordinadora de Docencia y del Plan Institucional hacia la sustentabilidad de la UAM-Azcapotzalco e integrante de la Comisión UAM-Sustentable; actualmente forma parte del Comité de la Maestría en Ciencias e Ingeniería Ambientales y del Comité Asesor de la Dirección de Apoyo a la Investigación de la UAM.

Ha dirigido más de 90 tesis de licenciatura y posgrado, la mayoría de ellas enfocadas en los residuos plásticos; desarrolla investigación relacionada con residuos plásticos, microplásticos y otras corrientes de residuos de manejo especial, a través de la colaboración con gobiernos locales, empresas y asociaciones civiles. Es autora de artículos en publicaciones de arbitraje, capítulos de libros y ha realizado múltiples ponencias en foros académicos y de divulgación. Cuenta con el Reconocimiento de perfil deseable por parte del PRODEP y pertenece al Sistema Nacional de Investigadores, con nivel I.

Fue integrante del Comité Científico Asesor de la Organización de las Naciones Unidas para residuos marinos y microplásticos, el Consejo Asesor en Materia de Residuos de la Secretaría de Medio Ambiente, y actualmente participa en el Subcomité de Aspectos Ambientales del Comité Técnico de Normalización Nacional para la Industria del Plástico.

**11. Dra. Maribel Velasco Pérez.** Profesora Asociada “D” en el Departamento de Energía de la UAM Azcapotzalco, desde 2012. Teléfono (55) 5318-9057, email: [maryvela29@gmail.com](mailto:maryvela29@gmail.com)

Obtuvo la Licenciatura en Ingeniería Química (2005) en la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, y la maestría (2008) y el doctorado (2012) en Ciencias Ambientales por la University of East Anglia, en Inglaterra.

Ha sido Coordinadora de la licenciatura en Ingeniería Ambiental y jefa del área de investigación en Tecnologías sustentables, en la UAM Azcapotzalco. Sus líneas de investigación incluyen la gestión y el tratamiento de residuos sólidos urbanos. Ha participado en diversos proyectos de vinculación con la industria relacionados con la gestión de residuos sólidos urbanos y residuos plásticos. Tiene amplia experiencia en caracterización y cuantificación de residuos sólidos y elaboración de planes de manejo de residuos sólidos.

Pertenece la Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a Residuos Sólidos y a la Red Iberoamericana en Gestión y Aprovechamiento de Residuos.

## Anexo I

### Aplicaciones Prioritarias del CONTROL DE MOVIMIENTO en la Industria de Norte 45.

Gerardo Aragón González y Alejandro León Galicia

#### Introducción.

No hace más de veinticinco años, en un puñado de universidades de Estados Unidos y de Canadá comenzó a tomar cuerpo una reconcepción curricular de algunos programas de estudio de ingeniería. La idea central que promovió estas adecuaciones se derivó de la identificación de un nuevo perfil profesional en ingeniería: el de un especialista que combina capacidades propias de la Ingeniería Electrónica o Eléctrica —como son el diseño y operación de sistemas de control y de alimentación de potencia eléctrica— con habilidades tradicionalmente reservadas para los ingenieros mecánicos —como es el diseño y operación de mecanismos, la aplicación de sistemas de potencia fluida y el conocimiento de los fenómenos de transporte.

Estos nuevos profesionales han trabajado en realidad por no menos de 25 años, en las aplicaciones de ingeniería que la mayoría denomina *Automatización*. No obstante que la aplicación de procesos industriales automáticos tiene antecedentes desde la revolución industrial, logró florecer hasta mediados del siglo XX con el surgimiento de la electrónica.

El desarrollo vertiginoso de los sistemas de control electrónicos, su aplicación a procesos de manufactura y en particular a los sistemas que transmiten potencia a través de un fluido (hidráulica y neumática), condujeron a una recomposición de las disciplinas de ingeniería.

Esta confluencia multidisciplinaria de los campos de la ingeniería ha recibido nombres de invención reciente, como el de *Mecatrónica*. En la actualidad, en el norte del continente se le denomina *Control de movimiento*. Esta denominación no consiste tan sólo en un nombre novedoso, también incluye una concepción diferente del quehacer profesional de la ingeniería y —lo más importante para las universidades y los institutos tecnológicos— de la forma en que se capacitan estos profesionales.

En las siguientes secciones se bosquejará un análisis de la importancia del *Control de Movimiento* en los modos de producción contemporánea, de las implicaciones que operan sobre nuestro país por la dependencia tecnológica en este campo, de las posibilidades para disminuir esa dependencia y de la posible formación de nuevos cuadros profesionales que alivien las necesidades de la industria mexicana. Finalmente, se propone la existencia de un conjunto prioritario de aplicaciones del *Control de Movimiento* que debería atraer la atención de

la ingeniería mexicana, para procurar la existencia de condiciones menos desventajosas para la competencia industrial.

### **La tecnología del Control de Movimiento en los modos de producción contemporáneos.**

Como producto de la globalización económica, las empresas mexicanas, grandes y pequeñas, deben adaptarse a las exigencias del mercado y tratar de crecer —o aun subsistir— en condiciones que distan mucho de permanecer constantes. Las empresas no sólo deben mejorar su productividad, sino disminuir costos y aumentar la calidad del producto. También deben estar preparadas para que la aceptación de su producto en el mercado esté condicionada a la satisfacción de normas internacionales, así como a la frecuente aparición de productos sustitutos que ejercen competencia.

Como las exigencias de la producción fabril son tan variables, la maquinaria industrial actual debe tener capacidad para adecuarse a tareas de múltiples propósitos, además de funcionar bajo condiciones de trabajo muy exigentes. Normalmente, se espera que una misma máquina, con el mínimo de restricciones, produzca una gran variedad de piezas, con el menor costo posible, con calidad uniforme y con la flexibilidad para adecuarse rápida y económicamente a profundas modificaciones y cambios sustanciales en los productos. Todas estas capacidades son posibles por el desarrollo de máquinas que operan de manera automática o semiautomática, en ciclos de trabajo cada vez más y más breves. Esta forma de operación de las máquinas contemporáneas enfrenta a los técnicos e ingenieros con nuevas y formidables tareas.

Conviene recordar aquí tres cuestiones con respecto al funcionamiento de las máquinas. La primera es que las máquinas emplean —cada vez con mayor frecuencia— sistemas hidráulicos y neumáticos, cuya concepción y operación tiene al menos 200 años de antigüedad. Segunda, cuando las máquinas son operadas manualmente, los mecanismos hidroneumáticos sólo transmiten la energía necesaria para efectuar la tarea propia de su diseño restringido. Tercera, cuando las máquinas operan en forma automática —controladas por completo— los mecanismos hidroneumáticos, además de la energía, transmiten **información**.

Para operar de modo automático una máquina, en realidad se tiene la necesidad de operar con una compleja red de energía e información. Esta red hace posible que la máquina tome decisiones sobre el transporte adecuado y preciso de piezas, la comprobación de parámetros, la operación con seguridad, la selección de las mejores opciones de acabado, etc. Todas estas complejas decisiones se toman mediante la operación de un gran número de válvulas, interruptores y dispositivos, que controlan el paso de algún fluido. Es posible controlar los dispositivos de manera económica gracias a la existencia de recursos propios de la electrónica.

Como vemos, el problema de la automatización exige la confluencia de varias disciplinas, la cual se denomina *Control de Movimiento*<sup>2</sup>.

Estas condiciones, impuestas por la realidad de los medios de producción, generan un enorme reto para los nuevos cuadros de profesionales en ingeniería: modernizar y actualizar la infraestructura tecnológica ya existente en nuestro país, sin que por ello peligre la subsistencia económica de las empresas. Para ofrecer una respuesta a este reto, puede resultar necesario que nuestras universidades tomen la decisión de modificar el currículum en ingeniería. Además de estas modificaciones, también se tendría que invertir en la formación de profesores en las técnicas de *Control de Movimiento*, asegurar la instalación de laboratorios y contemplar los gastos de su mantenimiento.

### **La dependencia tecnológica y el trabajo universitario.**

La escasa demanda real de producción científica y tecnológica en nuestro país, da por resultado que no exista una *infraestructura científico-tecnológica* sólida. Esta carencia implica que —salvo en pocas excepciones— las universidades e institutos prácticamente no interactúan con el sector productivo<sup>3</sup>. Por consiguiente, el papel de la educación superior en la industria pasa a ser el de un actor secundario. Es por ello que la universidad se orienta, digamos que de modo natural, a la formación profesional y en algunos casos a la investigación básica, la cual no necesariamente está cercana a los problemas nacionales.

En realidad, existe una desvinculación no solamente entre las instituciones y el sector productivo, sino entre la investigación básica y el desarrollo tecnológico. Las causas de este divorcio son de distinta índole, pero, entre todas, hay una que podemos distinguir: la dependencia científica y tecnológica de nuestro país de los países desarrollados. Puesto que en dichos países se posee un acervo tecnológico propio, hay una clara vinculación entre universidad y sector productivo. Aquí conviene destacar, aunque sea brevemente, el compromiso o tarea que les corresponde al quehacer universitario y al sector productivo en dichos países.

En los países desarrollados hay toda una ***estructura productiva***, que produce equipos, materiales y bienes que satisfacen las necesidades de la producción y del consumo de la

---

<sup>2</sup> Al respecto del *Control de Movimiento*, se recomienda consultar las obras de R. FERRÉ (1988), A. GILLÉN (1988) o J. PROKES (1977).

<sup>3</sup> Las consecuencias que operan sobre las universidades por causa de la desvinculación universidad-gobierno-sector productivo son muy diversas. Para mayor precisión, en cuanto a sus repercusiones en el desarrollo económico, ver G. JONES (1973).

sociedad, pero al mismo tiempo formula las demandas de recursos humanos, ideas, creaciones, innovaciones, adaptaciones, etc.

También existe una **infraestructura científica y tecnológica** que comprende laboratorios, institutos y universidades. A través de sus investigaciones básicas, aplicadas y de desarrollo, se producen nuevas tecnologías, procesos y productos que se utilizan tanto en el sector productivo como en el sistema de enseñanza —en sus diversos niveles— para formar los cuadros profesionales y técnicos que requiere el país.

Hay, además, una **estructura gubernamental** que se corresponde con la *productiva* y la *científico-tecnológica*, en donde convergen los conflictos de interés. Su función es la de ordenar, evaluar, jerarquizar y estructurar proyectos y opciones de desarrollo económico y política científica.

Finalmente hay un **sistema de vínculos**, en donde interactúan todos los actores que se han enumerado para impulsar el progreso<sup>4</sup>. Cabe mencionar que en estos países desarrollados la mano de obra es bastante cara, esté calificada o no lo esté. Hay quienes sostienen que en estos países hay un fuerte impulso al desarrollo de tecnología, debido a que la mano de obra es cara. La *estructura productiva* de nuestro país, sobre todo la exportadora, tiene predominio extranjero. Las empresas transnacionales —e incluso las nacionales que adquieren su tecnología de países que están a la vanguardia— funcionan con intereses y esquemas de eficiencia y racionalidad que son planeados y dirigidos en sus lugares de origen. De esta forma se impone a nuestro país la adquisición en el extranjero de equipos, procesos, diseños, manuales de operación y, en el momento oportuno, hasta de supervisores. En estas circunstancias, la demanda de recursos humanos calificados, ideas, creatividad y tecnología nacionales resulta ser muy escasa. En tanto el sector productivo nacional está permeado por tecnología extranjera, no requiere —y poco necesita— de ciencia y tecnología. Por ende, la actividad científica y tecnológica queda marginada de este sector.

En cuanto a la *estructura gubernamental* que opera en México, sus políticas aparentan un gran desinterés por las actividades de ciencia y tecnología, a juzgar por los escasos presupuestos que se destinan para tal rubro año con año. Lo peor de todo es que el 80% del presupuesto universitario proviene del gobierno y el resto del sector privado (en Japón las cifras se encuentran a la inversa y en Estados Unidos es de 50% en cada rubro). Los recursos asignados a las universidades se destinan, fundamentalmente, a formar profesionales que son empleados o subempleados en funciones de administración y servicios, o como operadores de tecnología

---

<sup>4</sup> Se puede encontrar una visión más completa de la aplicación en países subdesarrollados de estos cuatro elementos; cfr. J. WHITAKER (1976) y A. SABATO (1972).

extranjera. De aquí que exista una inercia, al interior de las universidades, de no involucrarse en los problemas nacionales.

En cuanto al *sistema de vínculos*, es un sistema casi nulo si se mide su existencia en términos del impulso para el progreso material conseguido. Por ejemplo, es muy raro que los sectores empresariales se pronuncien o asuman un compromiso para impulsar o colaborar con las políticas científicas y tecnológicas que el gobierno pretende llevar a cabo. Finalmente, lo que es peor, en nuestro país abunda la mano de obra barata.

Aquí cabe reflexionar sobre lo que recientemente señaló Federico Arreola<sup>5</sup>, con relación al fallido lanzamiento de un satélite mexicano:

*"...pese a su glamour, necesitamos menos satélites y más tractores, menos físicas de altas energías y más tecnologías apropiadas, menos torres de marfil y más manos a la obra".*

### **El Control de Movimiento y la formación de nuevos profesionales en ingeniería.**

El *Control de Movimiento* reúne un amplio conjunto de recursos tecnológicos, la mayoría de los cuales pertenece a los estados más avanzados de complejidad y evolución técnica contemporánea. De hecho, si se revisa en forma somera a las empresas involucradas en la creación de tecnología, comercialización e investigación básica para el *Control de Movimiento*, nos encontraremos con algunas de los grupos industriales multinacionales más poderosos y diversificados (Mitsubishi, Parker Hannifin Corp., Festo Corp., The Rexroth Corp., Racine Bosch Group, Honeywell Inc., Allen Bradley Co. Inc., Siemens, etc.), alrededor de los cuales funciona un amplio conjunto de empresas muy variadas en capacidades y alcances comerciales.

La distancia que separa a la mediana industria mexicana del estado de desarrollo que caracteriza a estas corporaciones multinacionales, expresada en términos del tiempo necesario para acceder a formas tan elaboradas de investigación, desarrollo, manufactura y comercialización, es de varias decenas de años. En el estado actual del país, al menos en lo correspondiente a fortaleza económica y producción del conocimiento, parece un sueño la pretensión de competir con adversarios tan descomunales.

El sector industrial mexicano —en general— dista mucho de haber desarrollado la práctica empresarial, el conocimiento tecnológico y la capacidad de innovación, necesarios para disminuir sus desventajas relativas con respecto a los líderes tecnológicos internacionales. La *estructura gubernamental* tampoco ha mostrado capacidad para revertir el estado de crónica dependencia tecnológica del extranjero.

---

<sup>5</sup> Cfr. el artículo: "De satélites y esas cosas" (Financiero, 29 de marzo de 1995)



No obstante que la *infraestructura científica y tecnológica* del país —contenida en las universidades e institutos superiores y de investigación— no se ha mostrado como un actor más atinado en los menesteres del desarrollo tecnológico, es a quien le corresponde fomentar un impulso que apunte hacia el progreso. Por supuesto, no bastan las universidades para desarrollar tecnología; de hecho, se requiere del *sistema de vínculos* y de los actores que se enumeraron en el capítulo anterior<sup>6</sup>.

Lo que se propone aquí es que las universidades e institutos superiores trabajen desde su interior para fomentar el progreso tecnológico, para comenzar con lo que saben hacer mejor: formar nuevos cuadros de profesionales. Para incrementar la participación de las universidades en la creación del progreso material se requiere, entre otros muchos ingredientes, de una fuerte inyección de recursos materiales, que no se tendrán en el futuro más cercano. Sin embargo, con la capacidad instalada actualmente se pueden ensayar formas más eficaces de trabajo académico y quehacer universitario.

En los centros mexicanos de educación que forman ingenieros, se debe tener presente que los alumnos actuales son los ingenieros que tendrán la responsabilidad de los procesos productivos durante los primeros veinte años del siglo XXI. Existen pocos ejemplos, pero ya se ha demostrado la factibilidad de llevar a la práctica formas novedosas y más productivas de capacitación universitaria<sup>7</sup>, sobre todo a través de la vinculación entre universidad e industria. Se debe evitar a toda costa continuar formando ingenieros que nacen como profesionistas marcados con la desventaja de la obsolescencia.

Las tecnologías del *Control del Movimiento* están en la punta del desarrollo tecnológico internacional. Quién no posea las habilidades para aplicar, comprender adaptar y operar estas tecnologías no podrá acceder a formas competitivas de producción industrial, pues difícilmente se podrían igualar los niveles de productividad y satisfacer las exigencias de calidad que privan actualmente en el mercado de los bienes manufacturados.

Por consiguiente, las universidades e institutos superiores mexicanos están en la obligación de incorporar a sus programas de estudio modificaciones y adiciones, suficientes para capacitar a sus egresados en las tecnologías que ya están impuestas actualmente y privarán en el futuro.

Probablemente, la posibilidad de innovar con tecnología original está lejos de las posibilidades reales de nuestro país. No obstante, lo que sí podemos es emplear de manera eficiente la tecnología que se nos impone desde el exterior. Este sería el primer nivel para disminuir los

---

<sup>6</sup> Esta infraestructura permite que la tecnología se convierta en una **mercancía** valiosa; para un análisis más detallado ver A. CANALES et. al. (1980).

<sup>7</sup> Ver G. ARAGÓN et. al (1995) y B. BELEJACK (1995).

efectos negativos de la dependencia. Después, las empresas mexicanas tendrán que definir *nichos de mercado* específicos, en los cuales puedan proporcionar una producción que satisfaga cierta necesidad.

### **Aplicaciones prioritarias del Control de Movimiento en la industria mexicana.**

Es frecuente que al hablar de automatización se tienda a pensar en instalaciones fabriles operadas por robots, con cadenas de producción que dependen por completo de maquinaria controlada electrónicamente y la total ausencia de la participación humana. En muy pocos países se puede justificar económica y tecnológicamente una instalación con tales características.

Los procesos de manufactura pueden integrarse con niveles variados de operación automática, pero siempre con los mismos objetivos globales: abatir costos, mejorar la productividad, asegurar la calidad uniforme del producto, evitar la participación humana en procesos riesgosos y disponer de máquinas versátiles que se adecuen rápida y económicamente a modificaciones sustanciales en los productos.

La industria mexicana se está enfrentando a competidores extranjeros, que tienen basada buena parte de su eficiencia productiva en el empleo de los recursos contemporáneos del *Control de Movimiento*. No hay forma sensata de competir con estos adversarios a menos que se disponga de una infraestructura tecnológica equiparable. Se mencionó en un principio que el reto, para los nuevos cuadros de profesionales mexicanos en ingeniería, consiste en modernizar nuestra infraestructura tecnológica sin atentar contra la subsistencia económica de las empresas.

En la actualidad, una gran cantidad de procesos de manufactura en las empresas mexicanas —al menos en la industria metalmecánica y la de hules y plásticos— emplea maquinaria obsoleta que llega a tener arriba de treinta años de edad. Aun cuando es posible continuar produciendo con esta maquinaria anticuada, se trata de máquinas de propósito único o de versatilidad muy restringida, con sistemas electromecánicos de alimentación y control de potencia (contactores, relevadores, temporizadores e interruptores de límite), que exigen la participación extensa de mano de obra especializada, con ciclos de producción de gran lentitud y bajo volumen de producto.

El aseguramiento de la calidad uniforme del producto es muy difícil de lograr con esta maquinaria obsoleta, además de que los costos de producción impiden competir con los productos importados.

Por el contrario, con la maquinaria automática moderna se reproducen incesantemente ciclos de trabajo severamente controlados, que no requieren de la atención humana continua y que

funcionan con gran velocidad y precisión. Estas máquinas tienen sistemas de control muy versátiles, que además de regular la transmisión de potencia también controlan flujos de información.

En lugar del complicado sistema electromecánico de contactores, relevadores y temporizadores, las máquinas automáticas operan con *controladores lógicos programables* (PLC's) —que almacenan programas de control en su memoria electrónica— combinados con servomotores de velocidad variable o actuadores hidráulicos o neumáticos, y con sistemas de sensores de posición, transductores de temperatura y presión, celdas de carga, etc. Para modificar las condiciones de operación de la máquina no es necesario ejecutar modificaciones físicas, basta con introducir los cambios en el programa de control almacenado en la memoria. En la mayoría de los casos, la maquinaria anticuada se ha vuelto obsoleta por el empleo de sus sistemas de control originales. Las variables del proceso —tiempo, posición, temperatura, velocidad, fuerza, presión, etcétera— se controlan con sistemas electromecánicos y se ajustan manualmente por el operario, requieren de una continua vigilancia, son poco confiables y su adaptación a nuevas circunstancias es lenta y dificultosa. Sin embargo, la estructura mecánica de transmisión de potencia (bancadas, husillos, carcazas, soportes, ejes, carros, mecanismos, etc.) continúa siendo operativa y se diferencia apenas por detalles no fundamentales de las máquinas contemporáneas.

En estas máquinas obsoletas, hasta el 75% u 80% de su valor comercial corresponde a la estructura mecánica de transmisión de potencia, mientras que el sistema de control no supera el 20% o 25%. Es decir, con una inversión que puede ser inferior a la cuarta parte del precio de una máquina moderna, es posible retirar el sistema de control anticuado y montar un sistema de control automático sobre la estructura mecánica original. En algunos casos, también será necesario sustituir los motores originales de velocidad única por servomotores de velocidad variable o por actuadores de potencia fluídica. De esta forma, la máquina modernizada tendrá prácticamente las mismas virtudes que una máquina automática contemporánea.

Al menos en lo que respecta a un amplio número de sopladoras de plástico, prensas de vulcanizado, máquinas herramientas de operación manual, inyectoras de plástico y centros de maquinado con control numérico por lectura de cinta, la adaptación descrita en los párrafos anteriores es por completo factible.

Los ejemplos anteriores de modernización de la infraestructura tecnológica instalada, a través de alternativas de costo moderado, pero de gran eficacia productiva, constituyen una de las tareas prioritarias que tienen que llevar a cabo las nuevas generaciones de ingenieros mexicanos. También se debe prestar atención a los innumerables procesos que se continúan desarrollando en forma manual, pero que son susceptibles de solucionar con sistemas automáticos de complejidad modesta.

Las universidades podrían dirigir sus recursos intelectuales y materiales para ofrecer solución a estos problemas urgentes. Es necesario que se reconsidere la actividad universitaria, para prestarle más recursos a la modernización tecnológica, inmediata y operativa, y algo menos de atención a los "*proyectos de investigación*" no acotados en el tiempo y sin objetivos definidos en cuanto a la utilidad práctica.

## Conclusiones

Dentro del complejo fenómeno de la dependencia tecnológica en el sector industrial mexicano, se puede distinguir la necesidad urgente de modernizar y actualizar la infraestructura tecnológica ya existente en nuestro país. Esta exigencia, impuesta por la realidad de los medios de producción, debe ser satisfecha sin poner en peligro la subsistencia económica de las empresas.

Las universidades mexicanas deben ser protagonistas en el proceso de readecuación tecnológica, inicialmente a través de la formación de nuevas generaciones de ingenieros capacitados profesionalmente para responder a las exigencias del proceso. Para ello, es necesario que nuestras universidades modifiquen el currículum en ingeniería e inviertan en la formación de profesores en las técnicas de *Control de Movimiento*, además de asegurar la instalación de laboratorios y fomentar el desarrollo de vínculos reales de trabajo con el sector industrial.

Uno de los caminos más adecuados para capacitar cuadros de ingenieros y técnicos especializados en el *Control de Movimiento* —por la posibilidad de obtener resultados en el corto plazo, su flexibilidad y la posibilidad de atraer candidatos que laboren en la industria— es el diseño e instalación de un *Diplomado*. Sus contenidos teórico-prácticos se pueden desarrollar en aproximadamente 500 horas de capacitación. Su objetivo principal sería la aplicación industrial de las tecnologías del *Control de Movimiento*.

Para hacer frente, de modo más eficaz, a las enormes exigencias de recursos económicos y de formación de profesores, se debe explorar la unión de dos o más instituciones de educación superior en un proyecto conjunto, con el cual se combinen recursos humanos y materiales.

La adaptación de muchos procesos de manufactura susceptibles de ser solucionados con sistemas automáticos de complejidad modesta, pero que aún se desarrollan en forma manual, además de la inaplazable modernización de la infraestructura tecnológica instalada —a través de alternativas de costo moderado— constituyen las tareas prioritarias que tienen que llevar a cabo las nuevas generaciones de ingenieros mexicanos, con el afán de procurar la existencia de condiciones menos desventajosas para la competencia industrial.

Antes de que nuestro país intente innovar con tecnología original, es necesario emplear de manera eficiente la tecnología que se produce en el exterior. Este sería el primer nivel para

disminuir los efectos negativos de la dependencia. Después, las empresas mexicanas tendrán que definir *nichos de mercado* específicos, en los cuales puedan proporcionar una producción que satisfaga cierta necesidad.

## Referencias

- Ferré, R. *La fábrica flexible*. Marcombo, Barcelona, 1988
- Gillén, A. *Aplicaciones industriales de la neumática*. Marcombo, Barcelona, 1988.
- Prokes, J. *Hydraulic mechanisms in automation*. Elsevier Scientific Pub. Co. London, 1977.
- Jones, G. *Ciencia y tecnología en los países en desarrollo*. Fondo de Cultura Económica. México, 1973.
- Withaker, J. *Universidad y dependencia científica y tecnológica en América Latina*. UNAM, México, 1976.
- Sabato, A. *¿Laboratorios de investigación o fábricas de tecnologías?* Ciencia Nueva. Buenos Aires, 1972.
- Arreola, F. *De satélites y esas cosas*. El Financiero, México, 29 de marzo de 1995.
- Canales, A.; González, J.; Rivera, M.; Salas, C. y Vázquez, H. *Educación superior y proceso productivo*. Revista Territorios, No. 4, pp. 9-14. UAM - Xochimilco. México, 1980.
- Aragón, G.; Canales, A.; Casas, A. y León, A. *Control de Movimiento: una aplicación*, en el reportaje de S. López, *UAM - A: vinculación con la industria*. Revista Manufactura, No. 5, Vol. 1, pp. 47-53. México, 1995.
- Belejack, B. *The real re-engineering lessons*. El Financiero International. pp. 10-11. México, mayo 22-28, 1995
- Aragón, G.; Canales, A.; Casas, A.; León, A. y Morales, J. *Propuesta para las Especialidades de Técnico en Control de Movimiento y Técnico en Refrigeración en Bachilleratos Tecnológicos del Estado de Hidalgo*. UAM - Azcapotzalco. México, 1994.

## Anexo II

### Análisis y servicios técnicos que se realizan en el área Tecnologías Sustentables de la UAM-Azcapotzalco

El área de investigación Tecnologías Sustentables de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería cuenta con un laboratorio y dos invernaderos para la realización de pruebas de caracterización, degradación y ecotoxicidad de distintos tipos de residuos. Los siguientes precios son aproximados, pues el monto final dependerá de las características del análisis y el número de muestras. Lo que se presenta es para el **análisis de dos muestras**, un control positivo y uno negativo, por triplicado. La duración se especifica a partir de la recepción de las muestras y, en su caso, del primer pago.

#### Biodegradabilidad en composteo

Tipo de sistema	Duración	Resultados reportados	Precio
ASTM 5338	4 a 7 meses, en función de los resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de CO<sub>2</sub></li> <li>• Efecto en la calidad de la composta</li> </ul>	\$180,000.00
NMX - 273	5 a 9 meses, en función de los resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de CO<sub>2</sub></li> <li>• Contenido de metales</li> <li>• Fitotoxicidad</li> </ul>	\$230,000.00
Reactores de 2 L	4 meses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desintegración de las muestras</li> <li>• Efecto en la calidad de la composta</li> </ul>	\$90,000.00
Reactores de 200 L	4 meses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desintegración de las muestras</li> <li>• Efecto en la calidad de la composta</li> </ul>	\$110,000.00
Pilas de composta en escala piloto, 4 – 8 m <sup>3</sup>	4 meses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desintegración de las muestras</li> <li>• Monitoreo del proceso</li> <li>• Efecto en la calidad de la composta</li> </ul>	\$ 125,000.00
En suelo sin especies vegetales	4 meses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desintegración de las muestras</li> <li>• Pérdida de propiedades mecánicas</li> <li>• Efecto en las propiedades del suelo</li> </ul>	\$75,000.00
En suelo con especies vegetales	4 meses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desintegración de las muestras</li> <li>• Pérdida de propiedades mecánicas</li> <li>• Efecto en las propiedades del suelo</li> <li>• Efecto en el desarrollo de especies vegetales</li> </ul>	\$90,000.00

### Otros análisis

Análisis	Duración	Resultados reportados	Precio
Ecotoxicidad (método OCDE 208)	2 meses	<ul style="list-style-type: none"><li>• Efecto en el desarrollo de especies vegetales</li></ul>	\$75,000.00
Carbono orgánico	10 días hábiles	<ul style="list-style-type: none"><li>• Contenido de carbono orgánico total</li><li>• Proporción de cenizas y sólidos volátiles</li></ul>	\$1,500.00
Caracterización de composta – NMX 180	15 días hábiles	<ul style="list-style-type: none"><li>• Parámetros de la norma</li></ul>	\$15,000.00
Análisis de metales por absorción atómica	10 días hábiles	<ul style="list-style-type: none"><li>• Concentración de metales</li></ul>	En función de los metales analizados

Además de lo anterior se realizan estudios de degradación en ambientes marinos, caracterización y generación de residuos, análisis del marco normativo, determinación de indicadores de generación, manuales de manejo, así como otros estudios específicos relacionados con la gestión de residuos y la caracterización de residuos plásticos.

A los precios mostrados debe agregársele el 16% por concepto de IVA. En caso de que el monto supere los \$100,000.00, es necesario firmar un contrato con la universidad, y el pago se distribuye a lo largo del proyecto. En todos los casos los análisis incluyen la entrega de un reporte detallado, de carácter confidencial, en el que se presentan fotografías, anexos, análisis estadístico de los resultados y cualquier información relevante surgida durante el desarrollo del proyecto.