

# MEMORIES MEMORIAS



  
UNISANGIL  
FACULTAD DE CIENCIAS  
NATURALES E INGENIERÍA

# IES

## International Engineering Seminar

Seminario Internacional de Ingeniería

September 18 to 22, 2017

San Gil (Santander)  
Yopal (Casanare)  
Colombia

**ISSN: 2422-5088**

MEMORIES  
International Engineering Seminar  
IES UNISANGIL 2017

MEMORIAS  
Seminario Internacional de Ingeniería

DIRECTIVOS UNISANGIL

***Franklin Figueroa Caballero***  
Rector

***Leonor Cordero Quintanilla***  
Vicerrectora Académica

***José Manuel Serrano Jaimes***  
Vicerrector Administrativo y Financiero

***William Guerrero Salazar***  
Director Departamento de Investigación

***Edwin Melo Velandia***  
Subdirector Académico sede Yopal.

## ORGANIZADORES

### FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA

#### Sede San Gil

Diana Patricia Torres Solano	Directora del Programa de Ingeniería Ambiental
Edgar Rodríguez Díaz	Director del Programa de Ingeniería Agrícola
Yaneyda Zulay Longas Flórez	Directora del Programa de Ingeniería de Sistemas
Enrique Blanco Olarte	Director del Programa de Ingeniería Electrónica Director del Programa de Ingeniería de Mantenimiento
Roosbelt Méndez Bueno	Docente Investigador del programa de Ingeniería de Mantenimiento
Pablo Antonio Pérez Pinto	Coordinador Unidad de Ciencias Básicas
Sandra Johana Benítez Muñoz	Coordinadora de Investigación facultad CIF
Mildred Liliana Monsalve Barragán	Coordinadora de Extensión facultad CEF
Sergio Andrés Peña Perea	Docente Investigador del Programa de Ingeniería Ambiental
Henry Javier Barón González	Docente Investigador del Programa de Ingeniería de Sistemas
María Juliana Sanabria Muñoz	Docente Investigador del Programa de Ingeniería de Mantenimiento
Edilsa Lancheros Chaparro	Docente del Programa de Ingeniería Ambiental
Rafael Antonio Estupiñán Pinto	Docente del Programa de Ingeniería Ambiental Coordinador Laboratorio de Aguas
José Roberto Reyes Avendaño	Docente Ciencias Básicas

#### Sede Yopal

Wilson Gómez Becerra	Director del Programa de Ingeniería Electrónica
Lucelly Martínez Trochez	Directora del Programa de Ingeniería Agrícola
Ángela Bibiana Ortegón	Directora del Programa de Ingeniería de Sistemas
Fredy Yesid Nocua Mesa	Coordinador Ciencias Básicas
Diego Camilo Peña Quemba	Coordinador de investigación facultad CIF
Milena Farley González Cárdenas	Coordinadora Extensión en Facultad CEF, sede Yopal

#### Sede Chiquinquirá

William Alexander Matallana Porras	Director del Programa de Ingeniería de Sistemas
Eduard Yezid Gutiérrez Barrera	Coordinador del Programa de Tecnología en Sistemas de Información

## COMITÉ EDITORIAL

**José Manuel Serrano Jaimes**

Decano (e) Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería UNISANGIL  
Ingeniero financiero

**William Guerrero Salazar**

Director Departamento de Investigación UNISANGIL  
Ingeniero agrícola  
Administrador de empresas  
Especialista en química ambiental  
Magíster en química ambiental

**Laura Lida Sánchez Martínez**

Coordinadora de Publicaciones UNISANGIL  
Comunicadora social y periodista  
Especialista en gerencia de la comunicación organizacional

**Sandra Johana Benítez Muñoz**

Coordinadora de Investigación  
Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería UNISANGIL  
Ingeniera en mantenimiento industrial y hospitalario  
Especialista en planeación, desarrollo y administración de la investigación  
Magíster en ingeniería de confiabilidad y riesgo

**Comité Editorial Revista Matices Tecnológicos**

Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería UNISANGIL

## COMITÉ TÉCNICO CIENTÍFICO

**Milton Javier Muñoz Neira**

Ingeniero electrónico

Investigador Grupo de Innovación y Desarrollo Tecnológico de UNISANGIL - IDENTUS

**Wilson Gamboa Contreras**

Director Grupo de Innovación y Desarrollo Tecnológico de UNISANGIL - IDENTUS

Ingeniero electrónico

Especialista en alta gerencia

**Frank Carlos Vargas Tangua**

Director Grupo de Estudios Ambientales para la Sostenibilidad, la Innovación y el Desarrollo GEASID

Biólogo

Especialista en química ambiental

Magíster en gestión ambiental

**Wilson Arturo Gómez Becerra**

Director del Programa de Ingeniería Electrónica Sede Yopal

Ingeniero electromecánico

Especialista en educación con nuevas tecnologías

Magíster en docencia

**Mildred Liliana Monsalve Barragán**

Coordinadora de Extensión Facultad (CEF) de Ciencias Naturales e Ingenierías de UNISANGIL

Ingeniero civil

Magíster en recursos hídricos y saneamiento ambiental – en curso

## PRESENTACIÓN

Desde el año 2009, la Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería de UNISANGIL, ha organizado encuentros internacionales como parte de su misión académica, investigativa y de extensión, consciente de que la ingeniería es un área en constante evolución, y de que los crecientes avances tecnológicos que vive la humanidad, generan un sin número de posibilidades para dar valor agregado a los productos empresariales y para acrecentar la oportunidad de fomentar un desarrollo más solidario.

Los seminarios internacionales de ingeniería, como se ha denominado a estos encuentros desde el 2013, constituyen una respuesta a dicha necesidad, y posibilitan apropiar y generar aportes a la misma, teniendo presente los entornos internacionales como medio de apoyo y evaluación.

Como objetivo principal, el *International Engineering Seminar* de UNISANGIL busca propiciar un espacio de encuentro para la presentación, denotación, connotación y discusión de tecnologías y conocimientos científicos y matemáticos aplicados en ingeniería, para el fomento de la invención y la innovación, en relación con las necesidades del desarrollo social, económico y cultural en la región y el país.

Los temas a presentar en el seminario son:

- Cambio climático
- Sostenibilidad ambiental
- Sistemas de riego y drenaje
- Agroelectrónica
- Mecatrónica y automatización industrial
- Machine learning
- Sistemas inteligentes de transporte
- Medidas de complejidad en software
- Confiabilidad en ingeniería

## CONFERENCIANTES NACIONAL E INTERNACIONALES

**José Luis Roca**



Dr. Engineer, Software Complexity, Universidad de Buenos Aires

Director del Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de Rio Negro, UNRN, Argentina

Miembro de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales, Argentina.

Autor del Libro “La Confiabilidad de los Sistemas Electrónicos” Edit. Nueva Librería SRL (2013)

- *Confiabilidad en Ingeniería.*
- *Medidas de Complejidad en Software.*

**Andrés Fernando Moltoni**



Magíster en Ingeniería de las Telecomunicaciones, Instituto Tecnológico de Buenos Aires.

Ingeniero Electrónico, Universidad Tecnológica Nacional

Investigador a cargo del Laboratorio de Electrónica del Instituto de Ingeniería Rural

Coordinador del Módulo de Agro robótica y, Agro electrónica novaciones Agroelectrónicas para el Desarrollo Sustentable del Proyecto Nacional de Mecanización para el Desarrollo Territorial Sustentable.

Director de grupo en el proyecto ENARSOL del Fondo de Innovación Tecnológica Sectorial de Energía (Fits Energía) financiado por el BID.

Docente en la Universidad Nacional de Moreno

Coordinador del Programa Especial para la Investigación y el Desarrollo de la Electrónica Aplicada al Agro, en la UNM.

- *Agrorobótica.*
- *Agroelectrónica.*

### Lucas Eduardo Costa



Magíster Internacionalización del Desarrollo Local  
Universidad de Bologna, Italia  
MBA Gestión de Innovación en Ciencia y Tecnología,  
Fundación Getulio Vargas, Brasil  
Especialización en Riego y Drenaje, Universidad de  
Cuyo, Argentina  
Ingeniero Agrónomo, Universidad de Buenos Aires

Coordinador sector Transferencia de Tecnología,  
Programa de Servicios Agrícolas Provinciales –  
PROSAP, Ministerio de Agroindustria – Argentina

- *Gestión de innovación en ciencia y tecnología para el Agro.*
- *Experiencias del PROSAP en la Escuela y Laboratorio Móvil de irrigación.*

### Henry Reyes Pineda



Doctor en Tecnologías de Membranas Electroquímicas,  
Universidad Politécnica de Valencia, UPV, Tesis  
Sobresaliente, Distinción Cum Laudem.  
Magíster y Especialista en Tecnologías de Membranas  
Electroquímicas, UPV  
Especialista en Educación Ambiental, UNIBOSQUE  
Ingeniero químico

Decano Facultad de Ciencias Agroindustriales,  
Universidad del Quindío

- *Diseño de una celda combustible de hidrógeno tipo PEM como estrategia de mejoramiento ambiental.*
- *La seguridad agroalimentaria como alternativa de cambio.*

### Milton Quiroga Becerra



Magíster in Electronic Commerce in Carnegie Mellon University.

Magíster en Ingeniería de Sistemas, Universidad de Los Andes

Ingeniero de Sistemas – Universidad Industrial de Santander

Manager CyberTech de Colombia Ltda, Professor at Universidad de los Andes.

- *Ciberseguridad.*
- *Seguridad en redes industriales.*

### Alberto Mora Gutiérrez



Doctor en Ingeniería Industrial - Ph.D. Gestión Empresarial, Universidad Politécnica de Valencia, UPV

Especialista en Gestión Industrial, UPV

Magíster en Administración, EAFIT

Especialista en Mercadeo, EAFIT

Magíster en Administración de Negocios, Universidad de Carabobo

Ingeniero en Ciencias Mecánicas, UPB

CEO - Representante Legal – Fundador CIMPRO SAS

Profesor Investigador, Director del Postgrado en Mantenimiento Industrial de la Escuela de Ingeniería, Universidad EAFIT

Autor de los libros: Mantenimiento-Planeación Ejecución y Control, e Inventario Cero

- *Terotecnología*
- *Inventario cero*

### Wilmar Alirio Botello Suárez



Estudiante de doctorado en Microbiología Agropecuaria en la Universidad Estatal Paulista, vinculado al Laboratorio de Saneamiento Ambiental del Departamento de Ingeniería Rural (Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias).

Magíster en Biología Celular, Universidad de Los Andes (Venezuela)  
Ingeniería de producción biotecnológica - Universidad Francisco de Paula Santander.

Experiencia en el área de microbiología ambiental, con énfasis en el estudio de sistemas de tratamiento y post-tratamiento de aguas residuales, y análisis de las comunidades microbianas asociadas.

- *Research experience in anaerobic treatment of wastewater and anaerobic digestion with and special emphasis in use of rural waste.*

### Manuel Fernando González Puente



Magíster en gestión de la educación mención educación superior, Universidad Regional de los Andes, Ecuador

Magíster en gestión de mantenimiento industrial, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ESPOCH, Ecuador

Especialista en diseño curricular, Universidad Regional de los Andes, Ecuador

Ingeniero de mantenimiento, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ESPOCH, Ecuador

Docente de Ingeniería de Mantenimiento, Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ESPOCH

Coordinador del convenio UNISANGIL – ESPOCH.

- *Confiabilidad humana en las empresas*
- *Formación en la ingeniería para el liderazgo*

**Pablo Ernesto Montalvo**



Magíster en sistemas de control y automatización industrial, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ESPOCH, Ecuador

Magíster en educación universitaria y administración educativa, Universidad Tecnológica Indoamérica Ambato, Ecuador

Experto en procesos elearning, FATLA (Fundación para la Actualización Tecnológica de Latinoamérica)

Ingeniero Industrial, Universidad Tecnológica Indoamérica

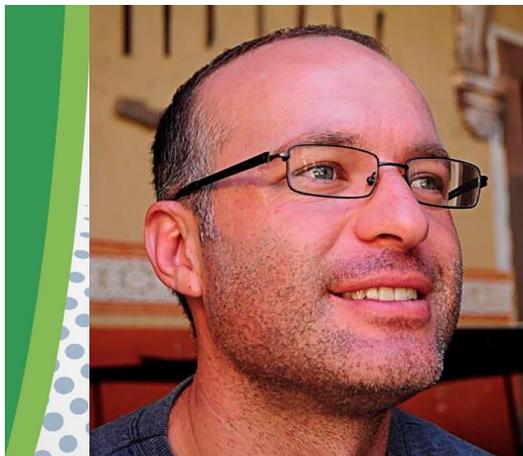
Ingeniero Electromecánico, Escuela Superior Politécnica del Ejército

Profesor facultad de mecánica, ESPOCH

Profesor escuela de diseño industrial, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, PUCE, Sede Ambato

- *La automatización industrial en el marco de la cuarta revolución industrial*
- *Mantenimiento de sistemas electroneumáticos y oleohidráulicos*

**Marcos Algara Siller**



Doctor en ciencias ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP)

Magíster en ciencias de la ingeniería, Universidad de Western Ontario (Canadá)

Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), México.

Profesor investigador del Área de Ciencias de la Tierra, y de la Maestría en Tecnología y Gestión del Agua, de la Facultad de Ingeniería de la UASLP, México.

- *Modelo de sostenibilidad para la soberanía de comunidades vulnerables*

**Betsy Dayana Marcela Chaparro Rico**



PhD Student at INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL, IPN, México

PhD Student at University of Cassino and Southern Latium, Italia

Master in Advanced Technology, IPN, México

Ingeniera electrónica, UNISANGIL, Colombia

- *El proceso de diseño mecatrónico en ingeniería*
- *Diseño de sistemas de rehabilitación.*

**Miguel Ángel Valencia Serrano**



Magíster en ciencias computacionales, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), México.

Ingeniero en sistemas computacionales Instituto, Tecnológico de Cautla (ITC) en Morelos, México.

Investigador Laboratorio de Cómputo y Procesamiento Ubicuo del INAOE.

Desarrollador-Innovador proyectos para el monitoreo y control de transporte urbano.

- *Emprendimiento e Innovación tecnológica para los Sistemas Inteligentes de Transporte.*

RESUMEN DE CONFERENCIA Y/O PANEL

<i>Conferenciante</i>	<i>Conferencia (C) y/o Panel (P) en el IES</i>
<i>PhD. José Luis Roca Universidad Nacional de Rio Negro, UNRN, San Carlos de Bariloche, Argentina.</i>	C. Confiabilidad en Ingeniería. C. Medidas de Complejidad en Software.
<i>Msc. Andrés Fernando Moltoni Laboratorio de Agroelectrónica, Instituto de Ingeniería Rural, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Buenos Aires, Argentina.</i>	C. Agrorobótica. C. Agroelectrónica.
<i>Msc. Lucas Eduardo Costa Programa de Servicios Agrícolas Provinciales, PROSAP, Ministerio de Agroindustria, sector Transferencia de Tecnología, Buenos Aires, Argentina.</i>	C. Gestión de Innovación en ciencia y tecnología para el agro. C. Experiencias del PROSAP en la escuela y laboratorio móvil de irrigación.
<i>Msc. PhD. E. Wilmar Alirio Botello Suárez Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Campus Jaboticabal, Sao Pablo, Brasil.</i>	C. Research experience in anaerobic treatment of wastewater and anaerobic digestion with and special emphasis in use of rural waste.
<i>PhD. Henry Reyes Pineda Universidad del Quindío, Facultad de Ciencias Agroindustriales Armenia, Colombia.</i>	C. Diseño de una celda combustible de hidrógeno tipo PEM como estrategia de mejoramiento ambiental. C. La seguridad agroalimentaria como alternativa de cambio.
<i>Msc. Milton Quiroga Becerra Universidad de los Andes Bogotá, Colombia.</i>	C. Ciberseguridad. C. Seguridad en redes industriales.
<i>PhD. Luis Alberto Mora Gutiérrez Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.</i>	C. Inventario Cero. C. Terotecnología.
<i>Msc. Manuel Fernando González Puente Escuela Politécnica Chimborazo, ESPOCH, Riobamba, Ecuador.</i>	C. Confiabilidad humana en las empresas. C. Formación en la ingeniería para el liderazgo.

<p><i>Msc. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo Escuela Politécnica Chimborazo, ESPOCH, Riobamba, Ecuador.</i></p>	<p>C. La automatización industrial en el marco de la cuarta revolución industrial.</p> <p>C. Mantenimiento de sistemas electroneumáticos y oleohidráulicos.</p>
<p><i>PhD. Marcos Algara Siller Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), México, San Luis Potosí.</i></p>	<p>C. Modelo de sostenibilidad para la soberanía de comunidades vulnerables.</p>
<p><i>Msc. PhD. E. Betsy Dayana Marcela Chaparro Rico Instituto Politécnico Nacional, IPN, México.</i></p>	<p>C. El proceso de diseño mecatrónico en ingeniería.</p> <p>C. Diseño de sistemas de rehabilitación.</p>
<p><i>Msc. Miguel Ángel Valencia Serrano Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), México.</i></p>	<p>C. Emprendimiento e Innovación tecnológica para los Sistemas Inteligentes de Transporte.</p> <p>C. Sistemas inteligentes de transporte.</p>

PROGRAMACIÓN SAN GIL

  <b>IES</b>   International Engineering Seminar Seminario Internacional de Ingeniería <b>PROGRAMACIÓN</b>				
HORA	LUNES 18		MARTES 19	
4:00 a 5:00 p.m.	Taller: Seguridad en redes industriales. (Laboratorio de Redes y Telecomunicaciones) Ph.D MILTON QUIROGA BECERRA		Taller: Sistemas inteligentes de transporte (Laboratorio) Msc. MIGUEL ÁNGEL VALENCIA	Conversatorio con investigadores (Auditorio)
	COLISEO	AUDITORIO	COLISEO	AUDITORIO
6:30 a 7:30 p.m.	APERTURA EVENTO		Research experience in anaerobic of wastewater and anaerobic digestion with and special emphasis in use of rural waste. Ph.D ROBERTO ALVES DE OLIVEIRA	Emprendimiento e innovación tecnológica para los sistemas inteligentes de transporte. Msc. MIGUEL ÁNGEL VALENCIA
7:30 a 8:30 p.m.	Experiencias del PROSAP en la escuela y laboratorio móvil de irrigación. Msc. LUCAS EDUARDO COSTA	Ciberseguridad. Ph.D MILTON QUIROGA BECERRA	Modelo de sostenibilidad para la soberanía de comunidades vulnerables. Ph.D. MARCOS ALGARA SILLER	Confiabilidad en ingeniería. Ph.D JOSÉ LUIS ROCA
8:30 a 8:45 p.m.	Receso	Receso	Receso	Receso
8:45 a 9:45 p.m.	Agroelectrónica. Msc. ANDRÉS FERNANDO MOLTON	Medidas de complejidad en software. Ph.D JOSÉ LUIS ROCA	Gestión de innovación en ciencia y tecnología para el agro. Msc. LUCAS EDUARDO COSTA	Agrorrobótica. Msc. ANDRÉS FERNANDO MOLTONI
9:45 a 10:45 p.m.				
HORA	MIÉRCOLES 20		JUEVES 21	
4:00 a 5:00 p.m.			Conversatorio con investigadores (Auditorio)	
	COLISEO	AUDITORIO	COLISEO	AUDITORIO
6:30 a 7:30 p.m.	La seguridad agroalimentaria como alternativa de cambio. Ph.D HENRY REYES PINEDA		Diseño de una celda combustible de hidrógeno tipo PEM como estrategia de mejoramiento ambiental. Ph.D HENRY REYES PINEDA	Inventario cero. Ph.D. ALBERTO MORA GUTIÉRREZ
7:30 a 8:30 p.m.	El proceso de diseño mecatrónico en ingeniería. Ph.D BETSY CHAPARRO RICO	Confiabilidad humana en las empresas. Msc. MANUEL FERNANDO GONZÁLES	La automatización industrial en el marco de la cuarta revolución industrial. Msc. PABLO ERNESTO MONTALVO	Terrotecnología. Ph.D. ALBERTO MORA GUTIÉRREZ
8:30 a 8:45 p.m.	Receso	Receso	Receso	Receso
8:45 a 9:45 p.m.	Diseño de sistemas de rehabilitación. Ph.D BETSY CHAPARRO RICO	Mantenimiento de sistemas electroneumáticos y oleohidráulicos. Msc. PABLO ERNESTO MONTALVO	Formación en ingeniería para el liderazgo. Msc. MANUEL FERNANDO GONZÁLES	Terrotecnología. Ph.D. ALBERTO MORA GUTIÉRREZ
9:45 a 10:45 p.m.				CLAUSURA

PROGRAMACIÓN YOPAL

  <b>IES</b>   International Engineering Seminar PROGRAMACIÓN SEDE YOPAL   Seminario Internacional de Ingeniería September 18 to 21, 2017					
HORA	LUNES 18		MARTES 19		
	AUDITORIO 1	AUDITORIO 2	AUDITORIO 1	AUDITORIO 2	
4:00 a 5:00 p.m.			Conversatorio con investigadores		
6:00 a 6:30 p.m.	<b>APERTURA EVENTO</b>				
6:30 a 8:00 p.m.	Modelo de sostenibilidad para la soberanía de comunidades vulnerables. Ph.D. MARCOS ALGARA SILLER 	El proceso de diseño mecatrónico en ingeniería. Ph.D BETSY CHAPARRO RICO  	La seguridad agroalimentaria como alternativa de cambio. Ph.D HENRY REYES PINEDA 	Mantenimiento de sistemas electroneumáticos y oleohidráulicos. Msc. PABLO ERNESTO MONTALVO 	
8:00 a 8:15 p.m.	Receso	Receso	Receso	Receso	
8:15 a 9:15 p.m.	Diseño de una celda combustible de hidrógeno tipo PEM como estrategia de mejoramiento ambiental. Ph.D HENRY REYES PINEDA 	La automatización industrial en el marco de la cuarta revolución industrial. Msc. PABLO ERNESTO MONTALVO 	Terotecnología. Ph.D. ALBERTO MORA GUTIÉRREZ 	Diseño de sistemas de rehabilitación. Ph.D BETSY CHAPARRO RICO  	
9:15 a 10:15 p.m.	Confiabilidad humana en las empresas. Msc. MANUEL FERNANDO GONZÁLES 	Conversatorio	Formación en ingeniería para el liderazgo. Msc. MANUEL FERNANDO GONZÁLES 	Conversatorio	
HORA	MIÉRCOLES 20		JUEVES 21	VIERNES 22	
	AUDITORIO 1	AUDITORIO 2	AUDITORIO 1	AUDITORIO 2	AUDITORIO 1
4:00 a 5:00 p.m.			Conversatorio con investigadores		
6:00 a 6:30 p.m.					
6:30 a 8:00 p.m.	Research experience in anaerobic of wastewater and anaerobic digestion with and special emphasis in use of rural waste. Ph.D ROBERTO ALVES DE OLIVEIRA 	Taller: Sistemas inteligentes de transporte Msc. MIGUEL ÁNGEL VALENCIA 	Experiencias del PROSAP en la escuela y laboratorio móvil de irrigación. Msc. LUCAS EDUARDO COSTA 	Emprendimiento e innovación tecnológica para los sistemas inteligentes de transporte. Msc. MIGUEL ÁNGEL VALENCIA 	*Seguridad en redes industriales. Ph.D MILTON QUIROGA BECERRA 
8:00 a 8:15 p.m.	Receso	Receso	Receso	Receso	
8:15 a 9:15 p.m.	Gestión de innovación en ciencia y tecnología para el agro. Msc. LUCAS EDUARDO COSTA 	Medidas de control en software. Ph.D JOSÉ LUIS ROCA 	Confiabilidad en ingeniería. Ph.D JOSÉ LUIS ROCA 	Agroelectrónica. Msc. ANDRÉS FERNANDO MOLTONI 	<b>CLAUSURA</b>
9:15 a 10:15 p.m.	Conversatorio	Agrorobótica. Msc. ANDRÉS FERNANDO MOLTONI 			

## AGRADECIMIENTOS

### Conferenciantes

PhD. José Luis Roca  
Msc. Andrés Fernando Moltoni  
Msc. Lucas Eduardo Costa  
Msc. PhD. E. Wilmar Alirio Botello Suárez  
PhD. Henry Reyes Pineda  
Msc. Milton Quiroga Becerra  
Ing. Jorge Hernando Gómez Ortiz  
PhD. Luis Alberto Mora Gutiérrez  
Msc. Manuel Fernando González Puente  
Msc. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo  
PhD. Marcos Algara Siller  
Msc. PhD. E. Betsy Dayana Marcela Chaparro Rico  
Msc. Miguel Ángel Valencia Serrano

### Instituciones participantes

- Universidad Nacional de Rio Negro, UNRN, Argentina
- Laboratorio de Agroelectrónica, Instituto de Ingeniería Rural, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina.
- Programa de Servicios Agrícolas Provinciales, PROSAP Ministerio de Agroindustria, sector Transferencia de Tecnología, Buenos Aires, Argentina.
- Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Campus Jaboticabal, Brasil, Sao Pablo.
- Universidad del Quindío, Facultad de Ciencias Agroindustriales, Armenia, Colombia.
- Universidad de los Andes, Colombia.
- Universidad EAFIT, Dirección del Postgrado en Mantenimiento Industrial de la Escuela de Ingeniería, Medellín, Colombia.
- Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH, Ecuador
- Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), México.
- Instituto Politécnico Nacional, IPN, México.
- Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), México

International Engineering Seminar  
IES UNISANGIL 2017



# IES

International  
Engineering  
Seminar



## CONTENIDO

Ponencias	pág.
<b>Agroelectrónica en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina</b> Agro-electronics at National Institute of Agricultural Technology of Argentina	20
<b>Diseño de una celda combustible de hidrógeno tipo PEM como estrategia de mejoramiento ambiental</b> Design of a PEM hydrogen fuel cell as an environmental improvement strategy	22
<b>La seguridad agroalimentaria como alternativa de cambio</b> Agro-food security as an alternative for change	25
<b>La confiabilidad en ingeniería</b> Reliability engineering	29
<b>Medidas de complejidad en software</b> Software complexity measures	33
<b>Design of rehabilitation systems</b> Diseño de sistemas de rehabilitación	37
<b>The mechatronic design process in engineering</b> El proceso de diseño mecatrónico en ingeniería	39
<b>Research experiences on anaerobic treatment of agro-industry wastewater</b> Experiencias de investigación sobre el tratamiento anaeróbico de las aguas residuales de la agroindustria	41
<b>Modelo de sostenibilidad para comunidades vulnerables</b> Sustainability model for vulnerable communities	45
<b>Registros fotográficos</b>	50
<b>A modo de síntesis</b>	57

# Agroelectrónica en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina

## Agro-electronics at National Institute of Agricultural Technology of Argentina

Área temática: Agroelectrónica

Moltoni Andres Fernando<sup>1</sup>.

Laboratorio de Agroelectrónica, Instituto de Ingeniería Rural, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria,  
Bs As, Argentina

[moltoni.andres@inta.gob.ar](mailto:moltoni.andres@inta.gob.ar)

*Palabras clave*— Agroelectrónica, Electrónica Aplicada a la Agricultura.

*Index Terms* – Agroelectronics, Electronics Applied to agriculture.

### I. EL INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA DE ARGENTINA (INTA) Y SU LABORATORIO DE AGROELECTRÓNICA

El avance tecnológico de las últimas décadas es innegable y por completo tangible incluso en nuestra vida cotidiana. Permanentemente se desarrollan dispositivos electrónicos más complejos, pequeños y económicos, que se utilizan para facilitar todas las actividades humanas. El sector agropecuario no fue indiferente a estos avances. Por el contrario, ya en la década del 90 comenzaron a aparecer diferentes tecnologías que permitían, no solo automatizar diferentes tareas, sino también brindar importantes herramientas para medir y controlar distintas variables del entorno en el cual se desarrollaba la actividad. Estos cambios permitieron además poner en agenda la necesidad del uso racional de los recursos.

La irrupción de la electrónica en los sistemas agropecuarios y agroalimentarios marca un punto de partida hacia nuevos desarrollos y aplicaciones, tanto en el ámbito productivo como en la investigación. Los avances tecnológicos se evidencian prácticamente en todo el sector, destacándose la maquinaria agrícola, la comercialización y los

sistemas de calidad y trazabilidad, entre otros.

El uso de sistemas electrónicos permite obtener y procesar grandes volúmenes de información para la toma de decisiones e implementar sistemas robotizados para optimizar y automatizar procesos. Las telecomunicaciones también están generando un gran impacto en el mundo a través del desarrollo de nuevos dispositivos y servicios. La posibilidad de controlar remotamente maquinaria e instalaciones ya es una realidad y se verá intensificado con la adopción de nuevas redes de datos. La tendencia actual está orientada a que todos los dispositivos se encuentren conectados en forma inalámbrica entre sí y a internet, conformando lo que se denomina “internet de las cosas” (Internet of things).

En este sentido, ya a comienzos de la década de 2000, desde el Instituto de Ingeniería Rural del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina se comenzó a percibir necesidades territoriales vinculadas a innovaciones electrónicas que permitieran desarrollar tecnologías eficientes, con el fin de incrementar la producción agropecuaria preservando el ambiente y la salud humana. En este contexto, en el año 2004 se comenzó a trabajar en la creación y equipamiento del Laboratorio de Agroelectrónica. Desde su creación, en este espacio se han desarrollado numerosas

<sup>1</sup> Ingeniero en Electrónica y M.Sc en Telecomunicaciones.

investigaciones y generados desarrollos de bajo costo, fácil adopción y adaptados a la realidad productiva nacional, aportando innovación al sector agroindustrial.

Actualmente el laboratorio abarca distintas áreas temáticas de la agroelectrónica como son la robótica aplicada al agro (agrobotica), los dispositivos aplicados a la trazabilidad, las agroTIC, los sistemas de telemetría, monitoreo y control remoto, las aplicaciones Web y sistemas agroinformáticos y la agricultura de precisión.

# Diseño de una celda combustible de hidrógeno tipo PEM como estrategia de mejoramiento ambiental

## Design of a PEM hydrogen fuel cell as an environmental improvement strategy

Área temática: Sostenibilidad Ambiental

Reyes, Henry<sup>1</sup> y Rodríguez, Jhon Alexander<sup>2</sup>  
Universidad del Quindío, Facultad de Ciencias Agroindustriales  
Armenia, Colombia

[hreyes@uniquindio.edu.co](mailto:hreyes@uniquindio.edu.co)  
[jarodriguez@uniquindio.edu.co](mailto:jarodriguez@uniquindio.edu.co)

**Palabras clave**— Celda combustible, Nafion 117, rendimiento eléctrico, productividad.

utilizando Membranas Nafion 117, operando tanto a potencial como a intensidad constante.

### RESUMEN

Mediante un estudio realizado a una celda combustible de hidrógeno se pudo comparar su funcionamiento con y sin membrana Nafion 117, bajo diferentes condiciones de operación, las cuales permitieron analizar el avance de la reacción con el tiempo del Grado de Conversión, el Rendimiento Eléctrico, la productividad específica, y el Consumo Energético Específico. Las figuras de mérito que se obtienen a partir de estas comparaciones son utilizadas para evaluar el funcionamiento preliminar de la celda combustible de hidrógeno y sus potenciales aplicaciones.

### I. INTRODUCCIÓN

Los parámetros claves en el control de una celda combustible son el potencial de electrodo de trabajo y la distribución de corriente, los cuales dependen de muchos factores, entre los que cabe destacar: la transferencia de materia, las condiciones hidrodinámicas y el voltaje total de la celda. Sin embargo, muchas veces es imposible monitorizar estos parámetros principales y hay que recurrir a la medida de otros parámetros como: la intensidad total, (el potencial de electrodo) y el voltaje total de la celda. Así en el control de una celda combustible de hidrógeno (o la operación de una celda PEM) se puede llevar a cabo mediante el control de una de estas tres variables: potencial de electrodo, voltaje total o intensidad total [1,2]. En este trabajo se mostrará el desarrollo y análisis para el diseño preliminar de una celda combustible de hidrógeno,

### II. DESARROLLO DE CONTENIDOS

Las membranas de intercambio iónico separan los iones de un electrolito teniendo en cuenta su polaridad y carga eléctrica [3-5]. Existen algunas desventajas asociadas con el uso de membranas poliméricas como separadores en reactores electroquímicos y celdas combustibles de hidrógeno. El principal inconveniente es que la estabilidad química y térmica de las membranas poliméricas no es siempre la adecuada, especialmente en medios fuertemente ácidos. Otro problema habitual que afecta a la durabilidad de las membranas de intercambio iónico es el “fouling” (ensuciamiento) [6,7]. Este fenómeno se debe a la presencia de moléculas orgánicas voluminosas, como impurezas, que se introducen en la matriz del separador causando un aumento de su resistencia y una disminución en su selectividad. Es por ello que lo más adecuado en este tipo de celdas es utilizar otro tipo de membrana, especialmente la Nafion 117 [8, 9].

#### A. Metodología

Para evaluar el comportamiento de la celda combustible de hidrógeno (PEM), se utilizaron cuatro electrodos de acero, previamente activados en ácido sulfúrico 1 M y una membrana Nafion 117; se determinó el grado de conversión X, el rendimiento eléctrico, la productividad específica y el Consumo Energético Específico, Es [3, 10].

Para este tipo de procesos, en donde reacciona el agua para generar hidrógeno mediante una electrólisis, se trabajó mediante técnica potencioestática (Potencial constante) y galvanostática (Intensidad constante); donde se realizó una curva de Densidad de corriente para determinar los parámetros de potencial e intensidad seleccionados, los cuales se encuentran dentro del rango recomendado por la Ingeniería Electroquímica [4].

Para la electrólisis se utilizaron diferentes geometrías de la celda combustible, siendo la forma cilíndrica, mostrada en la Figura 1, la más adecuada, por su fácil manipulación.



Fig. 1. Celda Combustible con Membrana Nafion 117.

Se empleó agua desionizada, a la cual se le adicionaron 0,2 g de KOH como catalizador [1]. El volumen total de la celda es de 1.3 L, observándose que durante el proceso se gastaron entre 8 y 10ml de agua.

Antes de comenzar los ensayos en la celda combustible, los ánodos de acero se tratan con una solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 M durante 72 horas con el fin de obtener una película de óxidos de plomo y estaño, fundamentalmente PbO<sub>2</sub> sobre la superficie del electrodo, que son buenos conductores de la corriente eléctrica y protegen al electrodo de la corrosión [5].

En la figura 2 se observa el electrodo de acero empleado en la celda combustible.

El ánodo de acero tiene un área aproximada de 7,9 cm<sup>2</sup> y el cátodo está conformado por cuatro placas cuadradas de acero cada una con un área aproximada

de 79 cm<sup>2</sup>. Posteriormente éste cátodo es recubierto con la membrana Nafion 117 con área de 40 cm<sup>2</sup>.

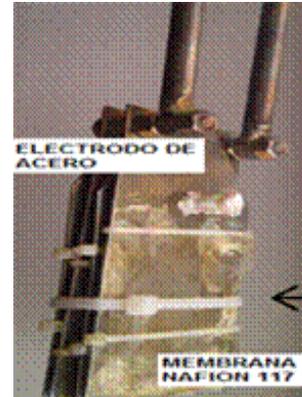


Fig. 2. Electrodo de acero y membrana Nafion 117.

Los electrodos se conectan a una fuente de alimentación, se llevaron a cabo ensayos a diferencia de potencial constante de 3,5 y 7,0 V y a intensidad constante de 1,5 y 3,0 A. Cuando se trabaja a diferencia de potencial constante se sigue la evolución de la intensidad con el tiempo, utilizando un amperímetro, mientras que cuando se trabaja a intensidad constante se sigue la evolución de la diferencia de potencial con el tiempo; cada quince minutos se toman muestras para determinar la variación de la concentración y el cambio en el volumen del agua en la celda combustible.

### III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La Figura 3 muestra la evolución de la densidad de corriente para la celda combustible de hidrógeno sin la membrana Nafion 117 operando a los potenciales de trabajo de 3,5 y 7,0 V.

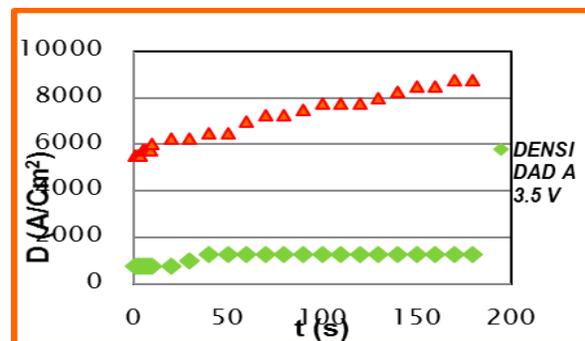


Fig. 3. Curva de densidad de corriente sin membrana.

El aumento inicial de la intensidad con el tiempo se debe a la activación de la superficie de los electrodos de acero que están recubiertos de una capa de óxido conductor de la corriente eléctrica producto de la etapa de tratamiento [5]. Una vez el electrodo se ha activado, cuando se opera a 3,5 V, la intensidad permanece prácticamente constante, debido a que para este voltaje de trabajo, la oxidación del agua es más lenta que a 7,0 V. Sin embargo cuando se trabaja a potencial de trabajo de 7,0 V, el agua se oxida más rápidamente, pudiendo llegar a agotarse, lo cual puede hacer que aparezcan sobretensiones de concentración que serían las responsables de que la intensidad permanezca constante con el tiempo para el menor voltaje de trabajo. En ambos casos cabe esperar que la resistencia de los distintos componentes de la celda combustible permanezca constante debido a la conductividad de la solución como consecuencia del exceso de KOH (catalizador) presente.

Por lo anterior, se seleccionó como potencial de operación 3,5 V utilizando la celda combustible de hidrógeno con y sin membrana Nafion 117, ya que presenta densidades de corriente más bajas y son las recomendadas en este tipo de procesos.

#### IV. CONCLUSIONES

La utilización de otros tipos de membranas, tanto catiónicas como aniónicas, presenta desventajas comparativas debido al elevado costo, mientras que las membranas poliméricas Nafion 117 presentan excelentes rendimientos con un bajo consumo específico de energía.

La generación de hidrógeno es abundante, comprobándose que en un tiempo determinado, el consumo de agua desionizada empleada en este tipo de electrólisis es muy pequeño, tal como pudo determinarse con este tipo de configuración en la que sólo se gastaron de 8 a 10 ml.

Para cualquiera de las dos celdas combustibles con y sin membrana Nafion 117, al potencial de trabajo de 3,5 V, el grado de conversión aumenta de forma exponencial, mientras que el rendimiento alcanzado es elevado al inicio del proceso, disminuyendo hasta valores cercanos al 54% para la celda que presenta la membrana Nafion 117.

La productividad es elevada al comienzo del electrólisis, disminuyendo con el tiempo hasta

valores bajos pero representativos para éste tipo de celdas, siendo mayor en todo momento cuando se trabaja con la celda combustible que contiene la membrana Nafion 117.

#### REFERENCIAS

- [1] REYES H. Tesis Doctoral UPV (2007). Título Tesis: Estudio De La Recuperación De Cromo Hexavalente Mediante Un Reactor Electroquímico De Compartimentos Separados Por Separadores Cerámicos.
- [2] BAZAN, J. C. AND BISANG, J. M.; Electrochemical Removal of Tin from Dilute Aqueous Sulfate Solutions using a Rotating Cylinder Electrode of Expanded Metal. *Journal of Applied Electrochemistry*, 34 pp 501-506, 2004.
- [3] MANDICH, N. V., LI, C. C., SELMAN, J. R.; Controlling factors affecting the stability and rate of electroless copper plating. *Plating and surface Finishing*, 84 pp. 82-90, (1997)
- [4] PÉREZ-HERRANZ, V., GUIÑÓN, J. L. AND GARCÍA-ANTÓN, J.; "Ingeniería Electroquímica". Ed. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, Valencia (1997).
- [5] REYES H., PÉREZ HERRANZ V. Aplicación de la Química Industrial en Reactores Electroquímicos de Compartimentos Separados. *Entre Ciencia e Ingeniería*. 9 – 20, 8 (2010).
- [6] GARCÍA-GABALDÓN, M., PÉREZ-HERRANZ, V., GARCÍA-ANTÓN, J., AND GUIÑÓN, J. L.; Electrochemical recovery of tin and palladium from the activating solutions of the electroless plating of polymers: Potentiostatic operation Separation and purification *Technology*, pp. 183 -191 (2005).
- [7] C. PONCE DE LEÓN, A. FRÍAS-FERRER, J. GONZÁLEZ-GARCÍA, D.A. SZÁNTO, F.C. WALSH, Redox flow cells for energy conversion. *Journal of Power Sources*, 160, 716 (2006).
- [8] DONGYANG CHEN, SHUANJIN WANG, MIN XIAO, YUEZHONG MENG. Sulfonated poly (fluorenyl ether ketone) membrane with embedded silica rich layer and enhanced proton selectivity for vanadium redox flow battery. *Journal of Power Sources*, 195, 2098, (2010).
- [9] BOUDGHENE STAMBOULI A, TRAVERSA E. Fuel cells, an alternative to standard sources of energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*; 6(3): 295–304 (2002)
- [10] LIUD, CASE S. Durability study of proton Exchange membrane fuel cells under dynamic testing conditions with cyclic current profile. *Journal of Power Sources*; 162(1):521–31 (2006)
- [11] *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification*, IEEE Std. 802.11, 1997.

## La seguridad agroalimentaria como alternativa de cambio

### Agro-food security as an alternative for change

Área temática: Sostenibilidad Ambiental

Reyes, Henry<sup>1</sup> y Luna, Julio César <sup>2</sup>.

Universidad del Quindío, Facultad de Ciencias Agroindustriales  
Armenia, Colombia

[hreyes@uniquindio.edu.co](mailto:hreyes@uniquindio.edu.co)

[jcluna@uniquindio.edu.co](mailto:jcluna@uniquindio.edu.co)

**Palabras clave**— agroalimentario, arsénico, cadmio, organoclorados, antioxidantes.

como mejorar las condiciones de acceso, disponibilidad, estabilidad y utilización de alimentos.

#### RESUMEN

La soberanía y seguridad agroalimentaria se ha convertido a nivel nacional y mundial, un tema de gran relevancia, pues cada día la población viene aumentando y se hace necesario ofrecer alimentos saludables e inocuos que garanticen, además de fuente de calorías y energías, las vitaminas y minerales suficientes para crecer y desarrollar el organismo de forma armónica. Es por ello que desde la Universidad del Quindío, en alianza con diversos centros de investigación del país y reconocidos grupos de investigación de varias universidades, se preocupan por trabajar y dar a conocer el uso de procesos biotecnológicos, que además de dar valor agregado a residuos agroindustriales, sean un potencial para hacer del agro colombiano uno de los sectores que está llamado a hacer eje transformador y polo de desarrollo en la profesionalización de nuestros campesinos. Sólo cuando ellos vean, conozcan y generen sus propios productos con valor agregado, saldremos adelante en ésta etapa de posconflicto. Entre los trabajos de investigación que se han realizado se encuentran: Presencia de arsénico en el arroz, presencia de cadmio en cacao, presencia de compuestos organoclorados en carne y leche bovina, obtención de antioxidantes presentes en ahuyama y tomate chonto, obtención de bioempaques a partir de desechos de la naranja, entre otros.

Entre los proyectos que se han desarrollado se encuentran los siguientes: Arsénico en arroz, trabajo realizado en alianza con el Instituto Nacional de Salud, dentro de un panel en seguridad agroalimentario y en el cual se tiene que el As puede estar presente de forma natural en el ambiente o puede provenir de actividades antropogénicas. La presencia de As en el arroz, tanto en su forma orgánica como inorgánica, es un peligro potencial para la salud, teniendo en cuenta los niveles de toxicidad de esta sustancia. En Colombia la población puede verse expuesta a este elemento a través del consumo de arroz, puesto que este cereal es base fundamental de la dieta y una de las principales fuentes de calorías para la población [1].

Por otra parte, se han desarrollado trabajos de forma interdisciplinaria relacionado con la presencia de compuestos organoclorados en carne y leche bovina [2], el cual muestra que en Colombia se ha legislado y existen prohibiciones y restricciones al uso, compra y venta de plaguicidas organoclorados, sin embargo, en la actualidad aún se encuentran residuos de estos plaguicidas en el ambiente, dado que la inadecuada disposición de éstos genera sitios potencialmente contaminados por derrames del pasado o por enterramientos, así como por la escorrentía y filtración de estos compuestos químicos. A su vez, nuestro país como miembro de la Convención de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes, se encuentra desarrollando e implementando diferentes acciones para cumplir con dicho compromiso, entre los cuales están el monitoreo y estudio sobre la presencia de COP en alimentos.

#### I. INTRODUCCIÓN

La seguridad agroalimentaria es la satisfacción adecuada de las necesidades de alimentos de un individuo, familia, comunidad, región o país. Es uno de los mayores problemas a nivel mundial: No hay acceso diario a los alimentos. Es necesario construir políticas para generar seguridad alimentaria. Así

También se han desarrollado investigaciones a nivel biotecnológico relacionado con la seguridad agroalimentaria que tiene que ver con el cadmio presente en el cacao [3]. El cadmio es un metal pesado tóxico, considerado como contaminante alimentario, es ampliamente usado a nivel industrial y debido a las actividades antropogénicas llega a los suelos de los cultivos agrícolas por medio del aire y agua sin degradarse en el ambiente. El cacao, fruto del árbol *Theobroma cacao L.* es la principal materia prima del chocolate, producto con altos beneficios para la salud por su contenido de antioxidantes; sin embargo, ha evidenciado presentar trazas del metal.

Con el objeto de evaluar la exposición al riesgo toxicológico que genera el consumo de chocolate con trazas de cadmio, se calculó la dosis diaria promedio (ADD) del metal en chocolate con 65% de cacao producido en Colombia con base en un estudio previo donde se determinó su concentración, en comparación con los límites máximos permitidos de cadmio establecidos por el Codex Alimentarius y la Unión Europea. Finalmente se determinó el cociente de peligro (HQ) para los tres referentes, el cual si es mayor que 1 indica que existe un riesgo no carcinogénico para la salud de los consumidores. Para la ADD los valores obtenidos fueron: 0,011(mg/kg-día) para la concentración experimental de cadmio,  $5,63 \times 10^{-3}$  (mg/kg-día) para el Codex Alimentarius  $2,25 \times 10^{-3}$  (mg/kg-día) y para la Unión Europea; en cuanto el HQ [4] se obtuvo valores de 1,1, 0,563 y 0,225 respectivamente.

Se concluyó que el consumo de chocolate con 65% de cacao producido en Colombia puede generar un riesgo toxicológico no carcinogénico en cuanto al contenido de cadmio para los consumidores habituales del mismo. El objetivo del trabajo es mostrar algunas aplicaciones reales con productos agroindustriales, que se han desarrollado en la Universidad del Quindío, que sirven de referente para el desarrollo de una adecuada seguridad y soberanía agroalimentaria.

## II. DESARROLLO DE CONTENIDOS

Para el trabajo investigativo se trabajó de forma interdisciplinaria, partiendo de una revisión bibliográfica científica, observándose la ausencia de datos reales que sirviesen de referente para la problemática actual en seguridad agroalimentaria. Una vez se tuvo todo, se procedió al análisis de cada uno de los resultados. Posteriormente, desde los laboratorios de investigación de la Universidad del

Quindío, en el grupo de investigación en Ciencias Ambientales, se redactaron proyectos de investigación encaminados a dar respuesta con la soberanía y seguridad agroalimentaria, principalmente con la presencia de arsénico en el arroz, cadmio en cacao, organoclorados en carne y leche bovina, entre otros.

### A. Metodología

Para el caso del cadmio en cacao se tiene:

#### **Recolección y preparación de las muestras:**

Como criterio de selección de las muestras se estableció que fueran chocolates de consumo directo y con alto porcentaje de cacao. Para tal fin se obtuvo una marca de chocolate amargo comercial producido en Colombia tipo exportación con 65% de cacao de 70 gramos. Se seleccionaron 5 lotes diferentes los cuales se recolectaron en las ciudades de Bogotá, Medellín, Cali y Armenia. Para un total de 14 muestras que se analizaron por triplicado.

En cuanto a la preparación de las muestras se comenzó con una molienda y homogenización, luego se pesaron 0,5 gramos de cada una en vasos digestores previamente lavados con ácido nítrico 65% (HNO<sub>3</sub>). Posteriormente se adicionaron 7ml HNO<sub>3</sub> 65% marca MERCK para comenzar la digestión ácida, la cual además de realizar una descomposición de la materia orgánica forma una sal soluble del metal. Esta digestión se llevó a cabo en un horno digestor por microondas usando el método de trampa de temperatura, donde la máxima temperatura alcanzada fue de 180°C y un tiempo de 35 minutos. Después de realizada la descomposición se adicionaron 2ml de peróxido de hidrogeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) marca MERCK a cada muestra, esto con el fin de eliminar el color marrón resultante de la descomposición y así volverlas translúcidas, para posteriormente ser aforadas con agua desionizada de un sistema Merck Millipore hasta 25ml [5]. Finalmente se realizó la determinación de cadmio por medio de la técnica de espectrofotometría de absorción atómica por llama. En total se analizaron 42 muestras incluyendo los triplicados.

Para la digestión ácida se usó un horno digestor microondas marca CEM. Modelo MARS Xpress. Se trabajó con 24 vasos digestores y un método de trampa de temperatura.

Para la determinación de cadmio en las muestras de chocolate se realizó en un equipo espectrofotómetro de absorción atómica marca SHIMADZU, modelo AA-7000. Las condiciones del método fueron: Longitud de onda: 228,8 nm, ancho de banda: 0,7 nm, flujo de gas: 1,8 L/min, altura de la celda: 10,5 mm, tipo de llama: aire - acetileno. Se tomó un estándar de Cadmio de 1000 ppm con el fin de elaborar una curva de calibración de 9 puntos con las siguientes concentraciones: blanco – 0,1 – 0,2 – 0,3 – 0,4 – 0,5 – 0,6 – 0,7 – 0,8 mg/L. Con esta se determinaron los límites de detección (LOD) y cuantificación (LOQ), y finalmente la concentración del metal.

El límite de detección y cuantificación son valores para determinar la confiabilidad del método analítico. Así, el LOD es 3 veces la desviación estándar de las absorbancias del blanco ( $\sigma$ ) indica la concentración a la cual hay presencia del elemento analizado y el LOQ es 10 veces la desviación estándar del blanco e indica la concentración en la cual el método es confiable para realizar análisis cuantitativos. Se calculan mediante la Ecuación 1 a la Ecuación 5.

$$LOD = 3\sigma_{blanco} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$LOQ = 10\sigma_{blanco} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde  $\sigma$  es la desviación estándar de las lecturas del blanco

$$y = mx + b \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde  $y$  es la señal analítica, es decir la absorbancia,  $m$  es la pendiente de la curva,  $x$  la concentración de cadmio en mg/L y  $b$  el intersepto de la curva

$$\text{Concentración LOD} = \frac{LOD - b}{m} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$\text{Concentración LOQ} = \frac{LOQ - b}{m} \quad \text{Ecuación 5}$$

#### Dosis diaria promedio (ADD)

La dosis diaria promedio indica la cantidad de la sustancia química ingerida por kilogramo de masa corporal por día y se expresa como:

$$A_{DD} = \frac{C \cdot I_R \cdot E_D \cdot E_F}{B_W \cdot A_T \cdot 365} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde  $C$ , es la concentración del contaminante en el elemento analizado (mg/kg o mg/L);  $I_R$ , es la velocidad de ingestión por unidad de tiempo del elemento analizado (mg/día o L/día);  $E_D$ , es la duración de la exposición (años);  $E_F$ , es la frecuencia de la exposición (días por año);  $B_W$ , es la masa corporal del receptor (kg);  $A_T$ , es el promedio de tiempo (años), (equivalente al  $E_D$  para efectos no carcinogénicos e igual a 70 años para efectos carcinogénicos); 365 es un factor de conversión para pasar de días a años [6].

El modelo matemático se aplicó a la concentración experimental de cadmio en chocolates con 65% de cacao [7] y a dos referencias teóricas como el Codex Alimentarius [8] y la Unión Europea, las cuales establecen los límites máximos de cadmio en chocolates de las mismas características [9].

### III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para establecer los límites de detección (LOD) y cuantificación (LOQ) se realizaron lecturas seguidas del blanco como se muestra en la Tabla 1, empleando agua desionizada y la curva de calibración (Fig. 1). Posteriormente se aplicaron las Ecuaciones de la 1 a las 5 [10]. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

TABLA 1. LECTURAS DEL BLANCO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LOD Y LOQ

BLANCO	ABSORBANCIA
1	0,0012
2	0,0007
3	0,0002
4	0,0008
5	0,0022
6	0,0033
7	0,0014
8	0,0011
9	0,0005
10	0,0009

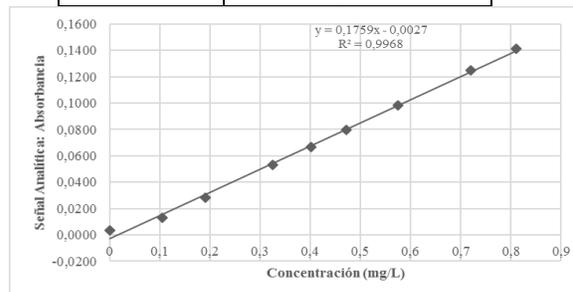


Fig.1. Curva de calibración de cadmio para la determinación en chocolates.

TABLA 2. RESULTADOS LÍMITE DE  
DETECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN

Desviación Estándar $\sigma$	0,0009
LOD	0,0027
LOQ	0,0091
m	0,1759
B	-0,0027
Concentración LOD	0,0309 mg/L
Concentración LOQ	0,0670 mg/L

- [10] MILLER N. J., MILLER J. C. 2002. Estadística y Quimiometría para Química Analítica, Cuarta edición. Pearson Educación S.A. Madrid; 278 p

#### IV. CONCLUSIONES

Se pudo establecer que el cadmio genera un riesgo para la salud de los consumidores habituales de este producto alimenticio con alto contenido en cacao. Teniendo en cuenta la alta toxicidad del cadmio, es importante tomar medidas de seguridad, tanto en el cultivo de cacao como en la industria chocolatera, para así controlar o disminuir la cantidad del metal que está ingresando al organismo a través de la ingesta de chocolate contaminado.

#### REFERENCIAS

- [1] SMITH AH, LINGAS EO, RAHMAN M. Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: a public health emergency. Bulletin of the World Health Organization. 2000;78(9):1093-103.
- [2] STWERTKA A. A Guide to the Elements: Oxford University Press, USA; 2002.
- [3] ANGELOVA, V., R. IVANOVA, V. DELIBALTOVA, AND K. IVANOV. 2004. Bio-Accumulation and Distribution of Heavy Metals in Fibre Crops (flax, Cotton and Hemp). Industrial Crops and Products 19(3): 197–205.
- [4] CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. 2014. Proposed draft maximum levels for cadmium in chocolate and cocoa-derived products. Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Committee on Contaminants in Food.
- [5] KRUG F. J. 2010. Métodos preparo de amostras. Fundamentos sobre preparo de amostras orgânicas e inorgânicas para análise elementar, Primeira edição. Brasil; 340 f.
- [6] United States. Environmental Protection Agency US EPA. 1985. Integrated Risk Information System. Cadmium (CASRN 7440-43-9). En <http://www.epa.gov/iris/subst/0141.htm>; consulta: 20 de enero de 2015.
- [7] Echeverry A y Reyes H. 2016. Determinación de la concentración de cadmio en un chocolate colombiano con 65% de cacao y chocolates extranjeros con diferentes porcentajes de cacao. Entre Ciencia e Ingeniería. Volumen 19.
- [8] CODEX ALIMENTARIUS. 2003. Codex Standard for Chocolate and Chocolate Products. Norma CODEX STAN 87-1981, Rev. 1 – 2003.
- [9] EUROPEAN UNION. 2014. Commission Regulation (EU) No 488/2014. Amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of cadmium in foodstuffs. Official Journal of the European Union.

# La confiabilidad en ingeniería

## Reliability engineering

Área temática: Ingeniería en Confiabilidad

Roca José Luis<sup>1</sup>

Universidad Nacional de Río Negro, Escuela de Producción, Ingeniería Electrónica San Carlos de Bariloche,  
Río Negro, Argentina

[jroca@unrn.edu.ar](mailto:jroca@unrn.edu.ar)

**Palabras clave** —*Confiabilidad, Fallas, Tasa de Fallas, Tasa de Reparación, Mantenibilidad, Disponibilidad.*

### RESUMEN

La Calidad [1] de un producto de ingeniería se define como la totalidad de las características del mismo que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades establecidas e implícitas, esto es las especificaciones del producto. Mantener estas especificaciones en el tiempo es materia de la Ingeniería en Confiabilidad. El estudio y análisis de las fallas que provocan la no continuidad del servicio del producto de ingeniería es de vital importancia para lograr la optimización del así denominado tiempo medio entre fallas. Desde otro punto de vista es de interés también que, en el caso de falla del servicio prestado por el producto, este pueda ser restituido al servicio lo antes posible. Prescribir los así denominados tiempos medios de reparación resulta asimismo de fundamental importancia y es ahí donde las cifras de disponibilidad y de mantenibilidad del producto de ingeniería comienzan a entremezclarse con las de confiabilidad.

### I. INTRODUCCIÓN

La confiabilidad de un producto de ingeniería es la probabilidad de que el mismo cumpla sus requerimientos funcionales durante el tiempo previsto y en las condiciones operativas especificadas. Probabilidad, tiempo y ambiente de trabajo son los elementos determinantes. Que el producto de ingeniería cumpla con los requerimientos especificados implica que no falle. Falla es el fin de la aptitud de un producto de ingeniería para cumplir con sus requerimientos funcionales. Las fallas pueden ser clasificadas como repentinas, progresivas, parciales o completas. Falla repentina: Falla de un producto de ingeniería que no puede ser estimada a través de un examen anterior de

las características del mismo.

Falla progresiva: Falla de un producto de ingeniería que puede ser estimada a través de un examen anterior de las características del mismo.

Falla parcial: Falla resultante del cambio de una o más características o de los límites especificados para esas características en un producto de ingeniería, sin que esto signifique la desaparición completa de sus funciones específicas.

Falla completa: Falla resultante del cambio de una o más características o de los límites especificados para esas características en un producto de ingeniería, implicando esto una desaparición completa de sus funciones específicas. Cuando las fallas son repentinas y totales se denominan catastróficas. Cuando las fallas son progresivas y parciales se denominan paramétricas. Esencialmente el análisis y evaluación de la confiabilidad de un producto de ingeniería está centralizado en las fallas catastróficas pues son las relacionadas con el colapso del producto. Es posible estimar la confiabilidad de un producto de ingeniería a través de ensayos especificados mediante un programa definido, sin embargo, también se puede predecir la confiabilidad de un producto de ingeniería sobre la base de un modelo matemático definido a partir de datos de confiabilidad estimada o predictiva de sus componentes, teniendo en cuenta las condiciones operativas de los mismos. La cuantificación de probabilidades en determinados períodos de tiempo y bajo ciertas condiciones operativas no son los únicos indicadores de la confiabilidad de un producto de ingeniería. La relación entre la probabilidad de que un producto de ingeniería falle en un intervalo de tiempo, dado que no ha fallado hasta el comienzo del

<sup>1</sup> Ingeniero Electrónico, PhD. Ingeniería UNRN, CONAE, IEEE

mismo y ese intervalo de tiempo se denomina Tasa de Fallas y es básicamente la velocidad de generación de fallas  $h(t)$ . En la Fig.1 se observa que la tasa de fallas presenta tres regiones claramente definidas. La región I donde la tasa de fallas decrece rápidamente. La región II donde la tasa de fallas permanece sensiblemente constante y la región III donde la tasa de fallas crece rápidamente.

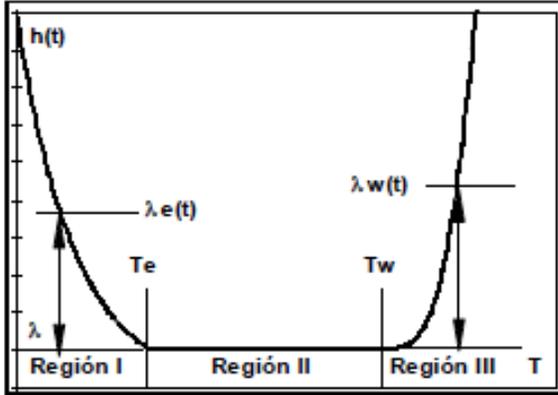


Fig. 1 – Tasa de Fallas

La región I se denomina zona de fallas por mortalidad infantil, la región II zona de fallas aleatorias o de Poisson y la región III zona de fallas por desgaste. En general todos los productos de ingeniería de Calidad adecuada están saliendo al mercado en la región II. Es posible demostrar [5] que, en esa región, la Confiabilidad está relacionada con la tasa de fallas:

$$C(t) = e^{-\lambda \cdot t} \quad (1)$$

La duración del funcionamiento de un producto de ingeniería no reparable hasta la falla se denomina tiempo de vida. El valor medio de la duración del funcionamiento de un producto de ingeniería no reparable hasta la falla se denomina “tiempo medio hasta la falla” (MTTF) y constituye también un índice de confiabilidad. Asimismo si se trata de un producto de ingeniería reparable, la duración del funcionamiento entre dos fallas consecutivas se denomina “tiempo entre fallas” y su valor medio “tiempo medio entre fallas” (MTBF). Se ve aquí la diferencia conceptual entre aquellos productos de ingeniería que admiten reparación y aquellos que no. No obstante ello, es posible para ambos demostrar que su confiabilidad viene dada por (1). En ambos casos resulta el MTBF o el MTTF como la inversa de la tasa de fallas.

## II. DISPONIBILIDAD-MANTENIBILIDAD

Se define Disponibilidad de un producto de ingeniería como la probabilidad de que el mismo cumpla con sus requerimientos funcionales en un instante determinado de tiempo y bajo condiciones operativas dadas, esto es precisamente cuando se lo demanda.

Se define Mantenibilidad de un producto de ingeniería como la probabilidad de que el mismo sea reparado en un tiempo dado. Cuando el producto de ingeniería no esté disponible cuando se lo solicita, por falla del mismo, entonces es posible adoptar dos políticas. La primera es reemplazarlo por uno nuevo lo antes posible o repararlo también lo antes posible. La primera política de mantenimiento implica solo tiempos cuasi logísticos y está incluida dentro de lo que se denomina mantenimiento preventivo. La segunda incluye tiempo de diagnóstico, reparación y control y está incluida en la que se denomina mantenimiento correctivo. La duración total de las tareas por mantenimiento correctivo de un producto de ingeniería se denomina “tiempo de reparación” y su valor medio “tiempo medio de reparación” (MTTR). Se denomina Tasa de reparación a la relación entre la probabilidad de que un dispositivo sea reparado en un intervalo de tiempo, dado que ha fallado al comienzo del mismo y ese intervalo de tiempo, y es básicamente la velocidad de reparación de las fallas que sacan fuera de servicio al producto de ingeniería. Es posible demostrar [6] que en la región II la mantenibilidad está relacionada con la tasa de reparación  $\mu$ :

$$M(t) = e^{-\mu \cdot t} \quad (2)$$

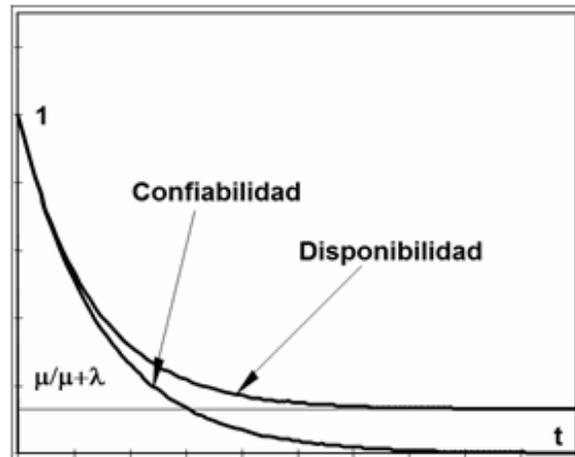


Fig. 2 – Disponibilidad-Confiabilidad.

En la figura 2 se observan los comportamientos respecto del tiempo de la confiabilidad de un producto de ingeniería y de su disponibilidad. La confiabilidad baja exponencialmente con el tiempo, mientras que la disponibilidad posee una asíntota, cuyo valor se denomina disponibilidad en estado estacionario:

$$A(\infty) = \mu/(\mu+\lambda) \cong 1 - \lambda.MTTR \quad (3)$$

Si la política es de mantenimiento preventivo, entonces el parámetro de importancia es el tiempo de reposición en servicio del producto de ingeniería y esto implica tiempos cuasi logísticos para esta tarea. Si denominamos  $T_{rep}$  a esos tiempos es posible demostrar que la disponibilidad media por ese tipo de mantenimiento es;

$$A(T_{rep}) \cong 1 - (\lambda.T_{rep}/2) \quad (4)$$

### III. ENSAYOS DE CONFIABILIDAD

A los efectos de evaluar la confiabilidad de un producto de ingeniería es posible proceder a realizar ensayos del mismo. Otra forma sería predecir mediante un modelo matemático de análisis su confiabilidad en función de las confiabilidades de sus componentes. De todas maneras siempre queda abierto el tema de ensayar los componentes constitutivos del producto de ingeniería para luego proceder a armar el modelo matemático probabilístico que corresponda [3,4]. Los ensayos pueden clasificarse en completos, truncados y con reposición. Ensayos completos son aquellos en el curso de los cuales se produce la falla de todos los dispositivos bajo prueba. Ensayos truncados son aquellos en el curso de los cuales se produce la falla de solamente algunos de los dispositivos bajo prueba. Ensayos con reposición son aquellos en el curso de los cuales cualquier dispositivo fallado es reemplazado por uno nuevo. En general todos estos ensayos pueden tener una duración bastante prolongada por lo que suele recurrirse a realizar ensayos que tomen como pivote un parámetro catalizador de la aparición de las fallas a los fines de que, sin modificar los mecanismos asociados a las mismas, se pueda acortar el tiempo de ensayo. Este parámetro suele ser siempre la temperatura del ensayo. Estos ensayos se pueden clasificar como acelerados puros, escalonados, secuenciales o de homologación y de selección o screening. Ensayos acelerados son aquellos en el curso de los cuales los

parámetros operativos se encuentran más allá de los fijados en las especificaciones técnicas del producto de ingeniería. Ensayos escalonados son aquellos en el curso de los cuales uno de los parámetros operativos del producto de ingeniería es aplicado en forma escalonada durante períodos de tiempo sucesivos de igual duración en niveles crecientes de un período a otro. Los ensayos secuenciales o de homologación son llevados a cabo de tal forma que al final de cada uno se toma la decisión de aceptar, rechazar o continuar con el siguiente, de acuerdo a riesgos prefijados con anterioridad. Los ensayos de selección o screening están destinados a eliminar productos de ingeniería defectuosos o susceptibles de presentar fallas prematuras. En general [2] es posible realizar una estimación puntual de la tasa de fallas  $\lambda^*$  de un producto de ingeniería a partir del tiempo total acumulado de ensayo  $t_r$  y del número de fallas acumuladas  $r$ :

$$\lambda^* = r / t_r \quad (5)$$

Es posible estimar luego la cota superior de la tasa de fallas  $\lambda_{sup}$  con un determinado riesgo  $\alpha$  dado el número de especímenes bajo prueba  $r$ :

$$\lambda_{sup} = \lambda^* \cdot \chi^2(2.r, \alpha) / 2.r \quad (6)$$

Donde  $\chi^2(2.r, \alpha)$  es la función Chi-cuadrado de  $2.r$  grados de libertad y nivel de confianza  $1-\alpha$ .

### IV. CONCLUSIONES

La importancia de la evaluación de la Confiabilidad de un producto de ingeniería es de vital importancia en el mundo de hoy no solo por el hecho de saber que se espera del mismo en cuanto a tiempos de funcionamiento libre de fallas sino además para mejorarlo continuamente de modo de satisfacer las expectativas del cliente de ese producto. Si bien es cierto que la industria nuclear, espacial y militar son las que de una u otra manera introdujeron estos conceptos de acuerdo a sus necesidades específicas también es cierto que han producido los adelantos técnicos que constituyeron la base sobre la cual toda la industria actualmente se asienta. La tecnología ha mejorado continuamente en función de reducir costos y mantener o mejorar la confiabilidad de un producto de ingeniería sin olvidar que lo que se pretende es mantener la calidad del producto de ingeniería donde la confiabilidad es una especificación más.

REFERENCIAS

- [1]. Shooman Martin L.; “Probabilistic Reliability: An Engineering Approach”; Mc. Graw Hill; New York; 1968.
- [2]. N.R. Mann; R.E. Schafer and N.D. Singpurwalla; “Mathematical Methods for Statistical Analysis of Reliability and Life Data”; John Wiley & Sons; New York; 1974.
- [3]. Roca J.L.; “Algebraical Algorithm for Computing Complex System Reliability”; Microelectronics & Reliability Journal; Ed. Pergamon Press. Ltd.; England; Vol.24; No.5; 1984; pp.901-903.
- [4]. Roca J.L.; “An Approach on the Life Cycle Cost of Integrated Logistic Support”; Microelectronics & Reliability Journal; Ed. Pergamon Press. Ltd.; England; Vol.27; No.1; 1987; pp.25-27.
- [5]. R.E. Barlow and F. Proschan; “Mathematical Theory of Reliability”; SIAM; Philadelphia; 1996.
- [6]. R. Barlow; “Engineering Reliability”; ASA – SIAM Series on Statistics and Applied Probability; 1998.

## Medidas de complejidad en software

### Software complexity measures

Área temática: Ingeniería en Software

Roca José Luis<sup>1</sup>

Universidad Nacional de Rio Negro, Escuela de Producción, Ingeniería Electrónica San Carlos de Bariloche,  
Rio Negro, Argentina

[jroca@unrn.edu.ar](mailto:jroca@unrn.edu.ar)

**Palabras clave**— Complejidad, Métrica, Medida, Halstead, Mc Cabe, Función Característica del Software SCF

#### RESUMEN

Las métricas de complejidad han sido exhaustivamente estudiadas en función de ser las que proveen información de soporte a las decisiones a nivel de gestión durante el ciclo de vida del software de manera de evaluar y minimizar riesgos. El presente análisis está centrado en la presentación de las diferentes medidas de complejidad observando su clasificación en: lingüísticas y estructurales. Las primeras se basan en el contenido de información del software y las segundas en las propiedades topológicas del grafo asociado al flujo de control del software. Dentro de este extenso conjunto de métricas de complejidad se analizaran solamente las métricas de complejidad de Mc Cabe, Halstead and Roca. Esta última introduce el concepto de Función Característica del Software SCF y las conclusiones a las que se arriba a posteriori de sus fases analítica y experimental.

#### I. INTRODUCCIÓN

Ingenieros y analistas necesitan frecuentemente evaluar la performance de un software en las primeras etapas del ciclo de vida del software, esto es en los comienzos de las etapas de diseño. Esto se da porque, de un modo o de otro, la complejidad como medida de los recursos utilizados en desarrollar, mantener y operar un software está relacionada con el número de errores residuales (bugs) en el mismo y esto último con su confiabilidad [1]. Durante tres décadas muchos investigadores han trabajado en la predicción de errores a partir de una métrica de complejidad propuesta y adecuada [2]. El siguiente listado constituye una muestra apropiada y resumida de los principales investigadores en el tema [3] :

**Hellerman** [1972] Medida relacionada, en parte, con la Teoría de la Información. **McCabe** [1975/1976/1982] Medida de complejidad basada en la Teoría de Grafos. **Halstead** [1977] Medida de complejidad relacionada con las Leyes del Lenguaje de Zip. **Woodfield** [1979/1980] Medida de complejidad basada en el concepto de segmento “chunk” de un software. **Chen** [1978] Medida de complejidad basada en las propiedades topológicas del grafo asociado al diagrama de flujo de información de un software. **Myers & Yourdon** [1978/79] Medida de complejidad basada en el concepto de “fan-in” y “fan-out” de los módulos de un software. **Mohanty** [1979] Medida basada en la cantidad de información compartida entre los módulos de un software. **Chapin** [1979] Medida de complejidad basada en el papel que juegan las variables en cada módulo del software. **Oviedo** [1980] Medida de complejidad asociada al diagrama de flujo de un software y a las variables de entrada/salida. **McTap** [1980] Compara ciertas prestaciones de un software con un conjunto de valores estándares predeterminados. **Rouston** [1980] Medida de complejidad relacionada con la representación polinómica de un grafo asociado al diagrama de flujo de información de un software. **Berlinger** [1980] Medida de complejidad basada en la Teoría de la Información introduciendo el concepto de “token”. **Davis y LeBlanc** [1988] Medida de complejidad basada en el concepto de entropía a los fines de medir la estructura de las interconexiones entre “chunks”, su contenido y su tamaño. **Roca** [1995] Medida de complejidad basada en el análisis del comportamiento de una función asociada al diagrama de flujo de control de la información de un software, la así denominada función característica del software SCF.

<sup>1</sup> Ingeniero Electrónico, PhD. Ingeniería

## II. MÉTRICA DE MC CABE

Se trata de una métrica estructural basada en la teoría de grafos aplicable a softwares estructurados [4]. En la Fig.1 se observa el diagrama de flujo de control de un software estructurado y su pasaje y conversión a un grafo constituido por nodos y arcos entre nodos. Se define como complejidad ciclomática como:

$$M = e - n + 2.p \quad (1)$$

Donde “e” es el número de arcos en el diagrama de flujo de control, “n” es el número de nodos en el diagrama de flujo de control y “p” es el número de partes desconectadas del diagrama de flujo de control.

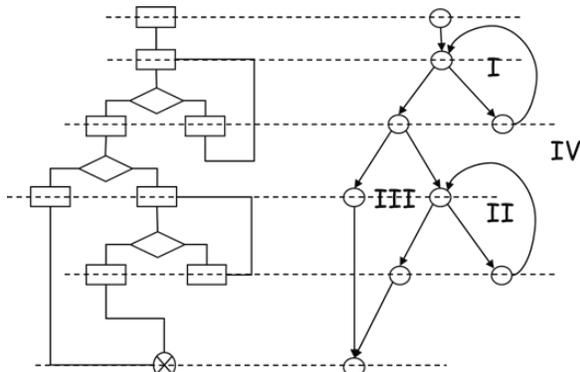


Fig. 1 – Software Ejemplo Mc Cabe

Para el ejemplo de la Fig.1 resulta  $e=11$ ,  $n=9$  y  $p=1$  ya que en el diagrama no existen más diagramas que uno. La existencia de subrutinas implica la existencia también de más de un diagrama principal. Los análisis experimentales de Mc Cabe concluyeron que el cociente entre bugs y líneas de código crecía en forma discontinua cuando  $M > 10$  por lo que recomendaba bajar su complejidad ciclomática a los efectos de reducir en número de errores residuales (bugs). Prácticamente la complejidad Mc Cabe es el número de decisiones más uno. Mc Cabe establece algún tipo de relación entre números de errores residuales y su métrica que más tarde comprobó Akiyama.

## III. MÉTRICA DE HALSTEAD

Se trata de una métrica lingüística basada en la teoría de información y básicamente en las leyes de Zip [4]. Identifica Operandos y Operadores en un

software y llega a evaluar el número de errores residuales (bugs). Así:

$N_1$  = Total de operadores

$N_2$  = Total de operandos

$n_1$  = número de operadores distintos

$n_2$  = número de operandos distintos

Longitud del programa:  $N = N_1 + N_2$

Longitud estimada:  $H = n_1 \cdot \log_2 n_1 + n_2 \cdot \log_2 n_2$

Vocabulario del programa:  $n = n_1 + n_2$

Volumen del programa:  $V = N \cdot \log_2 n$

Volumen potencial:  $V^* = (2+n) \cdot \log_2 (2+n)$

(2)

Relación de volúmenes:  $L = V^*/V$

Esfuerzo de programación:  $E = V/L = V^2/V^*$

Número de errores:  $B = V/S^* = V/3000$

```

if (y < 0)
    pow = - y;
else
    pow = y;
z = 1.0;
while (pow != 0) {
    z = z * x;
    pow = pow - 1;
}
if (y < 0)
    z = 1.0 / z;
    
```

Fig. 2 – Software Ejemplo Halstead

Para el ejemplo de la Fig.2 resultan

```

n1 = 9 (if, <, =, - (sign), while,
        !=, *, - (minus), /)
n2 = 7 (y, 0, pow, z, x, 1, 1.0)
H = 9 log2 9 + 7 log2 7 ≈ 48
    
```

$$B = (16+21) \cdot \log_2 (9+7) / 3000 = 0,05$$

La validez de la métrica de Halstead ha sido confirmada experimentalmente varias veces y en forma totalmente independiente sobre un amplio rango de softwares y lenguajes. M. Lipow realizó un estudio sobre un amplio rango de softwares de tamaños entre 300 LOC y 12 KLOC, comparando el número real de Bugs y el estimado con la métrica de Halstead, arrojando una discrepancia entre ellos del 8%

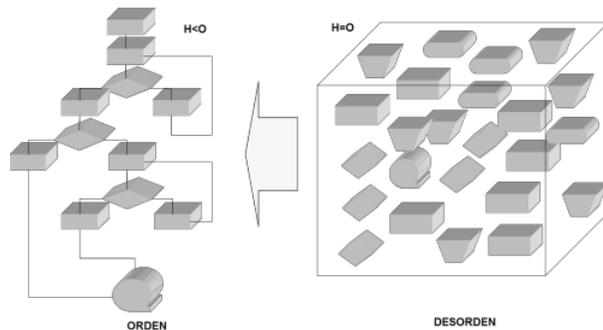
#### IV. MÉTRICA DE ROCA

Las Métricas de complejidad estructurales de software tradicionales no contemplan la interacción del conjunto de entradas y la estructura interna del mismo [5]. Esta interacción modifica el número de pasos a lo largo de la estructura de control del flujo de información y es por ese motivo que fallas como herramienta de predicción sobre todo de errores residuales. Asimismo las métricas de complejidad lingüísticas solo se basan en propiedades de lenguaje y es discutible que la prognosis que deriva de ellas no posean divergencia respecto a la realidad experimental. Este inconveniente se ha salvado, introduciendo el concepto de función característica del software SCF y la métrica  $\Pi$  basada en la interacción de la distribución probabilística de datos de entrada y la representación canónica del grafo asociado al diagrama de control de flujo de información interna del software. Esta métrica considera la variabilidad de los datos de entrada del software vía los parámetros asociados a las instrucciones que originan saltos de programación. Sin embargo esta métrica no presenta propiedades de correlación alguna, por lo que no puede ser utilizada como herramienta de prognosis. Introduciendo el concepto de entropía asociado a la SCF y analizando el comportamiento de funciones básicas de programación estructurada, se observa la existencia de una correlación entre la entropía de la función de densidad de probabilidad asociada a la SCF y el número de errores presentes al comienzo de la depuración.

El análisis teórico de esta nueva métrica que combina propiedades topológicas del grafo asociado al diagrama de flujo de información del software y su contenido de información, muestra total coherencia con la fase experimental. Es decir que existe una correlación entre los errores totales de un software al inicio del proceso de depuración y la complejidad estructural medida como la entropía de la función de densidad de probabilidad asociada a la denominada Función Característica del Software. Esta correlación, por otro lado, muestra que el número de errores no se mantiene constante para un software puramente secuencial, como se predecía con la mayoría de las métricas de complejidad utilizadas hasta el presente. Esto es, que no solo la cantidad de errores puede aumentar por el número de decisiones presentes, sino también, por el número de instrucciones presentes. Es posible considerar un software como una serie de instrucciones ordenadas

extraídas de un gas de instrucciones totalmente desordenado y colocadas ahora en un cierto orden.

Fig. 3 – Concepto Métrica SCF



Este ordenamiento disminuye la entropía que en un principio era nula, por el mismo hecho de pertenecer todas las instrucciones a ese gas. Al programar se construye un ordenamiento de las instrucciones que, ínterrelacionadas, estructuran el software dándole una cierta textura y complejidad. La complejidad de esta construcción informática es lo que se pretende medir con la entropía estructural propuesta y la conjetura es que el número de errores iniciales en el software es proporcional a esa complejidad. El desarrollo teórico, analítico y experimental puede encontrarse en las referencias del presente artículo [6].

#### V. CONCLUSIONES

Del análisis realizado surge que el aumento de entropía estructural por error se encuentra entre 7,9822 y 10,0332 bits / error. El análisis de errores ya sea de medición como de clasificación arroja un valor del 5%. En la Fig.4 se observa la correlación existente entre la disminución de entropía asociada a la SCF debido a la programación y el número de errores residuales. El experimento de Akiyama sobre 9 softwares refleja coeficientes de correlación menores que los evaluados para distintas métricas y errores superiores al 5 %

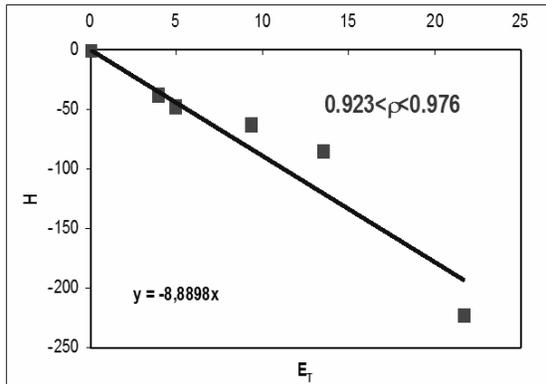


Fig. 4 – Entropía versus errores residuales.

#### REFERENCIAS

- [1] Sullivan J. E.; "Measuring the Complexity of Computer Software"; MITRE Technical Reports; MTR 2648 V; jun.1973.
- [2] Shooman M. and Laemmel A.; "Statistical Theory of Computer Programs in Information Content and Complexity"; Proceedings of COMPCON; 1977; pp.341- 347.
- [3] Basili; V.; "Quantitative Software Complexity Models: A Panel Summary"; IEEE Workshop on Quantitative Software Models; oct.1979; pp.243-245.
- [4] Curtis Bill, Sheppard Sylvia B., Milliman Phil, Borst M. and Love Tom; "Measuring the Psychological Complexity of Software Maintenance Tasks with the Halstead and McCabe Metrics"; IEEE Transactions on Software Engineering; Vol.5; No.2; Mar.1979; pp.96-104.
- [5] Roca J. L.; "Computing Software Structural Complexity"; Computers & Structures; Vol.50; No.1; 1994; pp.87-95.
- [6] Roca J. L.; "An Entropy Based Method for Computing Software Structural Complexity"; Microelectronics & Reliability; Vol.36; No.5; Pergamon Press.; 1996; pp.609-620S. M.
- [7] Metev and V. P. Veiko, *Laser Assisted Microtechnology*, 2nd ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998.

# Design of rehabilitation systems

## Diseño de sistemas de rehabilitación

Knowledge domain: Rehabilitation Robotics

Chaparro Rico, Betsy Dayana Marcela<sup>1</sup>  
Instituto Politécnico Nacional-CICATA Querétaro, Querétaro, México.

[betsychaparro@hotmail.com](mailto:betsychaparro@hotmail.com)

**IndexTerms** – Mechanism design, Numerical Simulation, Prototyping, Rehabilitation systems.

### ABSTRACT

This paper presents a summary of the design process of rehabilitation systems. The design process is presented in six steps: problem Approach, Task Characterization, Design and Simulation, Prototyping, Validation and Production and delivery

### I. INTRODUCTION

The robotic systems can reduce the recovery time by 30% in a rehabilitation process [1]. The rapid recovery by using a robotic system as compared to a traditional therapy has been treated in [2-3]. Since the robotic systems can reduce the recovery time in a rehabilitation process, several rehabilitation systems have been developed to support the medical activity during a therapy. The design process of rehabilitation systems for the physical therapy can be reviewed in the literature of the existing designed systems such as the exoskeletons MEDARM [4], CAREX [5], ArmeoPower [6] and ARMin III [7], or the manipulator devices MIT-MANUS [8] and NURSE [9]. However, the design process can be summarized by six steps: Problem Approach, Task Characterization, Design and Simulation, Prototyping, Validation and Production and delivery.

### II. DESIGN PROCESS

Fig. 1 shows a flow chart of the general design process used for the development of rehabilitation systems. The six steps can be used for the design of rehabilitation systems for the physical assistance.

In the first step “Problem approach”, a literature review of the existing rehabilitation systems is

needed to identify the current issues. The problem identification is an important step that allows to propose a specific objective to solve a particular problem. Since there are several issues to solve in the design of rehabilitation systems, the attached problem should be clearly defined.

The “task characterization” is the second step in the design process. The task characterization is to get all the measurable variables of the task that should be performed by the rehabilitation system. The numerical characterization of the task allows to obtain numerical design parameters such as the workspace size, load capacity, required velocity, torque and acceleration.

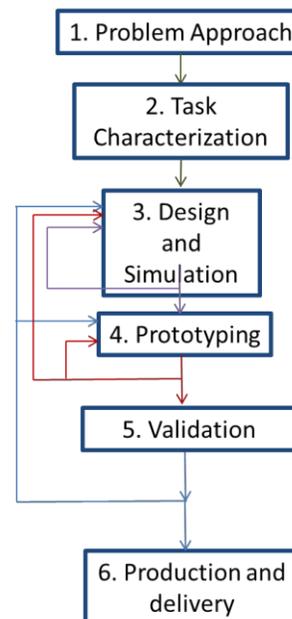


Fig. 1. Flow chart of the general design process of rehabilitation systems.

<sup>1</sup> PhD Candidate, Master in Advanced Technology, Electronic Engineer.

The “design and simulation” step consist of proposing a conceptual idea to solve the identified problem. A dimensional synthesis should be carried out according to the design parameters and a numerical characterization via simulation should be performed in terms of displacement, velocity, acceleration and torque as well as a FEM analysis to value the structure stress with applied forces. The system should be redesigned if the current design does not cover the requirements.

The fourth step is to build a prototype of the designed system in order to test the system’s performance. A rapid prototyping using 3D printers and commercial components is a feasible option to build a first prototype and to carry out an experimental characterization.

In the fifth step, the system should be validated by experimental tests. The experimental tests should be focused in the system task. If the system cannot perform the desired task, the system should be redesigned or a prototype with higher precision should be considered. Accuracy and Repeatability can be measured to value the design performance. By experimentation, the technical specifications of the prototype should be also defined such as the load capacity, maximum speed, stiffness and maximum current motor. The next quality standard norm can be considered for the prototype validation:

- NOM-241-SSA1-2012 Good Manufacturing Practices for establishments dedicated to the manufacture of Medical Devices.
- Regulation of health supplies: human use and consumption.
- NOM-137-SSA1-2008 Labeling of Medical Devices.
- Nom-240-SSA1-2012 Installation and Operation of the Techno-surveillance. [1]
- ISO 9001 Quality Management Systems.
- ISO 13485 Sanitary Products.

The production and delivery step should be guided by a financial expert in order to apply a business model and to define financial projections.

### III. CONCLUSIONS

A summary of the design process of rehabilitation systems has been presented. The design process has been presented in six steps: problem Approach, Task

Characterization, Design and Simulation, Prototyping, Validation and Production and delivery. The presented steps have been briefly explained.

#### REFERENCES

- [1] G. Burgar, P. S. Lum, P. C. Shor, and H. F. Machiel Vander Loos, *Development of Robots for Rehabilitation Therapy: The Palo Alto VA/Stanford Experience*, *Journal of Rehabilitation Research and Development*, vol. 37(6), pp. 663–73, 2000.
- [2] R. C. V. Loureiro, W.S. Harwin, K. Nagai and M. Johnson, *Advances in Upper Limb Stroke Rehabilitation: A Technology Push*, *Medical & Biological Engineering & Computing*, vol. 49(10), pp. 1103-1118, 2011
- [3] P. S. Lum, C. G. Burgar, P. C. Shor, M. Majmundar and Van der Loos M., *Robot-assisted movement training compared with conventional therapy techniques for the rehabilitation of upper-limb motor function after stroke*, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 83(7), pp. 952-959, 2002.
- [4] S. J. Ball, I. E. Brown and S. H. Scott, *A Planar 3dof Robotic Exoskeleton for Rehabilitation and Assessment*, *Proc. of the 29th Annual Conference of the IEEE EMBS Cité Internationale, Lyon, France*, pp. 4024-4027, August 23-26, 2007.
- [5] Y. Mao and S. Kumar-Agrawal, *Design of a Cable-Driven Arm Exoskeleton (CAREX) for Neural Rehabilitation*, *IEEE Transactions on Robotics*, Vol. 28 (4), pp. 922-931, 2012.
- [6] (2017) Hocoma web site, ArmeoPower, [Online]. Available: <https://www.hocoma.com/solutions/armeopower/>
- [7] T. Nef, M. Guidali and R. Riener, *ARMin III – Arm Therapy Exoskeleton with an Ergonomic Shoulder Actuation*, *Applied Bionics and Biomechanics*, Vol. 6 (2), pp. 127–42, June 2009.
- [8] H. I. Krebs, N. Hogan, M L. Aisen and B. Volpe T. *Robot-aided Neurorehabilitation*. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, vol. 6 (1), pp. 75–87, March, 1988.
- [9] B. Chaparro-Rico, D. Cafolla, M. Ceccarelli E. and Castillo- Castaneda, *Design and Simulation of an Assisting Mechanism for Arm Exercises*, In: *Boschetti G., Gasparetto (eds), Advances in Italian Mechanism Science*, Mechanisms and Machine Science, Vol. 47, Springer, Cham, pp. 115-123, 2017.

# The mechatronic design process in engineering

## El proceso de diseño mecatrónico en ingeniería

Knowledge domain: Mechatronics.

Chaparro Rico, Betsy Dayana Marcela<sup>1</sup>  
Instituto Politécnico Nacional-CICATA Querétaro, Querétaro, México.

[betsychaparro@hotmail.com](mailto:betsychaparro@hotmail.com)

**Index Terms** – Mechatronics, Mechanism design, Numerical Simulation, Prototyping.

### ABSTRACT

This paper presents a summary of the mechatronic design process in engineering. Three topics are presented: the mechanical design, control design, and production and delivery. Several flow charts are presented to illustrate the design process.

### I. INTRODUCTION

Mechatronics is the integration of mechanical engineering, electronics and intelligent control in the development of products and processes. The design process of mechatronic systems can be carried out by different ways [1-7]. However, in this paper the mechatronic design process in engineering is presented within three topics: The mechanical design, control design, and production and delivery.

### II. MECHANICAL DESIGN

Fig. 1 shows a flow chart of the design process of a mechanism. Once a problem has been identified and a task has been characterized, a conceptual design of the mechanical part of the system should be considered. The mechanical design should be focused on performing the physical task. With a defined conceptual design, it can be carried out a kinematic and dynamic analysis of the mechanism in order to estimate the workspace and the mechanism sizes as well as the proper materials. A numerical characterization is also needed to estimate the mechanism performance in terms of displacement, velocity, acceleration, torque and stress. The numerical characterization allows to select or design the actuators and the transmissions needed to move the mechanism. A layout with user operation allows

to value the user-mechanism interaction. If the user-mechanism interaction or the numerical

characterization has critical results the design should be improved. When it has been obtained a feasible design, a CAD with details for the construction should be done.

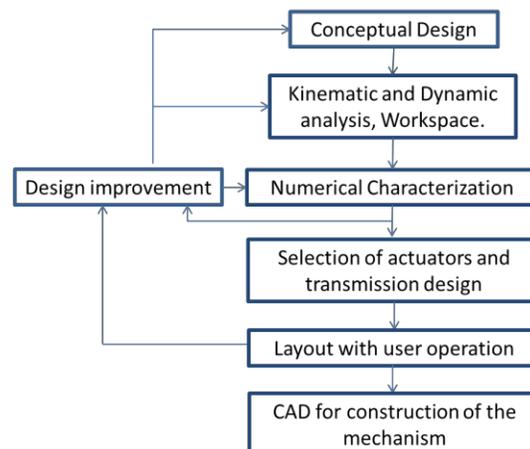


Fig. 1. Flow chart of the design process of a mechanism.

### I. CONTROL DESIGN

The system instrumentation is required to receive feedback during the process that is carried out by the mechatronic system. The sensors selection depends on the target, task or process performed by the mechatronic system. The motion control circuits should be selected or designed according to the used motors and the required feedback. Electronic circuits for communication, signal acquisition and signal processing should be also selected or acquired according to the system instrumentation and target. A cabinet control design is necessary to communicate

<sup>1</sup> PhD Candidate, Master in Advanced Technology, Electronic Engineer.

all the circuits of the mechatronic system. A control strategy should be developed and implemented to reach the proposed goal. The control cabinet or module should be tested before being integrated to the mechanical part. If the control performance is

proper then it can be integrated to the mechanical part so that experimental tests can be carried out. Together to the control, a user interface should allow a fairly easy user-system interaction. The experimental tests allow to validate the system according to the target and the rules of each country. Fig. 2 summarizes the steps to carry out the control design.

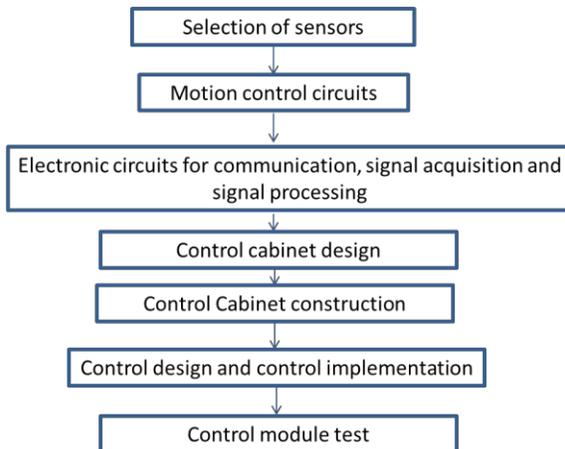


Fig. 2. Flow chart of the steps for the control design.

### III. PRODUCTION AND DELIVERY

The “production and delivery” are difficult topics for the researchers since it is required knowledge about business. However, if a good advice is received from business experts, a project can become a big business. Fig. 3 shows a diagram of the main topics related with the production and delivery.

The intellectual property should be protected during the design process. The market opportunity should be valued to determine if the system production is profitable. A background study of the current market can also offer valuable information. On the other hand, the market dimension should be estimated to design a market plan and select the best business model for the project. The financial projections are important to know if the project will be profitable and how long the investment will be recovered.

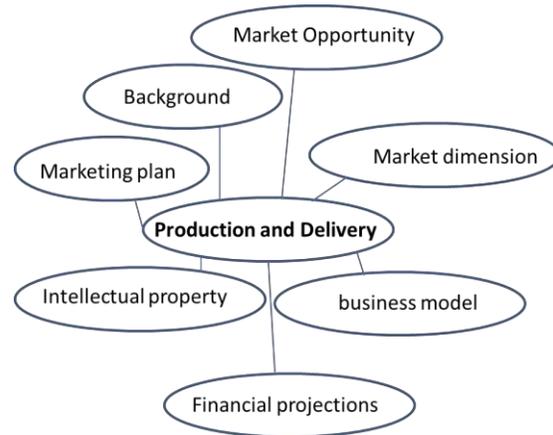


Fig. 3. Diagram of the main topics related with the production and delivery.

### IV. CONCLUSIONS

A summary of the mechatronic design process in engineering has been presented. Three topics have been presented: the mechanical design, control design, and production and delivery. The topics have been explained and illustrated to deliver a quick review of the mechatronic design process in engineering.

### REFERENCES

- [1] Bishop R. H., *The Mechatronics Handbook*, second ed.2 Volume Set, CRC Press, pp. 1-1272, 2002.
- [2] Shetty D. and Kolk R.A., *Mechatronics System Design, SI version*, Cengage Learning, pp. 1-504, 2010.
- [3] De Silva C.W. and Behbahani S., A design paradigm for mechatronic systems, *Mechatronics* 23, Elsevier, pp. 960–966, 2013.
- [4] Bradley D. A., Seward D., Dawson D. and Burge, S., *Mechatronics and the Design of Intelligent Machines and Systems*, CRC Press, pp. 1-348, 2000.
- [5] Pawlak A. M., *Sensors and Actuators in Mechatronics: Design and Applications*, CRC Press, pp. 1-377, 2017.
- [6] Ng Tian Seng, *Mechatronics Design and Robotics*, Lap Lambert Academic Publishing GmbH KG, pp. 1-2012, 2015.
- [7] Bradley D. A., Seward D., Dawson D. and Burge S., *Mechatronics and the Design of Intelligent Machines and Systems*, CRC Press, pp. 1-348, 2000.

# Research experiences on anaerobic treatment of agro-industry wastewater

## Experiencias de investigación sobre el tratamiento anaeróbico de las aguas residuales de la agroindustria

Knowledge domain: Environmental engineering

Botello Suárez, Wilmar Alirio<sup>1</sup>, De Oliveira, Roberto Alves<sup>2</sup>

Laboratory of Environmental Sanitation, Department of Rural Engineering, São Paulo State University (UNESP), School of Agricultural and Veterinarian Sciences, Jaboticabal, SP, Brazil

[wilbotello1@gmail.com](mailto:wilbotello1@gmail.com)

**Index Terms** – Biogas, high-rate anaerobic reactors, pollutant removal.

### ABSTRACT

Anaerobic digestion represents an important strategy for the reduction of the polluting load of agro-industry wastewater with simultaneous energy production. The application of high-rate anaerobic bioreactors can maintain a stable process even at high organic loads. This paper presents the anaerobic digestion fundamentals, as well as some successful research experiences associated with the anaerobic treatment of AW, including coffee processing wastewater, swine wastewater and sugarcane vinasse. The performance of anaerobic reactors and the feasibility for their implementation in tropical developing countries will be discussed.

### II. INTRODUCTION

Wastewater management represents one of the main environmental challenges of the 21st century. Due its high pollutant potential (i.e. presence of high concentrations of organic matter), the discharge of untreated wastewater into water bodies may have a huge impact on the ecosystems, representing a risk to the public health and to the aquatic life [1]. Currently, about 80% of the globally generated wastewater is not properly treated [2]. Moreover, in lower-middle income countries such as Colombia, efforts addressed at mitigating the wastewater impact are far from sufficient, being urgently necessary the development of technologies about this topic.

Agro-industry wastewater (AW) contains high concentrations of organic matter, nutrients such as

nitrogen (N) and phosphorous (P), toxic compounds and usually pathogenic microorganisms [3]–[6]. Therefore, policies focused in the decrease of liquids, solids, and pollutants derived from agroindustrial activities are increasingly strict. In addition, the industries are searching to have processes environmentally friendly, with an integral use of raw materials and renewal of technologies [7].

Biological wastewater treatment (microbial biodegradation of residual effluents) represents one of the most promising technologies for the treatment of AW, being a low cost alternative, from which can be derived sub-products of industrial, environmental and energy interest. Additionally, biologically treated effluents can be reused in other activities, which implies the integral management of the water resource.

The process of anaerobic digestion (AN) is one of the main treatment alternatives for effluents with a high content of organic matter, as is the case of AW. However, this strategy poses several challenges in terms of stability and operability of the system, including the need to avoid organic and acidic overloads.

The objective of this review is to describe some fundamentals of anaerobic digestion and research experiences associated with the treatment of relevant agro-industry wastewaters in the Brazilian context, and to show their advantages and potential application in tropical regions.

<sup>1</sup> PhD. Agricultural Microbiology; Biological wastewater treatment processes.

<sup>2</sup> PhD. Hydraulic Engineering and Sanitation; Agro-industry wastewater treatment processes.

### III. ANAEROBIC DIGESTION

Anaerobic digestion has been the process most often used to stabilize wastewaters and biosolids since the early 20th century and remains in development at present [8]. It represents a sustainable technology, which can treat and produce energy simultaneously. Widespread application of this strategy could ease increasing energy insecurity and limit the emission of toxic air pollutants, including greenhouse gases to the atmosphere [9]. In most instances, anaerobic systems are operated to convert biodegradable organic matter, both soluble and particulate, to biogas containing methane ( $\text{CH}_4$ ) and carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ) [10]. This process involves the synergistic activity of a complex microbial community in systems free of dissolved oxygen and comprises four sequential steps: (i) hydrolysis of particulate organic matter to soluble substrates; (ii) fermentation of those substrates to produce volatile fatty acids (VFAs),  $\text{CO}_2$ , and  $\text{H}_2$  (acidogenesis); (iii) conversion of VFAs into acetic acid (acetogenesis), and (iv) methane production from acetic acid and a portion of the carbon dioxide to methane obtained in the diverse steps of the process (methanogenesis) [11]. The main microorganisms involved in this process are shown in Fig. 1. Currently, this process is achieved by using high-rate anaerobic reactors, which provide significant retention of active biomass, resulting in substantial differences between the sludge retention time (SRT) and the hydraulic retention time (HRT).

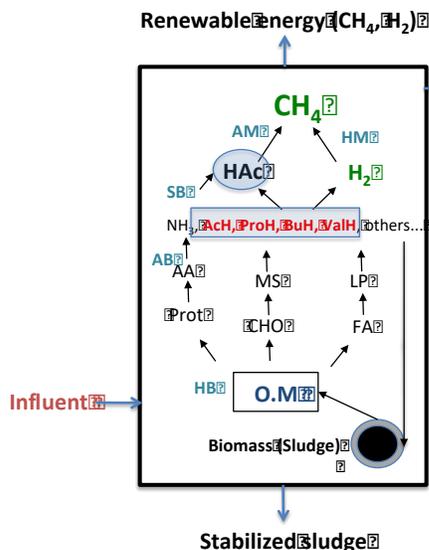


Fig. 1 Scheme of the main steps of the anaerobic digestion process in a high-rate anaerobic reactor. OM= Organic matter; HB: Hydrolytic bacteria; AB:

Acidogenic bacteria; SB: Syntrophic bacteria; AM, HM: Acetogenic and hydrogenotrophic methanogens.

### IV. ANAEROBIC DIGESTION OF AW

Nowadays, the laboratory of Environmental Sanitation, of the São Paulo State University (UNESP) –School of Agricultural and Veterinarian Sciences, Jaboticabal, SP, Brazil, conducts studies concerning to AW anaerobic treatment, considering the performance of high-rate anaerobic reactors for the stabilization of the pollutant load of these effluents, as well as the methane production and the understanding of the structure and composition of the microbial communities associated with this process. Some of the most relevant research experiences are described below.

#### A. Coffee processing wastewater (CPW)

Coffee production is one of the fastest growing agro-industrial activities in tropical developing countries [12], being performed mainly in Brazil, Vietnam and Colombia. To improve the quality of the final product, in Brazil and in the leading producing countries the wet coffee processing has increasingly been adopted as a post-harvest procedure. This method requires between 1 and 15  $\text{m}^3$  of water to process 1 ton of coffee cherries, generating a significant volume of coffee processing wastewater (CPW), rich in soluble and suspended organic matter represented mainly by a significant proportion of easily fermented sugars. Additionally, **Biodigested CPW** contains nitrogen, phosphorus, and toxic chemicals including tannins, caffeine and polyphenols [13]. Therefore, before its final disposal or reuse, the CPW require an adequate treatment.

In our laboratory, anaerobic digestion of CPW has become successful through the configuration of high-rate anaerobic reactors, mainly by using a two-stage up-flow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor (Fig. 2), obtaining a removal of organic matter, expressed as chemical oxygen demand (COD), up to 84% with organic loading rate (OLR) of  $18.2 \text{ g COD (L d)}^{-1}$ , with a methane production of  $2.2 \text{ L CH}_4 \text{ (L d)}^{-1}$ . These conditions were favored by the operation of the second-stage reactor, effluent recirculation, proportion of nutrients (particularly Fe) and sludge development. Also, the predominance of syntrophic bacteria, *Methanosaeta* and *Methanoculleus* was evidenced in the anaerobic sludge, highlight the

importance of this microorganisms in the anaerobic digestion of CPW [14].

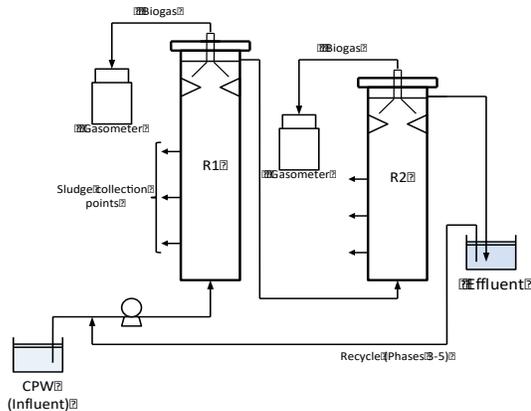


Figure 2. Configuration of the Two-stage UASB reactor for treating CPW [14]

### B. Swine wastewater

Swine wastewater represents one of the main effluents of the agro-industry in countries such as China, USA and Brazil. It contains high concentrations of COD, N, P and pathogenic bacteria. Therefore, it is urgently necessary to improve and develop easy-to-implement, locally adaptable solutions. Among the potential solutions, anaerobic digestion deserves special attention [6]. Recently, Duda et al (2015) proposed the implementation of a series of horizontal anaerobic reactors with sludge blanket (HARSB) and fixed bed (HARFB), which requires low structural complexity and area requirements. With this configuration (Fig. 3) the reactors maintained stable pH, alkalinity, and volatile acid levels. Removed chemical oxygen demand (COD) represented 68% of the total, and the average specific methane production was  $0.30 \text{ L CH}_4 \text{ (g removed COD)}^{-1}$ . Also, in a similar configuration, a co-digestion strategy of swine wastewater and vegetable waste proved to be efficient to remove COD, total and volatile suspended solids and 98% of total and thermotolerant coliforms [4].

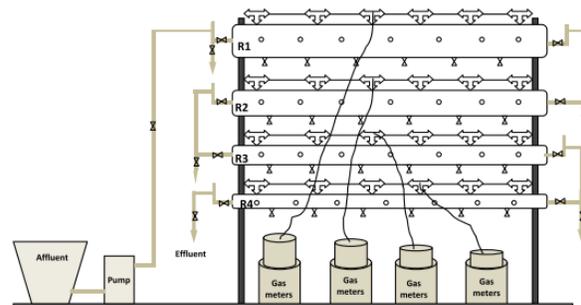


Fig 3. Configuration of the swine wastewater treatment system with three in series horizontal anaerobic reactors (R1–R3) [6].

### C. Sugarcane vinasse

Vinasse is the main residue of the bio-ethanol production during the fermentation of sugarcane. In Brazil, for one liter of ethanol produced from sugarcane is estimated to output 8–18 L of vinasse, with a temperature of about  $90^\circ\text{C}$  and pH between 3 and 4. It constitutes 94–97% water, rich in organic matter and recalcitrant compounds [5].

In works realized about this topic by our research group, anaerobic treatment of vinasse has been particularly efficient by using a UASB system in two phases, similar to that represented in Fig. 1. The experiences developed by Gomez et al. (2017) in a thermophilic environment ( $55^\circ\text{C}$ ) to take advantage of the high temperature of the effluent, have shown that this process can tolerate OLRs as high as  $45 \text{ g COD (L d)}^{-1}$ , obtaining a high yield in terms of methane production ( $4.0 \text{ L CH}_4 \text{ (L d)}^{-1}$ ) in stable conditions [15]. In addition, the equilibrium in the concentration between the microbial communities for the domains Bacteria and Archaea favored the good functionality of the reactors treating this effluent.

## V. CONCLUSIONS

The processes based on anaerobic digestion, primarily through the use of high-rate bioreactors, constitute an exciting alternative for the agro-industry wastewater stabilization with simultaneous generation of renewable energy. Consequently, high removal efficiencies of organic matter and biogas production, and low sludge generation can be achieved if appropriate organic loading rates (OLRs) are employed. Considering the conditions of tropical and subtropical countries where the weather allows the operation of reactors at air temperature, anaerobic systems represents a viable option, which requires a

low investment and low running costs. Our experience at the laboratory level indicates the high potential of this technology to meet the increasing environmental demands in terms of effluent discharge and to solve the energy demand.

#### REFERENCES

- [1] D. Dadi, E. Mengistie, G. Terefe, T. Getahun, A. Haddis, W. Birke, A. Beyene, P. Luis, and B. Van der Bruggen, "Assessment of the effluent quality of wet coffee processing wastewater and its influence on downstream water quality," *Ecohydrol. Hydrobiol.*, vol. 18, no. 2, pp. 201–211, 2018.
- [2] WWAP (United Nations World Water Assessment Programme), *The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource*. 2017.
- [3] W. Botello, R. M. Duda, and R. A. de Oliveira, "Desempenho de sistema anaeróbio-aeróbio no tratamento de águas residuárias de processamento de café," *Ciência Tecnol. Fatec-JB*, vol. 8, no. esp., 2016.
- [4] R. C. da S. Mazareli, R. M. Duda, V. D. Leite, and R. A. de Oliveira, "Anaerobic co-digestion of vegetable waste and swine wastewater in high-rate horizontal reactors with fixed bed," *Waste Manag.*, vol. 52, pp. 112–121, Jun. 2016.
- [5] V. G. de Barros, R. M. Duda, and R. A. de Oliveira, "Biomethane production from vinasse in UASB reactors inoculated with granular sludge," *Brazilian J. Microbiol.*, pp. 1–12, 2016.
- [6] R. M. Duda, J. D. S. Vantini, L. S. Martins, A. D. M. Varani, M. V. F. Lemos, M. I. T. Ferro, and R. A. De Oliveira, "A balanced microbiota efficiently produces methane in a novel high-rate horizontal anaerobic reactor for the treatment of swine wastewater," *Bioresour. Technol.*, vol. 197, pp. 152–160, 2015.
- [7] R. Alves, F. Rodrigues, and M. A. Nunes, "State of the Art in Coffee Processing By-Products," in *Handbook of Coffee Processing By-Products*, 1st ed., C. Galanakis, Ed. London: Academic press, 2017, pp. 1–22.
- [8] T. Amani, M. Nosrati, and T. R. Sreekrishnan, "Anaerobic digestion from the viewpoint of microbiological, chemical, and operational aspects — a review," *Environ. Rev.*, vol. 18, no. NA, pp. 255–278, 2010.
- [9] S. K. Khanal, *Anaerobic Biotechnology for Bioenergy Production: Principles and Applications*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2009.
- [10] C. Grady, G. Daigger, N. Love, and C. Filipe, *Biological wastewater treatment*, 3rd ed. London: IWA Publishing, 2011.
- [11] H. H. P. Fang and T. Zhang, *Anaerobic Biotechnology: Environmental Protection and Resource Recovery*. London: Imperial college press, 2015.
- [12] FAO, *Statistical Pocketbook Coffee 2015*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015.
- [13] S. Rattan, A. K. Parande, V. D. Nagaraju, and G. K. Ghiwari, "A comprehensive review on utilization of wastewater from coffee processing," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 22, no. 9, pp. 6461–6472, May 2015.
- [14] W. Botello, J. da Silva Vantini, R. M. Duda, P. F. Giachetto, L. C. Cintra, M. I. Tiraboschi Ferro, and R. A. de Oliveira, "Predominance of syntrophic bacteria, *Methanosaeta* and *Methanoculleus* in a two-stage up-flow anaerobic sludge blanket reactor treating coffee processing wastewater at high organic loading rate," *Bioresour. Technol.*, 2018.

# Modelo de sostenibilidad para comunidades vulnerables

## Sustainability model for vulnerable communities

Área temática: desarro sostenible

Algara-Siller, Marcos<sup>1</sup>, Buendía-Oliva, Mariana<sup>1</sup>, Mares-Jasso, Miguel<sup>1</sup>, Cisneros-Vidales, Alicia Anahí<sup>1</sup>, Olvera-León, Guadalupe<sup>2</sup> y Acebo-Martínez, Mónica Lucía<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería, Ciencias de la Tierra, San Luis Potosí, México

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Psicología, Coordinación de Extensión y Responsabilidad Social, San Luis Potosí, México

<sup>3</sup> Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Enfermería y Nutrición, Centro de Atención Nutricional, México

[marcos.algara@uaslp.mx](mailto:marcos.algara@uaslp.mx)  
[mariana.buendia@uaslp.mx](mailto:mariana.buendia@uaslp.mx)  
[miguel.mares2501@gmail.com](mailto:miguel.mares2501@gmail.com)  
[lupittaol@gmail.com](mailto:lupittaol@gmail.com)  
[ln.monica.acebo@hotmail.com](mailto:ln.monica.acebo@hotmail.com)

**Palabras clave**— desarrollo comunitario, ecotecnias, educación ambiental

**Index Terms** – community development, eco-technics, environmental education

### RESUMEN

El modelo propuesto pretende llevar el nexus agua-energía-alimentos a una propuesta aplicada en la comunidad de la La Pila, San Luis Potosí, México, identificada con condiciones de vulnerabilidad, en marginación y difícil acceso a los recursos en una zona periurbana de la ciudad. Este proyecto es la continuación del programa universitario Unihuerto Urbano de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí que nace en 2013 y propone la participación de la comunidad estudiantil para la búsqueda de estrategias urbanas para la producción de alimentos y aprovechamiento de agua, cofinanciado por la empresa CUMMINS. El equipo multidisciplinario de trabajo propone a la empresa un modelo basado en las denominadas estrategias hacia la sostenibilidad que son el diseño participativo, la educación y la cultura, para lograr la implementación de las herramientas o ecotecnias apropiadas para el mejor aprovechamiento de agua, la generación de energía eléctrica y la producción de alimentos. El trabajo participativo en cada etapa del proyecto ha dado como resultado un modelo de acuerdo a la cultura y necesidades de la población y ha permitido la innovación en un entorno de poco cambio en la periferia de la ciudad.

This model pretends to bring the water-energy-food nexus into a practical applied project to the community La Pila, San Luis Potosí, Mexico, in vulnerable conditions, poverty and with a difficult access to resources on a semi-urban settlement close to city. This project expands from the university program Unihuerto Urbano (University's urban gardens) of the Universidad Autonoma de San Luis Potosi founded in 2013 to encourage community's participation to work on urban strategies for food production and water management, program co-financed by the company CUMMINS. The multidisciplinary team proposes a model based on what we call strategies towards sustainability that include participatory design, education and culture, in order to achieve the implementation of the appropriate tools or echo-techniques for a better water management, energy generation and food production. The participatory work during each step of the project has resulted in a model according to the community's culture and needs and has permitted innovation in a change-resistant environment.

### I. INTRODUCCIÓN

La propuesta de modelo desde la sostenibilidad responde a la inquietud de lograr mejorar el bienestar de una comunidad y acercarse al balance ambiente-sociedad-economía mediante la participación social, las tecnologías apropiadas a la comunidad, su

contexto y la educación, tanto formal como no formal.

Se apuesta en este modelo a integrar las tecnologías apropiadas diseñadas desde la participación activa de la comunidad para lograr su apropiación, mantenimiento y mejora. La educación formal enfocada a los niños durante sus horas de clase, como la educación no formal a maestros y padres de familia, es fundamental para establecer las capacidades mínimas necesarias para el mantenimiento del modelo.

El modelo presenta los elementos utilizados durante los avances de su diseño y puesta en marcha: herramientas hacia la sostenibilidad entendidas como las tecnologías apropiadas para el aprovechamiento de agua, producción y gestión eficiente de energía y producción de alimentos; y las estrategias hacia la sostenibilidad que incluyen la educación formal y no formal, programa cultural y participación activa de la comunidad durante todas las fases de la propuesta.

## II. ANTECEDENTES

Las ciudades enfrentan desafíos demográficos, medioambientales, económicos, sociales y espaciales sin precedentes. En los últimos años se ha producido un cambio importante hacia la urbanización y se espera que, para 2030, seis de cada diez personas en el mundo vivan en áreas urbanas. En muchos lugares del mundo ya se pueden observar los efectos negativos: falta de viviendas adecuada y crecimiento de tugurios, infraestructura inadecuada y obsoleta (sean carreteras, transporte público, agua, saneamiento o electricidad), aumento de la pobreza y el desempleo, problemas de seguridad y delincuencia, cuestiones de contaminación ambiental y problemas de salud, así como desastres naturales causados por el ser humano y otras catástrofes relacionadas con los efectos del cambio climático.

El Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos de ONU-Habitat se ha encargado desde hace 40 años de llevar a cabo investigaciones, diseñar políticas y desarrollar propuestas que permitan abordar los problemas presentes desde una visión integral y de futuro. Algunos ejes estratégicos considerados han sido el trabajo multisectorial, la promoción de la participación social, el desarrollo de políticas, el cumplimiento de acuerdos y la aplicación de programas de educación y comunicación [1]. De este modo, se ha desarrollado un enfoque integral y global

sobre la urbanización que va más allá de las consideraciones técnicas.

Además de las áreas tradicionales como planeación urbana e infraestructura, también se concentra en comunicación de riesgo, mejoramiento de las condiciones sociales, culturales, desarrollo de capacidades, capacidades de autogestión, es decir en el bienestar integral de las personas involucradas en los procesos de urbanización.

El proyecto que aquí se presenta se ciñe a esta visión, pues al igual que ONU-Habitat, se considera que la mentalidad, las políticas y los enfoques sobre urbanización necesitan cambiar para que el crecimiento de las ciudades y las zonas urbanas se traduzca en oportunidades que no dejen a nadie atrás.

### A. Contexto

La delegación La Pila se ubica al sureste del municipio de San Luis Potosí, abarca una superficie total de 89.51 km<sup>2</sup> y está integrada por 9 comunidades y alrededor de 10,700 habitantes. El Consejo Nacional de Población (CONAPO) en el 2015 [2] la catalogó como una delegación periurbana con grado de marginación alto, es decir, con carencias considerables en vivienda, ingresos por trabajo, distribución de la población y educación.

En palabras del CONAPO [2], la marginación se asocia a la carencia de oportunidades sociales y a la ausencia de capacidades para adquirirlas o generarlas, pero también a privaciones e inaccesibilidad a bienes y servicios fundamentales para el bienestar. En consecuencia, las comunidades marginadas enfrentan escenarios de elevada vulnerabilidad social cuya mitigación escapa del control personal o familiar, pues esas situaciones no son resultado de elecciones individuales, sino de un modelo productivo que no brinda a todos las mismas oportunidades. Las desventajas ocasionadas por la marginación son acumulables, esto va configurando escenarios cada vez más desfavorables.

Además, la complejidad del crecimiento de las ciudades en cualquier parte del planeta resulta de su estructura social, de sus propios sistemas económicos, su situación geopolítica y su desarrollo tecnológico [3] [4]. Para resolver esta complejidad es necesario realizar un análisis del Sistema Socio-Ecológico Urbano (SSEU o USES por sus siglas en inglés Urban Socio-Ecological Systems) en lugar de

analizar y hacer propuestas de manera aislada [5], que sería una propuesta reduccionista como si las relaciones entre las variables pudieran ser de manera lineal [6].

El “Modelo de sostenibilidad para la gobernanza de comunidades vulnerables” es el primero en su tipo en el país, por ser realizado en un área periurbana y por considerar el binomio infraestructura-desarrollo social integral como el eje central de la propuesta. Además, con este proyecto se pretende coadyuvar con 10 de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [7], esto gracias a los diversos elementos que la componen como supuesto para lograr la permanencia del modelo a través del tiempo.

### III. METODOLOGÍA

En este trabajo se muestra la aproximación al problema de falta de acceso al agua, energía eléctrica y alimentos en la comunidad peri-urbana La Pila y se parte del análisis desde la complejidad.

Durante 2015 y 2016 se trabajó con la comunidad para conocer sus inquietudes, limitaciones y aspiraciones; y con las autoridades municipales y estatales para tener un amplio panorama de la capacidad de gestión, interés y apertura hacia la definición de un modelo de sostenibilidad. El acercamiento realizado a través de grupos focales y encuestas con padres y maestros, juegos y actividades de dibujo con los estudiantes de la escuela y reuniones con autoridades, permitieron delinear el plan de acción.

Por otro lado, la revisión de las normativas para el diseño y construcción de infraestructura en escuelas públicas, para proponer materiales educativos para mejorar el currículo en materia de sostenibilidad y medio ambiente, fueron claves en el desarrollo de este modelo.

#### A. Definición general del modelo

Derivado de la intervención mencionada, se construyó un modelo general que permite identificar el tipo de acciones para lograr su implementación y permanencia en el tiempo. La estructura se conforma de la siguiente manera:

Modelo de sostenibilidad para la gobernanza de comunidades vulnerables

- 1) *Aprovechamiento de recursos (agua, energía, alimentos)*
  - Ecotecnias
  - Talleres de capacitación para la construcción y mantenimiento
- 2) *Propuesta educativa formal*
  - Currículo
  - Material educativo
  - Capacitación
- 3) *Diagnóstico multivariado de la comunidad*
  - Talleres de desarrollo cognitivo
  - Talleres sobre salud y nutrición
  - Talleres culturales

A continuación, se definen las disciplinas y acciones encaminadas para obtener el diagnóstico de las necesidades de la comunidad y poder delinear las acciones concretas a realizar.

#### B. Intervención multidisciplinaria

La propuesta inicial preveía la solución comunitaria a los problemas de acceso al agua, energía y alimentos en la escuela piloto. Conforme se realizaba el trabajo con la comunidad y el diagnóstico preliminar arrojaba resultados, se integró un equipo de trabajo para lograr dos objetivos principales: el diagnóstico detallado de las principales necesidades para lograr el bienestar en la comunidad y el diseño de las tecnologías apropiadas para garantizar los recursos mencionados.

El trabajo se delineó a través de equipo de trabajo de distintas disciplinas:

- 1) *Aprovechamiento de recursos.* Equipo de trabajo para el diseño e implementación de tecnologías apropiadas. Para el agua se propone el aprovechamiento de agua de lluvia, tratamiento de aguas residuales a través de humedales, sistemas ahorradores de sanitarios, riego para huerto escolar, invernadero y cancha de fútbol. En el caso de la energía se realizó el diagnóstico de la red actual para su modernización, implementación de un sistema de tierra física especializada para la protección y mayor eficiencia de la red, la instalación de luminarias LED y de celdas fotovoltaicas para proveer el total de la energía requerida. Finalmente, para los alimentos se diseño un huerto escolar con fines educativos, un invernadero para la

producción de la comunidad y un cinturón perimetral de árboles frutales.

- 2) *Propuesta educativa formal.* Este trabajo se está realizando bajo el Nuevo Modelo Educativo que está por entrar en vigor en México y se basa en la creación de contenidos pertinentes al contexto y creados con la participación de la comunidad. Se integra una materia de ambiente y sostenibilidad en el 2° y 5° grado de primaria que incluye los contenidos de agua, energía que buscan la transversalidad con el resto de las asignaturas. La asignatura propuesta se basa en la premisa de aprender haciendo y permitirá que los estudiantes conozcan, comprendan y utilicen las tecnologías apropiadas implementadas.
- 3) *Diagnóstico multivariado de la comunidad.* Este trabajo se compone de un diagnóstico sobre capacidades cognitivas de los estudiantes de los 6 niveles de primaria de la escuela y de un modelo de taller de ajedrez con actividades encaminadas a atender los resultados de las áreas de oportunidad encontradas. Otro elemento importante en el diagnóstico de la comunidad es el conocer los biomarcadores clave que arrojen resultados en cuanto nutrición y su correlación con los problemas de capacidades cognitivas.

El trabajo se plantea para completarse en el transcurso del período 2017-2019. Los avances incluyen la construcción del sistema de colección de agua de lluvias, huerto escolar y los diseños de las demás tecnologías apropiadas.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El trabajo previo a 2017, bajo las metodologías participativas, arrojó resultados importantes que sólo se obtienen de la opinión de la comunidad y que complementa la información oficial. Los principales problemas detectados se pueden detallar en dos tipos:

- 1) *Problemas de infraestructura:* insuficiencia en el servicio de agua potable, áreas de recreación con suelo desnudo, servicios sanitarios deficientes
- 2) *Problemas estructurales:* altos costos por servicio de energía eléctrica, bajos ingresos económicos, malos hábitos alimenticios, bajo aprovechamiento escolar, bajo nivel cultural,

bajo conocimiento sobre el cuidado del medio ambiente, bajo conocimiento de alternativas para el uso eficiente de los recursos.

Se estima que para finales de 2018 se conozcan los elementos del estudio de biomarcadores que permitan plantear una intervención en materia de salud, higiene y alimentación enfocada a solventar las deficiencias y diseñar el plan de intervención adecuada para coadyuvar a la mejora del rendimiento escolar de los estudiantes.

Las tecnologías implementadas serán la fuente de los recursos que la comunidad requiere y a su vez proveerán de herramientas de aprendizaje de la propuesta de currículo.

Se busca que todos los elementos mencionados y la participación comunitaria en todas las etapas del proceso garantice la correcta apropiación del conocimiento e infraestructura, tanto para uso dentro de la escuela, como para su implementación en el resto de la comunidad, principalmente hacia el interior de las viviendas.

#### REFERENCIAS

- [1] A., Yessi, T. Kjellström, T. de Kik y T. L. Guidotti, *Salud Ambiental Básica*, Red de Formación Ambiental, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, México, 2002.
- [2] Consejo Nacional de Población, *Índice de marginación por entidad federativa y municipio*, México, 2015.
- [3] Decker, E. H., Elliott, S., Smith, F. A., Blake, D. R., & Rowland, F. S., *Energy and Material Flow through the Urban Ecosystem*, Annual Review of Energy and the Environment, 25, 685–740, 2000.
- [4] Dinarès, M., *Urban Metabolism: A review of recent literature on the subject*, Documents d'Anàlisi Geogràfica, 60(3), 551–571, Retrieved from <http://dag.revista.uab.es/article/view/v60-n3-dinares>, 2014.
- [5] Williams, A., Kennedy, S., Philipp, F., & Whiteman, G., *Systems thinking: A review of sustainability management research*, Journal of Cleaner Production, 148, 866–881, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.002>, 2017.
- [6] Rogers, K. H., Luton, R., Biggs, H., Biggs, R., Blignaut, S., Choles, A. G., ... Tangwe, P., *Fostering Complexity Thinking in Action Research for Change in Social– Ecological Systems*, Ecology and Society, 18(2), 31, <https://doi.org/10.5751/ES-05330-180231>, 2013.
- [7] United Nations, *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*, General Assembly 70 session, 16301 (October), pp.1–35, 2015.

# IES

International  
Engineering  
Seminar



REGISTROS FOTOGRÁFICOS





Msc. Andrés Fernando Moltoni  
Buenos Aires, Argentina



***“La Robótica no viene  
a reemplazar al  
capital humano...”***

Conferencia “Agro-Robótica”



UNISANGIL  
FACULTAD DE CIENCIAS  
NATURALES E INGENIERÍA

**IES**

**International Engineering  
Seminar**  
Seminario Internacional  
de Ingeniería



Msc. Miguel Ángel Valencia



Puebla, México

*“ Desarrollamos aplicaciones sensibles al contexto, capaces de adaptarse a las situaciones particulares o necesidades del usuario ”*

Conferencia “Sistemas Inteligentes de Transporte”



IES



International Engineering  
Seminar

Seminario Internacional  
de Ingeniería





Asistentes IES UNISANGIL 2017, Sede San Gil.



Entrega de constancia a conferenciante: Msc. Manuel Fernando González Puente de la Escuela Politécnica Chimborazo, ESPOCH, Ecuador.



Reconocimiento egresada UNISANGIL destacada. Betsy Dayana Marcela Chaparro Rico. Se destacó académicamente como estudiante del programa de Ingeniería Electrónica en UNISANGIL, además de su activa participación en el grupo de investigación IDENTUS. En el 2014 obtuvo el grado de Maestra en Tecnología Avanzada en el Instituto Politécnico Nacional (IPN) en México y recibió la distinción académica Mejor Desempeño Académico 2013-2014. Actualmente, cursa séptimo semestre de doctorado en el Instituto Politécnico Nacional (México) y su tercer año de doctorado en la Universidad de Cassino y el Lazio Meridionale (Italia).



Estudiantes de la Escuela Politécnica del Chimborazo ESPOCH, Ecuador, presentes en el IES sede San Gil.



Asistentes IES UNISANGIL 2017, Sede Yopal.



Sede Yopal: conferencia “Experiencias del PROSAP en la Escuela y Laboratorio Móvil de irrigación” con el Msc. Lucas Eduardo Costa de Argentina.



Sede Yopal: Conferencia de Agroelectrónica con el Msc. Andrés Fernando Moltoni de Argentina.

## A MODO DE SÍNTESIS

Más de 1000 personas hicieron parte del IES 2017. El cambio climático, sostenibilidad ambiental, mecatrónica y automatización industrial, sistemas de riegos y drenajes, sistemas inteligentes de transporte, agroelectrónica, ciberseguridad, medidas de complejidad en software, confiabilidad en ingeniería, entre otros temas, comprendieron el III Seminario Internacional de Ingeniería (International Engineering Seminary – IES 2017) organizado por UNISANGIL del 18 al 21 de septiembre en el corredor educativo donde hace presencia con sus sedes en San Gil -Santander, Yopal – Casanare y Chiquinquirá – Boyacá.

Un significativo número de experiencias y resultados de investigaciones latinoamericanas, en cerca de 50 horas de capacitación, fueron orientadas por 13 ponentes entre doctores y magísteres provenientes de países como: México, Brasil, Ecuador, Argentina y Colombia. Entre ellos se contó con la participación de Betsy Dayana Chaparro Rico, egresada del programa de Ingeniería Electrónica de UNISANGIL, candidata a doctora en Tecnología Avanzada con el Instituto Politécnico Nacional de México y con la Universidad de Casino, en Italia. Durante su intervención recibió de manos del Dr. Franklin Figueroa Caballero, rector de UNISANGIL un reconocimiento por su trabajo en pro del mejoramiento de la calidad de vida de las personas, desde el diseño de sistemas de rehabilitación.

Es importante resaltar la participación por primera vez de siete estudiantes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ESPOCH Ecuador en el IES 2017. “Mis expectativas fueron rebosadas, la información que adquirí me la llevo para explotar toda la riqueza que tenemos en nuestro país. Muchas gracias a UNISANGIL por su invitación, y sigan adelante con estos eventos para los estudiantes, que son el futuro de nuestro país”. Fueron las palabras de David Philco, estudiante de ESPOCH.

Con este evento, UNISANGIL y la Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, generaron un espacio académico de encuentro para la discusión de tecnologías y conocimientos científicos aplicados en diversos campos de la ingeniería, para el fomento de la invención y la innovación, en relación con las necesidades del desarrollo social, económico y cultural de la región, de Colombia y el mundo.

De esta manera UNISANGIL sigue posicionándose como una institución de educación superior multicampus de carácter regional con visión global, tal y como lo afirmó el Dr. Franklin Figueroa Caballero, rector del Alma Mater.

International Engineering Seminar  
IES UNISANGIL 2017



# International Engineering Seminar Seminario Internacional de Ingeniería

## IES 2017

[ies.unisangil.edu.co](http://ies.unisangil.edu.co)

Septiembre 18 – 22 2017

UNISANGIL

San Gil (Santander)

Yopal (Casanare)

# IES

International  
Engineering  
Seminar

